

**PRARANCANGAN PABRIK *PHENYL ETHYL*  
*ALCOHOL* DARI *BENZENE* DAN *ETHYLENE OXIDE*  
KAPASITAS 2000 Ton/Thn**

Laporan Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat  
untuk mendapatkan gelar sarjana



**Disusun Oleh :**

**Restu Hasanah**

**(142420120010)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN MUHAMMADIYAH SORONG  
2024**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**

**PRARANCANGAN PABRIK PHENYL ETHYL ALCOHOL  
DARI BENZENE DAN ETHYLENE OXIDE  
KAPASITAS 2000 TON/TAHUN**

**Yang telah dipersiapkan dan disusun oleh :**

**Restu Hasanah (142420120010)**

Telah disetujui oleh

Dosen Pembimbing Skripsi Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknik

Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk mendapat Gelar Sarjana

**Dosen Pembimbing I**



**Nita Indriyani, M.T.**  
**NIDN. 1401048701**

**Dosen Pembimbing II**



**Yusnita La Goa, M.T.**  
**NIDN. 1429048101**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**SKRIPSI**

**PRARANCANGAN PABRIK PHENYL ETHYL ALCOHOL DARI  
BENZENE DAN ETHYLENE OXIDE KAPASITAS 2000 TON/TAHUN**

Disusun oleh :

**Restu Hasanah (142420120010)**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Pada tanggal 23 November 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing 1 : Nita Indriyani, M.T.  
NIDN. 1401048701

Pembimbing 2 : Yusnita La Goa, M.T.  
NIDN. 1429048101

Penguji 1 : Ainul Alim Rahman, M.T.  
NIDN. 1404109201

Penguji 2 : Firmanullah Fadlil, M. Eng.  
NIDN. 1420019101

Sorong, 28 November 2024

Ketua Program Studi Teknik Kimia

  
Nita Indriyani, M.T.  
NIDN. 1401048701

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Restu Hasanah (142420120010)

Program Studi : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Skripsi yang Kami tulis ini dengan judul *Prarancangan Pabrik Phenyl Ethyl Alcohol Dari Benzene dan Ethylene Oxide Kapasitas 2000 Ton/Tahun* benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilan tulisan atau pikiran orang lain yang kami akui sebagai hasil tulisan atau pikiran kami sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan Skripsi ini hasil karya jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Sorong, 28 November 2024

Yang Membuat Pernyataan



Restu Hasanah

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa karena atas segala rahmat dan karunia-Nya penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir prarancangan pabrik ini. Tugas Akhir Prarancangan Pabrik yang berjudul *Prarancangan Pabrik Phenyl Ethyl Alcohol Dari Benzene dan Ethylene Oxide Kapasitas 2000 Ton/Tahun* ini disusun sebagai implementasi dari ilmu teknik kimia yang telah didapatkan dan dipelajari selama kuliah serta menjadi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Pendidikan Muhammadiyah (UNIMUDA) Sorong. Keberhasilan penulis laporan tugas akhir ini dapat berjalan dengan lancar berkat bimbingan, dorongan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong dan Program Studi Teknik Kimia.
2. Orang tua dan keluarga yang selalu memberi semangat dan dukungan doa.
3. Ibu Nita Indriyani, M.T dan Ibu Yusnita La Goa, M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
4. Seluruh sivitas akademika di lingkungan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong.
5. Sahabat, teman-teman, dan kakak-kakak serta adik-adik Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia yang juga turut membantu dan menyemangati hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
6. Semua pihak yang telah membantu pelaksanaan dan penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk menyempurnakan tugas akhir ini di masa yang akan datang. Penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Sorong, 28 November 2024

**Penulis**

## DAFTAR ISI

COVER .....	i
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
ABSTRAK.....	xiv
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Kegunaan Produk.....	2
I.3 Penentuan Kapasitas Pabrik.....	2
I.3.1 Kebutuhan Dalam Negeri .....	3
I.3.2 Kapasitas Pabrik Yang Telah Berdiri.....	4
I.4 Pemilihan Lokasi Pabrik.....	7
I.5 Tinjauan Pustaka.....	9
I.5.1 Reaksi Grignard .....	9
I.5.2 Reaksi Friedel-Crafts .....	10
I.5.3 Hidrogenasi Stirena Oksida .....	11
I.6 Tinjauan Termodinamika .....	12
I.7 Tinjauan Kinetika .....	14
BAB II. URAIAN PROSES.....	16
II.1 Tahap Persiapan Bahan Baku.....	16
II.2 Tahap Reaksi .....	16
II.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian.....	17

II.4 Diagram Alir Kualitatif .....	18
<b>BAB III. SPESIFIKASI BAHAN .....</b>	<b>19</b>
III.1 Spesifikasi Bahan Baku.....	19
III.2 Spesifikasi Katalis.....	21
III.3 Spesifikasi Produk.....	22
<b>BAB IV. NERACA MASSA .....</b>	<b>23</b>
IV.1 Neraca Massa Alat.....	23
IV.2 Neraca Massa Total.....	26
IV.3 Diagram Alir Kuantitatif.....	27
<b>BAB V .NERACA PANAS .....</b>	<b>28</b>
V.1 Neraca Panas Alat .....	28
V.2 Neraca Panas Total.....	32
<b>BAB VI. SPESIFIKASI ALAT .....</b>	<b>33</b>
VI.1 <i>Mixer</i> (M-01).....	33
VI.2 Reaktor (R-01).....	34
VI.3 Filter (RDVF-01).....	35
VI.4 Dekanter (Dk-01).....	36
VI.5 Evaporator (EV-01) .....	37
VI.6 Gudang $AlCl_3$ (F-120).....	38
VI.7 <i>Belt Conveyor</i> (BC-01) .....	38
VI.8 <i>Heat Exchanger</i> (HE-01) .....	39
VI.9 <i>Cooler</i> (CL).....	40
VI.10 Tangki Penyimpanan (TP).....	41
VI.12 Pompa Proses .....	43
<b>BAB VII UTILITAS .....</b>	<b>45</b>

VII.1 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air .....	45
VII.2 Spesifikasi Alat Utilitas .....	52
VII.2.1 Spesifikasi Peralatan Pengolahan Air .....	52
VII.3. Unit Pengadaan <i>Steam</i> .....	61
VII.4. Unit Penyedia Listrik .....	63
VII.5. Unit Penyedia Bahan Bakar .....	67
VII.6 Unit Pengelola Limbah .....	68
<b>BAB VIII TATA LETAK PABRIK DAN PERALATAN PROSES .....</b>	<b>71</b>
VIII.1 Tata Letak Pabrik .....	71
VIII.2 Tata Letak Pabrik .....	73
<b>BAB IX KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA .....</b>	<b>78</b>
IX.1 Kesehatan dan Keselamatan Kerja Secara Umum .....	78
IX.2 Sebab-Sebab Terjadinya Kecelakaan Kerja .....	79
IX.3 Kesehatan dan Keselamatan Kerja pada Pabrik PEA .....	80
<b>BAB X STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN .....</b>	<b>101</b>
X.1 Organisasi Perusahaan .....	101
X.2 Struktur Organisasi .....	102
X.3 Tugas dan Wewenang .....	104
X.3.1 Pemegang Saham .....	104
X.3.2 Dewan Komisaris .....	105
X.3.3 Direktur .....	105
X.3.4 <i>Staff</i> Ahli .....	106
X.3.5 Penelitian dan Pengembangan (R & D) .....	106
X.3.6 Kepala Bagian .....	106
X.4 Pembagian Jam Kerja .....	109

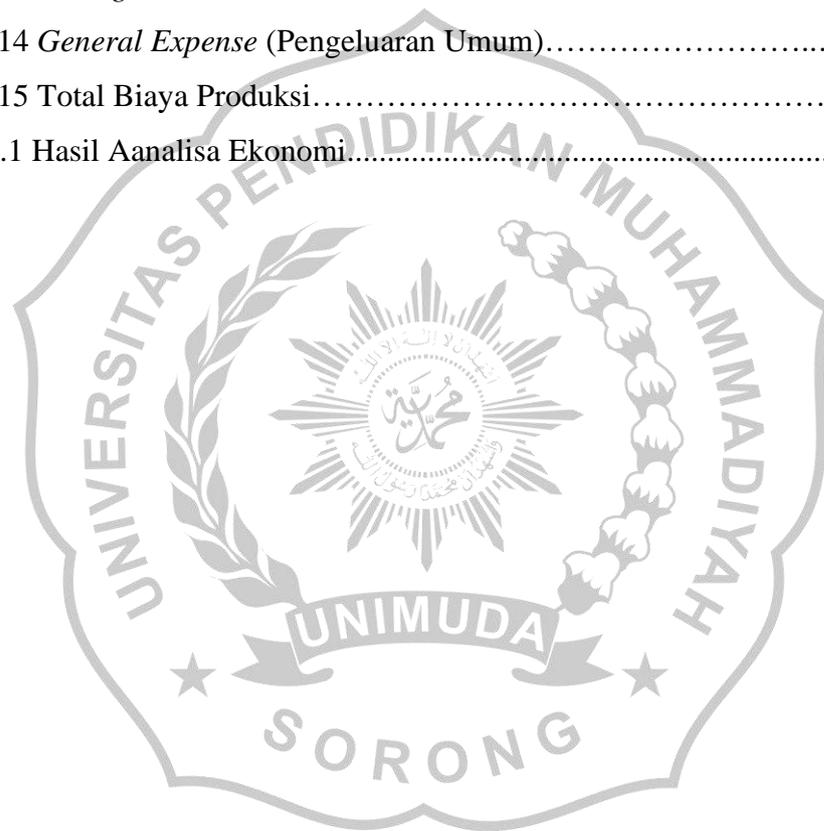
X.4.1 Karyawan <i>Non Shift</i> / Harian .....	109
X.4.2 Karyawan <i>Shift</i> .....	110
X.5 Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji.....	111
X.5.1 Penggolongan Jabatan .....	111
X.6 Kesejahteraan Sosial Karyawan .....	114
X.7 Manajemen Perusahaan.....	115
X.7.1 Perencanaan Produksi .....	116
X.7.2 Pengendalian Produksi .....	117
BAB XI EVALUASI EKONOMI .....	119
XI.1 Dasar Perhitungan.....	119
XI.2 Perhitungan Biaya.....	127
XI.3 Perhitungan Modal dan Biaya.....	130
BAB XII KESIMPULAN .....	137
DAFTAR PUSTAKA .....	146
LAMPIRAN PERHITUNGAN .....	148

## DAFTAR TABEL

Tabel I.1 Data Impor <i>Phenyl Ethyl Alcohol</i> Tahun 2019-2022.....	3
Tabel I.2 Industri yang Menggunakan <i>Phenyl Ethyl Alcohol</i> .....	4
Tabel I.3 Daftar Produsen <i>Phenyl Ethyl Alcohol</i> di Dunia.....	4
Tabel I.4 Data Pertumbuhan Impor PEA Tahun 2018-2022.....	5
Tabel I.5 Perbandingan Proses Produksi <i>Phenyl Ethyl Alcohol</i> .....	11
Tabel I.6 Data Panas Pembentukan.....	12
Tabel I.7 Data Energi Bebas Gibbs.....	13
Tabel III.1 Data Spesifikasi Bahan Baku $C_6H_6$ .....	19
Tabel III.2 Data Spesifikasi Bahan Baku $C_2H_4O$ .....	19
Tabel III.3 Data Spesifikasi Bahan Baku $H_2O$ .....	20
Tabel III.4 Data Spesifikasi Katalis $AlCl_3$ .....	20
Tabel III.5 Data Spesifikasi Produk $C_8H_{10}O$ .....	21
Tabel IV.1 Neraca Massa Alat <i>Mixer</i> .....	22
Tabel IV.2 Neraca Massa Alat Reaktor.....	22
Tabel IV.3 Neraca Massa Alat RDVF.....	23
Tabel IV.4 Neraca Massa Alat Dekanter.....	23
Tabel IV.5 Neraca Massa Alat Evaporator.....	24
Tabel IV.6 Neraca Massa Total.....	25
Tabel V.1 Neraca Panas Alat <i>Mixer</i> .....	27
Tabel V.2 Neraca Panas Alat Reaktor.....	27
Tabel V.3 Neraca Panas Alat RDVF.....	28
Tabel V.4 Neraca Panas Alat Dekanter.....	28
Tabel V.5 Neraca Panas Alat Evaporator.....	28
Tabel V.6 Neraca Panas Alat <i>Cooler</i> 1.....	29
Tabel V.7 Neraca Panas Alat <i>Cooler</i> 2.....	29
Tabel V.8 Neraca Panas Alat <i>Cooler</i> 3.....	29
Tabel V.9 Neraca Panas Alat <i>Cooler</i> 4.....	30
Tabel V.10 Neraca Panas Alat <i>Heat Exchanger</i> .....	30
Tabel V.11 Neraca Panas Alat Tangki Air.....	30

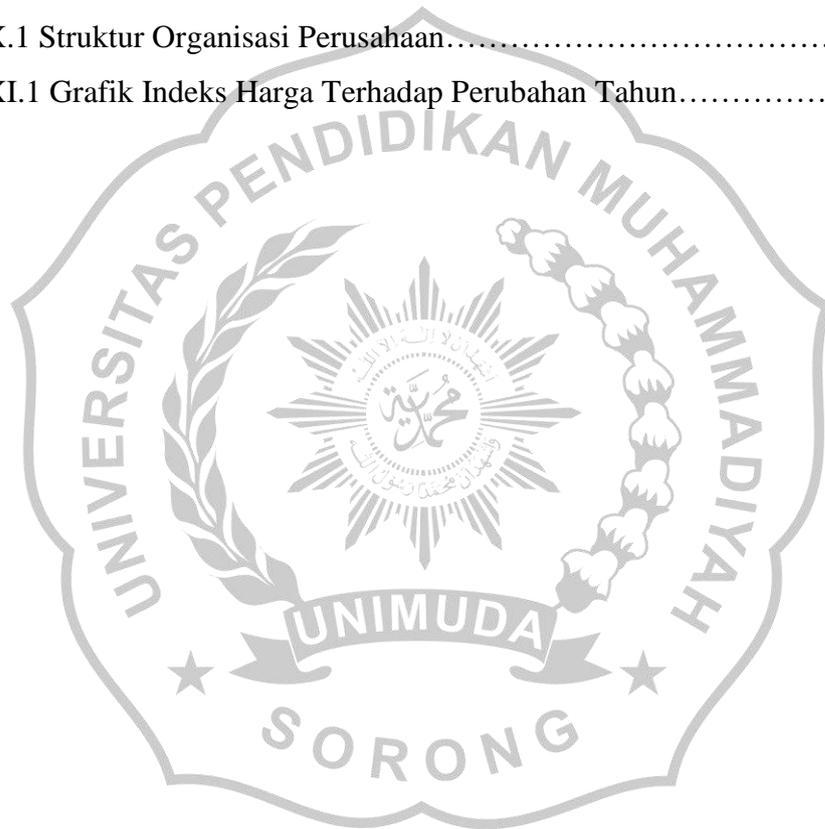
Tabel V.12 Neraca Panas Total.....	31
Tabel VI.1 Spesifikasi <i>Mixer</i> .....	32
Tabel VI.2 Spesifikasi Reaktor.....	33
Tabel VI.3 Spesifikasi RDVF.....	34
Tabel VI.4 Spesifikasi Dekanter.....	35
Tabel VI.5 Spesifikasi Evaporator.....	36
Tabel VI.6 Spesifikasi Gudang $AlCl_3$ .....	37
Tabel VI.7 Spesifikasi <i>Belt Conveyor</i> .....	37
Tabel VI.8 Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> .....	38
Tabel VI.9 Spesifikasi <i>Cooler</i> .....	39
Tabel VI.10 Spesifikasi Tangki Penyimpanan.....	40
Tabel VI.12 Spesifikasi Pompa Proses.....	42
Tabel VII.1 Kebutuhan air pendingin pada peralatan proses.....	49
Tabel VII.2 Kebutuhan air sanitasi.....	50
Tabel VII.3 Kebutuhan air proses.....	50
Tabel VII.4 Kebutuhan <i>Steam</i> Sebagai Alat Pemanas.....	65
Tabel VII.5 Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses.....	66
Tabel VII.6 Kebutuhan Listrik untuk Alat Utilitas.....	67
VII.7 Tabel Kebutuhan Listrik untuk Alat Penerangan.....	68
Tabel VIII.1 Tabel Pembagian Luas Pabrik.....	77
Tabel IX.1 Penggunaan Peralatan Keselamatan Kerja Pada Alat Proses.....	84
Tabel X.1 Jadwal Kerja Karyawan Masing-Masing Regu.....	103
Tabel X.2 Penggolongan Jabatan Dalam Suatu Perusahaan.....	104
Tabel X.3 Jumlah Karyawan Sesuai dengan Jabatan dan Gaji.....	105
Tabel XI.1 Data Indeks Harga Tahun 2000-2019.....	114
Tabel XI.2 Harga Alat Proses.....	116
Tabel XI.3 Harga Alat Utilitas.....	117
Tabel XI.4 Pembelian Alat ( <i>Equipment Cost</i> ).....	124
Tabel XI.5 <i>Physical Plant Cost</i> (PPC).....	124
Tabel XI.6 <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI).....	125
Tabel XI.7 Kebutuhan Utilitas.....	127

Tabel XI.8 <i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i> .....	128
Tabel XI.9 <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i> .....	129
Tabel XI.10 <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i> .....	129
Tabel XI.11 <i>Manufacturing Cost</i> .....	130
Tabel XI.12 <i>Working Capital</i> .....	131
Tabel XI.13 <i>Management Salaries</i> .....	131
Tabel XI.14 <i>General Expense (Pengeluaran Umum)</i> .....	132
Tabel XI.15 Total Biaya Produksi.....	133
Tabel XII.1 Hasil Aanalisa Ekonomi.....	138



## DAFTAR GAMBAR

Gambar I.2 Lokasi Pabrik <i>Phenyl Ethyl Alcohol</i> yang akan didirikan.....	7
Gambar IV.1 Diagram Alir Kuantitatif.....	26
Gambar VIII.1 Layout Pabrik <i>Phenyl Ethyl Alcohol</i> (PEA).....	78
Gambar VIII.2 Layout Proses Pabrik <i>Phenyl Ethyl Alcohol</i> (PEA).....	78
Gambar X.1 Struktur Organisasi Perusahaan.....	111
Gambar XI.1 Grafik Indeks Harga Terhadap Perubahan Tahun.....	115



## ABSTRAK

Prarancangan Pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* (PEA) kapasitas 2000 ton/tahun dengan bahan baku benzene dan etilen oksida dengan kemurnian 99,9%. Pabrik ini akan didirikan pada tahun 2027 di Desa Donan Kecamatan Cilacap Tengah Kabupaten Cilacap Provinsi Jawa Tengah. Proses yang digunakan dalam prarancangan ini adalah *Friedel-Craft* menggunakan katalis Aluminium Klorida untuk menghasilkan *Phenyl Ethyl Alcohol* (PEA) dalam reaktor tangki alir berpengaduk (RATB) pada suhu 10°C dan tekanan 1 atm. Pabrik ini termasuk dalam pabrik dengan risiko rendah karena prosesnya membutuhkan kondisi operasi yang rendah.

Pabrik ini berjalan secara kontinyu dalam 24 jam/hari dan 330 hari/tahun. Unit proses membutuhkan bahan baku benzen sebanyak 169,884 kg/jam, etilen oksida sebanyak 95,832 kg/jam, dan aluminium klorida sebanyak 63,698 kg/jam, sedangkan unit utilitas membutuhkan air pendingin sebanyak 11.701,342 kg/jam, *steam* sebanyak 23,825 kg/jam, air sanitasi sebanyak 5.912,716 kg/jam, listrik sebanyak 165,601 kW dan bahan bakar minyak sebesar 3,083 kg/jam.

Hasil analisis ekonomi diperoleh *Fixed Capital Investment* (FCI) sebesar Rp.62.546.805.003,162 dan *Working Capital Investment* (WCI) sebesar Rp. 27.381.505.563,72 dengan asumsi pajak pasar sebesar 15%. Didapatkan keuntungan pasar sebelum pajak sebesar Rp.13.417.691.380,95 dan keuntungan setelah pajak Rp.11.405.037.673,81. *Return Of Investment* (ROI) sebelum pajak 21,45% dan ROI setelah pajak 18,23%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak sebesar 3,18 tahun dan POT sesudah pajak 3,54 tahun. *Break Even Point* (BEP) diperoleh sebesar 45,74% (Syarat BEP 40-60%) dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 22,97 (Syarat SDP 20-30%) serta *Discount Cash Flow Rates of Return* (DCFRR) diperoleh sebesar 39%. Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa semua parameter memenuhi persyaratan pabrik untuk didirikan. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa Prarancangan Pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* (PEA) kapasitas 2000 ton/tahun layak untuk didirikan.

## BAB I. PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara berkembang pada saat ini berusaha untuk memenuhi kebutuhan berbagai bahan kimia dan melancarkan proses industrialisasi. Bahan tersebut dapat berupa bahan baku, bahan setengah jadi maupun bahan pendukung untuk industri. Pada kenyataannya sampai saat ini banyak sekali bahan kimia yang belum dapat dipenuhi dan selalu bergantung pada negara lain. Salah satunya bahan baku industri yang belum tercukupi di Indonesia adalah *Phenyl ethyl alcohol*.

*Phenyl Ethyl Alcohol* ( $C_8H_{10}O$ ) atau PEA merupakan suatu senyawa yang diperoleh dari sintesis bahan kimia. Senyawa ini berupa cairan tidak berwarna yang sangat mudah menguap, memiliki aroma seperti bunga mawar, dan umum digunakan pada industri makanan, pengharum, dan kosmetik (Soccol, 2019). *Phenyl ethyl alcohol* memiliki kandungan bakteriostatik dan antijamur sehingga digunakan dalam pembuatan krim antiseptik dan deodoran. Senyawa ini juga mengandung cincin aromatik, sehingga senyawa ini dapat dinitrasi, disulfonasi, atau diklorinasi untuk mendapatkan berbagai produk substitusi penting di dunia industri. *Phenyl ethyl alcohol* digunakan sebagai bahan baku oleh beberapa pabrik di Indonesia meliputi PT. Lion Wings, PT. Priskila Prima Makmur dan PT. Unilever. Tingginya potensi pemanfaatan *Phenyl Ethyl Alcohol* tidak diimbangi dengan kapasitas yang ada. Hal ini disebabkan karena belum adanya pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* di Indonesia sehingga kebutuhan *Phenyl Ethyl Alcohol* di Indonesia saat ini masih bergantung dari negara lain seperti China, Japan, dan India.

Dengan melihat industri kosmetik dan pasar yang terus berkembang, turut mendorong terpenuhinya bahan baku yang diperlukan. Oleh karena itu, pendirian pabrik PEA menjadi menarik dan dirasa perlu untuk dikaji. Melalui pembangunan industri *Phenyl Ethyl Alcohol* di Indonesia selain dapat mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap industri luar negeri. Dengan adanya

pembangunan pabrik ini dapat mengurangi pengeluaran devisa negara untuk mengimpor *Phenyl Ethyl Alcohol*. Di samping itu dapat membuka lapangan kerja baru bagi sumber daya manusia di Indonesia, memacu pertumbuhan ekonomi dan industri yang tangguh.

## **I.2 Kegunaan Produk**

Dalam pemanfaatannya *Phenyl ethyl alcohol*, digunakan dalam industri. Beberapa manfaat atau kegunaan dari senyawa *Phenyl ethyl alcohol* adalah sebagai berikut:

1. Bahan pembuatan antiseptik
2. Industri makanan
3. Industri kosmetik
4. Industri parfum
5. Industri sabun
6. Industri pengawet

*Phenyl ethyl alcohol* memiliki bau berbunga-bunga, segar dan kaya rasa dengan nuansa madu mawar sehingga sangat cocok digunakan dalam industri parfum. Selain itu bersama *Phenyl ethyl alcohol* dengan *citronellol* dan *geraniol* merupakan bahan dasar dari pembuatan parfum mawar, juga digunakan sebagai bahan tambahan dalam memperkuat aroma mawar. Kira-kira 10-15% *phenyl ethyl alcohol* yang dihasilkan digunakan untuk membuat *acetate* dan umum digunakan pada industri makanan, pengharum, dan kosmetik (Soccol, 2019).

## **I.3 Penentuan Kapasitas Pabrik**

Salah satu hal yang harus diperhatikan dalam merancang suatu pabrik adalah menentukan kapasitas suatu pabrik. Kapasitas produksi merupakan tingkat yang menunjukkan batas kemampuan, penerimaan atau keluaran dari suatu unit, fasilitas atau output untuk memproduksi dalam periode waktu tertentu. Dalam menentukan kapasitas pabrik *Phenyl ethyl alcohol* terdapat beberapa pertimbangan dari berbagai macam aspek, antara lain:

### I.3.1 Kebutuhan Dalam Negeri

Untuk memproyeksikan kebutuhan PEA di Indonesia, dibutuhkan data pasokan (*supply*) yang merupakan data pembelian dari luar negeri (Impor) terdiri dari penjumlahan data impor dengan konsumsi dalam negeri.

#### 1. Impor

Data impor dalam lima tahun terakhir menunjukkan bahwa kebutuhan *Phenyl Ethyl Alcohol* dalam negeri terus mengalami fluktuatif, bukan hanya kebutuhan PEA saja, tetapi juga pada nilai kebutuhan industri lainnya. Penyebab fluktuatifnya nilai impor industri di Indonesia disebabkan karena adanya permasalahan global dan geopolitik seperti *trade war* (perang dagang antara Amerika Serikat dan China tentang tarif perdagangan) dan fluktuasi harga komoditas (Kemenperin,2020). Hal ini sesuai dengan data dari Badan Pusat Statistik yang ditunjukkan pada Tabel I.1. di bawah ini.

Tabel I.1 Data Impor *Phenyl Ethyl Alcohol* Tahun 2018-2022

No	Waktu (Tahun)	Kapasitas (Ton/Thn)
1	2018	982,347
2	2019	563,773
3	2020	843,413
4	2021	1137,314
5	2022	863,471

(Sumber: Badan Pusat Statistik,2023)

#### 2. Konsumsi Dalam Negeri

Konsumsi *phenyl ethyl alcohol* dapat dilihat dari banyaknya industri yang menggunakan *phenyl ethyl alcohol* sebagai bahan utama maupun bahan pendukung. Konsumsi *phenyl ethyl alcohol* di beberapa industri di Indonesia yaitu kurang lebih sebesar 9.700 ton/tahun. Berikut beberapa industri yang menggunakan *phenyl ethyl alcohol* sebagai bahan baku disajikan pada tabel I.2. di bawah ini.

Tabel I.2 Industri yang Menggunakan *Phenyl Ethyl Alcohol*

Nama Industri	Lokasi	Kebutuhan (Ton/Tahun)
PT. Lion Wings	Jakarta	1300
PT. Priskila Prima Makmur	Tangerang	1000
PT. Unilever Indonesia	Tangerang	4500
PT. Vitapharm	Surabaya	1000
PT. Herlina Indah	Jakarta Timur	1200
PT. Martina Berto	Jakarta	700

(Sumber: Badan Pusat Statistik,2023)

### 1.3.2 Kapasitas Pabrik Yang Telah Berdiri

Pemenuhan kebutuhan PEA di Indonesia hingga saat ini masih bergantung pada produksi PEA dari negara luar seperti China, Jepang, dan India. Kapasitas pabrik yang memproduksi PEA di dunia berkisar dari 11 ton/tahun sampai 7.000 ton/tahun. Data kapasitas produsen PEA di dunia dapat dilihat pada Tabel I.3. di bawah ini.

Tabel I.3 Daftar Produsen *Phenyl Ethyl Alcohol* di Dunia

No	Nama Pabrik	Negara	Jumlah Impor (Ton/Thn)
1	Shandong Fousi Chemical Co.,Ltd.	China	11
2	Dalian Sinobio Chemistry Co.,Ltd.	China	20
3	Hebei Quanjinci New Material Co.,Ltd.	China	330
4	Qingdao CEMO Technology Develop Co.,Ltd.	China	726
5	Shandong Deshang Chemical Co.,Ltd.	China	1000
6	Jinan Yudong Technology	China	7000
7	Silverline Chemical	India	1.200
8	Harmony Organics	India	3.000
9	International Petrochem Limited	India	4.000
10	Toyotama	Jepang	1.100

(Sumber: UNDATA,2022)

### Peluang mendirikan Pabrik

Salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam pendirian *Phenyl Ethyl Alcohol* adalah kapasitas pabrik yang akan dibangun. Proses produksi *Phenyl Ethyl Alcohol* dalam pra-rancangan pabrik ini direncanakan pada tahun 2027, dengan mengacu pada pertumbuhan impor yang disajikan pada Tabel I.4 di bawah ini maka perkiraan pertumbuhan *Phenyl Ethyl Alcohol* pada tahun 2027 dapat dihitung sebagai berikut.

Tabel I.4 Data Pertumbuhan Impor PEA Tahun 2018-2022

No	Waktu (Tahun)	Kapasitas (Ton/Thn)	Kapasitas (Kg/Thn)	Kenaikan atau Pertumbuhan
1	2018	982,347	982347	-
2	2019	563,773	563773	-0,426
3	2020	843,413	843413	0,496
4	2021	1137,314	1137314	0,348
5	2022	863,471	863471	-0,241
Total (i)				0,178

Berdasarkan Tabel I.4 di atas terlihat kenaikan nilai impor impor *Phenyl Ethyl Alcohol* rata-rata sebesar 0,178. Untuk perkiraan kapasitas produksi pabrik impor *Phenyl Ethyl Alcohol* yang akan didirikan pada tahun 2027 dapat menggunakan perhitungan sebagai berikut.

$$F = F_0 \times (1 + i)^n \dots \dots \dots (I.1)$$

Dimana

F = Perkiraan Kebutuhan *Phenyl Ethyl Alcohol* pada tahun 2027 (ton)

F<sub>0</sub> = Kebutuhan *Phenyl Ethyl Alcohol* pada tahun akhir yaitu 2022 (ton)

i = Pertumbuhan rata-rata

n = Selisih waktu (tahun) (Peter & Timmerhaus,2003)

Dalam perhitungan diasumsikan bahwa jumlah konsumsi sama dengan data impor. Maka jumlah konsumsi pada tahun 2027 diprediksi sebanyak:

$$\begin{aligned} F &= 843,413 \times (1 + 0,178)^5 \\ &= 843,413 \times 2,265 \\ &= 1910,02 = 2000 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

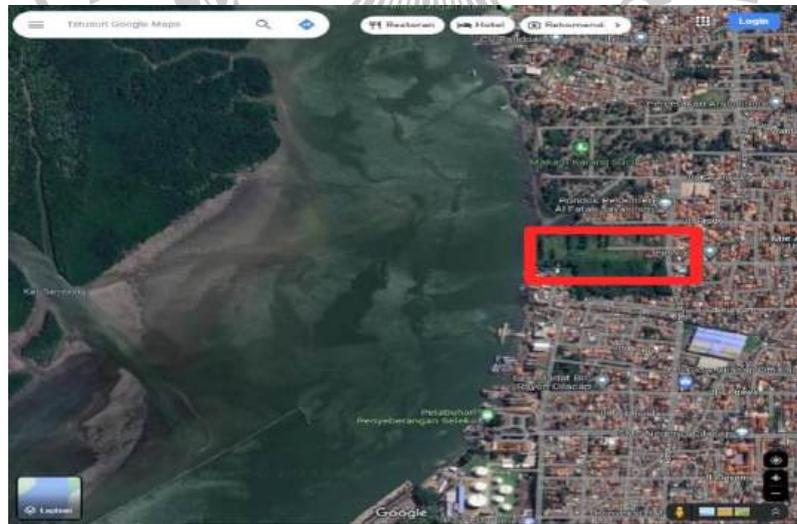
Kapasitas tersebut (2000 ton/tahun) sudah termasuk kapasitas ekonomis, sesuai dengan pabrik yang telah beroperasi di dunia yang berkisar dari 11 ton/tahun sampai 7.000 ton/tahun serta kebutuhan industri yang menggunakan PEA di Indonesia yang beroperasi dengan kapasitas kurang lebih sebesar 9.700 ton/tahun.

Kapasitas produksi pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* sebesar 2000 ton/tahun dengan beberapa pertimbangan-pertimbangan pendirian pabrik ini di Indonesia antara lain:

1. Menyesuaikan kebutuhan pasar dikarenakan pabrik ini tergolong baru dan pertama di Indonesia, akan tetapi pabrik juga menyiapkan area perluasan guna meningkatkan kapasitas produksi
2. Penghematan devisa negara, hal ini karena Indonesia selalu mengimpor dalam pemenuhan kebutuhan *Phenyl Ethyl Alcohol*. Selain itu untuk memacu pertumbuhan industri-industri lain yang menggunakan bahan *Phenyl Ethyl Alcohol*.
3. Mengurangi impor sehingga pabrik dapat meminimalisir pengeluaran pabrik.

#### I.4 Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan tahapan awal dan salah satu hal penting yang perlu diperhatikan dalam mendirikan suatu pabrik. Pemilihan lokasi pabrik yang tepat akan berpengaruh terhadap kelangsungan operasi suatu pabrik. Hal tersebut disebabkan karena lokasi pabrik akan mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan dan kelangsungan hidup (eksistensi) pabrik tersebut. Untuk itu, dengan menentukan lokasi pendirian pabrik yang baik, maka pabrik akan beroperasi dengan lancar serta efektif dan efisien. Sehingga biaya investasi, produksi, dan distribusi dapat seminimum mungkin serta sekaligus dapat memenuhi sasaran penjualan yang tepat pada waktunya dengan jumlah, kualitas, harga yang layak, serta dapat memperoleh keuntungan. Pabrik PEA direncanakan berlokasi di Desa Donan Kecamatan Cilacap tengah Kabupaten Cilacap Jawa Tengah. Lokasi tersebut berada di kawasan industri Cilacap seperti PT Pertamina RU IV Cilacap, PT TBBM Pertamina Cilacap, PT. Pertamina Lubricants.



Gambar I.1 Lokasi Pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* yang akan didirikan

(Sumber: *Google Earth*, diakses 27 September 2023)

Letak geografis suatu pabrik memiliki pengaruh yang sangat penting terhadap keberhasilan dari pabrik tersebut. Berikut ini merupakan faktor-faktor yang acuan yang digunakan dalam landasan mendirikan dan menentukan suatu pabrik/industri/usaha, meliputi:

#### 1. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku pembuatan *phenyl ethyl alcohol* yaitu *benzene* dan *ethylene oxide*. Dimana *Benzene* didatangkan dari PT Pertamina Cilacap. Sedangkan untuk *Ethylene Oxide* yang berasal dari PT. Prima Ethycolindo di Merak dan katalis Aluminium Klorida dapat diperoleh dari PT. Lumbung Sumber Rejeki Cirebon, Jawa Barat. Alternatif lain yang digunakan apabila opsi pertama tidak mencukupi yaitu *Benzene* didatangkan dari PT. Trans-Pacific Petrochemical Indotama Tuban, Jawa Timur, *Ethylene Oxide* yang berasal dari PT Polychem yang berlokasi di Tangerang.

#### 2. Pemasaran Produk

*Phenyl ethyl alcohol* hasil produksi akan digunakan sebagai bahan intermediet untuk pabrik yang membutuhkan bahan baku *phenyl ethyl alcohol* di Indonesia seperti industri pewangi berbasis PEA. Fokus area pemasaran *phenyl ethyl alcohol* yaitu di pulau Jawa khususnya daerah Tangerang, Jakarta, Jawa Timur dimana sarana transportasi yang tersedia juga sudah cukup tersedia untuk memasarkan produk ke konsumen dalam negeri.

#### 3. Utilitas

Lokasi pabrik yang dipilih harus mempunyai sumber air untuk utilitas yang memadai, baik segi kualitas maupun kuantitasnya. Fasilitas yang terdiri dari penyediaan air dan listrik mengharuskan lokasi pabrik dekat dengan sumber tersebut. Pabrik ini berlokasi di dekat laut sekitar Pelabuhan Penyeberangan Seleko dan Pelabuhan Tanjung Intan. untuk memenuhi kebutuhan air. Sementara untuk kebutuhan akan listrik didapatkan dari PLN setempat.

#### 4. Tenaga Kerja

Untuk tenaga kerja dengan kualitas tertentu dapat diperoleh dari daerah setempat maupun pendatang. Sedangkan untuk tenaga buruh diutamakan dari daerah setempat namun, tidak menutup kemungkinan juga tenaga buruh dapat diperoleh dari pendatang daerah lain. Hal tersebut dilakukan

untuk membuka lapangan pekerjaan seluas-luasnya dan membantu perekonomian masyarakat.

#### 5. Transportasi

Sarana transportasi menjadi hal penting dalam pemilihan lokasi pabrik untuk menunjang mobilitas penyediaan bahan baku dan pendistribusian produk. Penyediaan bahan baku dapat dilakukan dengan menggunakan transportasi darat didukung dengan lokasi pabrik yang dekat dengan jalan raya. Sedangkan, untuk distribusi produk dapat dilakukan dengan jalur darat maupun laut didukung dengan lokasi pabrik yang cukup dekat dengan Pelabuhan.

#### 6. Lingkungan

Lokasi pabrik juga dipengaruhi oleh lingkungan. Apabila lingkungan sekitar tidak menunjang (seperti kekurangan air, tanah longsor dan sebagainya) akan menyebabkan terhambatnya jalannya proses produksi. Lokasi pabrik tentunya harus terdapat beberapa komponen penting seperti udara bersih, jauh dari pemukiman warga, air bersih, sumber listrik dan masih banyak lagi. Keadaan iklim yang terlalu panas atau dingin akan mengakibatkan perlunya peralatan tambahan yang menyebabkan bertambahnya biaya konstruksi pabrik serta mempengaruhi kondisi penyimpanan bahan baku.

### **I.5 Tinjauan Pustaka**

Proses *Phenyl Ethyl Alcohol* dapat dilakukan dengan berbagai macam metode seperti Reaksi *Grignard*, Reaksi *Friedel-Crafts* dan Hidrogenasi Stirena Oksida.

#### **I.5.1 Reaksi Grignard**

Pada Sintesis Grignard klorobenzena diubah menjadi fenil magnesium klorida yang bereaksi dengan etilen oksida pada temperatur 120-150 °C dan pada tekanan 200-300 atm menghasilkan fenil etoksi magnesium klorida yang kemudian di dekomposisi dengan asam sulfat sehingga menghasilkan PEA. Proses ini melibatkan penggunaan dietil eter yang berbahaya sebagai pelarut, juga sangat sulit untuk menyiapkan fenil magnesium klorida. Namun, masalah utama dari

proses ini adalah kualitas PEA yang rendah, dimana hal ini menjadi sangat penting dalam produksi bahan kimia wewangian. Produk samping utama yang diperoleh adalah bifenil bersama dengan sejumlah produk samping lainnya yang tidak dapat dipisahkan dari PEA bahkan dengan distilasi vakum. Selain itu, proses ini juga menghasilkan fenil–magnesium klorida yang berpotensi berbahaya dan sensitif terhadap udara dan kelembapan juga, (Chaudhari et al., 2000). Reaksi dari Sintesis Grignard adalah sebagai berikut:



(Bromo benzena) (Fenil magnesium bromida)



Kondisi operasi:

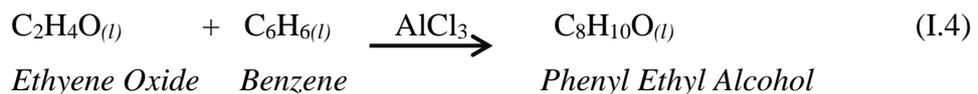
$$P = 200\text{-}300 \text{ atm}$$

$$T = 120\text{-}150^\circ\text{C}$$

(Noller,1957)

### I.5.2 Reaksi Friedel-Crafts

Reaksi *Friedel-Crafts* pertama kali digunakan oleh *Schaarschmidt* pada tahun 1925. Reaksi Alkilasi *Friedel Crafts* adalah reaksi penggantian atom hidrogen pada cincin aromatik dengan elektrofil . Secara komersial PEA dibuat melalui reaksi *Friedel Crafts* antara benzena ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) dan etilen oksida ( $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ ) dengan adanya aluminium klorida anhidrat ( $\text{AlCl}_3$ ) sebagai katalis pada kondisi operasi 1 atm suhu  $10^\circ\text{C}$ , melalui rangkaian reaksi berikut:



Reaksi ini menghasilkan *yield* dengan kemurnian 98-100%. Penggunaan *Benzene* berlebih dapat memberi pengaruh pada agitasi yang baik selama proses reaksi.

Kondisi operasi:

$$P = 1 \text{ atm}$$

$$T = 10^{\circ}\text{C}$$

(Kirk Othmer, 1981)

### I.5.3 Hidrogenasi Stirena Oksida

Produksi PEA melalui proses hidrogenasi katalitik dari stirena oksida dengan katalis golongan platina yang didukung dengan adanya basa organik maupun anorganik sebagai promotor, menggunakan alkohol sebagai pelarut. Reaksi dilakukan pada suhu berkisar antara 40 – 120 °C dan tekanan hidrogen 50 – 800 psig. Setelah reaksi selesai, katalis dipisahkan dari produk dengan metode konvensional seperti penyaringan. Penambahan promotor seperti NaOH menyebabkan pH campuran reaksi berada pada 12 sampai 13 yang menyebabkan pembukaan epoksida cepat dan menghasilkan diol sebagai zat antara. Karena promotor dan katalis ada dalam media yang sama, tidak perlu untuk memisahkan zat antara yang terbentuk. Perantara yang terbentuk segera direduksi menjadi PEA.

Reaksi dari Hidrogenasi Stirena Oksida adalah sebagai berikut:



Tabel I.5 Perbandingan Proses Produksi *Phenyl Ethyl Alcohol*

Keterangan	Metode		
	Grignard	Friedel-Craft	Hidrogenasi
Kondisi Operasi	T : 120-150°C P : 2-3 atm	T : 10 °C P : 1 atm	T : 80-120°C P : 3-55 atm
Katalis	Tidak ada	Ada (AlCl <sub>3</sub> )	Pt/C, Pd/C, Ni/C
Fase Reaksi	Padat-Cair	Cair-Cair	Gas-Cair
Jenis Reaktor	Fluidized Bed	RATB	Fixed Bed
Ketersediaan Bahan Baku	Susah didapat (harus impor;bromo benzena)	Mudah didapat	Mudah didapat

Keterangan	Metode		
	Grignard	Friedel-Craft	Hidrogenasi
Kemurnian	60%	98-100%	85%
Konversi	50%	± 60-95%	60-90%
Proses Separasi	Ekstraksi	Distilasi	Filtrasi dan Distilasi
Kekurangan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kualitas produk rendah</li> <li>- Pelarut dietil eter bahan berbahaya</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kondisi operasi harus sangat dijaga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resiko ledakan gas hidrogen bertekanan</li> <li>- Memakai banyak katalis dan mahal</li> </ul>

Berdasarkan metode pembuatan PEA pada tabel 1.4 dapat disimpulkan bahwa alasan pemilihan dengan proses reaksi *Friedel-Crafts* merupakan proses yang menguntungkan dengan alasan menghasilkan kemurnian yang tinggi yaitu sebesar 98 - 100% dan dengan kondisi operasi yang rendah yaitu pada suhu 10 °C dan tekanan 1 atm.

### I.6 Tinjauan Termodinamika

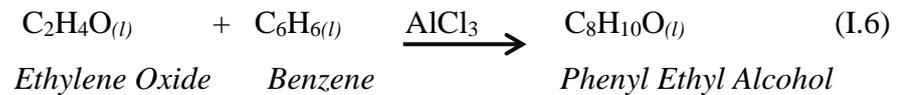
Reaksi pembentukan PEA, ditinjau dari segi termodinamika adalah sebagai berikut:

Tabel I.6 Data Panas Pembentukan

Komponen	$\Delta H_{f298}$ (kJ/mol)
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	-52,63
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	82,93
C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	-121,00

(Perry, 1999)

Reaksi:



$$\begin{aligned} \Delta H_{f298\text{reaksi}} &= \Delta H_{f298\text{produk}} - \Delta H_{f298\text{reaktan}} \\ &= -121,00 - (-52,63 + 82,93) \\ &= -151,300 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas dapat diambil kesimpulan bahwa reaksi antara *ethylene oxide* dan *benzene* untuk menghasilkan *phenyl ethyl alcohol* adalah reaksi eksotermis, karena harga yang  $\Delta H_f$  negatif.

Untuk mengetahui sifat reaksi searah atau bolak-balik dapat dilihat dari harga kesetimbangan kimia yang dipengaruhi oleh energi bebas Gibbs.

Tabel I.7 Data Energi Bebas Gibbs

Komponen	$\Delta G_f^{\circ 298}$ (kJ/mol)
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	-13,10
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	129,66
C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	-2,85

(Yaws,1999)

$$\begin{aligned} \Delta G_f^{\circ 298} &= \Delta G_f^{\circ \text{produk}} - \Delta G_f^{\circ \text{reaktan}} \\ &= (-2,85) - (-13,10 + 129,66) \\ &= -119,41 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\Delta G_f^{\circ 298} = -119410 \text{ J/mol}$$

Berdasarkan perhitungan didapatkan bahwa  $\Delta G_f$  negatif yang berarti reaksi tersebut berjalan secara spontan.

$$\Delta G_f^{\circ} = -RT \ln K$$

$$\ln K = \Delta G_f^{\circ} / -RT$$

$$= \frac{-119410 \text{ kJ/kmol}}{-8,314 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}} \cdot \text{K} \times 298^{\circ}\text{K}}$$

$$\ln K = 48,196$$

$$K_{298} = 8,5393 \times 10^{20}$$

$$\text{Pada } T \text{ operasi } 10^{\circ}\text{C} = 283^{\circ}\text{K}$$

$$\begin{aligned} \ln \frac{K}{K_{298}} &= \frac{\Delta H}{R} \left[ \frac{1}{T} - \frac{1}{T_1} \right] \\ \ln \frac{K}{8,5393 \times 10^{20}} &= - \frac{-151300}{8,314} \left[ \frac{1}{283} - \frac{1}{298} \right] \\ \ln \frac{K}{8,5393 \times 10^{20}} &= \frac{151300}{8,314} \cdot \frac{(283-298)}{283 \cdot 298} = -2,1204 \\ \ln K - \ln 8,5393 \times 10^{20} &= -3,237 \\ \ln K - 42,8935 &= -3,237 \\ \ln K &= -3,237 + 42,8935 \\ &= 39,6565 \\ K &= 1,6695 \cdot 10^{17} \end{aligned}$$

Terlihat bahwa harga K untuk reaksi tersebut sangat besar, sehingga reaksi akan berjalan ke kanan (*irreversible*).

(Smith.J.M. & Van Ness H.C,1996)

### I.7 Tinjauan Kinetika

Ditinjau dari segi kinetiknya, berdasarkan buku Othmer 1992 waktu tinggal reaksi dalam reaktor 6 jam, pada temperatur 10°C dianggap orde 1 karena benzene dibuat berlebih. Dari Levenspiel, untuk orde 1, diperoleh persamaan:

$$\frac{dC_A}{dt} = kC_A^n$$

Dimana: n adalah orde reaksi

$$-r_A = kC_A$$

$$C_A = C_{A0}(1-X_A)$$

$$-r_A = \frac{-dC_A}{dt} = kC_A$$

$$- \int_{C_{A0}}^{C_A} \frac{dC_A}{C_A} = k \int_0^t dt$$

$$-\ln \frac{C_A}{C_{A0}} = kt$$

$$-dC_A = C_{A0} dX_A$$

$$\frac{dX_A}{dt} = k(1-X_A)$$

$$-\ln(1-X_A) = k.t$$

$$k = \frac{-\ln(1-X_A)}{t}$$

$$k = \frac{-\ln(1-0,95)}{6}$$

$$k = 0,4992/\text{jam}$$

Berdasarkan perhitungan konstanta laju reaksinya adalah 0,4992/jam. Konstanta laju reaksi bergantung pada jenis pereaksi, suhu, dan katalis. Semakin besar nilai k maka semakin cepat reaksi berlangsung. Nilai k ini juga berpengaruh terhadap desain reaktor.



## BAB II. URAIAN PROSES

Proses pembuatan *Phenyl Ethyl Alcohol* dengan reaksi Alkilasi *Friedel Crafts* yang menggunakan bahan *Ethylene Oxide* dan *Benzene* dapat dilakukan melalui tahap-tahap sebagai berikut:

### II.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Tahap persiapan bahan baku dilakukan untuk mengkondisikan bahan baku sehingga memenuhi syarat kondisi operasi dalam reaktor. Hal-hal yang perlu diperhatikan terdiri dari kondisi penyimpanan bahan baku dan proses fisis untuk mengubah bahan baku sesuai dengan kondisi umpan reaktor yang dibutuhkan.

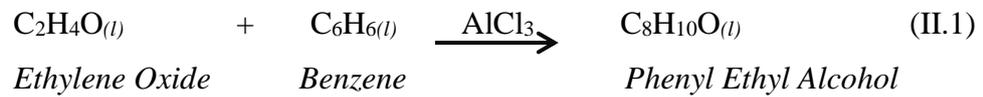
1. Bahan baku berupa *Ethylene Oxide* yang mempunyai komposisi minimal 97% mol disimpan pada fase cair pada suhu lingkungan ( $T = 30^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 1$  atm) dalam tangki silinder vertikal dengan tutup atas berupa *conical*. Bahan baku berupa *Ethylene Oxide* dialirkan dengan pompa menuju *cooler* untuk didinginkan hingga suhu  $T = 30^{\circ}\text{C}$  kemudian diumpankan ke reaktor.
2. Bahan baku dengan komposisi minimal 99% mol *Benzene* disimpan pada fase cair dengan tekanan 1 atm dan suhu  $30^{\circ}\text{C}$  dalam tangki silinder tegak dengan tutup berbentuk kerucut kemudian dialirkan dengan menggunakan pompa menuju *cooler* untuk didinginkan hingga suhu  $T = 30^{\circ}\text{C}$  kemudian diumpankan ke reaktor.
3. Untuk katalis *Aluminium Chloride* yang berfase padat disimpan dalam gudang pada suhu  $30^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 1 atm diangkut dengan *belt conveyor* menuju *mixer* untuk dilakukan pencampuran hingga homogen dan disimpan dalam fase cair, selanjutnya diumpankan menggunakan pompa menuju reaktor.

### II.2 Tahap Reaksi

Reaktor yang difungsikan untuk mereaksikan *Ethylene Oxide* dan *Benzene* dengan menggunakan katalis *Aluminium Chloride* untuk memperoleh produk *Phenyl Ethyl Alcohol*. Dengan reaksi *irreversible*, eksotermis kondisi operasi

reaktor dioperasikan secara *kontinyu* dengan suhu 10°C dan tekanan 1 atm, Dimana untuk mempertahankan suhu reaksi digunakan pendingin *brine water*.

Reaksi:



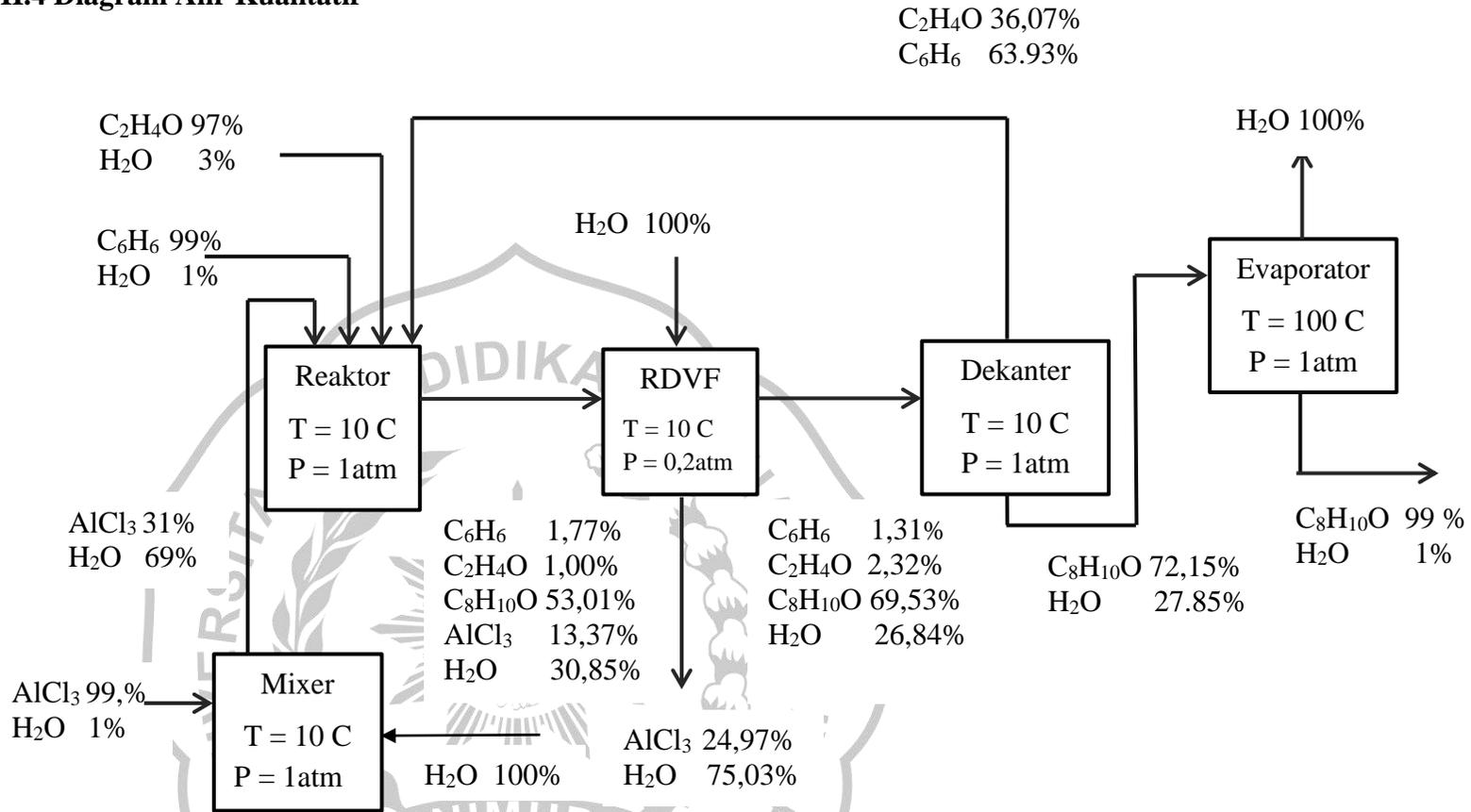
Setelah konversi yang diinginkan tercapai sampai 95% produk hasil reaksi dari reaktor akan difilter menggunakan *rotary drum vacuum filter* (RDVF) berdasarkan kelarutan. Aluminium klorida yang terpisah akan di umpankan ke UPL sedangkan hasil filtrat akan diumpankan ke dekanter untuk proses pemisahan.

### II.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian

Dekanter berfungsi untuk memisahkan produk dan sisa reaktan berdasarkan perbedaan berat jenis. Produk atas dekanter (fase ringan) berupa *ethylene oxide* dan *benzene* dikembalikan menuju reaktor dengan pompa. Sedangkan produk bawah dekanter (fase berat) akan dialirkan dengan pompa menuju evaporator.

Sebelum dialirkan ke evaporator dipanaskan menggunakan *heater* sampai 80°C. Di evaporator terjadi pemisahan berdasarkan perbedaan titik didih. Produk atas evaporator akan diumpankan ke UPL sementara produk bawah evaporator dengan kemurnian 99% dan sisa impuritis akan dialirkan dengan pompa dan didinginkan dengan menggunakan *cooler* sampai suhu 35 °C dan ditampung menggunakan tangki penampung produk dengan tutup *conical* dan diuji dalam laboratorium sebelum siap untuk dipasarkan.

### II.4 Diagram Alir Kualitatif



Gambar II.1 Diagram Alir Kualitatif

### BAB III. SPESIFIKASI BAHAN

Untuk memenuhi kualitas produk sesuai targer pada perancangan ini, maka mekanisme pembuatan *Phenyl Ethyl Alcohol* dirancang variabel utama yaitu: spesifikasi bahan baku, spesifikasi bahan pembantu dan spesifikasi produk.

#### III.1 Spesifikasi Bahan Baku

##### 1. Benzene

Tabel III.1 Data Spesifikasi Bahan Baku C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>

Parameter	Benzene
Rumus Molekul	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
Bentuk	Cair
Warna	Tidak berwarna
Berat Molekul, g/gmol	78
Kemurnian, min % berat	99,90
Impuritas : H <sub>2</sub> O, % berat	0,10
Densitas (20 °C), kg/m <sup>3</sup>	876
Titik Didih (1 atm), °C	80,09
Titik Leleh, °C	5,530
Kelarutan	- 0,07% pada 22°C Air - Larut dalam alkohol
Kekentalan (25°C), cP	0,6816
Suhu Kritis, °C	289,01

(Kirk Othmer, 1996)

##### 2. Ethylene Oxide

Tabel III.2 Data Spesifikasi Bahan Baku C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O

Parameter	Ethylene Oxide
Rumus Molekul	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O
Bentuk	Cair

Warna	Tidak berwarna
Berat Molekul, g/gmol	44,06
Kemurnian, min % berat	97
Impuritas : H <sub>2</sub> O, % berat	3
Densitas (20 °C), kg/m <sup>3</sup>	882
Titik Didih, °C	10,45
Titik Beku, °C	-111,7
Kelarutan	Larut dalam air 7,9 g/l pada 25°C
Kekentalan (25 °C), cP	0,2946
Suhu Kritis, °C	195,8

(www.airgas.com)

### 3. Air

Tabel III.3 Data Spesifikasi Bahan Baku H<sub>2</sub>O

Parameter	Air
Rumus Molekul	H <sub>2</sub> O
Bentuk	Cair
Warna	Tidak berwarna
Berat Molekul, g/gmol	18,01528
Kemurnian, min % berat	100
Impuritas : H <sub>2</sub> O, % berat	-
Densitas (20 °C), kg/m <sup>3</sup>	997
Titik Didih, °C	100
Titik Beku, °C	0
Kelarutan	-
Kekentalan (25 °C), cP	0,00899
Suhu Kritis, °C	374

(www.merckmillipore)

### III.2 Spesifikasi Katalis

Tabel III.4 Data Spesifikasi Katalis  $\text{AlCl}_3$

Parameter	Aluminium Chloride (Katalis)
Rumus Molekul	$\text{AlCl}_3$
Bentuk	Serbuk
Warna	Putih
Berat Molekul, g/gmol	133,5
Kemurnian, min % berat	99,30
Impuritas : $\text{H}_2\text{O}$ , % berat	0,70
Densitas (20 °C), $\text{kg/m}^3$	2440
Titik Didih, °C	187,7
Titik Leleh, °C	190
Kelarutan	Larut dalam air 44,9 g/100 ml pada 10° C
Kekentalan (25 °C), cP	0,499
Suhu Kritis, °C	-

([www.Lobachemie.com](http://www.Lobachemie.com))

### III.3 Spesifikasi Produk

Tabel III.5 Data Spesifikasi Produk C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>O

Parameter	<i>Phenyl Ethyl Alcohol</i> (Produk Utama)
Rumus Molekul	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O
Bentuk	Cair
Warna	Tidak Berwarna
Berat Molekul, g/gmol	122
Kemurnian, min % berat	99,90
Impuritas : H <sub>2</sub> O, % berat	0,10
Densitas (20 °C), kg/m <sup>3</sup>	1025,35
Titik Didih, °C	218,2
Titik Leleh, °C	-27
Kelarutan	Larut dalam Air 3,7 g/l pada 25°C
Kekentalan (25 °C), cP	11,2667
Suhu Kritis, °C	443,4

(Kirk Othmer, 1996)

## BAB IV. NERACA MASSA

Kapasitas Produksi : 2000 ton/tahun : 252,530 kg/jam  
 Operasi Pabrik : 330 hari/Tahun  
 Satu Hari Operasi : 24 Jam  
 Konversi : 95%

### IV.1 Neraca Massa Alat

#### IV.1.1 Neraca Massa Alat *Mixer*

Tabel IV.1 Neraca Massa Alat *Mixer*

Komponen	Massa Masuk (Kg/Jam)		Massa Keluar (Kg/Jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 3
AlCl <sub>3</sub>	63,698		63,698
H <sub>2</sub> O	0,643	141,866	142,509
<b>SUB TOTAL</b>	<b>64,341</b>	<b>141,866</b>	<b>206,207</b>
<b>TOTAL</b>	<b>206,207</b>		<b>206,207</b>

#### IV.1.2 Neraca Massa Alat Reaktor

Tabel IV.2 Neraca Massa Alat Reaktor

Komponen	Massa Masuk (Kg/Jam)				Massa Keluar (Kg/Jam)
	Arus 4	Arus 6	Arus 8	Arus 13	Arus 9
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O			91,080	4,752	4,752
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>		161,460		8,424	8,424
C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O					252,530
AlCl <sub>3</sub>	63,698				63,698
H <sub>2</sub> O	142,509	1,631	2,818		146,968
<b>SUB TOTAL</b>	<b>206,207</b>	<b>163,091</b>	<b>93,898</b>	<b>13,176</b>	<b>476,372</b>
<b>TOTAL</b>	<b>476,372</b>				<b>476,372</b>

IV.1.3 Neraca Massa Alat *Rotary Drum Vacuum Filter* (RDVF)

Tabel IV.3 Neraca Massa Alat RDVF

Komponen	Massa Masuk (Kg/Jam)		Massa Keluar (Kg/Jam)	
	Arus 9	Arus 10	Arus 11	Arus 12
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	4,752			4,752
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	8,424			8,424
C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	252,530			252,530
AlCl <sub>3</sub>	63,698		63,698	
H <sub>2</sub> O	146,968	141,866	191,353	97,481
<b>SUB TOTAL</b>	<b>476,372</b>	<b>141,866</b>	<b>255,051</b>	<b>363,187</b>
<b>TOTAL</b>	<b>618,238</b>		<b>618,238</b>	

IV.1.4 Neraca Massa Alat Dekanter

Tabel IV.4 Neraca Massa Alat Dekanter

Komponen	Massa Masuk (Kg/Jam)	Massa Keluar (Kg/Jam)	
	Arus 12	Arus 13	Arus 14
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	4,752	4,752	
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	8,424	8,424	
C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	252,530		252,530
H <sub>2</sub> O	97,481		97,481
<b>SUB TOTAL</b>	<b>363,187</b>	<b>13,176</b>	<b>350,011</b>
<b>TOTAL</b>	<b>363,187</b>	<b>363,187</b>	

#### IV.1.5 Neraca Massa Alat Evaporator

Tabel IV.5 Neraca Massa Alat Evaporator

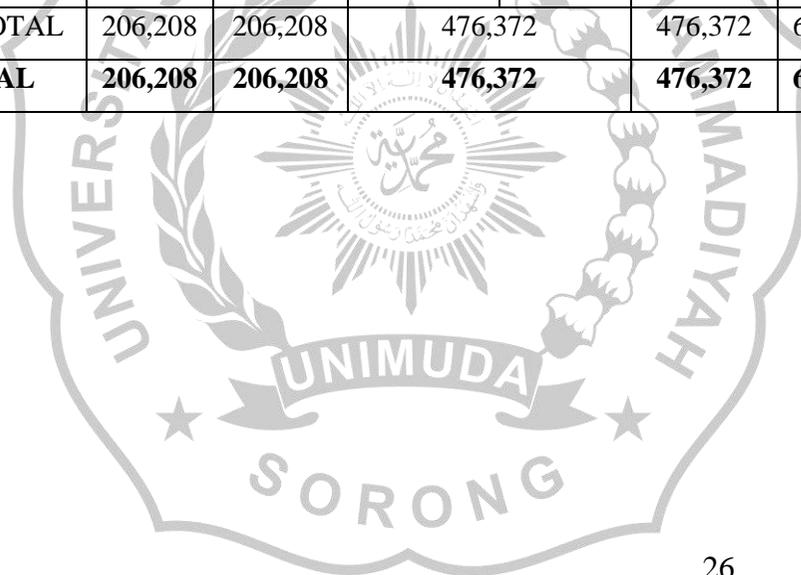
Komponen	Massa Masuk (Kg/Jam)	Massa Keluar (Kg/Jam)	
	Arus 15	Arus 16	Arus 17
C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	252,530		252,530
H <sub>2</sub> O	97,481	94,947	2,534
<b>SUB TOTAL</b>	<b>350,011</b>	<b>94,947</b>	<b>255,64</b>
<b>TOTAL</b>	<b>350,011</b>	<b>350,011</b>	



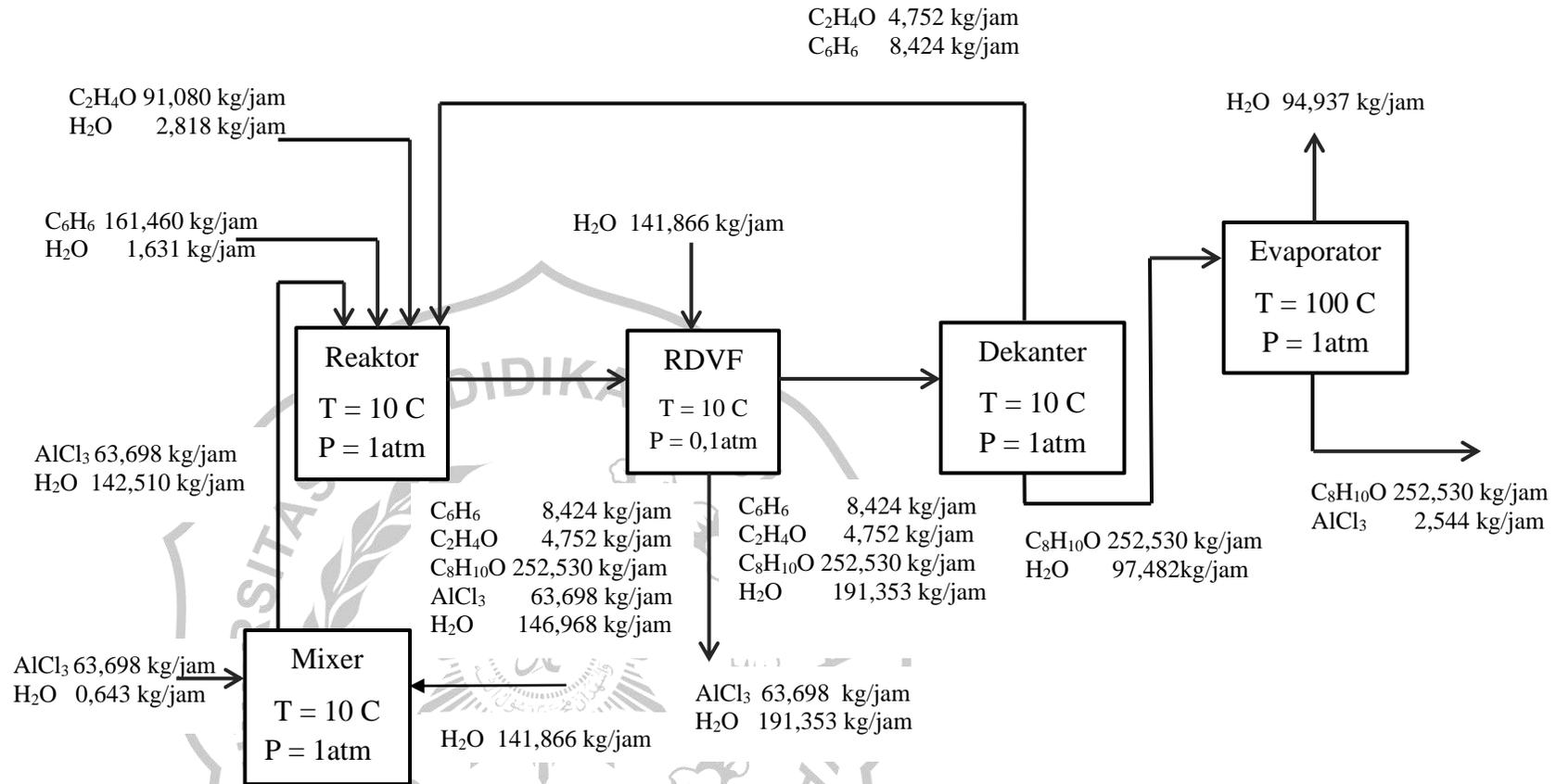
## 1V.2 Neraca Massa Total

Tabel IV.6 Neraca Massa Total

Komponen	Mixer		Reaktor			RDF		Dekanter		Evaporator	
	Input	Output	Input	R	Output	Input	Output	Input	Output	Input	Output
	(kg/jam)	(kg/jam)	(kg/jam)	(kg/jam)	(kg/jam)	(kg/jam)	(kg/jam)	(kg/jam)	(kg/jam)	(kg/jam)	(kg/jam)
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	-	-	91,080	4,752	4,752	4,752	4,752	4,752	4,752	-	-
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	-	-	161,460	8,424	8,424	8,424	8,424	8,424	8,424	-	-
C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	-	-	-	-	252,530	252,530	252,530	252,530	252,530	252,530	252,530
AlCl <sub>3</sub>	63,698	63,698	63,698	-	63,698	63,698	63,698	-	-	-	-
H <sub>2</sub> O	142,509	142,509	142,509	13,176	146,968	288,834	288,834	97,482	97,482	97,482	97,482
SUB TOTAL	206,208	206,208	476,372	-	476,372	618,238	618,238	363,188	363,188	350,012	350,012
<b>TOTAL</b>	<b>206,208</b>	<b>206,208</b>	<b>476,372</b>	-	<b>476,372</b>	<b>618,238</b>	<b>618,238</b>	<b>363,188</b>	<b>363,188</b>	<b>350,012</b>	<b>350,012</b>



### IV.3 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar IV.1 Diagram Alir Kuantitatif



V.1.3 Neraca Panas Alat *Rotary Drum Vacuum Filter* (RDVF)

Tabel V.3 Neraca Panas Alat RDVF

Neraca Panas Total		
	Panas Masuk (kJ/Jam)	Panas Masuk (kJ/Jam)
Q1	-17452,444	
Q2	-8955,017	
Q3		-15196,632
Q4		-11210,829
<b>Total</b>	<b>--26407,461</b>	<b>--26407,461</b>

V.1.4 Neraca Panas Alat Dekanter

Tabel V.4 Neraca Panas Alat Dekanter

Neraca Panas Total		
	Panas Masuk (kJ/Jam)	Panas Masuk (kJ/Jam)
Q1	-13672,158	
Q2		-365,454
Q3		-13306,703
<b>Total</b>	<b>-13672,158</b>	<b>-13672,158</b>

V.1.5 Neraca Panas Alat Evaporator

Tabel V.5 Neraca Panas Alat Evaporator

Neraca Panas Total		
	Panas Masuk (kJ/Jam)	Panas Masuk (kJ/Jam)
Q1	49518,431	
Q2		13392,361
Q3		33814,897
Q steam	-2311,174	
<b>Total</b>	<b>47207,257</b>	<b>47207,257</b>

V.1.6 Neraca Panas Alat *Cooler 1*

Tabel V.6 Neraca Panas Alat *Cooler 1*

Neraca Panas Total		
	Panas Masuk (kJ/Jam)	Panas Masuk (kJ/Jam)
Q1	-3287,004	
Q2		-8995,582
Q pendingin		5168,578
<b>Total</b>	<b>-3287,004</b>	<b>-3287,004</b>

V.1.7 Neraca Panas Alat *Cooler 2*

Tabel V.7 Neraca Panas Alat *Cooler 2*

Neraca Panas Total		
	Panas Masuk (kJ/Jam)	Panas Masuk (kJ/Jam)
Q1	-821,299	
Q2		-4342,808
Q pendingin		53521,509
<b>Total</b>	<b>-821,299</b>	<b>-821,299</b>

V.1.8 Neraca Panas Alat *Cooler 3*

Tabel V.8 Neraca Panas Alat *Cooler 3*

Neraca Panas Total		
	Panas Masuk (kJ/Jam)	Panas Masuk (kJ/Jam)
Q1	-2955,676	
Q2		-6656,951
Q pendingin		3701,275
<b>Total</b>	<b>-2955,676</b>	<b>-2955,676</b>

V.1.9 Neraca Panas Alat *Cooler 4*

Tabel V.9 Neraca Panas Alat *Cooler 4*

Neraca Panas Total		
	Panas Masuk (kJ/Jam)	Panas Masuk (kJ/Jam)
Q1	33814,897	
Q2		-2641,172
Q pendingin		36456,068
<b>Total</b>	<b>33814,897</b>	<b>33814,897</b>

V.1.10 Neraca Panas Alat *Heat Exchanger*

Tabel V.10 Neraca Panas Alat *Heat Exchanger*

Neraca Panas Total		
	Panas Masuk (kJ/Jam)	Panas Masuk (kJ/Jam)
Q1	-13306,703	
Q2		49518,431
Q pendingin	62825,135	
<b>Total</b>	<b>49518,431</b>	<b>49518,431</b>

V.1.11 Neraca Panas Alat Tangki Air

Tabel V.11 Neraca Panas Alat Tangki Air

Neraca Panas Total		
	Panas Masuk (kJ/Jam)	Panas Masuk (kJ/Jam)
Q1	5950,362	
Q2		-8955,017
Q3		-8955,017
Q pendingin		23860,397
<b>Total</b>	<b>5950,362</b>	<b>5950,362</b>

## V.2 Neraca Panas Total

Tabel V.12 Neraca Panas Total

No	Neraca Panas Masuk (kJ/Jam)	Neraca Panas Keluar (kJ/Jam)
1	-9652,142	-9652,142
2	310411,362	310411,362
3	-26407,461	-26407,461
4	-13672,158	-13672,158
5	47207,257	47207,257
6	-3827,004	-3827,004
7	-821,299	-821,299
8	-2955,676	-2955,676
9	33814,897	33814,897
10	49518,431	49518,431
11	5950,362	5950,362
<b>TOTAL</b>	<b>389566,569</b>	<b>389566,569</b>

## BAB VI. SPESIFIKASI ALAT

Spesifikasi alat pada pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* ini dirancang berdasarkan pertimbangan efisiensi dan optimasi proses. Berikut adalah spesifikasi masing-masing alat yang digunakan pada pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol*.

### VI.1 Mixer (M-01)

Tabel VI.1 Spesifikasi *Mixer*

Nama	:	<i>Mixer</i>
Kode	:	M-01
Fungsi	:	Melarutkan katalis berupa $AlCl_3$ dengan air sebelum masuk ke reaktor
Jenis	:	Silinder Vertikal dengan <i>head</i> dan <i>bottom</i> berbentuk <i>torispherical</i>
Jenis Pengaduk	:	<i>Propeller 3 blade</i>
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainlees Steel SA-167 Grade 11</i>
Jumlah	:	2
Kondisi		
- T	:	10 °C
- P	:	1 atm
Waktu Tinggal	:	1 jam
Dimensi		
- Diameter <i>Mixer</i>	:	0,556 m
- Tinggi <i>Mixer</i>	:	1,194 m
- Tinggi Cairan	:	0,450 m
- Volume <i>Mixer</i>	:	0,202 m <sup>3</sup>
- Tebal Shell	:	0,003 m
- Tebal Head	:	0,003 m
- Jumlah Pengaduk	:	1 buah
- <i>Power Motor</i>	:	1 Hp

## VI.2 Reaktor (R-01)

Tabel VI.2 Spesifikasi Reaktor

Nama	:	Reaktor
Kode	:	R-01
Fungsi	:	Tempat berlangsungnya reaksi antara <i>Benzene, Ethylene oxide</i> , dan katalis Aluminium Klorida membentuk <i>Phenyl Ethyl Alcohol</i>
Jenis	:	Silinder Vertikal dengan <i>head</i> dan <i>bottom</i> berbentuk <i>torispherical dished head</i>
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainlees Steel SA-167 Grade 11</i>
Jumlah	:	2
Kondisi	:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- T : 10 °C</li> <li>- P operasi : 1 atm</li> <li>- P design : 1,412 atm</li> </ul>
Kapasitas Reaktor	:	3,096 m <sup>3</sup>
Dimensi	:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diameter Reaktor : 3,029 m</li> <li>- Tinggi Reaktor : 4,543 m</li> <li>- Tinggi Cairan : 3,786 m</li> <li>- ID : 1,686 m<sup>3</sup></li> <li>- OD : 1,634 m</li> <li>- Tebal Shell : 0,16 m</li> <li>- Tebal Head : 0,206 m</li> </ul>
Jenis Pengaduk	:	<i>Marine Propeller</i> dengan 3 <i>blades</i>
Jumlah Pengaduk	:	1 buah
Kecepatan Putar Pengaduk	:	60 rpm

<i>Power Pengaduk</i>	:	0,108 Hp
Tebal Jacket Pendingin	:	0,006 m
Diameter Luar Jacket	:	1,907 m

### VI.3 Filter (RDVF-01)

Tabel VI.3 Spesifikasi RDVF

Nama	:	<i>Rotary Drum Vacuum Filter</i>
Kode	:	RDVF-01
Fungsi	:	Melarutkan padatan ( <i>cake</i> ) berupa $AlCl_3$ dengan larutan (filtrat) sebelum masuk ke dekanter
Tipe	:	<i>Rotary Drum Vacuum Filter</i>
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainlees Steel SA-167 Grade 11</i>
Jumlah	:	2
Kondisi	:	
- T	:	10 °C
- P	:	5 inHg
Kecepatan Putar Filter	:	1 rpm
Periode Putar	:	1 menit
Sudut Kontak	:	72 °
Pembentukan <i>Cake</i>	:	
Luas Permukaan Drum	:	21,004 m <sup>2</sup>
Diameter Drum	:	1,829 m
Panjang Drum	:	3,658 m
<i>Power pompa vacuum</i>	:	7 Hp
<i>Power Motor</i>	:	6 Hp

#### VI.4 Dekanter (Dk-01)

Tabel VI.4 Spesifikasi Dekanter

Nama	:	Dekanter
Kode	:	Dk-01
Fungsi	:	Memisahkan PEA dan Air (fase berat) dengan fase ringan berupa benzene dan etilen oksida berdasarkan perbedaan berat jenis
Jenis	:	Tangki silinder horizontal dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk <i>standard dished head</i>
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainlees Steel SA-167 Grade 11</i>
Jumlah	:	2
Kondisi	:	
- T	:	10 °C
- P	:	1 atm
Waktu Tinggal	:	4 jam
Dimensi	:	
- Diameter Dekanter	:	1,136 m
- Tinggi Dekanter	:	1,705 m
- Panjang Dekanter	:	1,760 m
- Volume Dekanter	:	1,728 m <sup>3</sup>
- Tebal Shell	:	0,004 m
- Tebal Head	:	0,004 m
- OD	:	1,146 m
- ID	:	0,854 m
- Lebar <i>Interface</i>	:	0,704 m

## VI.5 Evaporator (EV-01)

Tabel VI.5 Spesifikasi Evaporator

Nama	:	Evaporator
Kode	:	EV-01
Fungsi	:	Memurnikan produk PEA dengan cara menguapkan kandungan air berdasarkan titik didih air
Bentuk	:	Tangki silinder vertikal dengan tutup atas berbentuk <i>standard dished head</i>
Jenis	:	<i>Long Tube Horizontal Evaporator</i>
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainless Steel SA-167 Grade 11</i>
Jumlah	:	2
Kondisi	:	
- T <sub>in</sub>	:	80 °C
- T <sub>op</sub>	:	100 °C
- P	:	1 atm
Dimensi	:	
- Diameter Evaporator	:	1,699 m
- Tinggi Evaporator	:	2,266 m
- Tebal Shell	:	0,003 m
- Tebal Head	:	0,006 m
- NPS	:	1 in Sch 40 Standard IPS
- OD	:	0,401 m
- ID	:	0,320 m
- Jumlah <i>Tube</i>	:	12 buah
- Panjang <i>Tube</i>	:	7,315 m
- Diameter <i>Tube</i>	:	0,051 m

## VI.6 Gudang AlCl<sub>3</sub> (F-120)

Tabel VI.6 Spesifikasi Gudang AlCl<sub>3</sub>

Nama	:	Gudang Penyimpanan AlCl <sub>3</sub>
Kode	:	F-120
Fungsi	:	Menyimpan bahan baku katalis berupa Aluminium Klorida (AlCl <sub>3</sub> )
Bentuk	:	Bangunan Persegi dengan tutup prima segiempat
Bahan Konstruksi	:	Beton
Jumlah	:	1
Kondisi	:	
- T	:	30 °C
- P	:	1 atm
Waktu Penyimpanan	:	7 hari
Volume Gudang	:	5,561 m <sup>3</sup>
Panjang Gudang	:	2,232 m
Lebar Gudang	:	2,232 m
Tinggi Gudang	:	1,116 m

## VI.7 Belt Conveyor (BC-01)

Tabel VI.7 Spesifikasi Belt Conveyor

Nama	:	<i>Belt Conveyor</i>
Kode	:	BC-01
Fungsi	:	Mengangkut padatan berupa Aluminium Klorida (AlCl <sub>3</sub> ) dari gudang ke <i>mixer</i>
Tipe	:	Standar
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainless Steel SA-167 Grade 11</i>
Jumlah	:	2
Panjang <i>Belt</i>	:	10 m

Lebar <i>Belt</i>	:	0,350 m
Kecepatan <i>Belt</i>	:	0,234 fpm
Power <i>Belt</i>	:	1 Hp

### VI.8 Heat Exchanger (HE-01)

Tabel VI.8 Spesifikasi *Heat Exchanger*

Nama	:	<i>Heat Exchanger</i>
Kode	:	HE-01
Fungsi	:	Memanaskan umpan berupa PEA dan Air keluaran dekanter sebelum masuk ke Evaporator
Tipe	:	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainlees Steel SA-167 Grade 11</i>
Jumlah	:	2
Spesifikasi <i>Inner Pipe</i>	:	
- IPS	:	0,010 m
- OD	:	0,017 m
- ID	:	0,013 m
- at	:	0,192 in <sup>2</sup>
- <i>Pressure Drop</i>	:	0,020 psi
Spesifikasi <i>Annulus</i>	:	
- IPS	:	0,038 m
- OD	:	0,048 m
- ID	:	0,041 m
- at	:	2,04 in <sup>2</sup>
- <i>Pressure Drop</i>	:	0,006 psi
<i>Surface per lin ft</i>	:	0,177 ft <sup>2</sup> /ft
Panjang <i>Hairpain</i>	:	3,658 m

## VI.9 Cooler (CL)

Tabel VI.9 Spesifikasi Cooler

Spesifikasi Cooler	Cooler (AlCl <sub>3</sub> )	Cooler (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Cooler (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O)	Cooler (C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O)
Kode	CL-01	CL-02	CL-03	CL-04
Fungsi	Mendinginkan Katalis berupa AlCl <sub>3</sub> dan H <sub>2</sub> O sebelum diumpankan ke reaktor	Mendinginkan bahan baku berupa C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> dan H <sub>2</sub> O sebelum diumpankan ke reaktor	Mendinginkan bahan baku berupa C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O dan H <sub>2</sub> O sebelum diumpankan ke reaktor	Menyimpan produk berupa <i>Phenyl Ethyl Alcohol</i>
Tipe	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainlees Steel SA-167 Grade 11</i>	<i>Stainlees Steel SA-167 Grade 11</i>	<i>Stainlees Steel SA-167 Grade 11</i>	<i>Stainlees Steel SA-167 Grade 11</i>
Jumlah	1 buah	1 buah	1 buah	1 buah
<i>Inner Pipe</i>				
- IPS	0,032 m	0,032 m	0,032 m	0,032 m
- OD	0,042 m	0,042 m	0,042 m	0,042 m
- ID	0,035 m	0,035 m	0,035 m	0,035 m
- at	1,5 in <sup>2</sup>	1,5 in <sup>2</sup>	1,5 in <sup>2</sup>	1,5 in <sup>2</sup>
- <i>Pressure Drop</i>	1,112E-07 psi	5,867E-08 psi	4,416E-08 psi	0,041 psi
<i>Annulus</i>				
- IPS	0,051 m	0,051 m	0,051 m	0,051 m
- OD	0,060 m	0,060 m	0,060 m	0,060 m
- ID	0,053 m	0,053 m	0,053 m	0,053 m
- at				

Spesifikasi Cooler	Cooler (AlCl <sub>3</sub> )	Cooler (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Cooler (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O)	Cooler (C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O)
- Pressure Drop	3,35 in <sup>2</sup> 0,196 psi	3,35 in <sup>2</sup> 0,122 psi	3,35 in <sup>2</sup> 0,048 psi	3,35 in <sup>2</sup> 0,269 psi
Surface per lin ft	0,435 ft <sup>2</sup> /ft	0,435 ft <sup>2</sup> /ft	0,435 ft <sup>2</sup> /ft	0,435 ft <sup>2</sup> /ft
Panjang Hairpain	6,096 m	6,096 m	6,096 m	6,096 m

## VI.10 Tangki Penyimpanan (TP)

Tabel VI.10 Spesifikasi Tangki Penyimpanan

Spesifikasi Tangki	Tangki Penyimpanan Air (H <sub>2</sub> O)	Tangki Penyimpanan Benzene (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Tangki Penyimpanan Etilen Oksida (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O)	Tangki Penyimpanan PEA (C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O)
Kode	TP-01	TP-02	TP-03	TP-04
Fungsi	Menyimpan air untuk proses pelarutan di Mixer dan RDVF	Menyimpan Benzene untuk keperluan bahan baku PEA	Menyimpan Etilen Oksida untuk keperluan bahan baku PEA	Menyimpan produk berupa <i>Phenyl Ethyl Alcohol</i>
Tipe	Tangki berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas berupa ellipsoidal dan tutup bawah berupa <i>plate</i>	Tangki berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas berupa <i>conical (cone roof)</i> dan tutup bawah berupa <i>plate</i>	Tangki berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas berupa <i>conical (cone roof)</i> dan tutup bawah berupa <i>plate</i>	Tangki berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas berupa <i>conical (cone roof)</i> dan tutup bawah berupa <i>plate</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA-167 Grade 11</i>	<i>Stainless Steel SA-167 Grade 11</i>	<i>Stainless Steel SA-167 Grade 11</i>	<i>Stainless Steel SA-167 Grade 11</i>

Spesifikasi Tangki	Tangki Penyimpanan Air (H <sub>2</sub> O)	Tangki Penyimpanan Benzene (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Tangki Penyimpanan Etilen Oksida (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O)	Tangki Penyimpanan PEA (C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O)
Waktu simpan	7 Hari	7 Hari	7 Hari	7 Hari
Kondisi Operasi				
- T	30° C	30° C	30° C	30° C
- P	1 atm	1 atm	1 atm	1 atm
Dimensi				
- Volume	59,763 m <sup>3</sup>	40,767 m <sup>3</sup>	22,790 m <sup>3</sup>	52,001 m <sup>3</sup>
- Diameter Tangki	15,226 m	5,174 m	54,262 m	5,611 m
- Tinggi Tangki	26,646 m	1,940 m	1,598 m	2,104 m
- Tebal Shell Co 1	0,004 m	0,004 m	0,003 m	0,003 m
- Tebal Shell Co 2		0,003 m	0,003 m	0,003 m
- Tebal Tutup Atas		0,004 m	0,003 m	0,003 m
Jumlah	1 buah	1 buah	1 buah	1 buah

## VI.12 Pompa Proses

Tabel VI.12 Spesifikasi Pompa Proses

Kode	PP-01	PP-02	PP-03	PP-04	PP-05	PP-06	PP-07	PP-08	PP-09	PP-10	PP-11	PP-12
Fungsi	Mengalirkan zat dari utilitas ke TP-01	Mengalirkan zat dari TP-01 ke M-01	Mengalirkan zat dari M-01 ke CL-01	Mengalirkan zat dari TP-02 ke CL-02	Mengalirkan zat dari TP-03 ke CL-03	Mengalirkan zat dari R-01 ke RDVF-01	Mengalirkan zat dari TP-01 ke RDVF-01	Mengalirkan zat dari RDVF-01 ke UPL	Mengalirkan zat dari Dk-01 menuju R-01	Mengalirkan zat dari Dk-01 menuju HE-01	Mengalirkan zat dari HE-01 menuju EV-01	Mengalirkan zat dari EV-01 menuju TP-04
Jenis	<i>Sentrifugal Single Stage Pump</i>	<i>Sentrifugal Single Stage Pump</i>	<i>Sentrifugal Single Stage Pump</i>	<i>Sentrifugal Single Stage Pump</i>	<i>Sentrifugal Single Stage Pump</i>	<i>Sentrifugal Single Stage Pump</i>	<i>Sentrifugal Single Stage Pump</i>	<i>Sentrifugal Single Stage Pump</i>	<i>Sentrifugal Single Stage Pump</i>	<i>Sentrifugal Single Stage Pump</i>	<i>Sentrifugal Single Stage Pump</i>	<i>Sentrifugal Single Stage Pump</i>
Bahan	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>
Jumlah	2 buah	2 buah	2 buah	2 buah	2 buah	2 buah	2 buah	2 buah	2 buah	2 buah	2 buah	2 buah
Di opt	0,0015	0,0095m	0,0095	0,0072	0,0082	0,0085	0,0107	0,0085	0,0028	0,0136	0,0136	0,0070 m

Kode	PP-01	PP-02	PP-03	PP-04	PP-05	PP-06	PP-07	PP-08	PP-09	PP-10	PP-11	PP-12
	m		m	m	m	m	m	m	m	m	m	
Kecepatan linier	0,071 m/s	0,084 m/s	0,093 m/s	0,053 m/s	0,002 m/s							
Head	1,0087 m	1,0096 m	1,0106 m	1,0060 m	1,0079 m	1,0087 m	1,0123 m	1,0086 m	1,0009 m	1,0218 m	1,0058 m	1,0058 m
Tenaga Motor	0,013 Hp	0,019 Hp	0,015 Hp	0,009 Hp	0,013 Hp	0,013 Hp	0,024 Hp	0,013 Hp	0,001 Hp	0,033 Hp	0,009 Hp	0,009 Hp



## BAB VII UTILITAS

Unit pendukung proses (Utilitas) merupakan bagian yang sangat penting untuk membantu berlangsungnya suatu proses dalam pabrik. Unit pendukung proses (Unit Utilitas) yang terdapat dalam pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* diantaranya:

1. Unit Pengadaan dan Pengolahan Air
2. Unit Pengadaan *Steam*
3. Unit Penyediaan Listrik
4. Unit Penyediaan Bahan Bakar
5. Unit Pengolahan Limbah

Tugas dan tanggungjawab bagian utilitas antara lain:

1. Mengamankan dan menjaga kesinambungan proses produksi dengan memberikan sumber tenaga yang handal.
2. Memberikan pelayanan pasokan air, *steam*, listrik, bahan bakar dan udara tekan untuk memenuhi kebutuhan operasional pabrik dan kebutuhan perumahan komplek.

### VII.1 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air

Unit Pengadaan dan Pengolahan Air merupakan salah satu unit utilitas yang bertugas mengelola air untuk kebutuhan industri maupun rumah tangga. Dalam memenuhi kebutuhan air yang akan diproses dalam unit pengadaan dan pengolahan air dalam pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* maka sumber air yang digunakan diambil dari sungai yang ada di daerah Cilacap yaitu Sungai Donan.

Pertimbangan penggunaan air sungai pada unit utilitas pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* antara lain:

1. Biaya lebih rendah dibandingkan dengan biaya dari sumber air lainnya.
2. Jumlah air sungai lebih banyak dibanding dari air sumur.
3. Letak sungai berada tidak jauh dari lokasi pabrik.

Air sungai yang akan digunakan sebelumnya harus melalui beberapa tahapan pengelolaan yaitu:

- Pengolahan eksternal, terdiri dari penyaringan (*screening*), pengendapan dengan bantuan *floculant*, filtrasi dan klorinasi.
- Pengolahan internal, yakni pengolahan lebih lanjut untuk menghilangkan zat pengotor berupa garam-garam mineral dari air.

## 1. Penggunaan Air

Kebutuhan air pada pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* ini adalah untuk keperluan-keperluan sebagai berikut:

### a) Air Pendingin

Air yang digunakan sebagai media pendingin digunakan untuk alat-alat perpindahan panas dalam hal ini yaitu *cooler*. Pemilihan air sebagai media pendingin berdasarkan pertimbangan sebagai berikut:

- Dapat diperoleh dalam jumlah yang berlimpah
- Mudah dalam pengolahan dan pengaturannya
- Kemampuan menyerap panas per satuan volume cukup tinggi
- Tidak terdekomposisi

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada penggunaan air sebagai media pendingin antara lain:

- Kesadahan (*Hardness*) yang dapat menyebabkan kerak
- Korosi

### b) Air Umpan Boiler

*Boiler* sebagai penghasil *steam* membutuhkan air dengan persyaratan tertentu sebagai umpannya. Persyaratan yang digunakan dalam *Boiler Feed Water (BFW)* yaitu:

- Tidak menimbulkan kerak pada kondisi *steam* yang dikehendaki maupun pada *tube heat exchanger*, jika *steam* digunakan sebagai pemanas. Hal ini akan mengakibatkan turunnya efisiensi operasi, bahkan bisa mengakibatkan turunnya efisiensi operasi, bahkan bisa mengakibatkan *boiler* tidak dapat beroperasi sama sekali.
- Bebas dari gas-gas yang dapat menimbulkan korosi terutama gas  $O_2$  dan  $CO_2$ .

### c) Air Sanitasi

Air Sanitasi digunakan untuk kebutuhan air minum, laboratorium, kantor dan perumahan. Syarat air domestik meliputi:

#### 1. Syarat Kimia

- Tidak beracun
- Tidak mengandung zat-zat organik maupun zat anorganik yang tidak larut dalam air, seperti  $\text{PO}_4^{3-}$ , Hg, Cu dan lain sebagainya.

#### 2. Syarat Fisika

- Tidak berwarna dan tidak berbau
- Tidak berbusa
- Mempunyai suhu di bawah suhu udara
- Kekeruhan (*Turbidity*) sekitar 10 ppm
- pH sekitar 7

#### 3. Syarat Bakteriologis

- Tidak mengandung bakteri utama bakteri patogen yang dapat merubah sifat-sifat fisik air.

### 2. Pengadaan Air

Kebutuhan air suatu industri dapat diperoleh dari sumber air yang ada di sekitar pabrik yang telah diolah terlebih dahulu atau dengan membeli air bersih. Pada perancangan pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* kebutuhan air bersih diperoleh dari air sungai yang terdapat di sekitar lokasi kawasan industri tempat pabrik akan didirikan.

### 3. Pengolahan Air

Pengolahan air baku dilakukan untuk menunjang persyaratan kualitas air yang dibutuhkan. Hal ini dilakukan dengan mengurangi kontaminan hingga derajat yang diinginkan serta penambahan zat-zat kimia untuk mengimbangi efek buruk dari sisa-sisa kontaminan. Pengolahan air ditentukan berdasarkan jenis dan konsentrasi

kontaminan pada air baku serta kualitas air yang diinginkan. Proses pengolahan air sungai dapat dilakukan dengan cara berikut:

a) Pemisahan kotoran dari air sungai (*Screening*)

Penyaringan ini dilakukan dengan cara melewatkan air sungai melalui kisi-kisi besi, dengan tujuan agar air sungai bersih dari kotoran-kotoran fisik berupa kayu, batu, sampah dan lain lain.

b) Pengendapan Lumpur

Pengendapan dilakukan dengan cara menampung air sungai ke dalam bak air sungai, kotoran-kotoran yang berupa partikel-partikel padat berdiameter besar (berkisar antara 10 mikro – 10 mm) akan mengendap secara gravitasi tanpa bantuan bahan kimia, sedangkan partikel-partikel kecil akan terikat bersama air menuju pengolahan selanjutnya. Dengan adanya pengendapan secara fisis ini maka akan mengurangi kebutuhan bahan kimia yang diperlukan dalam pengolahan air.

c) Koagulasi

Air dari bak pengendapan dipompa menuju *clarifier* untuk mengendapkan kotoran tersuspensi melalui penambahan bahan kimia tertentu. Penambahan ini akan menyebabkan terjadinya endapan yang disebut *flock*. Bahan kimia yang digunakan pada proses ini adalah PAC (*Poly Aluminium Chlorida*).

d) Filtrasi *Sand Filter*

Filtrasi bertujuan untuk menghilangkan partikel-partikel *koloid* dan *sludge* yang masih terikat bersama air. Tipe filter yang digunakan pada proses ini yaitu *sand filter* atau filter pasir saringan cepat. Selama pemakaian, daya saring *sand filter* akan menurun. Oleh karena itu perlu diregenerasi secara *periodic* dengan cara *back washing*. Di bawah lapisan pasir dan kerikil terdapat sistem *underdrain*, yang mengalirkan air jenis *back wash* (pencucian filter) yang dilakukan setiap 24 jam. Pencucian biasanya dilakukan 10-15 menit dan air pencuci yang digunakan adalah 1-3% dari air

yang disaring adalah air yang sudah di-*treatment* melalui tahap di atas tadi kemudian di-*treatment* kembali sesuai dengan kebutuhan.

Air keluar dari *sand filter* dengan turbidity kira-kira 10 ppm, dialirkan ke dalam suatu tangki penampung (*filter water reservoir*). Air bersih ini kemudian didistribusikan ke umpan *cooling water*, unit demineralisasi dan air untuk keperluan kantor, perumahan dan poliklinik.

e) Demineralisasi

Demineralisasi merupakan sebuah proses penyerapan kandungan ion-ion mineral di dalam air dengan menggunakan media resin *ion exchange*. Sistem pertukaran ion ini digunakan untuk memudahkan ion-ion mineral yang tidak diharapkan pada suatu sistem penjernihan air. Suatu *ion exchange* memiliki batas kapasitas untuk penyimpanan dari ion-ion yang akan dibersihkan. Karena itu, setelah masa pemakaian pada waktu tertentu, *ion exchange* ini akan menjadi jenuh, sehingga perlu diregenerasi dengan melakukan pencucian.

Proses air jernih/bersih yang dilewatkan ke ion exchanger ini digunakan untuk kebutuhan penyediaan steam, sehingga tidak menimbulkan kerak pada bagian unit tersebut. Unit *ion exchanger* ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

- *Kation Exchanger*

*Kation exchanger* pada umumnya berfungsi sebagai pengikat logam-logam alkali dan mengurangi kesadahan air yang digunakan. *Kation exchanger* ini berisi resin pengganti kation dimana proses yang terjadi adalah pertukaran antara kation Al, Fe, Mn dan Zn yang larut dalam air dengan kation hidrogen (H<sup>+</sup>) dari resin, sehingga air yang akan keluar dari *kation*

*exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion  $H^+$ .

- *Anion Exchanger*

*Anion exchanger* berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut dalam air, dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion-anion seperti  $CO_3^{2-}$ ,  $Cl^-$  dan  $SO_4^{2-}$  akan membantu garam resin tersebut.

f) Deaerasi

Deaerasi merupakan suatu proses pembebasan air umpan boiler dari gas-gas yang terlarut dalam air seperti  $O_2$  dan  $CO_2$  sehingga mengurangi korosi logam. Air yang telah mengalami demineralisasi (*polish water*) dipompakan ke dalam deaerator dan diinjeksikan Hidrazin ( $N_2H_4$ ) untuk mengikat oksigen yang terkandung dalam air sehingga mencegah terbentuknya kerak (*scale*) pada *tube boiler*. Air yang keluar dari deaerator ini dialirkan dengan pompa sebagai air proses dan air umpan boiler (*boiler feed water*).

4. Kebutuhan Air

1) Kebutuhan air untuk pendingin pada peralatan proses

Tabel VII.1 Kebutuhan air pendingin pada peralatan proses

No	Nama Alat	Kebutuhan (Kg/Jam)
1	Cooler-01	145,185
2	Cooler-01	98,919
3	Cooler-01	103,968
4	Cooler-01	409,619
5	Reaktor	9.209,657
6	Tangki air	670,236
	<b>Jumlah</b>	<b>10.637,584</b>

Faktor keamanan sebesar 10%, sehingga kebutuhan volumetrik air pendingin adalah 11701,342 kg/jam. Untuk menghemat pemakaian air,

air bekas pendingin dari peralatan pendingin perlu disirkulasi, sehingga *make up water* yang diperlukan adalah 2340,268 kg/jam.

2) Kebutuhan air umpan *boiler*

Kebutuhan air umpan *boiler* diperoleh pada perhitungan Unit Penyediaan *Steam* sebanyak 28,940 kg/jam. Kondensat *steam* disirkulasi dan *blowdown* dari boiler sebanyak 20% sehingga *make up water* yang diperlukan adalah sebesar 9,880 kg/jam.

3) Air sanitasi

Air sanitasi diperlukan untuk keperluan laboratorium, kantor, air untuk pencucian, mandi, taman, dan lain-lain.

Tabel VII.2 Kebutuhan air sanitasi

No	Nama Alat	Kebutuhan (Kg/Jam)
1	Air untuk karyawan	639,227
2	Air untuk laboratorium	20,833
3	Air untuk poliklinik	20,833
4	Air untuk kantin dan mushola	166,667
5	Air untuk taman dan kebersihan	319,613
6	Air untuk pemadam kebakaran dan cadangan air	1634,042
7	Air untuk rumah tangga	3111,500
	<b>Jumlah</b>	<b>5912,716</b>

4) Air proses

Kebutuhan air proses digunakan untuk *mixer* dan pencucian pada alat filter.

Tabel VII.3 Kebutuhan air proses

No	Nama Alat	Kebutuhan (Kg/Jam)
1	<i>Mixer</i>	146,866
2	<i>Filter</i>	146,866
	<b>Jumlah</b>	<b>283,732</b>

Digunakan faktor keamanan 10% maka total kebutuhan air proses adalah sebesar 312,105 kg/jam

Berdasarkan perhitungan diketahui total kebutuhan air pabrik yang harus dipompakan dari sungai adalah:

Air umpan <i>boiler</i>	: 28,940	kg/jam
Air pendingin	: 11.701,342	kg/jam
Air proses	: 312,105	kg/jam
Air sanitasi	: 5912,716	kg/jam
Total	: 17.955,103	kg/jam

## VII.2 Spesifikasi Alat Utilitas

### VII.2.1 Spesifikasi Peralatan Pengolahan Air

#### 1. Pompa *Raw Water*

Kode	: L-111
Fungsi	: Memompa air sungai ke bak penampung awal
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel</i>
Jumlah	: 2 buah
Kecepatan linier	: 0,010 m/s
Power	: 0,0054 Hp

#### 2. Bak Pengendap

Kode	: H-110
Fungsi	: Menampung dan menyediakan air untuk diolah serta mengendapkan kotoran.
Tipe	: Bak persegi panjang
Jumlah	: 2 buah
Kapasitas	: 274,925 m <sup>3</sup>
Bahan konstruksi	: Beton bertulang
Dimensi	: Panjang = 10,464 m Lebar = 6,278 m Tinggi = 4,185 m

### 3. Pompa Clarifier

Kode	: L-112
Fungsi	: Memompa air dari bak pengendap ke <i>clarifier</i>
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel</i>
Jumlah	: 2 buah
Kecepatan linier	: 0,010 m/s
Power	: 0,0054 Hp

### 4. Clarifier

Kode	: H-120
Fungsi	: Sebagai tempat terjadinya proses koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi dengan penambahan koagulan
Tipe	: <i>Gravity clarifier</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 68,740 m <sup>3</sup>
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel SA-167 Grade 11</i>
Dimensi	: Diameter = 3,845 m Tinggi = 6,802 m Tebal = 0,01 m
Pengaduk	: - Jenis : <i>Scraper</i> - Diameter : 1,112 m - Kecepatan putaran : 60 rpm - Power : 16 Hp
Kebutuhan tawas	: 0,275 kg/jam

### 5. Reservoir

Kode	: F-121
Fungsi	: Menampung air jernih yang keluar dari <i>clarifier</i>
Tipe	: Bak persegi panjang
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 45,815 m <sup>3</sup>

Bahan konstruksi : Beton bertulang  
Dimensi : Panjang = 5,758 m  
Lebar = 3,455 m  
Tinggi = 2,303 m

#### 6. *Pompa Sand Filter*

Kode : L-122  
Fungsi : Memompa air dari *reservoir* ke *sand filter*  
Tipe : *Centrifugal pump*  
Bahan konstruksi : *Carbon Steel*  
Jumlah : 2 buah  
Kecepatan linier : 0,010 m/s  
Power : 0,0054 Hp

#### 7. *Sand Filter*

Kode : H-130  
Fungsi : Menghilangkan kotoran-kotoran yang masih terkandung dalam air atau yang lolos dari *clarifier*  
Tipe : *Gravity sand filter*  
Jumlah : 1 buah  
Kapasitas : 1,949 m<sup>3</sup>  
Luas penampang : 2,499 m<sup>2</sup>  
Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA-167 Grade 11*  
Dimensi : Tinggi = 1,354 m  
Diameter = 1,354 m

#### 8. *Reservoir*

Kode : L-131  
Fungsi : Menampung air bersih yang berasal dari *sand filter*  
Tipe : Bak persegi panjang  
Jumlah : 1 buah  
Kapasitas : 274,899 m<sup>3</sup>  
Bahan konstruksi : Beton bertulang  
Dimensi : Panjang = 10,735 m

Lebar = 7,157 m

Tinggi = 3,578 m

### 9. Pompa Bak Penampung Air Sanitasi

Kode : L-132  
Fungsi : Memompa air dari *reservoir* ke bak air sanitasi  
Tipe : *Centrifugal pump*  
Bahan konstruksi : *Carbon Steel*  
Jumlah : 2 buah  
Kecepatan linier : 0,010 m/s  
Power : 0,0051 Hp

### 10. Bak Air Sanitasi

Kode : F-133  
Fungsi : Sebagai tempat penampungan air sanitasi  
Tipe : Bak persegi panjang  
Jumlah : 1 buah  
Kapasitas : 92,996 m<sup>3</sup>  
Bahan konstruksi : Beton bertulang  
Dimensi : Panjang = 7,480 m  
Lebar = 4,987 m  
Tinggi = 2,493 m  
Kebutuhan kaporit : 3,110 kg/minggu

### 11. Pompa Distribusi Air Sanitasi

Kode : L-134  
Fungsi : Memompa air dari bak air sanitasi untuk keperluan Karyawan pabrik, keperluan rumah tangga, *hidran fire*, dan sebagainya  
Tipe : *Centrifugal pump*  
Bahan konstruksi : *Carbon Steel*  
Jumlah : 2 buah  
Kecepatan linier : 0,010 m/s  
Power : 0,0051 Hp

## 12. Pompa *Kation Exchanger*

Kode	: L-135
Fungsi	: Memompa air dari <i>reservoir</i> menuju <i>kation exchanger</i>
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel</i>
Jumlah	: 2 buah
Kecepatan linier	: 0,0210 m/s
Power	: 0,0053 Hp

## 13. *Kation Exchanger*

Kode Alat	: D-140
Fungsi	: Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation
Tipe	: Tangki silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah berupa <i>standard dished head</i>
Kapasitas Penyerapan	: 0,18 eq/liter
Dimensi Tangki	: diameter = 3,185 m tinggi tangki = 4,476 m tinggi bed = 3,185 m
Jenis Resin	: <i>Greensand</i> (Fe silikat)
Regenerasi	: HCl 37%
Kebutuhan HCl	: 12,060 L untuk setiap 8 jam regenerasi/minggu
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA-167 Grade 11</i>
Jumlah	: 1 Buah

## 14. Pompa *Anion Exchanger*

Kode	: L-141
Fungsi	: Memompa air dari <i>kation exchanger</i> ke <i>anion exchanger</i>
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel</i>

Jumlah : 2 buah  
Kecepatan linier : 0,010 m/s  
Power : 0,0053 Hp

#### 15. *Anion Exchanger*

Kode Alat : D-150  
Fungsi : Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh anion  
Tipe : Tangki silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah berupa *standard dished head*  
Kapasitas Penyerapan : 0,97 eq/liter  
Dimensi Tangki : diameter = 3,185 m  
tinggi tangki = 4,476 m  
tinggi bed = 3,185 m  
Jenis Resin : *Acrylic based*  
Regenerasi : NaOH  
Kebutuhan NaOH : 118,412 kg untuk setiap 8 jam regenerasi/minggu  
Bahan Konstruksi : *Stainless Steel SA-167 Grade 11*  
Jumlah : 1 Buah

#### 16. Bak Penampung *Softening Water*

Kode : F-151  
Fungsi : Menampung air yang keluar dari *anion exchanger* untuk keperluan air umpan boiler, air pendingin, air refrigerasi, dan air laboratorium  
Tipe : Bak persegi panjang  
Jumlah : 1 buah  
Kapasitas : 29,538 m<sup>3</sup>  
Bahan konstruksi : Beton bertulang  
Dimensi : Panjang = 5,103 m  
Lebar = 3,402 m  
Tinggi = 1,701 m

### 17. Pompa Softening Water

Kode	: L-152
Fungsi	: Memompa air dari bak penampung <i>softening water</i> Ke <i>deaerator</i> dan laboratorium.
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel</i>
Jumlah	: 2 buah
Kecepatan linier	: 0,010 m/s
Power	: 0,0050 Hp

### 18. Deaerator

Kode Alat	: H-160
Fungsi	: Melepaskan gas-gas yang terlarut dalam air seperti O <sub>2</sub> dan CO <sub>2</sub> untuk menghindari korosi logam
Tipe	: Tangki silinder vertikal dengan bahan isian, tutup atas dan bawah berupa <i>elliptical dished head</i>
Jumlah	: 1 buah
Bahan isian	: <i>Raschig ring</i> 0,25 in
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel SA-167 Grade 11</i>
Dimensi	: Diameter = 1,514 m Tinggi = 2,272 m Tebal <i>shell</i> = 3/16 in
Kebutuhan hidrazin	: 2,279 kg/tahun

### 19. Bak Steam Condensate

Kode	: F-171
Fungsi	: Sebagai tempat penampungan <i>steam condensate</i>
Tipe	: Bak persegi panjang
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 0,142 m <sup>3</sup>
Bahan konstruksi	: Beton bertulang
Dimensi	: Panjang = 0,683 m Lebar = 0,455 m

Tinggi = 0,455 m

**20. Pompa *Steam Condensate***

Kode : L-172  
Fungsi : Memompa air dari bak *steam condensate* ke *kation exchanger*  
Tipe : *Centrifugal pump*  
Bahan konstruksi : *Carbon Steel*  
Jumlah : 2 buah  
Kecepatan linier : 0,010 m/s  
Power : 0,0050 Hp

**21. Pompa Air Pendingin**

Kode : L-153  
Fungsi : Memompa air dari bak penampung *softening water* ke *plant* proses dan tangki refrigerasi  
Tipe : *Centrifugal pump*  
Bahan konstruksi : *Carbon Steel*  
Jumlah : 2 buah  
Kecepatan linier : 0,010 m/s  
Power : 0,0050 Hp

**22. Pompa Sirkulasi Air Pendingin**

Kode : L-154  
Fungsi : Memompa sirkulasi air pendingin dari *plant* proses ke *cooling tower*  
Tipe : *Centrifugal pump*  
Bahan konstruksi : *Carbon Steel*  
Jumlah : 2 buah  
Kecepatan linier : 0,002 m/s  
Power : 0,0050 Hp

**23. *Cooling Tower***

Kode : P-180  
Fungsi : Mendinginkan sirkulasi air pendingin setelah

digunakan dari suhu 30 °C ke 10 °C

Tipe : *Cooling tower induced draft*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 315,665 kg/jam

Suhu air masuk : 30 °C

Suhu air keluar : 10 °C

Panjang menara : 0,180 m

Lebar menara : 0,180 m

Tinggi menara : 3,008 m

Luas Menara : 0,032 m<sup>2</sup>

#### 24. *Blower*

Kode : G-181

Fungsi : Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air pada *cooling tower*

Tipe : *Centrifugal blower*

Jumlah : 1 buah

Kebutuhan udara : 5,631 gpm

*Power* : 1 Hp

#### 25. Bak Sirkulasi Air Pendingin

Kode : F-182

Fungsi : Sebagai tempat penampungan sirkulasi air pendingin

Tipe : Bak persegi panjang

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 0,793 m<sup>3</sup>

Bahan konstruksi : Beton bertulang

Dimensi : Panjang = 1,528 m

Lebar = 1,019 m

Tinggi = 0,509 m

## 26. Pompa Air Pendingin

Kode	: L-183
Fungsi	: Memompa air dari bak sirkulasi air pendingin ke <i>kation exchanger</i>
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel</i>
Jumlah	: 2 buah
Kecepatan linier	: 0,010 m/s
Power	: 0,0049 Hp

### VII.3. Unit Pengadaan *Steam*

Pada perancangan ini *steam* yang digunakan yaitu *saturated steam* dengan suhu 140°C dan tekanan 1 atm yang diproduksi dari ketel uap (*boiler*). Air umpan *boiler* yang baik sebaiknya tidak ada zat-zat berikut yang menyebabkan kerusakan, diantaranya:

- Kadar zat terlarut (*soluble matter*) yang tinggi
- Zat padat terlarut (*suspended solid*)
- Garam-garam kalsium dan magnesium
- Zat organik (*organic matter*)
- Silika, sulfat, asam bebas dan oksida

Sementara syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh air umpan *boiler* agar awet dan tidak rusak diantaranya :

- a) Tidak boleh membentuk kerak dalam *boiler*.

Kerak dalam *boiler* akan menyebabkan :

- Isolasi terhadap panas sehingga proses perpindahan panas terhambat.
- Kerak yang terbentuk dapat pecah sewaktu-waktu, sehingga dapat menimbulkan kebocoran karena *boiler* mendapat tekanan yang kuat.

- b) Tidak boleh membuih (berbusa)

Busa disebabkan oleh adanya *solid matter*, *suspended matter* dan kebasaan yang tinggi. Kesulitan yang dihadapi dengan adanya busa diantaranya :

- Kesulitan pembacaan tinggi liquidia dalam *boiler*.

- Buih dapat menyebabkan percikan yang kuat yang mengakibatkan adanya solid-solid yang menempel dan mengakibatkan terjadinya korosi dengan adanya pemanasan lebih lanjut.

Untuk mengatasi hal ini, perlu adanya pengontrolan terhadap adanya kandungan lumpur, kerak dan alkalinitas air umpan *boiler*.

c) Tidak boleh menyebabkan korosi pada pipa

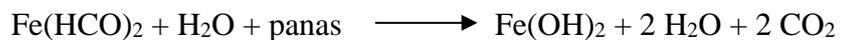
Korosi pada pipa *boiler* disebabkan oleh keasaman (pH rendah), minyak dan lemak, bikarbonat dan bahan organik, serta gas-gas H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, yang terlarut dalam air. Reaksi elektrokimia antara besi dan air akan membentuk lapisan pelindung anti korosi pada permukaan baja, yaitu :



Tetapi jika terdapat oksigen dalam air, maka lapisan hidrogen yang terbentuk akan bereaksi dengan oksigen membentuk air. Akibat hilangnya lapisan pelindung tersebut terjadilah korosi menurut reaksi :



Adanya bikarbonat dalam air akan menyebabkan terbentuknya CO<sub>2</sub>, karena pemanasan dan adanya tekanan. CO<sub>2</sub> yang terjadi bereaksi dengan air menjadi asam karbonat. Asam karbonat akan bereaksi dengan metal dan besi membentuk garam bikarbonat. Dengan adanya pemanasan (kalor), garam bikarbonat ini membentuk CO<sub>2</sub> lagi. Reaksi yang terjadi :



Jumlah *steam* yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel VII.4

Tabel VII.4 Kebutuhan *Steam* Sebagai Alat Pemanas

Nama Alat	Jumlah (Kg/Jam)
HE-01	22,980
Ev-01	0,845
<b>Jumlah</b>	<b>23,825</b>

### Spesifikasi Boiler

Nama Alat	: <i>Boiler</i>
Kode Alat	: E-170
Fungsi	: Menghasilkan <i>steam</i> yang digunakan di peralatan proses
Tipe	: <i>Water tube boiler</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA-167 Grade 11</i>
Jumlah air umpan boiler	: 28,940 kg/jam
Jenis bahan bakar	: <i>Diesel Oil</i>
Jumlah bahan bakar	: 24,919 kg/jam
<i>Power boiler</i>	: 3 Hp
Jumlah Alat	: 1

#### **VII.4. Unit Penyedia Listrik**

Kebutuhan tenaga listrik yang digunakan pada pabrik *phenyl ethyl alcohol* ini dapat diperoleh dari :

- a) Suplai dari Perusahaan Listrik Negara (PLN)
- b) Pembangkit tenaga listrik sendiri (Generator Set)

Kebutuhan tenaga listrik pada pabrik ini dipenuhi dari pembangkit listrik PLN dan generator sebagai cadangan. Generator yang digunakan adalah generator arus bolak-balik (AC) dengan pertimbangan :

- Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar.
- Tegangan dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai dengan kebutuhan dengan menggunakan transformator.

Generator AC yang digunakan jenis generator AC 3 phase yang mempunyai keuntungan:

- Tegangan listrik stabil.
- Daya kerja lebih stabil
- Kawat penghantar yang digunakan lebih sedikit.
- Motor 3 phase harganya relatif murah dan sederhana

Kebutuhan listrik untuk pabrik meliputi :

1. Listrik untuk keperluan alat proses

Tabel VII.5 Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses

No	Nama Alat	Kode	Jumlah	Daya (Hp)
1	Pompa Proses-01	PP-01	2	0,026
2	Pompa Proses-02	PP-02	2	0,038
3	Pompa Proses-03	PP-03	2	0,030
4	Pompa Proses-04	PP-04	2	0,0018
5	Pompa Proses-05	PP-05	2	0,026
6	Pompa Proses-06	PP-06	2	0,026
7	Pompa Proses-07	PP-07	2	0,042
8	Pompa Proses-08	PP-08	2	0,026
9	Pompa Proses-09	PP-09	2	0,002
10	Pompa Proses-10	PP-10	2	0,066
11	Pompa Proses-11	PP-11	2	0,066
12	Pompa Proses-12	PP-12	2	0,018
13	Mixer	M-01	2	2
14	Belt Conveyor	BC-01	2	2
15	Reaktor	R-01	2	0,216
16	RDVF	RDVF-01	2	26
<b>Total</b>			32	30,590

Total kebutuhan listrik untuk alat proses adalah : 30,590 Hp x 745 watt/HP

: 22.789,401 watt

: 22,789 kWatt

2. Listrik untuk keperluan alat utilitas

Tabel VII.6 Kebutuhan Listrik untuk Alat Utilitas

No	Nama Alat	Kode	Jumlah	Daya (Hp)
1	Boiler	E-170	2	6
2	Pompa raw water	L-111	2	0,0108
3	Pompa clarifier	L-112	2	0,0108

No	Nama Alat	Kode	Jumlah	Daya (Hp)
4	<i>Clarifier</i>	H-120	1	32
5	<i>Pompa Sand Filter</i>	L-122	2	0,0108
6	Pompa bak air sanitasi	L-132	2	0,0103
7	Pompa distribusi air sanitasi	L-134	2	0,0103
8	Pompa <i>kation exchanger</i>	L-135	2	0,0105
9	Pompa <i>anion exchanger</i>	L-141	2	0,0105
10	Pompa <i>softening water</i>	L-152	2	0,0080
11	Pompa <i>steam condensate</i>	L-172	2	0,0100
12	Pompa air pendingin	L-153	2	0,0108
13	Pompa sirkulasi air pendingin	L-154	2	9,3853
14	<i>Blower</i>	G-181	1	1
15	Pompa air pendingin	L-183	2	0,0102
<b>Total</b>			28	32,4981

Total kebutuhan listrik untuk alat proses adalah : 32,4981 Hp x 745 watt/Hp

: 24.211,098 watt

: 24,211 kWatt

### 3. Listrik untuk keperluan Penerangan

Tabel VII.7 Tabel Kebutuhan Listrik untuk Alat Penerangan

No	Nama Bangunan	Luas (m <sup>2</sup> )	Tingkat Pencahayaan (Lux)	Jumlah Cahaya Lumen
1	Kantor	200	200	40.000

No	Nama Bangunan	Luas (m <sup>2</sup> )	Tingkat Pencahayaan (Lux)	Jumlah Cahaya Lumen
2	Poliklinik	40	250	12.500
3	Perpustakaan & Aula	100	300	30.000
4	Tempat Ibadah	50	200	10.00
5	Kantin & Koperasi	60	200	12.000
6	Pos Keamanan	30	100	3.000
7	Parkir Umum	50	60	3.000
8	Parkir Truck	50	60	3.000
9	Pemadam Kebakaran	60	200	12.000
10	Laboratorium	150	500	75.000
11	Bengkel	60	300	18.000
12	Daerah Proses	3.000	750	2.250.000
13	Gudang Katalis	50	100	5.000
14	Gudang Produk	150	100	15.000
15	Utilitas	2.000	350	700.000
16	Mess	300	250	75.000
17	Ruang Kontrol	100	250	25.000
18	Jalan & Taman	4.000	60	240.000
<b>Total</b>		<b>10.460</b>	<b>4.230</b>	<b>3.528.500</b>
<b>Area Bangunan</b>		<b>332.500</b>		
<b>Luas Area Bangunan</b>		<b>3.196.000</b>		

Untuk penerangan area di dalam ruangan digunakan lampu Philips® QL Induction (QL) 55 watt sebanyak 85 buah. Untuk penerangan area di luar ruangan digunakan *metal halide lamp* 125 watt sebanyak 286 buah. Untuk kenyamanan kerja maka ditambahkan AC untuk kantor,

poliklinik, perpustakaan, tempat ibadah, pos keamanan, ruang kontrol dan laboratorium. *Power AC* total yang ditambahkan adalah 38,851 kW. Sehingga total kebutuhan listrik untuk unit penerangan dan non teknis lainnya adalah 100,724 kW.

Total kebutuhan listrik untuk pabrik adalah:

Unit proses	: 22,789	kW
Unit utilitas	: 24,211	kW
Penerangan & lainnya	: 100,724	kW
Total	: 147,724	kW

#### **Spesifikasi Generator**

1. Kode alat : P-180
2. Jenis : AC generator
3. *Power* : 121,547 Hp
4. Tegangan : 220/380 volt
5. *Power factor* : 0,85
6. Kebutuhan bahan bakar : 1,629 liter/jam
7. Jumlah : 2 buah

#### **VII.5. Unit Penyedia Bahan Bakar**

Unit Penyedia bahan bakar dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pabrik yaitu pada peralatan *boiler* dan bahan bakar generator yang disimpan pada tangki bahan bakar.

#### **Spesifikasi Tangki Bahan Bakar**

1. Kode : F-181
2. Fungsi : Menampung bahan bakar untuk *boiler* dan bahan bakar cadangan generator
3. Tipe : Tangki silinder vertikal dengan tutup atas berupa *conical* dan tutup bawah berupa *plate*
4. Jumlah : 1 buah
5. Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA-167 Grade 11*
6. Dimensi : - Diameter tangki = 0,349 m

- Tinggi tangki = 0,681 m
- Tebal tangki = 0,003 m

## VII.6 Unit Pengelola Limbah

Pembuangan air limbah baik yang bersumber dari kegiatan domestik (rumah tangga) maupun industri ke badan air dapat menyebabkan pencemaran lingkungan apabila kualitas air limbah tidak memenuhi baku mutu limbah. Pengolahan limbah yaitu sistem pengendalian setelah proses produksi yang dimaksudkan untuk menurunkan kadar bahan pencemar sehingga pada akhirnya limbah tersebut memenuhi baku mutu yang sudah ditetapkan.

Jenis limbah yang dihasilkan oleh pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* terbagi menjadi beberapa kelompok, diantaranya sebagai berikut :

- a) Limbah cair hasil sisa proses produksi  
Limbah cair dari proses produksi berasal dari filter pada proses filtrasi.
- b) Limbah cair hasil pencucian peralatan pabrik  
Limbah hasil pencucian peralatan pabrik mengandung kerak dan kotoran yang sebelumnya melekat pada alat.
- c) Limbah laboratorium  
Limbah laboratorium berupa sisa-sisa bahan kimia yang digunakan untuk analisa mutu bahan baku maupun produk dan penelitian untuk pengembangan proses.
- d) Limbah domestik  
Limbah domestik terdiri dari dari limbah rumah tangga dan kantor serta bagian pendukung pabrik yaitu tempat ibadah, kantin, poliklinik, dan sarana penunjang bagi karyawan lainnya. Limbah domestik ini karena tidak berbahaya bagi lingkungan maka langsung dibuang di selokan atau badan pembuangan air.

Pengolahan limbah domestik dilakukan dengan cara pengolahan biologis, adapun mikroba yang digunakan dalam pengolahan limbah domestik meliputi *Escherichia coli*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, dan *Citrobacter*. Sementara limbah cair hasil sisa proses produksi yaitu  $AlCl_3$  dijual ke pabrik Poly Aluminium

Chloride (PAC) yang ada di Indonesia seperti Beta Pramesti Asia di Tangerang, PT. Pachinesia Chemical Industry di Jakarta Barat, PT. Kamiada Lestari Indonesia di Bogor, dll. Penjualan limbah  $AlCl_3$  ini dilakukan dengan pertimbangan selain dapat dimanfaatkan sebagai koagulan, pengolahan limbah  $AlCl_3$  membutuhkan biaya operasional yang lebih besar sehingga dengan melakukan penjualan ke pabrik yang membutuhkan sehingga dapat meminimalisir ekonomi.

### **Jumlah Hasil Buangan Pabrik**

- a) Limbah cair hasil sisa proses produksi  
Dari Filter = 255,05 kg/jam
  - b) Limbah cair hasil pencucian peralatan pabrik dan laboratorium  
Diperkirakan = 39,827 kg/jam
  - c) Limbah domestik (kebutuhan air karyawan)  
Diperkirakan = 29,870 kg/hari x 107 orang = 133,170 kg/jam
- Total limbah cair yang dihasilkan oleh keseluruhan pabrik = 428,047 kg/jam.

### **Spesifikasi Alat Pengelolaan Limbah**

#### **1. Bak Penampung Limbah**

- Fungsi : Menampung air limbah dari unit proses, pencucian alat, laboratorium, domestik, dan kantor
- Tipe : Bak persegi panjang
- Laju volumetrik (Q) : 0,106 m<sup>3</sup>/s
- Lama penampungan : 12 jam
- Kapasitas Bak : 4557,621 m<sup>3</sup>
- Panjang bak : 29,486 m
- Lebar bak : 19,658 m
- Tinggi bak : 9,829 m
- Bahan konstruksi : Beton bertulang
- Jumlah bak : 1 buah

#### **2. Bak Pengendap Limbah**

- Fungsi : Mengendapkan air limbah

Tipe : Bak persegi panjang  
Laju volumetrik (Q) : 0,106 m<sup>3</sup>/s  
Lama penampungan : 12 jam  
Kapasitas Bak : 4557,621 m<sup>3</sup>  
Panjang bak : 29,486 m  
Lebar bak : 19,658 m  
Tinggi bak : 9,829 m  
Bahan konstruksi : Beton bertulang  
Jumlah bak : 1 buah

### 3. Bak Aerasi

Fungsi : Penambahan O<sub>2</sub> ke dalam air limbah, sehingga mengaktifkan mikrobanya yang dapat menguraikan limbah

Tipe : Bak persegi panjang  
Laju volumetrik (Q) : 0,106 m<sup>3</sup>/s  
Lama penampungan : 72 jam  
Kapasitas Bak : 27345,725 m<sup>3</sup>  
Panjang bak : 53,580 m  
Lebar bak : 35,720 m  
Tinggi bak : 27,860 m  
Bahan konstruksi : Beton bertulang  
Jumlah bak : 1 buah

## BAB VIII TATA LETAK PABRIK DAN PERALATAN PROSES

### VIII.1 Tata Letak Pabrik

Lokasi pabrik merupakan salah satu yang paling penting dalam pendirian suatu pabrik untuk kelangsungan operasi pabrik. Tata letak yang tepat sangat penting dalam mendapatkan efisiensi, keselamatan, dan kelancaran dari para pekerja dan keselamatan proses. Pendirian Pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* (PEA) direncanakan berlokasi di Desa Donan Kecamatan Cilacap Tengah Kabupaten Cilacap Jawa Tengah dengan mempertimbangkan beberapa faktor sebagai berikut:

a. Sumber Bahan Baku

Faktor utama dalam penentuan lokasi adalah ketersediaan bahan baku. Pabrik PEA yang akan didirikan di Cilacap karena dekat dengan bahan baku. *Benzene* didatangkan dari PT Pertamina Cilacap. Sedangkan untuk *Ethylene Oxide* yang berasal dari PT. Prima Ethycolindo Merak dan katalis Aluminium Klorida dapat diperoleh dari PT. Lumbung Sumber Rejeki Cirebon, Jawa Barat. Adapun alternatif lain yang digunakan apabila opsi pertama tidak mencukupi yaitu *Benzene* didatangkan dari PT. Trans-Pacific Petrochemical Indotama Tuban, Jawa Timur, sementara *Ethylene Oxide* yang berasal dari PT Polychem yang berlokasi di Tangerang.

b. Pemasaran Produk

Keberhasilan suatu industri tidak lepas dari upaya pemasaran. Pemasaran sangat berkaitan dengan pemilihan lokasi yang strategis dan target pasar yang jelas. Pemasaran *Phenyl Ethyl Alcohol* (PEA) dapat dipasarkan ke PT. Lion Wings, PT. Priskila Prima Makmur, PT. Unilever Indonesia, PT. Vitapharm, PT. Herlina Indah, dan PT. Matina Berto yang menggunakan *Phenyl Ethyl Alcohol* (PEA) sebagai baku produknya. Selain itu, pemasaran *Phenyl Ethyl Alcohol* (PEA) dapat dilakukan melalui Merck, Sigma-Aldrich, Thermo Fisher, dan Ashok Alco-chem Limited. Kemurnian *Phenyl Ethyl Alcohol* (PEA) yang dijual yaitu dengan kemurnian  $\geq 99\%$ , maka dari itu dengan kemurnian

produk *Phenyl Ethyl Alcohol* (99,9%) yang kami produksi dapat memenuhi kebutuhan pasar.

c. Tenaga kerja

Penyediaan tenaga kerja di Cilacap tidak cukup sulit, hal ini disebabkan Cilacap merupakan salah satu dari tiga kawasan industri utama di Jawa Tengah (selain Semarang dan Surakarta) yang dimana daerah industri ini memiliki tingkat kepadatan penduduk yang tinggi, sehingga penyediaan tenaga kerja dapat diperoleh dari daerah disekitarnya, baik tenaga kasar maupun tenaga terdidik. Tenaga kerja yang dibutuhkan pada pabrik ini meliputi tenaga kerja terdidik, terampil maupun tenaga kasar. Tenaga kerja tersebut diperoleh dari daerah sekitar lokasi pabrik dan luar daerah. Dengan pemilihan lokasi pabrik di Cilacap berarti akan membuka lapangan kerja bagi masyarakat sekitar dan dapat meningkatkan perekonomian daerah.

d. Faktor Penunjang Lainnya

Faktor penunjang lainnya seperti lingkungan, sosial dan perluasan area industri telah dipersiapkan dengan baik, hal ini dikarenakan Cilacap merupakan kawasan industri sehingga pendirian suatu pabrik tidak menjadi masalah dan masyarakat tidak begitu sulit dalam beradaptasi.

e. Transportasi

Sarana transportasi menjadi hal penting dalam pemilihan lokasi pabrik untuk menunjang mobilitas penyediaan bahan baku dan pendistribusian produk. Penyediaan bahan baku dapat dilakukan dengan menggunakan transportasi darat didukung dengan lokasi pabrik yang dekat dengan jalan raya baik melalui Bandara Tunggul Wulung maupun dekat dengan jalur kereta api yaitu Stasiun Kroya. Sedangkan, untuk distribusi produk dapat dilakukan dengan jalur darat maupun laut didukung dengan lokasi pabrik yang cukup dekat dengan Pelabuhan Penyeberangan Seleko dan Pelabuhan Tanjung Intan.

## VIII.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik adalah tempat kedudukan dari bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat bekerjanya karyawan, tempat peralatan, tempat penimbunan bahan baku dan produk yang saling berhubungan. Tata letak pabrik harus dirancang sedemikian rupa sehingga penggunaan area pabrik efisien dan proses produksi serta distribusi dapat berjalan dengan lancar, keamanan, keselamatan, dan kenyamanan bagi karyawan dapat terpenuhi. Tata letak pabrik yang baik harus mempertimbangkan beberapa faktor diantaranya:

- a. Setiap alat diberikan ruang yang cukup luas supaya memudahkan pemeliharannya.
- b. Setiap alat disusun berurutan menurut fungsi masing-masing sehingga memudahkan aliran proses.
- c. Untuk daerah yang mudah menimbulkan kebakaran ditempatkan alat pemadam kebakaran.
- d. Posisi alat kontrol ditempatkan pada posisi yang mudah diawasi operator.
- e. Tersedianya tanah atau areal untuk perluasan pabrik

Secara garis besar tata letak pabrik dibagi menjadi beberapa daerah antara lain:

- a. Daerah Proses dan Ruang Kontrol  
Daerah ini merupakan daerah tempat alat-alat proses diletakkan dan proses berlangsung, sedangkan ruang kontrol digunakan sebagai pusat pengendalian berlangsungnya proses.
- b. Daerah Penyimpanan  
Daerah ini merupakan tempat penyimpanan hasil produksi berupa *Phenyl Ethyl Alcohol* (PEA) yang pada umumnya dimasukkan ke dalam tangki penyimpanan atau drum yang sudah dipasarkan.
- c. Daerah Administrasi/Perkantoran  
Daerah ini merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik yang mengatur kelancaran operasi.

d. Daerah Pemeliharaan Pabrik dan Bangunan

Daerah ini merupakan tempat melakukan perbaikan dan perawatan peralatan, yang terdiri dari beberapa bengkel untuk melayani permintaan perbaikan dari pabrik dan bangunan.

e. Daerah Utilias

Daerah ini merupakan tempat dimana penyediaan keperluan pabrik yang berhubungan dengan utilitas, seperti air, listrik, *steam*, dan *brine*.

f. Daerah Perluasan

Daerah ini merupakan tempat untuk persiapan jika pabrik mengadakan perluasan di masa yang akan datang. Daerah ini bertempat di bagian belakang pabrik.

g. *Plant Service*

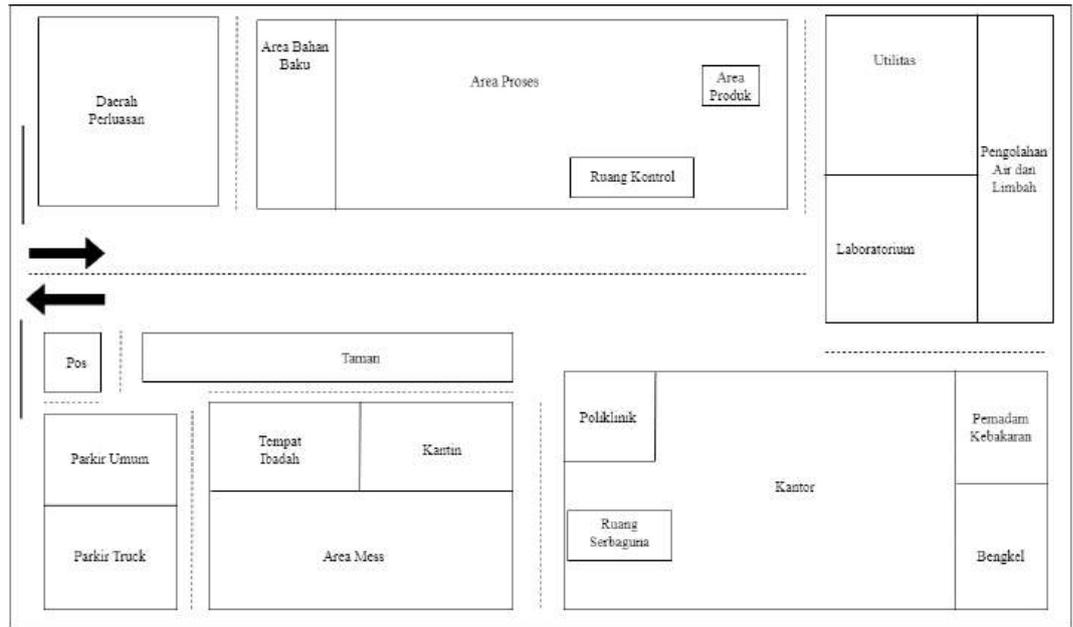
Daerah ini merupakan tempat untuk fasilitas karyawan meliputi, kantin umum, tempat ibadah, tempat olahraga, dan fasilitas kesehatan/poliklinik.

h. Jalan Raya

Daerah ini bertujuan untuk memudahkan pengangkutan bahan baku maupun hasil produksi.

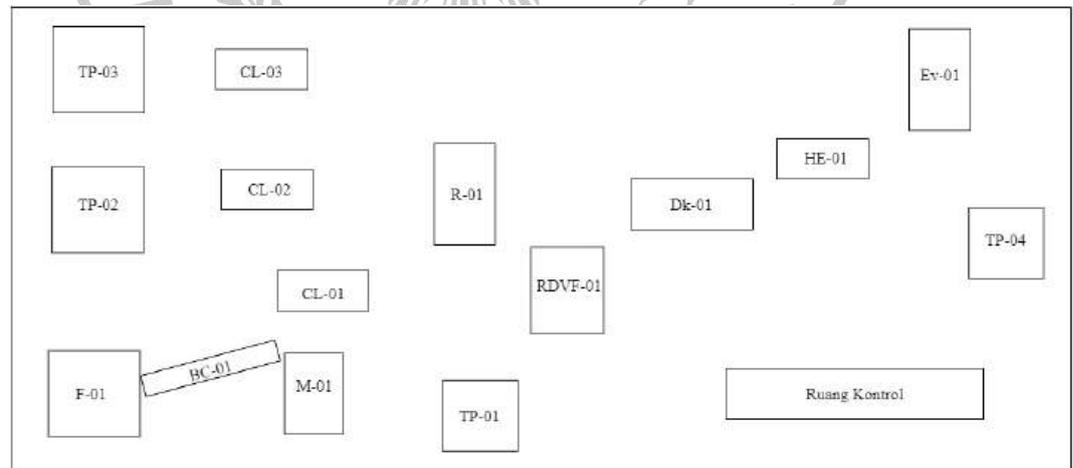
Tabel VIII.1 Tabel Pembagian Luas Pabrik

No	Bangunan	Luas (m <sup>2</sup> )	Jumlah
1	Pos Keamanan	30	1
2	Jalan dan taman	2500	1
3	Parkir	50	2
4	Pemadam Kebakaran	60	1
5	Bengkel	70	1
6	Kantor	200	1
7	Laboratorium	150	1
8	Poliklinik	60	1
9	Ruang Kontrol	100	1
10	Ruang Proses	2000	1
11	Unit Pengolahan Air	1000	1
12	Unit Pengolahan Listrik	500	1
13	Unit Pengolahan Boiler	500	1
14	Gudang Katalis	50	1
15	Gudang Produk	150	1
16	Tempat Ibadah	50	1
17	Perpustakaan dan aula	140	1
18	Area Mess	300	1
19	Daerah Perluasan	2500	1
<b>Total</b>		10.460	20



Skala 1 : 1000

Gambar VIII.1 *Layout Pabrik Phenyl Ethyl Alcohol (PEA)*



Skala 1 : 1000

Gambar VIII.2 *Layout Proses Pabrik Phenyl Ethyl Alcohol (PEA)*

Keterangan

F-01 : Gudang  $\text{AlCl}_3$

TP-01 : Tangki Penyimpanan Air

TP-02 : Tangki Penyimpanan Benzene

TP-03 : Tangki Penyimpanan Etilen Oksida

TP-04 : Tangki Penyimpanan PEA

BC-01 : *Belt Conveyor*

M-01 : *Mixer*

R-01 : Reaktor

RDF : Rotary Drum Filter

DK-01 : Dekanter

EV-01 : Evaporator

CL-01 : *Cooler*  $\text{AlCl}_3$

CL-02 : *Cooler* Benzene

CL-03 : *Cooler* Etilen Oksida

CL-04 : *Cooler* PEA

HE-01 : *Heat Exchanger*



## **BAB IX KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA**

### **IX.1 Kesehatan dan Keselamatan Kerja Secara Umum**

Dalam suatu industri, keselamatan kerja merupakan faktor utama yang harus diperhatikan karena berhubungan erat dengan kelancaran jalannya proses produksi. Semakin besar perhatian yang diberikan pada aspek keselamatan kerja ini akan membuat efisiensi dan efektifitas proses produksi semakin meningkat.

Keselamatan dan kesehatan kerja dalam penerapannya secara langsung di lapangan berhubungan erat dengan adanya kebijakan khusus manajemen yang berkenaan dengan proses produksi yang digunakan, khususnya yang berhubungan dengan identifikasi dan pengontrolan terhadap kemungkinan bahaya yang timbul. Menurut UU No. 14 tahun 1969 tentang pokok-pokok ketenagakerjaan, yang dimaksud dengan keselamatan kerja adalah keselamatan yang berkaitan dengan mesin, pesawat, alat-alat, bahan-bahan dan lingkungannya serta cara-cara melakukan pekerjaan.

Tujuan dari keselamatan kerja berdasarkan undang-undang Keselamatan Kerja No. 1 tahun 1970 antara lain:

1. Agar semua orang, baik pekerja maupun orang lain yang berada di tempat kerja selalu dalam kondisi sehat dan aman.
2. Agar proses produksi dapat berjalan secara efektif dan efisien.
3. Agar sumber produksi berjalan dengan lancar dan aman.

Elemen pertama di dalam organisasi keselamatan pada sebuah perusahaan adalah penggunaan bantuan dari luar perusahaan, seperti komite pada perlindungan keselamatan dan kebakaran, konsultan dari perusahaan asuransi dan lain-lain. Elemen kedua yang dikenal pada program-program pengendalian keselamatan kerja yang paling berhasil adalah minat dan partisipasi aktif dari pihak manajemen secara nyata. Sikap manajemen terhadap keselamatan secara baik umumnya adalah pada perusahaan yang pemimpinnya terlibat sebagai penggerak program keselamatan dalam perusahaan. Dukungan terhadap tercapainya program keselamatan didalam perusahaan. Penanggulangan kecelakaan yang efektif memerlukan usaha-usaha keselamatan secara terpadu dan

benar. Para pengawas ini harus bertanggung jawab terhadap pencegahan kecelakaan, sama halnya seperti mereka bertanggung jawab terhadap efisiensi hasil produksi. Salah satu caranya adalah manajemen harus membentuk Komite Keselamatan tingkat manajemen atas untuk memberikan saran, baik mengenai metode maupun kebijakan (*policy*) program yang dilaksanakan.

Secara umum penanganan dan penerapan kesehatan dan keselamatan kerja menjadi tanggung jawab departemen EHS&S (*Environment, Health, Safety & Security*). Urusan ini oleh EHS&S department dijabarkan dalam sebuah sistem manajemen kesehatan, keselamatan dan perlindungan lingkungan. Sistem ini mengacu pada prinsip bahwa semua kecelakaan dapat dicegah dan manajemen berfungsi dan bertanggung jawab atas penerapannya.

## **IX.2 Sebab-Sebab Terjadinya Kecelakaan Kerja**

Terjadinya kecelakaan kerja disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut:

### **1. Lingkungan Fisik**

Lingkungan fisik meliputi mesin, peralatan, bahan produksi lingkungan kerja, penerangan dan lain-lain. Kecelakaan terjadi akibat dari:

- Kesalahan perencanaan
- Aus atau rusak nya peralatan
- Kesalahan pada waktu pembelian sehingga terjadinya ledakan karena kondisi operasi yang tidak terkontrol
- Penyusunan peralatan dan bahan produksi yang kurang tepat
- Lingkungan kerja yang tidak memenuhi persyaratan seperti panas, lambat, bising dan salah penerangan

### **2. Manusia**

Kecelakaan ini disebabkan oleh manusia (karyawan) dapat terjadi akibat beberapa hal, yang antara lain adalah sebagai berikut :

- Kurangnya pengetahuan dan keterampilan karyawan
- Kurangnya motivasi kerja dan kesadaran karyawan akan keselamatan kerja.

### 3. Sistem Manajemen

Kecelakaan yang disebabkan karena sistem manajemen, dapat terjadi akibat beberapa hal di bawah ini, yaitu:

- Kurangnya perhatian manajer terhadap keselamatan kerja
- Kurangnya pengawasan terhadap kegiatan pemeliharaan dan modifikasi
- Kurangnya sistem penanggulangan terhadap bahaya
- Kurangnya penerapan prosedur yang baik tidak adanya inspeksi peralatan.

### IX.3 Kesehatan dan Keselamatan Kerja pada Pabrik PEA

Usaha untuk meningkatkan kesehatan dan keselamatan kerja di pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* (PEA) dapat dilakukan melalui beberapa pelaksanaan, yang secara umum terbagi menjadi bagian, diantaranya :

1. Tangki meliputi tangki bahan baku benzene dan etilen oksida
  - Pemilihan material dengan *corrosion allowable* yang tepat (d disesuaikan dengan kondisi operasi).
  - Pemasangan *manhole* dan *hand hole* untuk inspeksi dan *maintenance*.
  - Pemasangan level *gauge* pada tangki penutup
  - Pemasangan tangga sekaligus ada pegangannya, *man hole* dan *hand hole* untuk inspeksi dan *maintenance*.
  - Sirkulasi udara harus baik.
  - Pemasangan tanda bahaya di sekitar tangki.
2. Perpipaan
  - Untuk mempermudah identifikasi kebocoran pipa, maka perpipaan diletakkan di atas tanah.
  - Susunan *valve* dan perpipaan diatur dengan baik dan diatur sedemikian rupa supaya transportasi tidak terganggu. Pada perpipaan diberi warna yang berbeda, fluida panas (*hot fluid*) pipa berwarna merah, sementara untuk fluida dingin (*cold fluid*) menggunakan pipa berwarna biru.

- Pipa *steam dilosped* dipasang *block valve* sehingga *steam* bisa didatangkan dari berbagai arah seandainya terjadi kerusakan pada pipa *steam*.
- Dipasang *fire stop* pada semua *system* pengeluaran untuk mencegah penyebaran kebakaran.
- Dipasang isolasi yang baik untuk pipa *steam* dan pipa air panas agar tidak ada bahaya kebakaran kulit apabila tersentuh oleh karyawan atau petugas, serta untuk mencegah panas yang hilang.
- Sambungan dipasang dan dikontrol dengan baik.

### 3. Reaktor

- Pada daerah di sekitar reaktor dipasang rambu peringatan tentang daerah bahaya.
- Pekerja pada bagian reaktor diharuskan menggunakan sarung tangan dan *safety helmet*.
- Setelah diadakan pembersihan reaktor harus dites temperaturnya untuk mencegah *over stressing*.
- Pemasangan tangga dan ada pegangannya untuk mempermudah dalam pengontrolan reaktor.

Berikut merupakan usaha untuk mencegah kecelakaan kerja pada pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* (PEA) antara lain:

#### 1. Penanganan Bahan Baku dan Produk

Alat pelindung diri (APD) yang harus di pakai adalah:

- Alat pelindung kaki
- Alat pelindung tangan
- Alat pelindung mata
- Alat pelindung kepala

#### 2. Penangan Alat

##### a. Pompa

- Bagian *Propeller* dilengkapi dengan *casting*

- Bagian kopling (penghubung *propeller* dan motor) harus selalu tertutup dan dilengkapi dengan strainer (saringan atau filter) yang digunakan untuk menyaring kotoran agar tidak masuk pompa.
- Harus cek *valve* secara berkala untuk mencegah timbulnya aliran balik.
- Diletakkan pada lantai dasar untuk keselamatan dan untuk kemudahan operator.

b. *Heat Exchanger*

- Harus dilengkapi dengan *valve*.
- Dilengkapi dengan isolasi.
- Dipasang *drain hole* secukupnya untuk pembersihan.
- Harus selalu diadakan tes, baik terhadap material, kebocoran dan lain-lainnya pada waktu-waktu tertentu

Tabel IX.1 Penggunaan Peralatan Keselamatan Kerja Pada Alat Proses

No	Lokasi Penggunaan	Peralatan yang dipakai (APD)	Pertimbangan
1	Tangki Benzene	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masker</li> <li>- Helm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Benzene</i> dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernafasan dan efek toksik jangka panjang sehingga penggunaan masker dapat melindungi pekerja dari paparan uap/gas <i>benzene</i></li> <li>- Helm digunakan untuk melindungi kepala pekerja dari potensi benturan atau cedera fisik, terutama di area kerja yang memiliki risiko adanya objek yang jatuh atau peralatan yang dapat menimbulkan</li> </ul>

No	Lokasi Penggunaan	Peralatan yang dipakai (APD)	Pertimbangan
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Safety Shoes</i></li> <li>- <i>Safety Glasses</i></li> <li>- Sarung Tangan</li> </ul>	<p>bahaya.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Safety shoes</i> melindungi kaki pekerja dari kemungkinan cedera akibat benda tajam atau berat yang dapat jatuh.</li> <li>- <i>Benzene</i> dapat menyebabkan iritasi pada mata jika terjadi percikan atau kebocoran sehingga penggunaan <i>safety glasses</i> dapat melindungi mata</li> <li>- <i>Benzene</i> adalah bahan kimia yang dapat diserap melalui kulit, menyebabkan iritasi atau kerusakan jaringan, penggunaan sarung tangan untuk mencegah kontak langsung dengan <i>benzene</i></li> </ul>
2	Tangki Etilen Oksida	- Masker	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Etilen oksida adalah gas beracun yang sangat mudah menguap dan dapat menyebabkan iritasi saluran pernapasan, gangguan sistem saraf pusat, dan bahkan kanker (terutama kanker paru-paru dan leukimia) jika terhirup dalam konsentrasi tinggi. Penggunaan masker dapat mencegah pekerja menghirup uap etilen oksida.</li> </ul>

No	Lokasi Penggunaan	Peralatan yang dipakai (APD)	Pertimbangan
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Helm</li> <li>- <i>Safety Shoes</i></li> <li>- <i>Safety Glasses</i></li> <li>- Sarung Tangan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Helm dapat memberikan perlindungan terhadap potensi kecelakaan seperti kebakaran atau ledakan, yang bisa saja terjadi jika terjadi kebocoran etilen oksida yang mudah terbakar.</li> <li>- <i>Safety Shoes</i> digunakan untuk melindungi dari tumpahan bahan kimia, seperti etilen oksida, yang dapat menyebabkan iritasi kulit atau luka bakar jika bersentuhan langsung.</li> <li>- <i>Safety Glasses</i> digunakan untuk menghindari kontak langsung antara gas atau cairan etilen oksida dengan mata, yang bisa menyebabkan kerusakan mata, iritasi, atau luka bakar kimia.</li> <li>- Sarung tangan pelindung yang tahan terhadap bahan kimia diperlukan untuk melindungi kulit pekerja dari kontak langsung dengan etilen oksida.</li> </ul>
3	<i>Mixer</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masker</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masker digunakan untuk melindungi pekerja dari menghirup debu atau uap kimia</li> </ul>

No	Lokasi Penggunaan	Peralatan yang dipakai (APD)	Pertimbangan
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Helm</li> <li>- <i>Safety Shoes</i></li> <li>- <i>Safety Glasses</i></li> <li>- Sarung Tangan</li> </ul>	<p>yang dapat merusak saluran pernapasan.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Di sekitar <i>mixer</i>, ada risiko terjadinya kecelakaan akibat peralatan yang bergerak, seperti pengaduk atau bagian lainnya dari mesin yang berputar dengan penggunaan helm dapat melindungi pekerja dari benturan atau kecelakaan yang bisa mengarah pada cedera kepala serius.</li> <li>- Penggunaan <i>Safety Shoes</i> dapat mengurangi risiko tergelincir di area yang mungkin basah atau licin, yang sering terjadi akibat tumpahan bahan atau proses pengolahan.</li> <li>- Proses pengadukan atau pencampuran di <i>mixer</i> dapat menyebabkan cipratan bahan cair atau partikulat yang bisa membahayakan mata. Penggunaan <i>safety glasses</i> dapat mencegah paparan bahan kimia atau benda asing yang terlepas ke mata pekerja.</li> <li>- Di <i>mixer</i> memiliki bagian bergerak, seperti pengaduk,</li> </ul>

No	Lokasi Penggunaan	Peralatan yang dipakai (APD)	Pertimbangan
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Ear Plugs</i></li> </ul>	<p>motor, atau penggerak lainnya yang berisiko menyebabkan bahan kimia atau cairan bisa tumpah, sehingga penggunaan sarung tangan dapat mencegah luka bakar atau iritasi kulit pada pekerja.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Di dalam <i>mixer</i> terdapat risiko kebisingan yang tinggi yang dapat merusak pendengaran pekerja.</li> </ul>
4	Reaktor	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masker</li> <li>- Helm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masker digunakan untuk melindungi pekerja dari potensi paparan terhadap gas berbahaya atau debu kimia. Bahan kimia yang digunakan dalam reaktor, seperti asam, basa, atau pelarut organik, dapat menguap dan mencemari udara, menyebabkan iritasi saluran pernapasan atau masalah kesehatan jangka panjang.</li> <li>- Helm melindungi pekerja dari potensi benturan atau kecelakaan yang bisa terjadi di area yang penuh dengan peralatan besar, katup, dan saluran pipa.</li> </ul>

No	Lokasi Penggunaan	Peralatan yang dipakai (APD)	Pertimbangan
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Safety Shoes</i></li> <li>- <i>Safety Glasses</i></li> <li>- Sarung Tangan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Safety Shoes</i> digunakan untuk melindungi pekerja dari potensi paparan bahan kimia yang bisa tumpah, terutama karena reaktor berpengaduk sering kali melibatkan bahan kimia cair</li> <li>- <i>Safety glasses</i> digunakan untuk melindungi mata dari kemungkinan percikan bahan kimia atau uap panas yang bisa merusak jaringan mata, mengakibatkan kebutaan, atau iritasi mata terlebih di dalam reaktor terjadi reaksi eksotermis</li> <li>- Di dalam reaktor dengan jaket pendingin ini bahan kimia yang terlibat dalam reaksi dapat bersifat korosif, mudah terbakar, atau beracun, penggunaan sarung tangan dapat melindungi tangan pekerja dari suhu tinggi yang bisa terjadi pada permukaan reaktor atau pipa,</li> </ul>
5	<i>Rotary Drum Vacuum Filter</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masker</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Di dalam RDVF bahan kimia atau partikel kecil yang terfilter atau terlepas bisa terhirup dan menyebabkan iritasi pada</li> </ul>

No	Lokasi Penggunaan	Peralatan yang dipakai (APD)	Pertimbangan
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Helm</li> <li>- <i>Safety Shoes</i></li> <li>- <i>Safety Glasses</i></li> </ul>	<p>saluran pernapasan, alergi, atau bahkan penyakit jangka panjang (seperti pneumokoniosis atau gangguan pernapasan lainnya). Masker atau respirator melindungi pekerja dari menghirup debu berbahaya atau uap kimia yang mungkin terbentuk selama proses penyaringan.</p> <p>Di area sekitar <i>rotary drum vacuum filter</i>, ada risiko paparan terhadap peralatan bergerak, objek yang jatuh, atau bagian filter yang mungkin terlepas selama pengoperasian. Helm melindungi pekerja dari benturan atau kecelakaan yang mungkin terjadi dalam lingkungan industri dengan peralatan besar dan komponen yang bergerak.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Safety Shoes</i> membantu mencegah kecelakaan akibat lantai yang licin, terutama jika terjadi tumpahan bahan kimia atau air selama proses penyaringan</li> <li>- Di dalam RDVF dalam proses</li> </ul>

No	Lokasi Penggunaan	Peralatan yang dipakai (APD)	Pertimbangan
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sarung Tangan</li> </ul>	<p>penyaringan ini bisa menghasilkan semburan atau percikan bahan kimia yang cukup berbahaya bagi kesehatan mata maka dengan penggunaan <i>safety glasses</i> dapat melindungi mata dari bahan kimia yang dapat mencemari udara atau terpercik selama proses filtrasi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sarung tangan dapat melindungi pekerja dari partikel tajam yang mungkin ada dalam material yang sedang difilter, serta dari suhu rendah atau tinggi yang bisa terjadi tergantung pada bahan yang digunakan dalam proses.</li> </ul>
6	Dekanter	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masker</li> <li>- Helm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masker atau respirator diperlukan untuk melindungi pekerja dari inhalasi debu berbahaya, uap kimia, atau gas yang dapat terbentuk selama proses pemisahan.</li> <li>- Helm digunakan untuk melindungi dari kebocoran atau percikan bahan kimia berbahaya yang dapat terjadi</li> </ul>

No	Lokasi Penggunaan	Peralatan yang dipakai (APD)	Pertimbangan
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Safety Shoes</i></li> <li>- <i>Safety Glasses</i></li> <li>- Sarung Tangan</li> </ul>	<p>selama proses pemisahan.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dekanter sering kali melibatkan cairan atau slurry yang mengandung bahan kimia berbahaya (<i>benzene</i> dan etilen oksida), penggunaan <i>safety shoes</i> akan melindungi kaki pekerja dari kontak langsung dengan bahan kimia yang dapat menyebabkan iritasi atau luka bakar.</li> <li>- Dekanter sering kali bekerja dengan bahan kimia berbahaya atau cairan yang memiliki sifat korosif (<i>benzene</i> dan etilen oksida), dan paparan langsung ke mata bisa menyebabkan luka bakar kimia atau kerusakan penglihatan sehingga penggunaan <i>safety glasses</i> sangat penting.</li> <li>- Sarung tangan yang tepat akan melindungi pekerja dari risiko infeksi atau cedera akibat bahan-bahan yang bersifat korosif, dan reaktif yang ada dalam proses dekanter.</li> </ul>
7	Evaporator	- Masker	- Masker diperlukan untuk

No	Lokasi Penggunaan	Peralatan yang dipakai (APD)	Pertimbangan
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Helm</li> <li>- <i>Safety Shoes</i></li> <li>- <i>Safety Glasses</i></li> </ul>	<p>melindungi pekerja dari paparan uap berbahaya, gas, atau debu yang dapat terbentuk selama proses penguapan.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Di Evaporator terdapat risiko objek atau bagian peralatan yang terjatuh dari ketinggian atau kebocoran bahan kimia yang dapat mengarah ke kepala pekerja. Penggunaan helm dapat memberikan perlindungan penting terhadap benturan atau risiko lainnya.</li> <li>- Di sekitar evaporator, tumpahan bahan kimia atau cairan panas sering kali terjadi selama proses penguapan, yang bisa membahayakan kaki pekerja, penggunaan <i>safety shoes</i> dapat mencegah kontak langsung dengan cairan berbahaya yang dapat menyebabkan iritasi atau luka bakar kimia.</li> <li>- Proses evaporasi dapat menghasilkan percikan atau semburan yang tidak terduga yang bisa mengarah ke mata pekerja sehingga dengan penggunaan <i>safety glasses</i></li> </ul>

No	Lokasi Penggunaan	Peralatan yang dipakai (APD)	Pertimbangan
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sarung Tangan</li> <li>- <i>Ear Plugs</i></li> </ul>	<p>dapat mencegah mencegah bahan kimia atau uap panas yang berbahaya mengenai mata pekerja.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sarung tangan digunakan untuk melindungi paparan bahan kimia berbahaya yang mungkin terjadi selama proses penguapan.</li> <li>- <i>Ear Plugs</i> diperlukan untuk melindungi pendengaran pekerja dari kebisingan yang dihasilkan oleh proses evaporasi, kebisingan ini bisa berasal dari sistem aliran uap yang kuat.</li> </ul>

Adapun upaya-upaya pencegahan terhadap bahaya-bahaya lainnya yang mungkin terjadi pada pabrik pengolahan *Phenyl Ethyl Alcohol* (PEA) dapat dilakukan dengan cara berikut:

1. Pencegahan terhadap kebakaran

- Memasang sistem alarm pada tempat yang strategis dan penting, seperti *power station*, laboratorium dan ruang proses.
- Mobil pemadam kebakaran harus selalu dalam keadaan siap siaga di *fire station*.
- *Fire hydrant* ditempatkan di daerah storage, proses, dan perkantoran. *Fire extinguisher* disediakan pada bangunan pabrik untuk memadamkan api yang relatif kecil.

- *Smoke detector* ditempatkan pada setiap sub-stasiun listrik untuk mendeteksi kebakaran melalui asapnya.
2. Pencegahan terhadap bahaya mekanis
    - Sistem ruang gerak karyawan dibuat cukup luas dan tidak menghambat kegiatan kerja karyawan.
    - Alat-alat dipasang dengan penahan yang cukup kuat
    - Peralatan yang berbahaya seperti ketel uap bertekanan tinggi, reaktor bertekanan tinggi dan tangki gas bertekanan tinggi, harus diberi pagar pengaman.
  3. Pencegahan terhadap bahaya listrik
    - Setiap instalasi dan alat-alat listrik harus diamankan dengan pemakaian sekering atau pemutus hubungan arus listrik secara otomatis lainnya.
    - Sistem perkabelan listrik harus dipasang secara terpadu dengan tata letak pabrik, sehingga jika ada perbaikan dapat dilakukan dengan mudah.
    - Memasang papan tanda bahaya yang jelas pada daerah sumber tegangan tinggi.
    - Kabel-kabel listrik yang letaknya berdekatan dengan alat-alat yang beroperasi pada suhu tinggi harus diisolasi secara khusus.
    - Setiap peralatan atau bangunan yang menjulang tinggi harus dilengkapi dengan penangkal petir yang dibumikan.
  4. Menerapkan nilai-nilai disiplin bagi karyawan
    - Setiap karyawan bertugas sesuai dengan pedoman-pedoman yang diberikan dan mematuhi setiap peraturan dan ketentuan yang diberikan.
    - Setiap kecelakaan kerja atau kejadian yang merugikan segera dilaporkan ke atasan.
    - Setiap karyawan harus saling mengingatkan akan perbuatan yang dapat menimbulkan bahaya.

- Setiap ketentuan dan peraturan harus dipatuhi.

#### 5. Penyediaan poliklinik di lokasi pabrik

Poliklinik disediakan untuk tempat pengobatan akibat terjadinya kecelakaan secara tiba-tiba, misalnya menghirup gas beracun, patah tulang, luka terbakar, pingsan, dll. Selain itu beberapa pokok persoalan yang harus dicakup dalam program keselamatan kerja perusahaan adalah :

##### 1) Pengangkatan dan penempatan karyawan secara tepat

Jika seseorang tidak cocok dengan pekerjaannya, maka biasanya angka kecelakaan meningkat. Usaha pengangkatan dan penempatan yang dilakukan oleh perusahaan adalah untuk meyakinkan adanya kesinambungan sumber karyawan yang berpotensi, penempatan pada jenis kerja yang tepat sehingga bisa memanfaatkan ketrampilan dan pengetahuan-pengetahuan pada bidang kerja diluar kemampuan.

##### 2) Training

*Job training*, termasuk di dalamnya latihan mengenai keselamatan kerja yang harus dimulai pada kesempatan pertama begitu karyawan baru mulai mengenal dunia industri dan terus berlanjut sampai karyawan tersebut berhenti atau pensiun. Pada mulanya seorang karyawan baru harus mendapatkan latihan pra kerja yang mencakup pula petunjuk-petunjuk tentang dasar-dasar peraturan keselamatan yang berlaku dalam perusahaan. Program latihan keselamatan merupakan bagian lanjutan dari masing-masing tanggung jawab pengawas. Pengawas harus bisa menunjukkan bahaya-bahaya bisa terjadi dalam kerja dan yakin bahwa semua karyawan telah menyadari tindakan apa yang harus diambil untuk menghindari bahaya.

Untuk menjaga agar para karyawan tetap sadar dengan bahaya-bahaya yang ada, pertemuan keselamatan harus diadakan dimana frekuensi dan waktu yang dibutuhkan tergantung pada jenis kerja dan tingkat latihan karyawan. Para karyawan perlu mendapatkan sikap yang positif tentang pekerjaannya agar bisa menjalankannya secara aman.

### 3) Pengetahuan kerja

Seorang karyawan (dalam hal ini terutama karyawan proses) dikatakan memiliki kecakapan kerja jika telah :

- Mengetahui cara kerja.
- Mengetahui cara kerja peralatan di unitnya.
- Mengetahui kegunaan serta isi dari jalur-jalur pipa dalam unit kerjanya.
- Mengetahui prinsip kerja pada unit kerjanya.
- Mengerti dan bisa menjalankan peralatan atau alat mesin.
- Mengerti penggunaan instrumen dan proses komputer untuk mengendalikan variabel operasi.
- Mengerti dan mematuhi semua prosedur yang mencakup pada masing-masing area.

Penjelasan tersebut di atas dimaksudkan untuk menguraikan apa yang dimaksud dengan pengetahuan kerja, tetapi belum lagi merupakan data yang lengkap. Inti dari tujuan keselamatan ini adalah agar semua karyawan/operator dapat menjalankan peralatan secara aman. Kita sadari bahwa tak ada seorang karyawan yang mahir sekalipun mampu mengatasi situasi-situasi berbahaya. Untuk membuat karyawan semacam ini sadar akan timbulnya keadaan yang berbahaya, perusahaan harus memberikan latihan kerja komparatif studi dengan tempat kerja yang lain dan juga latihan teknis keterampilan.

### 4) Desain yang dilakukan secara cermat.

Jika efisiensi seorang karyawan ingin ditingkatkan dan angka kecelakaan diturunkan, maka karyawan harus bekerja di lingkungan yang aman. Pabrik ini, sebagaimana umumnya pabrik yang lain dirancang dari awal dengan memperhatikan pula hal-hal untuk pencegahan kecelakaan.

### 5) Analisa operasi

Dari hasil pengamatan terhadap ribuan kecelakaan yang pernah terjadi, ternyata sering kali kecelakaan tersebut disebabkan oleh metode kerja yang tidak benar. Mempelajari keadaan suatu lingkungan kerja

setelah terjadinya kecelakaan dalam lingkungan kerja tersebut mutlak harus dilakukan. Tetapi, akan jauh lebih efektif jika suatu operasi dianalisa lebih dahulu sebelum terjadinya kecelakaan. Hal ini akan lebih baik dilakukan melalui “analisa keselamatan kerja” (*Job Safety Analysis*).

Analisa keselamatan kerja memberikan informasi berupa petunjuk-petunjuk latihan kerja dan kunci-kunci terhadap terjadinya kecelakaan yang sebenarnya bisa dihindarkan. Analisa ini juga berguna untuk menentukan alat-alat dan pendataan yang perlu digunakan dan penting bagi penempatan karyawan secara tepat. Program analisa ini dilakukan oleh pengawas *line* dengan dibantu oleh seorang *safety engineer*.

6) Metode pemeriksaan peralatan secara sistematis

Inspeksi keselamatan merupakan faktor penentu yang umum bagi semua pencegahan kecelakaan. Hal ini harus menjadi faktor yang harus selalu dipegang bagi masing-masing individu pengawas, tingkat kepala bagian, kepala departemen dan manajemen komite keselamatan kerja dan kebakaran. Inspeksi dapat dilakukan oleh orang-orang khusus, seperti inspector mekanikal, inspector listrik, inspector bangunan dan lain-lain.

Kondisi-kondisi atau metode kerja ini secara sekilas bisa diperhatikan oleh unsur-unsur dari luar sebagai suatu peringatan. Karena itu jika keadaan atau cara-cara ini diperbaiki, maka kecelakaan dapat dicegah. Karena kebanyakan komite keselamatan dibentuk dengan melakukan inspeksi sebagai salah satu dari tugas mereka, maka para anggotanya harus dilatih secara benar.

Adalah sangat penting untuk mengetahui apa yang sebenarnya dicari, baik pada keadaan atau tindakan-tindakan yang kurang aman. Setelah dilakukan inspeksi harus dilakukan perbaikan secepatnya. Hal ini dapat dilaksanakan secara efektif, jika bagian dari laporan inspeksi tentang kebakaran, kebersihan lingkungan, inspeksi keselamatan dilakukan secara formal/resmi. Hasil kerja komite keselamatan tidak efektif, apabila laporannya tidak dilakukan secara berkala.

7) Alat perlindungan diri yang baik.

Pencegahan yang terbaik terhadap adanya kondisi yang berbahaya adalah dengan berusaha menghilangkan atau mengurangi kondisi-kondisi berbahaya yang dirasa tidak mungkin atau kurang praktis untuk itu, maka perlulah diambil langkah dengan jalan mencegah karyawan memasuki daerah berbahaya tersebut dan memberikan pelindung atau tanda-tanda terhadap sumber bahaya tersebut.

Apabila seorang menyebutkan mengenai pelindung tubuh, kita cenderung hanya mengingat *safety shoes, safety helmet, safety glasses, ear plug*, sarung tangan, baju lengan panjang, alat bantu pernapasan dan lain-lain. Peralatan ini memang penting bagi para karyawan, tetapi yang tak kalah pentingnya adalah perlu adanya kepemimpinan dan usaha untuk membuat karyawan memakai alat pelindung tubuh tersebut setiap saat. Karenanya, apabila memungkinkan perlindungan pada sumber kecelakaan merupakan cara yang terbaik yang disarankan.

Pengawas dan ahli keselamatan harus mempertimbangkan setiap keadaan kerja untuk menentukan metode perlindungan karyawan yang paling praktis. Pendistribusian alat-alat pelindung diri yang paling tepat dilakukan dengan cara terpusat pada satu tempat. Pada tempat pengeluaran alat keselamatan, disediakan pula sarana untuk mengukur dan melatih cara penggunaan yang tepat, cara memperbaiki alat-alat yang rusak, sterilisasi dan penggantian barang-barang, sehingga mengurangi biaya pengadaan alat-alat pelindung diri tersebut.

8) Dukungan terhadap saran-saran keselamatan karyawan

Karyawan perusahaan adalah sumber informasi. Para karyawan sering kali mampu melihat cara-cara untuk meningkatkan program keselamatan dan efisiensi dari cara kerja mereka. Sayangnya suatu keadaan berbahaya baru disadari setelah terjadi kecelakaan atau keadaan yang merugikan. Kemungkinan karena adanya hal ini lalu mereka mempelajari keadaan kerja pada bagian lain.

Metode untuk mendapatkan saran-saran dari mereka adalah penting. Banyak sekali saran-saran tentang keselamatan yang dilaksanakan oleh pengawas tingkat lini dengan cara-cara yang informal. Namun begitu beberapa saran tidak lantas dengan sendirinya melahirkan tindakan, karena pengawas belum tentu memiliki peralatan atau kekuasaan untuk bertindak.

#### 9) Investigasi kecelakaan

Investigasi kecelakaan penting artinya terhadap pencegahan kecelakaan secara keseluruhan. Fakta yang ada tentang sebab kecelakaan dapat terjadi, yang mengakibatkan kerusakan barang maupun cedera pada manusia, adalah bukti yang nyata bahwa keadaan yang berbahaya itu ada. Sering kali penyebab-penyebab yang sebenarnya dari suatu kecelakaan menjadi hilang atau kabur, hanya karena yang melakukan investigasi kurang terampil dalam melaksanakan prosedur yang tepat. Orang yang bertanggung jawab terhadap karyawan yang cedera atau barang yang rusak harus membuat investigasi dan laporan pendahuluan. Dia harus dibantu oleh *staf engineer* atau para spesialis yang lain yang mungkin bisa mengubah beberapa hal demi tercapainya penyelesaian yang efektif dari investigasi itu.

Untuk investigasi terhadap kecelakaan-kecelakaan yang menyebabkan cedera atau kerusakan alat yang berat sering kali terasa sangat membantu jika penyelidikan itu dilakukan oleh suatu komite manajemen. Komite ini akan berfungsi dengan baik sekali jika dipimpin oleh kepala departemen dan anggotanya terdiri dari kepala bagian yang bertanggung jawab, staf ahli kesehatan, ahli hukum dan seorang sekretaris. Usahakan jumlah komite tidak terlalu besar. Komite ini juga harus memiliki kekuasaan (otoritas) untuk memanggil setiap karyawan, baik yang terlibat langsung dalam kecelakaan ataupun yang dinilai memiliki ketrampilan-ketrampilan khusus yang bisa menghasilkan suatu investigasi khusus yang lebih cermat dalam menentukan penyebab-penyebab dari kecelakaan yang masuk akal. Rekomendasi yang dibuat oleh komite

dibahas oleh level manajemen lebih atas dan tindakan pencegahan diambil untuk menghindari terjadinya pengulangan kecelakaan.

Informasi tentang pencegahan kecelakaan harus dikumpulkan dari semua kecelakaan yang pernah ada tanpa mempedulikan besar kecilnya bobot kerusakan atau cedera. Jika penyebab-penyebabnya memang sudah jelas diketahui, maka investigasi dilakukan secara singkat saja dan laporannya juga dibuat secara ringkas.

10) Laporan kecelakaan dan analisa statistik.

Agar investigasi kecelakaan memiliki arti, penemuan-penemuan yang ada dalam invesigasi tersebut harus dilaporkan kepada level manajemen yang tepat, sehingga tindakan-tindakan pencegahan yang benar dapat dilakukan.

11) Menempelkan gambar-gambar atau kalimat peringatan pada tempat-tempat yang berbahaya.

Kita membutuhkan peringatan-peringatan yang tetap untuk bekerja secara aman. Dalam dunia pencegahan kecelakaan, peringatan-peringatan ini bisa dalam bentuk poster-poster, buletin-buletin, berita, foto-foto, film, dan beberapa contoh yang lain juga berupa program radio dan televisi. *Safety meeting* merupakan media yang normal dilakukan untuk mengingatkan karyawan akan cara yang aman untuk melakukan pekerjaan dan pengetahuan tentang bahaya- bahaya umum dalam lingkungan kerja.

12) Memberikan penghargaan (*reward*) pada setiap karyawan yang perilakunya *safety*.

13) Membuat sejumlah peraturan di lingkungan pabrik.

Adapun sejumlah peraturan yang dapat mengurangi atau meminimalkan potensi bahaya diantaranya :

- Dilarang membawa senjata api/tajam dan sejenisnya yang tidak ada hubungannya dengan aktivitas pabrik.
- Dilarang membawa dan mengkonsumsi minuman keras / narkoba.
- Dilarang berjudi dan sejenisnya.

- Dilarang merokok di sembarang tempat kecuali ditempat yang telah ditentukan.
- Dilarang membuka/menutup katup (*valve*) di area produksi kecuali atas ijin dan kehadiran bagian operasi.
- Dilarang mencoret-coret peralatan pabrik.
- Selalu memakai alat pelindung diri minimum menurut peraturan seperti berikut:
  - a. Baju lengan panjang dan celana panjang.
  - b. Memakai sepatu keselamatan.
  - c. Memakai helm keselamatan.
  - d. Memakai kaca mata keselamatan yang bening
  - e. Memakai *badge* di bagian yang mudah kelihatan
- Untuk melakukan pekerjaan di dalam pabrik harus dilengkapi dengan surat ijin kerja (*Work Permit*) yang dikeluarkan oleh bagian operasi.
- Selalu mengkoordinasikan semua pekerjaan dengan supervisor bagian operasi.
- Mengenali alarm darurat dan mengikuti perintahnya sebagai berikut:
  - a. Alarm pertama : Anda diharuskan untuk bersiaga dan mengorganisir semua rekan kerja anda termasuk peralatan kerja, untuk kemudian bersiap meninggalkan tempat kerja.
  - b. Alarm kedua : Anda diharuskan meninggalkan tempat kerja menuju ketempat aman yang sudah ditentukan.
  - c. Alarm ketiga : Menyatakan keadaan aman dan anda boleh kembali ke tempat kerja.

## BAB X STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN

### X.1 Organisasi Perusahaan

Organisasi perusahaan berhubungan dengan keefektifan dalam peningkatan kemampuan perusahaan dalam memproduksi dan mendistribusikan produk yang telah dihasilkan. Dengan adanya pengaturan organisasi perusahaan yang teratur dan baik, maka akan tercipta sumber daya manusia yang baik pula.

Bentuk perusahaan yang direncanakan pada Perancangan *Pabrik Phenyl Ethyl Alcohol* ini adalah Perseroan Terbatas (PT). Perseroan terbatas merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan atau PT tersebut dan orang yang memiliki saham berarti telah menyetorkan modal keperusahaan, yang berarti pula ikut memiliki perusahaan. Dalam perseroan terbatas pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap-tiap saham. Pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* yang akan didirikan direncanakan mempunyai :

- Bentuk perusahaan : Perseroan terbatas (PT)
- Lapangan usaha : Industri *Phenyl Ethyl Alcohol*
- Lokasi Perusahaan : Cilacap
- Status Perusahaan : Swasta
- Kapasitas : 2000 ton/thn

Alasan pemilihan bentuk perusahaan ini adalah berdasarkan beberapa faktor, sebagai berikut :

1. Mudah untuk mendapatkan modal, yaitu dengan menjual saham perusahaan
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pemimpin perusahaan. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain (pemilik perusahaan adalah para pemegang saham dan pengurus perusahaan adalah direksi beserta staffnya yang diawasi oleh komisaris) sehingga kelangsungan hidup perusahaan

lebih terjamin, karena tidak terpengaruh oleh berhentinya pemegang saham, direksi beserta staffnya, atau karyawan perusahaan.

3. Efisiensi dari manajemen

Para pemegang saham duduk dalam dewan komisaris dapat memilih dewan direksi, diantaranya direktur utama yang cakap dan berpengalaman

4. Lapangan usaha lebih luas

Suatu PT dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini PT dapat memperluas perusahaannya.

5. Merupakan badan usaha yang memiliki kekayaan tersendiri yang terpisah dari kekayaan pribadi.

6. Mudah mendapatkan kredit dari bank dengan jaminan perusahaan yang ada.

7. Mudah bergerak di pasar modal

Ciri-ciri Perseroan Terbatas (PT) yaitu Perseroan Terbatas didirikan dengan akta notaris berdasarkan Kitab Undang-Undang Hukum Dagang, besarnya modal ditentukan dalam akta pendirian dan terdiri dari saham-saham yang dipegang oleh pemiliknya. Pembinaan personalianya sepenuhnya diserahkan kepada direksi dengan memperhatikan hukum-hukum perburuhan.

## X.2 Struktur Organisasi

Berdirinya sebuah perusahaan tentu saja memiliki struktur atau organisasi perusahaan yang baik dan sesuai dengan mekanisme manajemen yang berlaku agar memiliki sebuah pembagian tugas maupun wewenang yang baik didalam menjalankan sebuah perusahaan. Salah satu faktor yang menunjang kemajuan perusahaan yaitu struktur organisasi yang terdapat dan dipergunakan oleh perusahaan tersebut. Untuk mendapatkan suatu sistem yang terbaik, maka perlu diperhatikan beberapa pedoman antara lain :

1. Perumusan tujuan perusahaan dengan jelas
2. Pendelegasian wewenang
3. Pembagian tugas kerja yang jelas
4. Kesatuan perintah dan tanggung jawab

5. Sistem pengontrol atas pekerjaan yang telah dilaksanakan
6. Organisasi perusahaan yang fleksibel

Dengan berpedoman terhadap azas-azas tersebut, maka diperlukan struktur organisasi yang baik yaitu sistem *Line and Staff*. Keunggulan dari sistem ini yakni garis kekuasaan lebih sederhana dan praktis. Selain itu kebaikan dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional adalah seorang karyawan hanya akan bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri dari orang-orang ahli dibidangnya. Staff ahli akan memberi bantuan pemikiran dan nasehat kepada tingkat pengawas, demi tercapainya tujuan perusahaan.

Ada 2 orang kelompok yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi garis dan staff, yaitu :

1. Sebagai garis atau *line* yaitu orang-orang yang melakukan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
2. Sebagai staff yaitu orang-orang yang melakukan tugas sesuai dengan keahliannya dalam hal ini berfungsi untuk memberi saran-saran kepada unit operasional.

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan, dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh seorang Dewan Komisaris, sedangkan tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum.

Sementara Direktur Teknik dan Produksi membawahi bidang produksi, pengendalian, utilitas dan pemeliharaan. Sedangkan Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum membawahi bidang pembelian dan pemasaran, administrasi, keuangan dan umum, serta penelitian dan pengembangan. Direktur ini membawahi beberapa kepala bagian yang bertanggung jawab atas bawahannya sebagai bagian dari pendelegasian wewenang dan tanggung jawab.

Masing-masing kepala bagian akan membawahi beberapa seksi yang dikepalai oleh kepala seksi dan masing-masing seksi akan membawahi dan mengawasi para

karyawan perusahaan pada masing-masing bidangnya. Karyawan perusahaan akan dibagi dalam beberapa kelompok regu yang dipimpin oleh masing-masing kepala regu, dimana kepala regu akan bertanggung jawab kepada pengawas pada masing-masing seksi. Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri dari orang-orang yang ahli di bidangnya. Staf ahli akan memberikan bantuan pemikiran dan nasehat kepada tingkat pengawas, demi tercapainya tujuan perusahaan.

Dalam rangka menjalankan suatu proses pabrik dengan baik dalam hal ini di suatu perusahaan, diperlukan suatu manajemen atau organisasi yang memiliki pembagian tugas dan wewenang yang baik. Struktur organisasi dari suatu perusahaan dapat bermacam-macam sesuai dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan.

Manfaat adanya struktur organisasi sebagai berikut :

- Menjelaskan dan menjernihkan persoalan mengenai pembatasan tugas, tanggung jawab, wewenang dan lain-lain
- Sebagai bahan orientasi untuk pejabat
- Penempatan pegawai yang lebih tepat
- Penyusunan program pengembangan manajemen
- Mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar

### **X.3 Tugas dan Wewenang**

#### **X.3.1 Pemegang Saham**

Pemegang Saham merupakan beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk PT (Perseroan Terbatas) adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS).

Pada RUPS tersebut para pemegang saham berwenang :

- a) Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris
- b) Mengangkat dan memberhentikan Direktur

- c) Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

### **X.3.2 Dewan Komisaris**

Dewan Komisaris merupakan pelaksana tugas sehari-hari dari pemilik saham, sehingga Dewan Komisaris akan bertanggung jawab kepada pemilik saham.

Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi :

- a) Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijakan umum, target perusahaan, alokasi sumber-sumber dana dan pengarahan pemasaran.
- b) Mengawasi tugas-tugas direksi
- c) Membantu direksi dalam tugas-tugas penting

### **X.3.3 Direktur**

Direktur Utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya terhadap maju mundurnya perusahaan. Direktur Utama bertanggung jawab terhadap Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Produksi, Direktur Keuangan dan Umum.

Tugas-tugas Direktur Utama meliputi:

- a) Melaksanakan *policy* dan mempertanggungjawabkan pekerjaan pada pemegang saham pada akhir jabatan
- b) Menjaga stabilitas organisasi perusahaan dan membuat kontinuitas hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen dan karyawan .
- c) Mengangkat dan memberhentikan Kepala Bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.
- d) Mengkoordinir kerja sama dengan Direktur Produksi dan Direktur Keuangan dan Umum.

Sementara tugas-tugas Direktur Produksi meliputi :

- a) Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang produksi, teknik dan pemasaran.

- b) Mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerja kepada kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

#### **X.3.4 Staff Ahli**

*Staff Ahli* terdiri dari tenaga-tenaga ahli yang bertugas membantu Direktur dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. *Staff Ahli* bertanggung jawab kepada Direktur Utama sesuai dengan bidang keahlian masing-masing.

Tugas dan wewenang *Staff Ahli* :

- a) Memberi nasehat dan saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan
- b) Mengadakan evaluasi bidang teknik dan ekonomi perusahaan
- c) Memberikan saran-saran dalam bidang hukum

#### **X.3.5 Penelitian dan Pengembangan (R & D)**

Penelitian dan Pengembangan terdiri dari ahli-ahli atau sarjana-sarjana sebagai pembantu direksi dan bertanggung jawab kepada direksi.

Litbang membawahi dua departemen diantaranya :

- a) Departemen Penelitian
- b) Departemen Pengembangan

Tugas dan wewenang Litbang :

- a) Mempertinggi mutu suatu produk
- b) Memperbaiki proses dari pabrik / perencanaan alat untuk pengembangan produksi
- c) Mempertinggi efisiensi kerja

#### **X.3.6 Kepala Bagian**

- 1) Kepala Bagian Produksi

Bertanggung jawab kepada Direktur Teknik dan Produksi dalam bidang mutu dan kelancaran produksi. Kepala Bagian Produksi membawahi:

- a. Seksi Proses

Tugas Seksi Proses meliputi :

- Menjalankan tindakan seperlunya pada peralatan produksi yang mengalami kerusakan, sebelum diperbaiki oleh seksi yang berwenang.
  - Mengawasi jalannya proses produksi.
- b. Seksi Pengendalian
- Tugas Seksi Pengendalian meliputi:
- Menangani hal-hal yang dapat mengancam keselamatan pekerja dan mengurangi potensi bahaya yang ada.
- c. Seksi Laboratorium
- Tugas Seksi Laboratorium meliputi:
- Mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku dan bahan pembantu
  - Mengawasi dan menganalisa produk
  - Menjaga kualitas buangan pabrik
- 2) Kepala Bagian Teknik
- Tugas Kepala bagian Teknik meliputi:
- Tugas kepala bagian teknik adalah bertanggung jawab kepada direktur teknik dan produksi dalam bidang utilitas dan pemeliharaan.
  - Mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya.
- Kepala Bagian Teknik membawahi:
- a. Seksi Pemeliharaan
- Tugas Seksi Pemeliharaan antara lain:
- Melaksanakan pemeliharaan fasilitas gedung dan peralatan pada pabrik
  - Memperbaiki kerusakan peralatan pabrik
- b. Seksi Utilitas
- Tugas Seksi Utilitas adalah melaksanakan dan mengatur sarana utilitas memenuhi kebutuhan proses, air, *steam*, dan tenaga listrik.
- 3) Kepala Bagian Pembelian dan Pemasaran
- Tugas kepala bagian pembelian dan pemasaran antara lain adalah bertanggung jawab kepada direktur administrasi, keuangan dan umum

dalam bidang pengadaan bahan baku dan pemasaran hasil produksi. Mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya.

Kepala bagian pembelian dan pemasaran membawahi:

a. Seksi Pembelian

Tugas Seksi Pembelian antara lain:

- Melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan perusahaan.
- Mengetahui harga pemasaran dan mutu bahan baku serta mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gudang.

b. Seksi Pemasaran

Tugas Seksi Pemasaran antara lain:

- Merencanakan strategi penjualan hasil produksi.
- Mengatur distribusi barang dari gudang.

4) Kepala Bagian Administrasi, Keuangan dan Umum

Tugas kepala bagian administrasi, keuangan dan umum antara lain adalah bertanggung jawab kepada direktur administrasi, keuangan dan umum dalam bidang administrasi dan keuangan, personalia dan humas, serta keamanan. Mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya.

Kepala bagian administrasi, keuangan dan umum membawahi:

a. Seksi Administrasi dan Keuangan

Tugas Seksi Administrasi dan Keuangan adalah menyelenggarakan pencatatan hutang piutang, administrasi persediaan kantor dan pembukuan serta masalah pajak.

b. Seksi Personalia

Tugas Seksi Personalia antara lain:

- Membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja yang sebaik mungkin antara pekerja dan pekerjaannya serta lingkungannya supaya tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya.
- Mengusahakan disiplin kerja yang tinggi dalam menciptakan kondisi kerja yang dinamis.

- Melaksanakan hal-hal yang berhubungan dengan kesejahteraan karyawan.
- c. Seksi Humas  
Tugas Seksi Humas adalah mengatur hubungan antara perusahaan dengan masyarakat di luar lingkungan perusahaan.
- d. Seksi Keamanan  
Tugas Seksi Keamanan antara lain:
  - Menjaga dan memelihara kerahasiaan yang berhubungan dengan intern perusahaan.
  - Menjaga semua bangunan pabrik dan fasilitas yang ada di perusahaan.
  - Mengawasi keluar masuknya orang-orang baik karyawan maupun bukan ke dalam lingkungan perusahaan.

#### **X.4 Pembagian Jam Kerja**

Pabrik *Penyl Ethyl Alcohol* direncanakan beroperasi selama 330 hari dalam satu tahun dan proses produksi berlangsung 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan hari libur digunakan untuk perbaikan dan perawatan (*shut down*) pabrik. Sedangkan pembagian jam kerja karyawan digolongkan dalam dua golongan, yaitu :

##### **X.4.1 Karyawan *Non Shift* / Harian**

Karyawan *non shift* adalah para karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk karyawan harian adalah Direktur, Staf Ahli, Kepala Bagian, Kepala Seksi serta bawahan yang ada di kantor. Karyawan harian dalam satu minggu akan bekerja selama 6 hari dengan pembagian jam kerja sebagai berikut :

Jam kerja :

- a. Hari Senin – Jum’at : Pukul 08.00 – 16.00
- b. Hari Sabtu : Pukul 08.00 – 16.00

Jam istirahat :

- a. Hari Senin – Kamis : Pukul 12.00 – 13.00

- b. Hari Jum'at : Pukul 11.30 – 13.00

#### X.4.2 Karyawan *Shift*

Karyawan *shift* adalah karyawan yang secara langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi. Yang termasuk karyawan *shift* antara lain : operator produksi, sebagian dari bagian teknik, bagian gudang, dan bagian-bagian keamanan. Para karyawan *shift* akan bekerja bergantian sehari semalam, dengan pengaturan sebagai berikut :

1. Karyawan Operasi
  - a. *Shift* pagi : Pukul 08.00 – 16.00
  - b. *Shift* siang : Pukul 16.00 – 24.00
  - c. *Shift* malam : Pukul 24.00 – 08.00
2. Karyawan Keamanan (*Security*)
  - a. *Shift* pagi : Pukul 07.00 – 15.00
  - b. *Shift* siang : Pukul 15.00 – 23.00
  - c. *Shift* malam : Pukul 23.00 – 07.00

Karyawan *shift* ini dibagi dalam 4 regu dimana 3 regu bekerja dan 1 regu istirahat, dan dilaksanakan secara bergantian. Tiap regu akan mendapatkan giliran 6 hari kerja dan 1 hari libur dan masuk lagi untuk *shift* berikutnya. Untuk hari libur atau hari besar nasional, maka regu yang masuk tetap masuk. Jadwal kerja masing-masing regu dapat dilihat pada tabel X.1 berikut ini :

Tabel X.1 Jadwal Kerja Karyawan Masing-Masing Regu

Hari Regu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	P	P	S	S	M	M	L	P	P	S	S	M	M	L
2	S	S	M	M	P	L	P	S	S	M	M	L	P	P
3	M	M	L	P	P	S	S	L	S	S	M	S	P	S
4	L	S	P	L	S	P	M	M	M	P	P	P	S	M

Keterangan :

P = *Shift* pagi

- S = *Shift* siang  
M = *Shift* malam  
L = Libur

Kelancaran produksi dari suatu pabrik sangat dipengaruhi oleh faktor kedisiplinan karyawannya. Untuk itu kepada seluruh karyawan diberlakukan absensi dan masalah absensi ini digunakan pimpinan perusahaan sebagai dasar dalam mengembangkan karier para karyawan dalam perusahaan. Terdapat 3 jenis karyawan diantaranya:

1. Karyawan Tetap

Karyawan tetap adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai kedudukan, keahlian dan masa kerja.

2. Karyawan Harian

Karyawan harian adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan direksi tanpa surat keputusan (SK) direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

3. Karyawan Borongan

Karyawan harian adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan direksi tanpa surat keputusan (SK) direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

## X.5 Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji

### X.5.1 Penggolongan Jabatan

Tabel X.2 Penggolongan Jabatan Dalam Suatu Perusahaan

No	Jabatan	Keterangan
1	Direktur Utama	Sarjana
2	Direktur Produksi	Sarjana Teknik
3	Direktur Keuangan dan Umum	Sarjana Ekonomi
4	Kepala Bagian R & D	Sarjana Teknik Kimia
5	Kepala Bagian Produksi	Sarjana Teknik Kimia

No	Jabatan	Keterangan
6	Kepala Bagian Teknik	Sarjana Teknik Kimia/Elekto
7	Kepala Bagian Pemasaran	Sarjana Teknik Kimia/Ekonomi
8	Kepala Bagian Kesehatan	Sarjana Kedokteran
9	Kepala Bagian Keuangan	Sarjana Ekonomi
10	Kepala Bagian Umum	Sarjana Hukum
11	Kepala Seksi	Sarjana
12	Operator	SLTA/SMU/STM/SMK
13	Sekretaris	Akademi Sekretaris
14	Medis	Sarjana Kedokteran
15	Paramedis	Akademi Perawat
16	Lain-Lain	SLTA/Sederajat

#### X.5.2 Jumlah Karyawan dan Gaji

Jumlah karyawan harus ditentukan dengan tepat, sehingga semua pekerjaan yang ada dapat diselenggarakan dengan baik dan efektif. Perincian jumlah karyawan, golongan serta gaji dapat dilihat pada Tabel X.3. berikut :

Tabel X.3 Jumlah Karyawan Sesuai dengan Jabatan dan Gaji

No	Jabatan	Jumlah	Gaji perbulan (Rp/Orang)	Jumlah Gaji (Rupiah)
1	Direktur Utama	1	Rp 32.000.000	Rp 1.500.000
2	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp 27.000.000	Rp 27.000.000
3	Direktur Keuangan dan Umum	1	Rp 27.000.000	Rp 27.000.000
4	Staf Ahli	3	Rp 9.000.000	Rp 27.000.000
5	Kepala Bagian Produksi	1	Rp 7.000.000	Rp 7.000.000
6	Kepala Bagian Umum	1	Rp 7.000.000	Rp 7.000.000
7	Kepala Bagian Pemasaran	1	Rp 7.000.000	Rp 7.000.000
8	Kepala Bagian Keuangan	1	Rp 7.000.000	Rp 7.000.000

No	Jabatan	Jumlah	Gaji perbulan (Rp/Orang)	Jumlah Gaji (Rupiah)
9	Kepala Bagian Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan	1	Rp 7.000.000	Rp 7.000.000
10	Kepala Bagian Teknik	1	Rp 7.000.000	Rp 7.000.000
11	Kepala Bagian R & D	1	Rp 7.000.000	Rp 7.000.000
12	Seksi Litbang	1	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
13	Seksi Proses	1	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
14	Seksi Pengendalian	1	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
15	Seksi Laboratorium	1	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
16	Seksi Pemeliharaan	1	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
17	Seksi Utilitas	1	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
18	Seksi Pembelian	1	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
19	Seksi Pemasaran	1	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
20	Seksi Administrasi	1	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
21	Seksi Keuangan	1	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
22	Seksi K3	1	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
23	Seksi Pengolahan Limbah	1	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
24	Karyawan Keamanan	3	Rp 3.500.000	Rp 10.500.000
25	Karyawan Humas	2	Rp 3.500.000	Rp 7.000.000
26	Karyawan Administrasi	2	Rp 3.500.000	Rp 7.000.000
27	Karyawan Keuangan	2	Rp 3.500.000	Rp 7.000.000
28	Karyawan Pembelian	2	Rp 3.500.000	Rp 7.000.000
29	Karyawan Pemasaran	2	Rp 3.500.000	Rp 7.000.000
30	Karyawan Utilitas	8	Rp 3.500.000	Rp 28.000.000
31	Karyawan K3	5	Rp 3.500.000	Rp 17.500.000
32	Karyawan Pemeliharaan	5	Rp 3.500.000	Rp 17.500.000
33	Karyawan Laboratorium	5	Rp 3.500.000	Rp 17.500.000
34	Karyawan Pengendalian	5	Rp 3.500.000	Rp 17.500.000

No	Jabatan	Jumlah	Gaji perbulan (Rp/Orang)	Jumlah Gaji (Rupiah)
35	Karyawan Proses	22	Rp 3.500.000	Rp 77.000.000
36	Karyawan R & D	4	Rp 3.500.000	Rp 14.000.000
37	Medis	2	Rp 3.500.000	Rp 7.000.000
38	Para Medis	2	Rp 2.500.000	Rp 5.000.000
39	Sopir	3	Rp 2.000.000	Rp 6.000.000
40	Satpam	4	Rp 1.700.000	Rp 6.800.000
41	<i>Cleaning Service</i>	4	Rp 1.700.000	Rp 6.800.000
<b>TOTAL</b>		107	Rp 260.900.000	Rp 488.100.000

### X.6 Kesejahteraan Sosial Karyawan

Kesejahteraan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan antara lain berupa :

#### 1. Tunjangan

- Tunjangan berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan bersangkutan.
- Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan.
- Tunjangan lembur yang diberikan pada karyawan yang bekerja diluar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.

#### 2. Pakaian Kerja

Pakaian kerja diberikan pada karyawan sejumlah 3 pasangan/tahun.

#### 3. Cuti

- Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam 1 tahun.
- Cuti sakit diberikan pada karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter.

#### 4. Pengobatan

- Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang diakibatkan oleh kecelakaan kerja ditanggung perusahaan sesuai dengan undang-undang yang berlaku.
- Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang tidak diakibatkan oleh kecelakaan kerja diatur berdasarkan kebijaksanaan perusahaan.

#### 5. BPJS Ketenagakerjaan

BPJS Ketenagakerjaan meliputi Jaminan Kecelakaan Kerja (JKK), Jaminan Kematian (JK), Jaminan Hari Tua (JHT), dan Jaminan Pensiun (JP) yang akan diberikan oleh perusahaan kepada karyawan.

### **X.7 Manajemen Perusahaan**

Manajemen produksi merupakan salah satu bagian dari manajemen perusahaan yang fungsi utamanya adalah menyelenggarakan semua kegiatan untuk memproses bahan baku menjadi produk dengan mengatur penggunaan faktor-faktor produksi sehingga proses produksi berjalan sesuai dengan yang direncanakan.

Manajemen produksi meliputi manajemen perencanaan dan pengendalian produksi. Tujuan perencanaan dan pengendalian produksi adalah mengusahakan agar diperoleh kualitas produk sesuai dengan rencana dan dalam jangka waktu yang tepat. Dengan meningkatnya kegiatan produksi maka harus diikuti dengan kegiatan perencanaan dan pengendalian agar dapat dihindari terjadinya penyimpangan-penyimpangan yang tidak terkendali.

Perencanaan ini sangat erat kaitannya dengan pengendalian dimana perencanaan merupakan tolak ukur bagi kegiatan operasional sehingga penyimpangan yang terjadi dapat diketahui dan selanjutnya dikendalikan ke arah yang sesuai.

### X.7.1 Perencanaan Produksi

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu dipertimbangkan yaitu faktor eksternal dan internal. Yang dimaksud faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedangkan faktor internal adalah kemampuan pabrik dalam menghasilkan produk.

#### 1. Kemampuan Pasar

Dapat dibagi menjadi 2 kemungkinan :

- 1) Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
- 2) Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik. Oleh karena itu perlu dicari alternatif untuk menyusun rencana produk, misalnya :
  - Dengan mempertimbangkan untung dan rugi, rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai dengan kemampuan pasar.
  - Rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan tahun berikutnya.
  - Mencari dan memperluas daerah pemasaran lain (ekspansi).

#### 2. Kemampuan Pabrik

Pada umumnya kemampuan pabrik ditentukan oleh beberapa faktor antara lain :

##### 1. Bahan Baku (*raw material*)

Dengan pemakaian yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka target produksi yang diinginkan dapat tercapai.

##### 2. Manusia (tenaga kerja)

Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan atau training pada karyawan agar ketrampilan meningkat.

##### 3. Mesin (peralatan)

Ada dua hal yang mempengaruhi kehandalan dan kemampuan peralatan, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja mesin

efektif adalah kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu. Kemampuan mesin disini berarti kemampuan suatu alat dalam proses produksi.

### **X.7.2 Pengendalian Produksi**

Setelah perencanaan produksi dijalankan perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan dengan lancar. Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang mutunya sesuai dengan standar, dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana, serta waktu yang tepat sesuai jadwal. Untuk itu perlu dilaksanakan pengendalian produksi sebagai berikut :

1. Pengendalian Kualitas

Penyimpangan kualitas terjadi karena mutu bahan baku jelek, kesalahan operasi dan kerusakan alat. Penyimpangan dapat diketahui dari hasil monitor atau analisa pada bagian laboratorium pemeriksaan.

2. Pengendalian Kuantitas

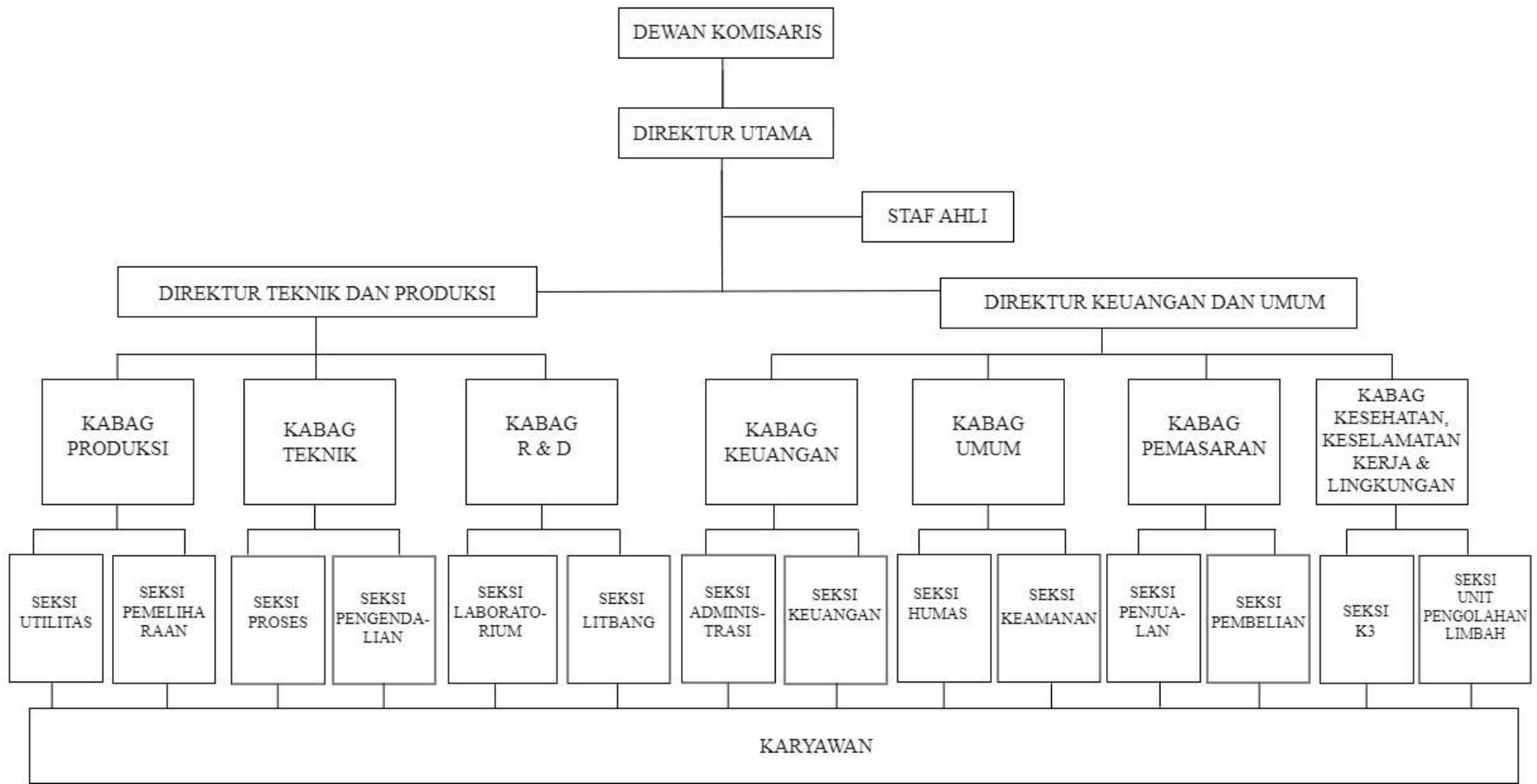
Penyimpangan kuantitas terjadi karena kesalahan operator, kerusakan mesin, keterlambatan pengadaan bahan baku, perbaikan alat terlalu lama dan lain-lain. Penyimpangan tersebut perlu diidentifikasi penyebabnya dan diadakan evaluasi. Selanjutnya diadakan perencanaan kembali sesuai dengan kondisi yang ada.

3. Pengendalian Waktu

Untuk mencapai kuantitas tertentu perlu adanya waktu tertentu pula. Sehingga pengendalian waktu dalam arti penjadwalan operasi berdasarkan pendisiplinan waktu sangat penting, agar proses operasi berlangsung baik.

4. Pengendalian bahan proses

Bila ingin dicapai kapasitas produksi yang diinginkan, maka bahan untuk proses harus mencukupi. Karenanya diperlukan pengendalian bahan proses agar tidak terjadi kekurangan.



Gambar X.1 Struktur Organisasi Perusahaan



## BAB XI EVALUASI EKONOMI

Tujuan analisis ekonomi yaitu untuk menentukan kelayakan berdirinya pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol*. Dalam analisis ekonomi ini, perhitungan meliputi harga peralatan, harga bahan, harga jual produk, jumlah tenaga kerja, dan besaran gaji. Dilihat dari sudut ekonomi, pabrik dianggap sehat jika dapat memenuhi kewajiban keuangan internal dan eksternal serta menghasilkan keuntungan yang memadai bagi perusahaan dan pemiliknya. Kewajiban finansial dalam ini mencakup berbagai biaya operasional seperti bahan baku, bahan pendukung peralatan, gaji karyawan, dan piutang dagang. Sementara itu, kewajiban finansial keluar terutama berupa pembayaran pinjaman bank beserta bunganya.

Dalam menganalisa kelayakan pabrik untuk didirikan dapat dilakukan dengan cara mengevaluasi ekonomi yang meliputi beberapa faktor yang dapat ditinjau, antara lain:

- a. *Percent Return on Investment* (ROI)
- b. *Pay Out Time* (POT)
- c. *Break Even Point* (BEP)
- d. *Shut Down Point* (SDP)
- e. *Discount Cash Flow Rate* (DCFR)

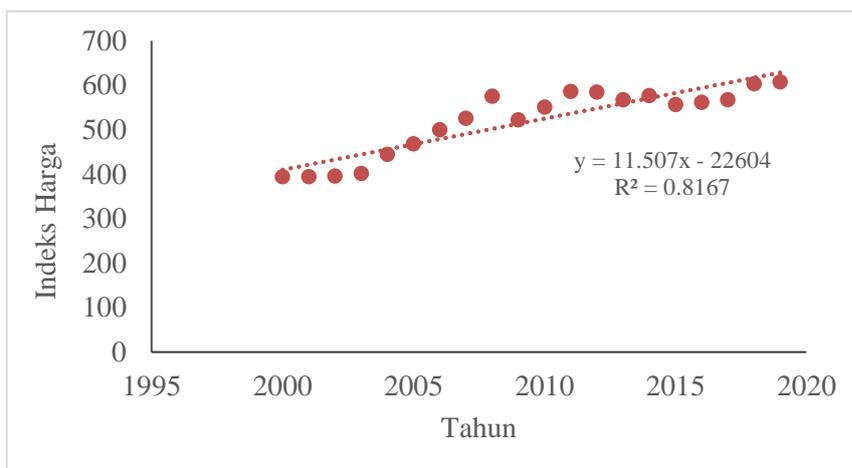
### XI.I Dasar Perhitungan

Direncanakan pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* berdiri pada tahun 2027 dengan asumsi masa konstruksi selama 2 tahun. Harga alat-alat dapat berubah setiap tahunnya tergantung pada perubahan kondisi ekonomi. Untuk memperkirakan harga alat, diperlukan indeks yang dapat digunakan untuk mengkonversikan harga alat pada masa yang lalu sehingga diperoleh harga alat pada saat sekarang berdasarkan literatur menggunakan “*Chemical Engineering Plant Cost Index*”. Di bawah ini adalah data *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI) untuk tahun 2000-2019.

Tabel XI.1 Data indeks harga tahun 2000-2019

No	Tahun	Indeks Harga
1	2000	394,1
2	2001	394,3
3	2002	395,6
4	2003	401,7
5	2004	444,2
6	2005	468,2
7	2006	499,6
8	2007	525,4
9	2008	575,4
10	2009	521,9
11	2010	550,8
12	2011	585,7
13	2012	584,6
14	2013	567,3
15	2014	576,3
16	2015	556,8
17	2016	561,7
18	2017	567,5
19	2018	603,1
20	2019	607,5

(Sumber : [www.matche.com](http://www.matche.com))



Gambar XI.2 Grafik indeks harga terhadap perubahan tahun

Berdasarkan grafik yang ditunjukkan pada Gambar XI.1 di atas, didapatkan hubungan regresi linier antara tahun dan indeks harga dari data tahun 2000 sampai tahun 2019. Dengan menggunakan regresi linear diperoleh persamaan garis :

$$y = 11,507 x - 22604$$

Dimana : y : indeks harga

x : tahun

Tahun Indeks

2025 697,67

2014 571,10

sementara untuk perhitungan alat pada tahun pabrik dibangun diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny}$$

(Aries & Newton,1955)

Keterangan :

Ex : harga alat pada tahun pembelian

Ey : harga alat pada tahun referensi

Nx : indeks harga untuk tahun pembelian

Ny : indeks alat pada tahun referensi

A. Alat Proses

Tabel XI.2 Harga alat proses

No	Kode	Nama Alat	Jumlah	Harga 2014	Harga 2025	Total Harga
			(Unit)	\$	\$	\$
1	TP-01	Tempat Penyimpanan	1	60.300.000	73.664.769	73.664.769
2	TP-02	Tempat Penyimpanan	1	35.300.000	43.123.820	43.123.820
3	TP-03	Tempat Penyimpanan	1	35.300.000	43.123.820	43.123.820
4	TP-04	Tempat Penyimpanan	1	51.500.000	62.914.355	62.914.355
5	F-01	Gudang	1	1.900.000	2.321.112	2.321.112
6	M-01	<i>Mixer</i>	2	4.000.000	4.886,552	9.773.104
7	R-01	Reaktor	2	80.100.000	97.853.201	195.706.402
8	RDF-01	Rotary Drum Filter	2	20.400.000	24.921.415	49.842.829
9	DK-01	Dekanter	2	16.614.000	20.296.293	40.592.586
10	EV-01	Evaporator	2	8.900.000	10.872.578	21.745.156
11	CL-01	<i>Cooler</i>	2	5.000.000	6.108.190	12.216.380
12	CL-02	<i>Cooler</i>	2	5.000.000	6.108.190	12.216.380
13	CL-03	<i>Cooler</i>	2	5.000.000	6.108.190	12.216.380

No	Kode	Nama Alat	Jumlah	Harga 2014	Harga 2025	Total Harga
			(Unit)	\$	\$	\$
14	CL-04	Cooler	2	5.000.000	6.108.190	12.216.380
15	HE-01	Heat Exchanger	2	4.000.000	4.886.552	9.773.104
16	PP-01	Pompa Proses	2	3.800.000	4.642.224	9.284.449
17	PP-02	Pompa Proses	2	3.800.000	4.642.224	9.284.449
18	PP-03	Pompa Proses	2	3.800.000	4.642.224	9.284.449
19	PP-04	Pompa Proses	2	3.800.000	4.642.224	9.284.449
20	PP-05	Pompa Proses	2	3.800.000	4.642.224	9.284.449
21	PP-06	Pompa Proses	2	3.800.000	4.642.224	9.284.449
22	PP-07	Pompa Proses	2	3.800.000	4.642.224	9.284.449
23	PP-08	Pompa Proses	2	3.800.000	4.642.224	9.284.449
24	PP-09	Pompa Proses	2	3.800.000	4.642.224	9.284.449
25	PP-10	Pompa Proses	2	3.800.000	4.642.224	9.284.449
26	PP-	Pompa	2	3.800.000	4.642.224	9.284.449

No	Kode	Nama Alat	Jumlah	Harga 2014	Harga 2025	Total Harga
			(Unit)	\$	\$	\$
	11	Proses				
27	PP-12	Pompa Proses	2	3.800.000	4.642.224	9.284.449
28	BC-01	Belt Conveyor	2	8.150.000	9.956.349	19.912.699
<b>Total</b>			<b>51</b>	<b>392.064.000</b>	<b>478.960.268</b>	<b>732.772.659</b>

B. Alat Utilitas

Tabel XI.3 Harga alat utilitas

No	Kode	Nama Alat	Jumlah	Harga 2023	Harga 2025	Total Harga
			(Unit)	\$	\$	\$
1	L-111	Pompa Raw Water	2	3.800.000	4.642.224	9.284.449
2	H-110	Bak Pengendap	1	16.562.000	20.232.768	20.232.768
3	L-112	Pompa Clarifier	2	3.800.000	4.642.224	9.284.449
4	H-120	Clarifier	1	28.416.540	34.714.724	34.714.724
5	F-121	Reservoir	2	2.800.000	3.420.586	6.841.173
6	L-122	Pompa Sand Filter	2	3.800.000	4.642.224	9.284.449

No	Kode	Nama Alat	Jumlah	Harga 2023	Harga 2025	Total Harga
			(Unit)	\$	\$	\$
7	H-130	<i>Sand Filter</i>	1	26.235.000	32.049.672	32.049.672
8	L-132	Pompa Reservoir	2	3.800.000	4.642.224	9.284.449
9	F-133	Bak Air Sanitasi	1	6.855.000	8.374.328	8.374.328
10	L-134	Pompa Distribusi	2	3.800.000	4.642.224	9.284.449
11	L-135	Pompa <i>Kation Exchanger</i>	2	3.800.000	4.642.224	9.284.449
12	D-140	<i>Kation Exchanger</i>	1	13.013.000	15.897.175	15.897.175
13	L-141	Pompa <i>Anion Exchanger</i>	2	3.800.000	4.642.224	9.284.449
14	D-150	<i>Anion Exchanger</i>	1	13.013.000	15.897.175	15.897.175
15	F-151	Bak Penampung	1	6.855.000	8.374.328	8.374.328
16	L-152	Pompa Air Softening Water	2	3.800.000	4.642.224	9.284.449
17	F-171	Bak Steam Condensate	1	6.855.000	8.374.328	8.374.328

No	Kode	Nama Alat	Jumlah	Harga 2023	Harga 2025	Total Harga
			(Unit)	\$	\$	\$
18	H-160	Deerator	1	5.712.000	6.977.996	6.977.996
19	L-172	Pompa Steam Condensate	2	3.800.000	4.642.224	9.284.449
20	L-153	Pompa Air Pendingin	2	3.800.000	4.642.224	9.284.449
21	L-154	Pompa Sirkulasi Air Pendingin	2	3.800.000	4.642.224	9.284.449
22	F-182	Bak Sirkulasi	1	6.855.000	8.374.328	8.374.328
23	P-180	Cooling Tower	1	10.959.960	13.389.103	13.389.103
24	G-181	Blower	1	27.600.000	33.717.208	33.717.208
25	L-183	Pompa Air Pendingin	1	3.800.000	4.642.224	4.642.224
26	L-156	Pompa Air Pendingin	1	3.800.000	4.642.224	4.642.224
27	E-170	Boiler	2	5.000.000	6.108.190	12.216.380
28	P-190	Generator	2	1.380.000	1.685.860	3.371.721
29	F-182	Bak Penampung	1	17.102.360	20.892.892	20.892.892

No	Kode	Nama Alat	Jumlah	Harga 2023	Harga 2025	Total Harga
			(Unit)	\$	\$	\$
		Limbah				
30	F-183	Bak Pengendap Limbah	1	17.102.360	20.892.892	20.892.892
31	F-184	Bak Aerasi	1	17.102.360	20.892.892	20.892.892
32	F-181	Tangki Bahan Bakar	1	26.617.050	32.516.399	32.516.399
<b>Total</b>			<b>46</b>	<b>305.546.630</b>	<b>373.131.762</b>	<b>435.410.866</b>

## XI.2 Perhitungan Biaya

### 1. *Capital Investment*

*Capital Investment* adalah banyaknya pengeluaran-pengeluaran yang diperlukan untuk fasilitas-fasilitas produksi dan untuk menjalankannya.

*Capital Investment* terdiri dari 2 jenis diantaranya;

#### a. *Fixed Capital Investment* (Modal Tetap)

Modal investasi tetap adalah modal yang diperlukan untuk menyediakan segala peralatan dan fasilitas manufaktur pabrik.

#### b. *Working Capital Investment* (Modal Kerja)

Modal kerja adalah modal yang diperlukan untuk memulai usaha sampai mampu menarik keuntungan dari hasil penjualan dan memutar keuangannya. Jangka waktu pengadaan biasanya antara 1-4 bulan, tergantung pada cepat atau lambatnya hasil produksi yang diterima.

## 2. *Manufacturing Cost* (Biaya Produksi)

*Manufacturing Cost* adalah sejumlah biaya atau modal yang dibutuhkan untuk proses produksi agar menghasilkan barang atau produk. *Manufacturing Cost* terdiri dari 3 jenis yaitu ;

### a. *Direct Manufacturing Cost* (DMC)

*Direct Manufacturing Cost* adalah pengeluaran yang bersangkutan khusus dalam pembuatan produk, termasuk di dalamnya yaitu: *raw material, labor cost, supervisor, maintenance, plant supplies, royalties and patens* dan utilitas.

### b. *Indirect Manufacturing Cost* (IMC)

*Indirect Manufacturing Cost* adalah pengeluaran sebagai akibat dan bukan langsung karena operasi pabrik, termasuk di dalamnya yaitu: *payrol overhead, laboratorium, plant overhead, packaging, dan shipping*.

### c. *Fixed Manufacturing Cost* (FMC)

*Fixed Manufacturing Cost* adalah pengeluaran yang berkaitan dengan initial *fixed capital* dan harganya tetap, tidak bergantung pada waktu dan tingkat produksi, termasuk di dalamnya yaitu: *depresiasi, property tax, dan asuransi*.

## 3. *General Expense* (Pengeluaran Umum)

*General expense* (pengeluaran umum) merupakan pengeluaran-pengeluaran yang bersangkutan dengan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk dalam *manufacturing cost*.

## 4. Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan digunakan untuk melihat profitabilitas suatu pabrik. Jika profitabilitasnya tinggi maka pabrik potensial untuk dibangun. Untuk menganalisis apakah pabrik tersebut potensial untuk didirikan atau tidak maka dilakukan analisa atau evaluasi kelayakan. Analisa kelayakan terdiri dari 5 jenis diantaranya:

### a. *Percent Profit On Sales* (POS)

*Percent profit on sales* merupakan salah satu metode untuk menyatakan tingkat keuntungan/profit dari produk yang dijual.

b. *Percent Return On Investment (ROI)*

*Return of Investment* adalah perkiraan keuntungan yang dapat diperoleh setiap tahun, didasarkan pada kecepatan pengembalian modal tetap yang diinvestasikan. Analisa ini dilakukan untuk mengetahui laju pengembalian modal investasi total dalam pendirian pabrik. Kategori resiko pengembalian modal tersebut adalah:

- $ROI \leq 15\%$  = Resiko pengembalian modal rendah
- $15\% \leq ROI \leq 45\%$  = Resiko pengembalian modal rata-rata
- $ROI \geq 45\%$  = Resiko pengembalian modal tinggi

c. *Break Even Point (BEP)*

*Break Even Point* adalah titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. *Break Even Point* digunakan untuk menentukan tingkat berapa harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapat keuntungan.

d. *Shutdown Point (SDP)*

*Shut Down Point* adalah suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *variable cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan keuntungan).

e. *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR)*

*Discounted cash flow rate of return* adalah laju bunga maksimum dimana pabrik dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik. Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan DCFRR dibuat dengan mempertimbangkan nilai uang yang berubah dan didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik.

Asumsi yang dipakai dalam evaluasi ekonomi:

1. Umur alat : 10 tahun
2. Upah buruh asing : US 2,5 \$
3. Upah buruh domestik : Rp. 20.000/manhour
4. Komposisi jumlah buruh Asing : Domestik : 5% : 95%
5. Perbandingan manhour Asing : Domestik : 1 : 3
6. Waktu operasi dalam setahun : 330 hari : 7920 jam
7. Kurs Rupiah terhadap US Dollar bulan September 2024 : Rp. 15.150,00 /US\$

### XI.3 Perhitungan Modal dan Biaya

1. *Fixed Capital Investment* (FCI)

Tabel XI.4 Pembelian Alat (*Equipment Cost*)

Harga Pembelian Alat (EC)	%	Biaya (\$)
Harga Alat (EC)		732.772.659
Biaya Pengangkutan sampai ke pelabuhan (15% EC)	1%	109.915.899
Asuransi Pengangkutan (0,5-0,75% EC)	0,5%	36.639
Provisi Bank (0,02-0,05% EC)	0,2%	1.465.545
EMKL 'Ekspedisi Muatan Kapal Laut) (1% EC)	1%	7.327.727
Pajak Bea Masuk barang (20%)	20%	146.554.532
<b>Total</b>		<b>998.073.000</b>

Tabel XI.5 *Physical Plant Cost* (PPC)

<i>Physical Plant Cost</i> (PPC)	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
PEC	998.073,000	15.120.805.948.934
Instalasi	125.757,198	1.905.221.549.566
Pemipaan	366.791,827	5.556.896.186.223
Instrumentasi	242.531,739	3.674.355.845.591
Insulasi	79.845,840	1.209.664.475.915

<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>	<b>Biaya (\$)</b>	<b>Biaya (Rp)</b>
Listrik	99.807,300	1.512.080.594.893
Tanah dan Bangunan	131.049,505	1.958.400.000.000
Utilitas	1.014.293,206	15.366.542.067.878
<b>Total</b>	<b>3.058.149,615</b>	<b>46.330.966.669.009</b>

Tabel XI.6 *Fixed Capital Investment (FCI)*

<i>Fixed Capital Cost (FCI)</i>	<b>Biaya (\$)</b>	<b>Biaya (Rp)</b>
<i>Direct Plant Cost (DPC)</i>	3.669.779,538	55.597.160.002,810
Contractor's Fee	366.977,954	5.559.716.000,281
Contingency	91.744,488	1.389.929.000,070
Environmental Cost	109.915,899	1.665.225.867,141
Plant Start Up	69.865,110	1.058.456.416,425
<b>Total</b>	<b>4.128.501,980</b>	<b>62.546.805.003,162</b>

2. Perhitungan Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

a. *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

1. *Raw Material*

- a) Benzene ( $C_6H_6$ ) : 66.879,540 kg/tahun  
: 66,880 ton/thn  
Harga : \$ 1300,00 /ton  
: \$ 86,943.402  
: Rp. 1.317.192.540,30
- b) Etilen Oksida ( $C_2H_4O$ ) : 37.726,920 kg/tahun  
: 37,727 ton/thn  
Harga : \$ 1.500,00 /ton  
: \$ 56.590,380  
: Rp 857.344.257,00
- c) Aluminium Klorida ( $AlCl_3$ ) : 504,448.160 kg/tahun  
: 504,488 ton/thn

Harga	: \$ 936,00 / ton
	: \$ 472.200,918
	: Rp. 7.153.843.904,06
2. Tenaga Kerja	
a) Operator	
Gaji	: Rp 3.500.000,00
Jumlah	: 22
Biaya untuk satu tahun	: Rp. 924.000.000,00
b) Kepala regu (shift)	
Gaji	: Rp 5.000.000,00
Jumlah	: 12
Biaya untuk satu tahun	: Rp. 720.000.000,00
<b>Labor Cost</b>	: Rp 1.644.000.000,00
	: \$ 108.514,85
3. Supervisor	
a) Kepala seksi	
Gaji	: Rp 6.000.000,00
Jumlah	: 12
Biaya untuk satu tahun	: Rp. 720.000.000,00
b) Kepala bagian	
Gaji	: Rp 7.000.000,00
Jumlah	: 7
Biaya untuk satu tahun	: Rp. 588.000.000,00
Total Biaya Supervisor	: Rp. 1.308.000.000,00
4. <i>Maintenance</i>	
Besarnya 2-10% dari FCI (Aries & Newton, 164) (diambil 10%)	
Biaya <i>maintenance</i>	: \$ 412.850,20
	: Rp 6.254.680.500,32
5. <i>Plant Supplies</i>	
Besarnya 15% <i>maintenance</i> (Aries & Newton, 164)	
Biaya <i>plant supplies</i>	: \$ 61.927,53

: Rp 938.202.075,05

6. *Royalties and patens*

Besarnya 1-5% dari *sales price* (Aries & Newton, 168)

(diambil 1%)

Total pembelian bahan : \$ 615.734,700

Biaya *royalties and patens* : \$ 6.158,35

Perkiraan penjualan

Kapasitas : 2000 ton/th

: 2.000.000 kg/ton

Harga jual : \$ 9 / kg (alibaba.com)

Penjualan produk per tahun : \$ 18.000.000/thn

7. Utilitas

Tabel XI.7 Kebutuhan Utilitas

Jenis Utilitas	Kebutuhan, th	Harga Satuan,\$	Biaya, \$
Tawas	311,143	0,52	161,794
HCl	95,517	5	477,585
NaOH	10.919,443	1.43	15.614,804
Kaporit	146,634	2,61	382,715
Hidrazin	2,279	4	9,116
Solar	33.619,084	0,57	19.162,878
Listrik	110.075,263	0,65	71.548,92
<b>Total</b>			<b>\$ 107.357,813</b> <b>Rp 1.626.470.869,99</b>

Tabel XI.8 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	<i>Direct Manufacturing Cost</i>	Biaya	
		\$	Rp
1	Raw material	615.734,70	9.328.380.701,36
2	Gaji karyawan	108.514,85	1.644.000.000,00
3	Supervisor	86.336,63	1.308.000.000,00
4	<i>Maintenance</i>	412.850,20	6.254.680.500,32
5	<i>Plant supplies</i>	61.927,53	938.202.075,05
6	<i>Royalties and patens</i>	6.157,35	93.283.807,01
7	Utilitas	107.357,81	1.626.740.869,99
<b>Total</b>		<b>1.398.879,07</b>	<b>21.193.017.953,74</b>

b. *Indirect Manufacturing Cost (DMC)*

1. *Payroll Overhead*

*Payroll overhead* merupakan pengeluaran perusahaan untuk pensiun, liburan yang dibayar perusahaan, asuransi cacat jasmani akibat kerja, keamanan dan sebagainya.

Besarnya 25% dari *labor cost* (Ariest & Newton, 173)

*Payroll overhead* : \$ 27.128,71

: Rp 411.000.000,00

2. *Laboratory*

*Laboratory* digunakan untuk menjamin *quality control*, karenanya biaya tergantung dari produk yang dihasilkan.

Besarnya 25% dari *labor cost* (Ariest & Newton, 174)

*Payroll overhead* : \$ 27.128,71

: Rp 411.000.000,00

3. *Plant overhead*

*Plant overhead* merupakan biaya yang berhubungan unit produksi, termasuk di dalamnya adalah biaya kesehatan, fasilitas rekreasi, pembelian (*purchasing*), pergudangan, dan *engineering*.

Besarnya 50-100% dari *labor cost* (Ariest & Newton, 174)  
(diambil 20%)

*Plant overhead* : \$ 108.514,85  
: Rp 1.644.000.000,00

4. *Packaging and shipping*

Besarnya 0,5-2% dari *sales price* (Ariest & Newton, 177)  
(diambil 1%)

*Packaging and shipping* : \$ 180.000,00  
: Rp 2.727.000.000,00

Tabel XI.9 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	<i>Indirect Manufacturing Cost</i>	Biaya	
		\$	Rp
1	<i>Payroll overhead</i>	27.128,71	411.000.000,00
2	Laboratorium	27.128,71	411.000.000,00
3	<i>Plant overhead</i>	108.514,85	1.644.000.000,00
4	<i>Packaging and shipping</i>	180.000,00	2.727.000.000,00
<b>Total</b>		<b>342.772,28</b>	<b>5.193.000.000,00</b>

c. *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

Tabel XI.10 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No	<i>Fixed Manufacturing Cost</i>	Biaya	
		\$	Rp
1	<i>Depresiasi</i>	288.995,14	4.378.276.350,22
2	<i>Property Taxes</i>	41.285,02	625.468.050,03
3	Asuransi	41.285,02	625.468.050,03
<b>Total</b>		<b>371.565,18</b>	<b>5.629.212.450,28</b>

Tabel XI.11 *Manufacturing Cost*

No	<i>Manufacturing Cost</i>	Biaya	
		\$	Rp
1	DMC	1.398.879,07	21.193.017.953,74
2	IMC	342.772,28	5.193.000.000,00
3	FMC	371.565,18	5.629.212.450,28
<b>Total</b>		<b>2.113.216,53</b>	<b>32.015.230.404,02</b>

3. Perhitungan Modal kerja (*Working Capital*)

a. *Raw Material Inventory*

*Raw Material Inventory* merupakan kondisi dimana pabrik berjalan dan mempunyai bahan baku untuk satu bulan.

*Raw material inventory* : \$ 55.975,882

: Rp 848.034.609,21

b. *In-process Inventory*

Besarnya 50% dari *manufacturing cost* untuk waktu *hold up*

*In-process inventory* : \$ 1.056.608,26

: Rp 16.007.615.202,01

c. *Product Inventory*

Besarnya 50% *manufacturing cost* untuk lama penyimpanan produk 1 bulan.

*Product inventory* : \$ 192.110,59

: Rp 2.910.475.491,27

d. *Extended credit*

*Extended credit* merupakan cadangan kredit untuk pembeli selama 1 bulan

*Extended credit* : \$ 310.554,77

: Rp 4.704.904.769,94

e. *Available Cash*

*Available Cash* merupakan uang tunai yang disediakan untuk pembagian gaji

Available Cash

: \$ 192.110,59

: Rp 2.910.475.491,27

Tabel XI.12 Working Capital

No	Working Capital	Biaya	
		\$	Rp
1	Raw material inventory	55.975,882	848.034.609,21
2	In-process inventory	1.056.608,26	16.007.615.202,01
3	Product Inventory	192.110,59	2.910.475.491,27
4	Extended credit	310.554,77	4.704.904.769,94
5	Available cash	192.110,59	2.910.475.491,27
	<b>Total</b>	<b>1.807.360,10</b>	<b>27.381.505.563,72</b>

TCI = FCI + WC

= 4.128.501,980 + 1.807.360,10

= \$ 5.935.862,08

= Rp 89.928.310.566,88

4. Perhitungan General Expense

a. Administrasi

1) Management salaries

Tabel XI.13 Management Salaries

Jabatan	Jumlah (orang)	Gaji (Rp/orang)	Jumlah Gaji (Rp)
Direktur utama	1	32.000.000,00	32.000.000,00
Direktur teknik dan produksi	2	27.000.000,00	54.000.000,00
Staff ahli	3	9.000.000,00	27.000.000,00
Staf	15	3.500.000,00	52.500.000,00
Karyawan administrasi	2	3.500.000,00	7.000.000,00
Satpam	4	2.000.000,00	8.000.000,00

<b>Jabatan</b>	<b>Jumlah (orang)</b>	<b>Gaji (Rp/orang)</b>	<b>Jumlah Gaji (Rp)</b>
sopir	3	1.700.000,00	5.100.000,00
<i>Cleaning service</i>	4	1.700.000,00	6.800.000,00
<b>Total</b>	<b>34</b>		<b>192.400.000</b>

Total *management salaries* (biaya 1 tahun) : Rp 2.308.800.000,00

: \$ 152.396,04

*Legal fee & auditing* disediakan setiap tahun : Rp 40.000.000,00

Total administrasi : Rp 2.348.800.000,00

: \$ 155.036,30

b. *Sales Expense*

Besarnya 5-22% dari MC (Aries & newton, 186) diambil 5%

*Sales Expense* : \$ 105.660,83

: Rp 1.600.761.520,20

c. *Research*

Besarnya 3,5-8% dari MC , diambil 4%

*Research* : \$ 73.962,58

: Rp 1.120.533.064,14

d. *Finance*

Besarnya 2-4% dari FCI (Aries & Newton, 187) diambil 2%

*Finance* : \$ 82.570,04

: Rp 1.250.936.100,06

Tabel XI.14 *General Expense* (Pengeluaran Umum)

<b>No</b>	<b>General expense</b>	<b>Biaya</b>	
		<b>\$</b>	<b>Rp</b>
1	Administrasi	155.036,30	2.348.800.000,00
2	<i>Sales expense</i>	105.660,83	1.600.761.520,20
3	<i>Research</i>	73.962,58	1.120.533.064,14

No	General expense	Biaya	
		\$	Rp
4	Finance	82.570,04	1.250.936.100,06
<b>Total</b>		<b>417.229,75</b>	<b>6.321.030.684,40</b>

Tabel XI.15 Total Biaya Produksi

No	Total Cost	Biaya	
		\$	Rp
1	Manufacturing Cost	2.113.216,528	32.015.230.404,02
2	General expense	417.229,75	6.321.030.684,40
<b>Total</b>		<b>2.530.446,28</b>	<b>38.336.261.088,43</b>

e. Harga Dasar dan Harga Jual

1. Harga Dasar

*Phenyl Ethyl Alcohol*

Kapasitas produksi per tahun = 2.000.000 kg/tahun

Harga dasar =  $\frac{\text{total biaya produksi}}{\text{Kapasitas produksi}}$

= \$ 1,27/kg

= Rp 19.168,13 /kg

2. Harga jual

Harga jual PEA di pasaran global berkisar : \$ 9/kg

Diinginkan keuntungan yang diperoleh sebesar = 0,35

Harga jual = harga dasar x (harga + keuntungan yang ingin diperoleh)

= \$ 1,71/kg

= Rp 25.876,98

Harga jual produk PEA lebih rendah daripada harga pasaran sehingga dapat menarik minat.

f. *Annual Sales (Sa)*

$$\begin{aligned} \text{Annual sales} &= \text{harga jual PEA} \times \text{jumlah produksi} \\ &= \$ 1,71 / \text{kg} \times 2.000.000 \text{ kg/tahun} \\ &= \$ 3.416.102,47 \\ &= \text{Rp } 51.753.952.469,37 \end{aligned}$$

5. Analisis Kelayakan

a. Analisis keuntungan

Total penjualan	: \$ 3.416.102,47
Total <i>production cost</i>	: \$ 2.530.446,28
Keuntungan sebelum pajak	: \$ 885.656,20
Pajak (15% dari keuntungan)	: \$ 132.848,43
Keuntungan setelah pajak	: \$ 752.807,77

b. Analisis Kelayakan

1. *Return of Investment (ROI)*

- ROI sebelum pajak (industrial chemical min. 11-44%)

$$\text{ROI b} = \frac{\text{Keuntungan sebelum pajak} \times 100\%}{\text{Fixed Capital}}$$

$$\text{ROI b} = 21,45\%$$

- ROI sesudah pajak

$$\text{ROI a} = \frac{\text{Keuntungan setelah pajak} \times 100\%}{\text{Fixed Capital}}$$

$$\text{ROI a} = 18,23\%$$

2. Pay Out Time (POT)

- POT sebelum pajak (industrial chemical max. 5 tahun)

$$\text{POT b} = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Keuntungan sebelum pajak} + (0,1 \times \text{FCI})}$$

$$\text{POT b} = 3,18 \text{ tahun}$$

- ROI sesudah pajak

$$\text{POT a} = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Keuntungan setelah pajak} + (0,1 \times \text{FCI})}$$

POT a = 3,54 tahun

3. *Percent Profit On Sales* (POS)

- POS sebelum pajak

$$\text{POS b} = \frac{\text{Keuntungan sebelum pajak} \times 100\%}{\text{Total penjualan produk}}$$

POS b = 25,93 %

- POS sebelum pajak

$$\text{POS a} = \frac{\text{Keuntungan sesudah pajak} \times 100\%}{\text{Total penjualan produk}}$$

POS a = 22,04 %

4. *Break Event Point* (BEP)

$$\text{BEP} = \frac{\text{Fa} + (0,3 \times \text{Ra})}{\text{Sa} - \text{Va} - (0,7 \times \text{Ra})} \times 100\%$$

Fa = *Fixed capital* pada produksi maksimum per tahun

Ra = *Regulated Expense* pada produksi maksimum

Sa = Penjualan maksimum per tahun

Va = *Variabel Expense* pada produksi maksimum per tahun

- Fa (*Fixed Cost*)

Depresiasi : \$ 288.995,139

*Property Taxes* : \$ 41.285,020

Asuransi : \$ 41.285,020

**Total Nilai Fa** : \$ 371.565,178

- Ra (*Regulated cost*)

Gaji Karyawan : \$ 108.514,851

*Payroll overhead* : \$ 27.128,713

*Plant overhead* : \$ 108.514,851

Supervisor : \$ 86.336,634

Laboratorium : \$ 27.128,713

<i>General expense</i>	: \$ 417.229,748
<i>Maintenance</i>	: \$ 412.850,198
<i>Plant Supplies</i>	: \$ 61.927,530
<b>Total Nilai Ra</b>	: \$ 1.249.631,238

- *Va (Variabel Cost)*

<i>Raw material</i>	: \$ 615.734,700
<i>Packaging and shipping</i>	: \$ 180.000,000
<i>Utilities</i>	: \$ 107.357,813
<i>Royalties and patens</i>	: \$ 6.157,347
<b>Total Nilai Va</b>	: \$ 909.249,860

- *Sa (Sales)*

<b>Sa</b>	: \$ 3.416.102,47
-----------	-------------------

Sehingga BEP = 45,74 %  
(memenuhi BEP antara 40-60%)

5. Shut Down point (SDP)

$$SDP = \frac{0,3 \times Ra \times 100\%}{Sa - Va - (0,7 \times Ra)}$$

SDP = 22,97% (memenuhi SDP antara 20-30%)

6. *Discount Cash Flow Rate* (DCFR)

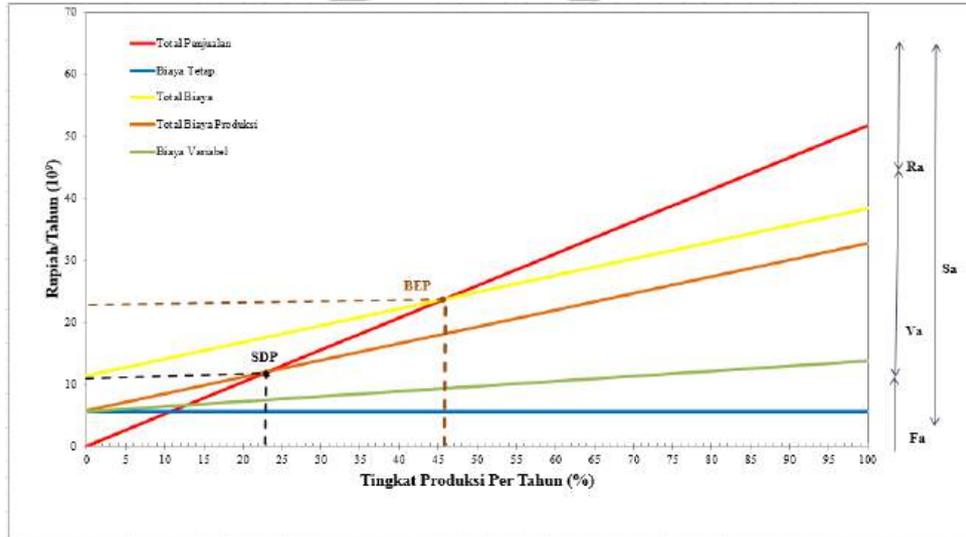
*Discount Cash Flow Rate* (DCFR) merupakan salah satu cara untuk menghitung prospek pertumbuhan investasi dalam beberapa waktu yang dinyatakan dalam presentase :

<i>Fixed Capital Investment</i> (FCI)	: \$ 4,128,501.980
<i>Salvage Value</i> (SV)	: 10% x FCI
	: \$ 412,850.20
<i>Depreciation Cost</i>	: \$ 206,425.099
Umur pabrik	: 10 tahun
<i>Working Capital</i> (WC)	: 1.720.751,27
<i>Cash Flow</i> (CF)	: \$ 821.131,39

Persamaan DCFR

$$(FC + WC)(1+i)^N = \sum_{j=1}^N C_j(1+i)^{N-j} + WC + SV$$

Dengan trial diperoleh harga  $i$  : 0,39 = 39%  
 Ruas kiri : \$ 122,611,132.59  
 Ruas kanan : \$ 94,313,905.96  
 Error : 0,29



Gambar XI.1. Grafik *Break Even Point* dan *Shutdown Point* dengan Variasi Kapasitas Produksi

## BAB XII KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa, baik analisa ekonomi maupun teknik maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* didirikan dengan pertimbangan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, mengurangi ketergantungan import, dan memberi lapangan pekerjaan dan meningkatkan ekonomi.
2. Pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* akan didirikan pada tahun 2027 dengan kapasitas 2000 ton/tahun, dengan bahan baku *benzene* sebanyak 169,884 kg/jam, *ethylene oxide* sebanyak 95,832 kg/jam, dan *aluminium chloride* sebanyak 2,680 kg/jam
3. Proses yang digunakan adalah proses *Friedel-Crafts* dikarenakan; konversi reaksi lebih tinggi dibandingkan dengan proses yang lain, langkah proses lebih sederhana, sehingga alat yang digunakan lebih sedikit dan bahan lebih mudah didapatkan, bahan baku pembuatan *Phenyl Ethyl Alcohol* yaitu, *Benzene* didatangkan dari PT Pertamina Cilacap, Jawa Tengah, untuk *Ethylene Oxide* dari PT. Prima Ethycolindo, Merak, Banten, dan katalis Aluminium Klorida dari PT. Lumbung Sumber Rejeki, Cirebon, Jawa Barat.
4. Pabrik akan didirikan di Desa Donan Kecamatan Cilacap Tengah Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah, dengan pertimbangan kemudahan dalam mendapatkan bahan baku, tenaga kerja, pengembangan pabrik, ketersediaan air dan listrik, serta mempunyai prospek pemasaran yang baik.
5. Berdasarkan kondisi operasi, sifat-sifat bahan baku dan produk, serta prosesnya, maka pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* tergolong pabrik berisiko rendah.

6. Berdasarkan analisis ekonomi, maka didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel XII.1 Hasil Aanalisa Ekonomi

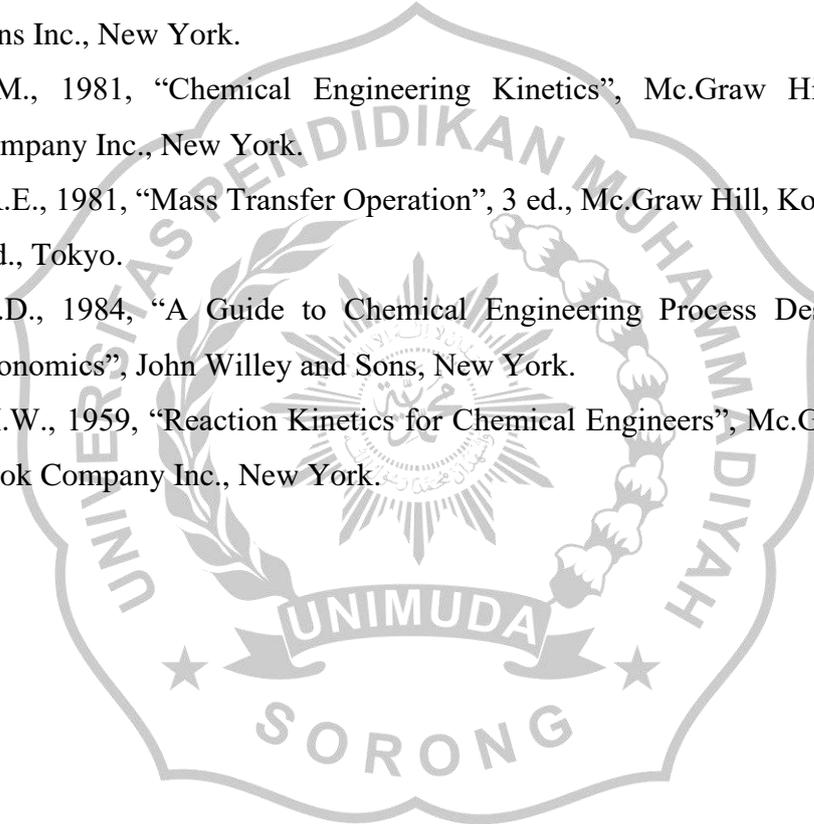
<b>Parameter Kelayakan</b>	<b>Perhitungan</b>	<b>Standar Kelayakan (Aries and Newton, 1945)</b>
<i>Percent Profit On Sales (POS)</i>		
POS sebelum pajak	25,43%	
POS sesudah pajak	22,04%	
<i>Return on Investment (ROI)</i>		
ROI sebelum pajak	21,45%	<i>Industrial Chemical</i>
ROI setelah pajak	18,23%	11 % - 44%
<i>Pay Out Time (POT)</i>		
POT sebelum pajak	3,18 tahun	<i>Industrial Chemical min 2 th/High Risk</i>
POT sesudah pajak	3,54 tahun	5 th/low risk
<i>Break Even Point (BEP)</i>	45,74%	40 % – 60%
<i>Shut Down Point (SDP)</i>	22,97%	20% - 30%
<i>Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR)</i>	39%	>15%

Atas dasar beberapa faktor tersebut di atas, termasuk hasil evaluasi ekonomi Prarancangan Pabrik *Phenyl Ethyl Alcohol* Dari *Benzene* Dan *Ethylene Oxide* Kapasitas 2000 Ton/Thn layak untuk didirikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, "Chemical Engineering Cost Estimation", McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Brown, G.G., 1978, " Unit Operations ", Modern Asia Edition Jhon Willey and Sons, Inc., New York.
- Brownell, I.E., and Young, E.H., 1959, "Process Equipment Design", John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Coulson, J.H., and Richardson, J.F., 1989, "Chemical Engineering, An Introduction to Chemical Engineering Design", vol.6., Pergamon Press, Oxford.
- Faith, Keyes & Clark., 1955, Industrial Chemical, 4th ed, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Foust, Alan S and Wenzel L.A., 1979, " Principles of Unit Operations ", 2 nd.ed. John Willey and Sons, New York.
- Frank L. Evans, Jr., 1974, " Equipment Design Hand Book for Refineries and Chemical Plants ", Vol. 1 & 2, Texas.
- Hill, C.G, 1996, " An Introduction to Chemical Engineering Kinetics and Reaktor Design ", John Wiley and Sons. Inc, New York.
- Kern, D.Q., 1965, "Process Heat Transfer", Mc.Graw Hill Book Company Inc., New York.
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F., 1978, " Encyclopedia of Chemical Technology" , vol. 19, pp. 146 – 169, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Levenspiel, Octave, 1972, " Chemical Reaction Engineering", 2nd ed., John Willey and Sons Inc., Singapore.
- Ludwig, E.E., 1965, " Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plant ", Vol. 1-3, Gulf Publishing Co., Houston.
- Mc. Adams, W. H., 1954, "Heat Transmision", 3 th ed., Kogakusha Co. Ltd., Tokyo.
- Mc. Ketta, John, 1983, " Encyclopedia Chemical Process and Design", Marchell Dekker Inc., New York.

- Perry, R.H. and Green, D.W., 1984, "Perry's Chemical Engineers Hand Book", 6 ed., Mc.Graw Hill Book Company Inc., Singapore.
- Peter, M.S. and Timmerhouse, K.D., 1981, "Plants Design and Economics for Chemical Engineers", 3 ed., Mc.Graw Hill Book Company, Kogakusha, Ltd., Tokyo.
- Rase, H.F., 1977, "Chemical Reaktor Design for Process Plant ", John Willey and Sons Inc., New York.
- Smith, J.M., 1981, "Chemical Engineering Kinetics", Mc.Graw Hill Book Company Inc., New York.
- Treybal, R.E., 1981, "Mass Transfer Operation", 3 ed., Mc.Graw Hill, Kogakusha, Ltd., Tokyo.
- Ulrich, G.D., 1984, "A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics", John Willey and Sons, New York.
- Wallas, M.W., 1959, "Reaction Kinetics for Chemical Engineers", Mc.Graw Hill Book Company Inc., New York.





## PERHITUNGAN NERACA MASSA

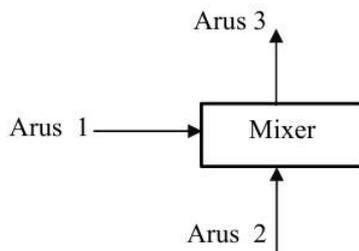
Kapasitas Produksi : 2000 ton/tahun  
: 252,530 kg/jam  
Operasi Pabrik : 330 hari/Tahun  
Satu Hari Operasi : 24 Jam  
Konversi : 95%

Data Berat Molekul bahan baku dan produk yang akan digunakan:

Nama Senyawa	Senyawa	BM (Kg/Kmol)
PEA	$C_8H_{10}O$	122
Benzene	$C_6H_6$	78
Etilen Oksida	$C_2H_4O$	44
Aluminium Klorida	$AlCl_3$	133,5
Air	$H_2O$	18

### 1. Mixer

Fungsi: Melarutkan katalis berupa  $AlCl_3$  sebelum masuk ke reaktor



Kebutuhan Fresh katalis = 63,698 kg/jam

F1  $AlCl_3$  = 63,698 kg/jam

$H_2O$  =  $(1/99) \times 63,698$  kg/jam

= 0,643 kg/jam

Kelarutan  $AlCl_3$  pada suhu  $10^\circ C$  = 44,9 g/100 ml

Berat  $AlCl_3$  = 63,698 kg/jam

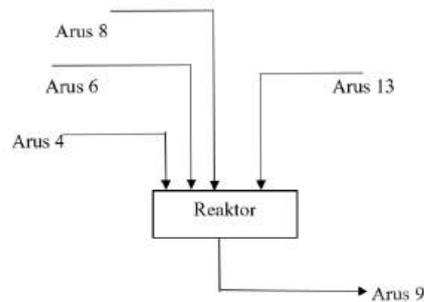
$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O yang dibutuhkan} &= (63,698/33,9) \times 100 \\ &= 141,866 \text{ kg/jam} \\ \text{AlCl}_3 \text{ terlarut} &= (44,9/100) \times 63,698 \text{ kg/jam} \\ &= 28,600 \text{ kg/jam} \\ \text{AlCl}_3 \text{ tidak terlarut} &= 63,698 \text{ kg/jam} - 28,600 \text{ kg/jam} \\ &= 35,098 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Neraca Massa *Mixer*

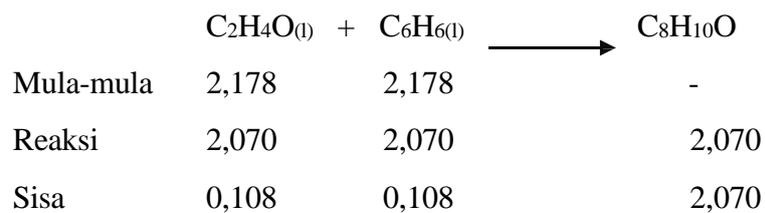
Komponen	Massa Masuk (Kg/Jam)		Massa Keluar (Kg/Jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 3
AlCl <sub>3</sub>	63,698		63,698
H <sub>2</sub> O	0,643	141,866	142,509
<b>SUB TOTAL</b>	<b>64,341</b>	<b>141,866</b>	<b>206,207</b>
<b>TOTAL</b>	<b>206,207</b>		<b>206,207</b>

2. Reaktor

Fungsi: Tempat bereaksinya etilen oksida dan benzene menjadi *phenyl ethyl alcohol* dengan bantuan katalis berupa AlCl<sub>3</sub>.

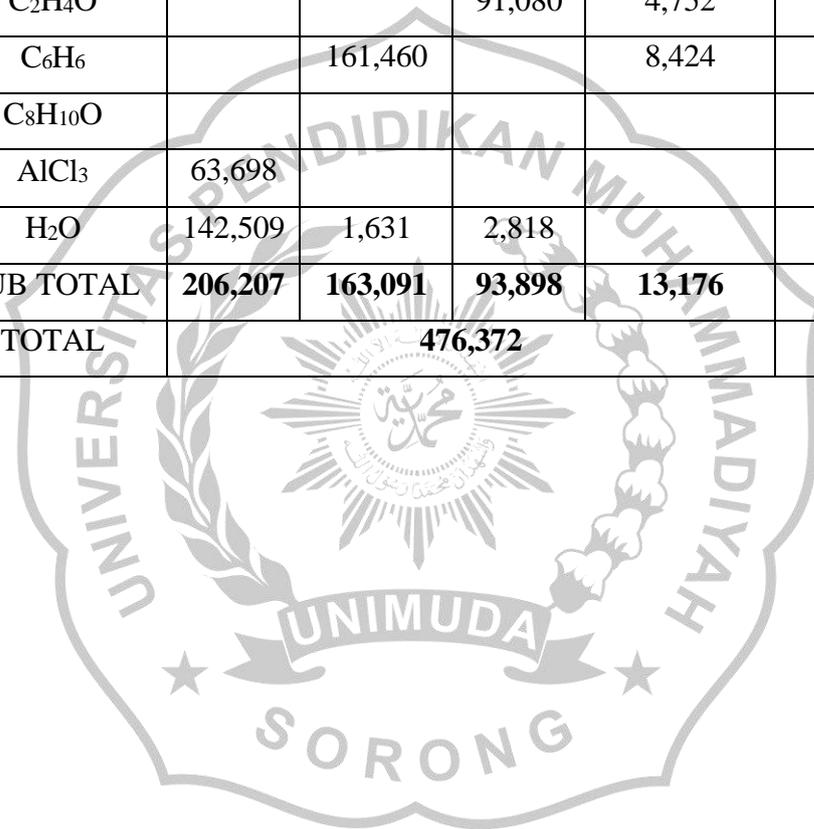


Reaksi yang terjadi



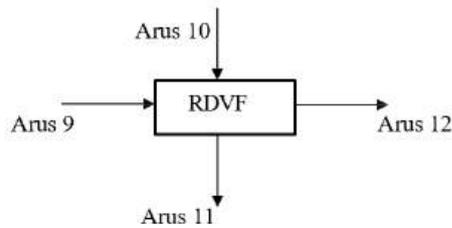
Neraca Massa Reaktor

Komponen	Massa Masuk (Kg/Jam)				Massa Keluar (Kg/Jam)
	Arus 4	Arus 6	Arus 8	Arus 13	Arus 9
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O			91,080	4,752	4,752
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>		161,460		8,424	8,424
C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O					252,530
AlCl <sub>3</sub>	63,698				63,698
H <sub>2</sub> O	142,509	1,631	2,818		146,968
<b>SUB TOTAL</b>	<b>206,207</b>	<b>163,091</b>	<b>93,898</b>	<b>13,176</b>	<b>476,372</b>
<b>TOTAL</b>			<b>476,372</b>		<b>476,372</b>



### 3. Rotary Drum Vacuum Filter (RDVF)

Fungsi: Memisahkan padatan yang melarut dari keluaran reaktor berdasarkan kelarutan



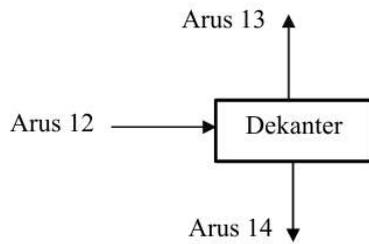
$$\begin{aligned}
 \text{Kelarutan AlCl}_3 \text{ pada suhu } 10^\circ \text{ C} &= 44,9 \text{ g/100 ml} \\
 \text{Berat AlCl}_3 &= 63,698 \text{ kg/jam} \\
 \text{H}_2\text{O yang dibutuhkan} &= \frac{63,698}{44,9} \times 100 \\
 &= 141,866 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Neraca Massa RDVF

Komponen	Massa Masuk (Kg/Jam)		Massa Keluar (Kg/Jam)	
	Arus 9	Arus 10	Arus 11	Arus 12
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	4,752			4,752
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	8,424			8,424
C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	252,530			252,530
AlCl <sub>3</sub>	63,698		63,698	
H <sub>2</sub> O	146,968	141,866	191,353	97,481
<b>SUB TOTAL</b>	<b>476,372</b>	<b>141,866</b>	<b>255,051</b>	<b>363,187</b>
<b>TOTAL</b>	<b>618,238</b>		<b>618,238</b>	

#### 4. Dekanter

Fungsi: Memisahkan etilen oksida dan benzene dengan produk berupa *phenyl ethyl alcohol* berdasarkan perbedaan berat jenis sebelum masuk ke evaporator.

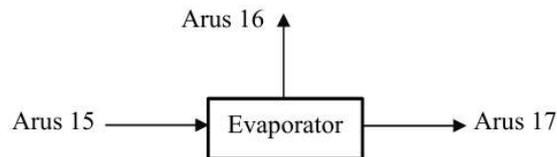


Neraca Massa Dekanter

Komponen	Massa Masuk (Kg/Jam)	Massa Keluar (Kg/Jam)	
	Arus 12	Arus 13	Arus 14
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	4,752	4,752	
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	8,424	8,424	
C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	252,530		252,530
H <sub>2</sub> O	97,481		97,481
<b>SUB TOTAL</b>	<b>363,187</b>	<b>13,176</b>	<b>350,011</b>
<b>TOTAL</b>	<b>363,187</b>	<b>363,187</b>	

5. Evaporator

Fungsi: Memurnikan produk berupa *phenyl ethyl alcohol* dengan cara menguapkan air berdasarkan perbedaan titik didih



Neraca Massa Evaporator

Komponen	Massa Masuk (Kg/Jam)	Massa Keluar (Kg/Jam)	
	Arus 15	Arus 16	Arus 17
C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	252,530		252,530
H <sub>2</sub> O	97,481	94,947	2,534
<b>SUB TOTAL</b>	<b>350,011</b>	<b>94,947</b>	<b>255,64</b>
<b>TOTAL</b>	<b>350,011</b>	<b>350,011</b>	

## PERHITUNGAN NERACA PANAS

Kapasitas Produksi : 2000 ton/tahun  
                               : 252,530 kg/jam  
 Operasi Pabrik : 330 hari/Tahun  
 Satu Hari Operasi : 24 Ja  
 Konversi : 95%  
 Tref : 25° C : 298,15K

Data-data yang digunakan untuk menghitung sifat fisis padatan, cairan dan gas diperoleh dari "Chemical Properties Handbook", Yaws,C.L,1999.

### 1. Kapasitas Panas Cairan

$$\begin{aligned}
 C_p \text{ (Joule/mol.K)} &= A + BT + CT^2 + DT^3 \\
 C_p &= \int A + BT + CT^2 + DT^3 dT \\
 C_p &= AT + \frac{B}{2} T^2 + \frac{C}{3} T^3 + \frac{D}{4} T^4
 \end{aligned}$$

Data Kapasitas Panas Cairan

Komponen	A	B	C	D
C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	101,145	1,026E+00	-2,520E-03	2,630E-06
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	-31,662	1,304E+00	-3,608E-03	3,820E-06
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	34,570	4,290E-01	-1,547E-03	2,407E-06
AlCl <sub>3</sub>	29439,240	-1,794E+02	3,655E-01	-2,478E-04
H <sub>2</sub> O	92,053	-3,995E-02	-2,110E-04	5,350E-07

### 2. Kapasitas Panas Gas

$$C_p \text{ (Joule/mol.K)} = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4$$

Data Kapasitas Panas Gas

Komponen	A	B	C	D	E
H <sub>2</sub> O	33,933	-8,418E-03	-2,990E-05	-1,780E-08	3,690E-12

3. Kapasitas Panas padatan

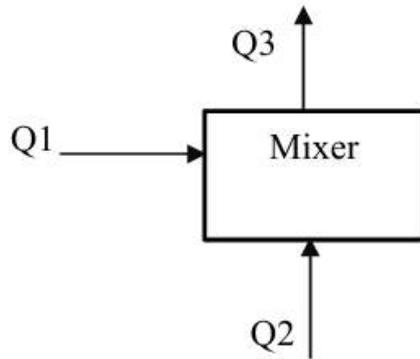
$$C_p \text{ (Joule/mol.K)} = A + BT + CT^2$$

Data Kapasitas Panas Padatan

Komponen	A	B	C
AlCl <sub>3</sub>	12,954	4,193E+03	-5,100E+00



1. Mixer



a. Menghitung Panas Masuk

$$T_{in} = 10^{\circ}\text{C} = 283,15 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 25^{\circ}\text{C} = 298.15 \text{ K}$$

Aliran Q1

Komponen	Massa (kg/jam)	Mr (Kg/mol)	ni (kmol/jam)	Top (K)	Tref (K)	Cp dT (J/mol.k)	Q1 (kJ/jam)
AlCl <sub>3</sub>	63.698	133.5	0.477	283.15	298.15	-1376.038	-656.561
H <sub>2</sub> O	0.643	18	0.036		298.15	-1136.212	-40.588
<b>TOTAL</b>							<b>-697.149</b>

Aliran Q2

Komponen	Massa (kg/jam)	Mr (Kg/mol)	ni (kmol/jam)	Top (K)	Tref (K)	Cp dT (J/mol.k)	Q2 (kJ/jam)
H <sub>2</sub> O	141.866	18	7.881	283.15	298.15	-1136.212	-8954.994
<b>TOTAL</b>							<b>-8954.994</b>

b. Menghitung Panas Keluar

$$T_{out} = 18,608^{\circ}\text{C} = 291,759 \text{ K (TRIAL SUHU)}$$

$$T_{ref} = 25^{\circ}\text{C} = 298.15 \text{ K}$$

Aliran Q3

Komponen	Massa (kg/jam)	Mr (Kg/mol)	ni (kmol/jam)	Top (K)	Tref (K)	Cp dT (J/mol.k)	Q3 (kJ/jam)
AlCl <sub>3</sub>	63.698	133.5	0.477	291.759	298.150	12535.790	-5981.309
H <sub>2</sub> O	142.509	18	7.917		298.150	-483.381	-3827.004
<b>TOTAL</b>							<b>-9808.313</b>

Panas Pelarutan (QS)

Berdasarkan data dari Perry, table 2-224

Panas pelarutan  $\text{AlCl}_3$  (HS) = 77,9 kkal/gmol

= 325,934 kJ/kmol

QS = HS x n $\text{AlCl}_3$

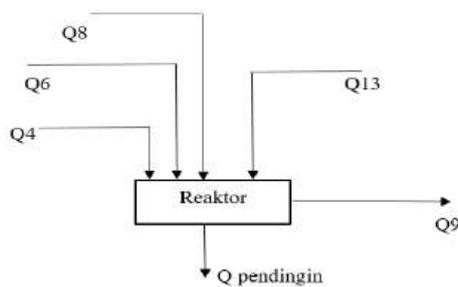
= 325,934 x 0,447

= 155,515 kJ/Jam

Neraca Panas Total Mixer

Neraca Panas Total Mixer		
	Qin (kJ/Jam)	Qout (kJ/Jam)
Q1	-697.149	
Q2	-8954.994	
Q3		-9807.658
QS		155.515
<b>Total</b>	<b>-9652.142</b>	<b>-9652.142</b>

## 2. Reaktor



### a. Menghitung Panas Masuk

$T_{in} = 10^\circ\text{C} = 283,15 \text{ K}$

$T_{ref} = 25^\circ\text{C} = 298.15 \text{ K}$

### 1. Aliran Q4

Komponen	Massa (kg/jam)	Mr (Kg/mol)	ni (kmol/jam)	Top (K)	Tref (K)	Cp dT (J/mol.k)	Q4 (kJ/jam)
AlCl <sub>3</sub>	63.698	133.5	0.477	283.15	298.15	-1376.038	-656.561
H <sub>2</sub> O	142.510	18	7.917		298.15	-1136.212	-8995.631
TOTAL							<b>-9652.192</b>

### 2. Aliran Q6

Komponen	Massa (kg/jam)	Mr (Kg/mol)	ni (kmol/jam)	Top (K)	Tref (K)	Cp dT (J/mol.k)	Q6 (kJ/jam)
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	161.460	78	2.070	283.15	298.15	-2048.24	-4239.86
H <sub>2</sub> O	1.631	18	0.091		298.15	-1136.21	-102.95
TOTAL							<b>-4342.808</b>

### 3. Aliran Q8

Komponen	Massa (kg/jam)	Mr (Kg/mol)	ni (kmol/jam)	Top (K)	Tref (K)	Cp dT (J/mol.k)	Q5 (kJ/jam)
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	91.080	44	2.070	283.15	298.15	-1335.596	-2764.684
H <sub>2</sub> O	2.818	18	0.157		298.15	-1136.212	-177.880
TOTAL							<b>-2942.564</b>

### 4. Aliran Q13

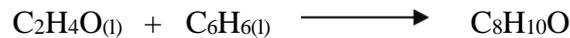
Komponen	Massa (kg/jam)	Mr (Kg/mol)	ni (kmol/jam)	Top (K)	Tref (K)	Cp dT (J/mol.k)	Q13 (kJ/jam)
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	4.752	44	0.108	283.15	298.15	-1335.596	-144.244
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	8.424	78	0.108		298.15	-2048.242	-221.210
TOTAL							<b>-365.454</b>

### b. Menghitung Panas Reaksi

Data Panas Pembentukan

Komponen	$\Delta H_{f298}$ (kJ/kmol)
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	-52630
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	82930
C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	-121000

Reaksi yang terjadi



Menghitung panas reaksi dalam keadaan standar ( $T = 25^\circ\text{C} = 273.15 \text{ K}$ )

$$\begin{aligned} \Delta H_{f298\text{reaksi}} &= n (\Delta H_{f298\text{produk}} - \Delta H_{f298\text{reaktan}}) \\ &= n ((\Delta H_{f298} \text{ C}_8\text{H}_{10}\text{O}) - (\Delta H_{f298} \text{ C}_2\text{H}_4\text{O} + \Delta H_{f298} \text{ C}_6\text{H}_6)) \\ &= 2,070 \text{ kmol/jam } (-121000 - (-52630 + 82930)) \text{ kJ/kmol} \end{aligned}$$

$$\Delta H_{f298\text{reaksi}} = -313191 \text{ kJ/Jam}$$

Menghitung panas reaksi dalam keadaan standar ( $T = 10^{\circ}\text{C} = 283.15 \text{ K}$ )

Berdasarkan Smith Vannes, chapter 4 pg 155 diperoleh:

$$\begin{aligned} \Delta H &= \Delta H_{\text{reaktan}} + \Delta H_{f_{298}\text{reaksi}} + \Delta H_{\text{produk}} \\ &= (\Delta H_{\text{C}_2\text{H}_4\text{O}} + \Delta H_{\text{C}_6\text{H}_6}) + \Delta H_{f_{298}\text{reaksi}} + (\Delta H_{\text{C}_8\text{H}_{10}\text{O}}) \\ &= ((-2764,684 + (-144,244)) + (-4239,861 + (-221,210))) + \\ &\quad (-313191) + (-7153,665) \\ &= (-2908,928 + (-4461,071)) + (-313191) + (-7153,665) \\ &= -327714,664 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

c. Menghitung Panas Keluar

$$T_{\text{out}} = 10^{\circ}\text{C} = 283,15 \text{ K}$$

$$T_{\text{ref}} = 25^{\circ}\text{C} = 298.15 \text{ K}$$

Aliran Q9

Komponen	Massa (kg/jam)	Mr (Kg/mol)	ni (kmol/jam)	Top (K)	Tref (K)	Cp dT (J/mol.k)	Q9 (kJ/jam)
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	4.752	44	0.108	283.15	298.15	-1335.596	-144.244
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	8.424	78	0.108		298.15	-2048.242	-221.210
C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	252.53	122	2.070		298.15	-3455.877	-7153.382
AlCl <sub>3</sub>	63.698	133.5	0.477		298.15	-1376.038	-656.561
H <sub>2</sub> O	146.968	18	8.165		298.15	-1136.212	-9277.047
TOTAL							-17452.444

Neraca Panas Total

Neraca Panas Reaktor		
	Qin	Qout
	kJ/jam	kJ/jam
Q4	-9652.192	
Q6	-4342.808	
Q8	-2942.564	
Q Recycle	-365.454	
Q9		-17452.444
Q reaksi	327714.381	
Q pendingin		327863.805
<b>Total</b>	<b>310411.362</b>	<b>310411.362</b>

Media pendingin yang digunakan adalah *brine water* dengan suhu 0°C dan diperkirakan akan keluar pada suhu 5°C.

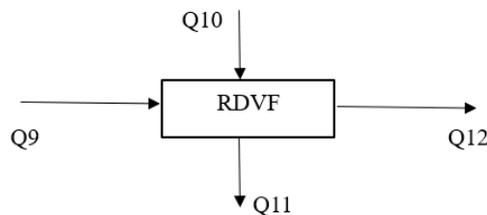
Diketahui  $C_p \text{ brine water} = 3.409 \text{ kJ/Kg} \cdot \text{K}$

$$\begin{aligned} C_{pdT} &= C_p \times \Delta T \\ &= C_p \times (T_2 - T_1) \\ &= 3.409 \text{ kJ/Kg} \cdot \text{K} \times (278,15 - 273,15) \text{ K} \\ &= 17045 \text{ kJ/Kg} \end{aligned}$$

Masa air pendingin yang diperlukan

$$\begin{aligned} m &= \frac{Q \text{ pendingin}}{C_{pdT}} \\ &= \frac{327863,805}{17045} \\ &= 19,235 \text{ Kg/Jam} \end{aligned}$$

### 3. Rotary Drum Vacuum Filter (RDVF)



#### a. Menghitung Panas Masuk

$$T_{in} = 10^\circ\text{C} = 283,15 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 25^\circ\text{C} = 298.15 \text{ K}$$

Aliran Q8

Komponen	Massa (kg/jam)	Mr (Kg/mol)	ni (kmol/jam)	Top (K)	Tref (K)	Cp dT (J/mol.k)	Q9 (kJ/jam)	
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	4.752	44	0.108	283.15	298.15	-1335.596	-144.244	
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	8.424	78	0.108		298.15	-2048.242	-221.210	
C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	252.53	122	2.070		298.15	-3455.877	-7153.382	
AlCl <sub>3</sub>	63.698	133.5	0.477		298.15	-1376.038	-656.561	
H <sub>2</sub> O	146.968	18	8.165		298.15	-1136.212	-9277.047	
TOTAL								<b>-17452.444</b>

Aliran Q9

Komponen	Massa (kg/jam)	Mr (Kg/mol)	ni (kmol/jam)	Top (K)	Tref (K)	Cp dT (J/mol.k)	Q9 (kJ/jam)
H <sub>2</sub> O	141,866	18	7,881	283,15	298,15	-1136,212	-8954,487
TOTAL							<b>-8954,487</b>

b. Menghitung Panas Keluar

$$T_{out} = 10^{\circ}\text{C} = 283,15 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 25^{\circ}\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

Aliran Q11

Komponen	Massa (kg/jam)	Mr (Kg/mol)	ni (kmol/jam)	Top (K)	Tref (K)	Cp dT (J/mol.k)	Q11 (kJ/jam)
AlCl <sub>3</sub>	63.698	133.5	0.477138577	280.258	298.15	-1638.025	-781.565
H <sub>2</sub> O	191.353	18	10.631		298.15	-1355.984	-14415.067
TOTAL							<b>-15196.632</b>

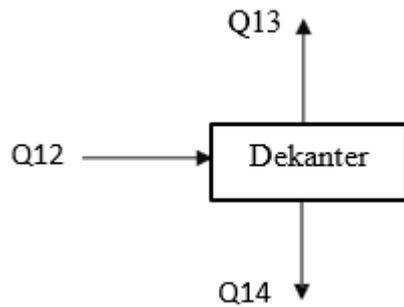
Aliran Q12

Komponen	Massa (kg/jam)	Mr (Kg/mol)	ni (kmol/jam)	Top (K)	Tref (K)	Cp dT (J/mol.k)	Q12 (kJ/jam)
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	4.752	44	0.108	283.15	298.15	-1335.596	-144.244
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	8.424	78	0.108		298.15	-2048.242	-221.210
C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	252.530	122	2.070		298.15	-3455.877	-7153.382
H <sub>2</sub> O	97.482	30	3.249		298.15	-1136.212	-3691.993
TOTAL							<b>-11210.829</b>

Neraca Panas Total

<b>Neraca Panas Total RDVF</b>		
	<b>Qin</b>	<b>Qout</b>
	<b>kJ/jam</b>	<b>kJ/jam</b>
<b>Q9</b>	-17452.444	
<b>Q10</b>	-8955.017	
<b>Q11</b>		-15196.632
<b>Q12</b>		-11210.829
<b>Total</b>	<b>-26407.461</b>	<b>-26407.461</b>

#### 4. Dekanter



##### a. Menghitung Panas Masuk

$$T_{in} = 10^{\circ}\text{C} = 283,15 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 25^{\circ}\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

##### Aliran Q12

Komponen	Massa (kg/jam)	Mr (Kg/mol)	ni (kmol/jam)	Top (K)	Tref (K)	Cp dT (J/mol.k)	Q12(kJ/jam)	
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	4.752	44	0.108	283.15	298.15	-1335.596	-144.244	
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	8.424	78	0.108		298.15	-2048.242	-221.210	
C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	252.53	122	2.070		298.15	-3455.877	-7153.382	
H <sub>2</sub> O	97.482	18	5.416		298.15	-1136.212	-6153.322	
TOTAL								<b>-13672.158</b>

##### b. Menghitung Panas Keluar

$$T_{in} = 10^{\circ}\text{C} = 283,15 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 25^{\circ}\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

##### Aliran Q13

Komponen	Massa (kg/jam)	Mr (Kg/mol)	ni (kmol/jam)	Top (K)	Tref (K)	Cp dT (J/mol.k)	Q13 (kJ/jam)	
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	4.752	44	0.108	283.15	298.15	-1335.596	-144.244	
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	8.424	78	0.108		298.15	-2048.242	-221.210	
TOTAL								<b>-365.454</b>

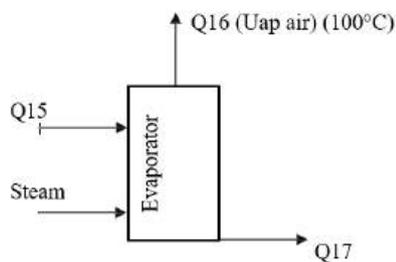
##### Aliran 14

Komponen	Massa (kg/jam)	Mr (Kg/mol)	ni (kmol/jam)	Top (K)	Tref (K)	Cp dT (J/mol.k)	Q14 (kJ/jam)	
C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	252.53	122	2.070	283.15	298.15	-3455.877	-7153.382	
H <sub>2</sub> O	97.482	18	5.416		298.15	-1136.212	-6153.322	
TOTAL								<b>-13306.703</b>

## Neraca Panas Total

<b>Neraca Panas Total Dekanter</b>		
	<b>Q<sub>in</sub></b>	<b>Q<sub>out</sub></b>
	<b>kJ/jam</b>	<b>kJ/jam</b>
<b>Q12</b>	-13672.158	
<b>Q13</b>		-365.454
<b>Q14</b>		-13306.703
<b>Total</b>	<b>-13672.158</b>	<b>-13672.158</b>

### 5. Evaporator



#### a. Menghitung Panas Masuk

$$T_{in} = 80^{\circ}\text{C} = 353,15 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 25^{\circ}\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

#### Aliran 15

Komponen	Massa (kg/jam)	Mr (Kg/mol)	ni (kmol/jam)	Top (K)	Tref (K)	Cp dT (J/mol.k)	Q15 (kJ/jam)
C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	252.530	122	2.070	353.15	298.15	13100.531	27117.025
H <sub>2</sub> O	97.482	18	5.416		298.15	4136.425	22401.407
<b>TOTAL</b>							<b>49518.431</b>

#### b. Menghitung Panas Keluar

$$T_{out} = 100^{\circ}\text{C} = 373,15 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 25^{\circ}\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

#### Aliran 16

Komponen	Massa (kg/jam)	Mr (Kg/mol)	ni (kmol/jam)	Top (K)	Tref (K)	Cp dT (J/mol.k)	Q16 (kJ/jam)
H <sub>2</sub> O	94.937	18	5.274	373.15	298.15	2539.175	13392.361
<b>TOTAL</b>							<b>13392.361</b>

#### Aliran 17

Komponen	Massa (kg/jam)	Mr (Kg/mol)	ni (kmol/jam)	Top (K)	Tref (K)	Cp dT (J/mol.k)	Q17 (kJ/jam)
C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	252.530	122	2.070	373.15	298.15	18034.088	37329.083
H <sub>2</sub> O	2.544	18	0.141		298.15	-24861.892	-3514.187
<b>TOTAL</b>							<b>33814.897</b>

Temperatur Evaporator = 100°C

Steam : *saturated steam* dengan suhu 140°C = 413,15K

Hv = 2733,9 kJ/kg (App A,2 Geankoplis, 1993 hal 857)

Hc = 589,13 kJ/kg (App A,2 Geankoplis, 1993 hal 857)

Jumlah panas yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} Q_s &= Q_{out} - Q_{in} \\ &= (50405,752 - 51863,342) \\ &= -1457,590 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

Steam yang diperlukan =  $\frac{Q_s}{H_v}$

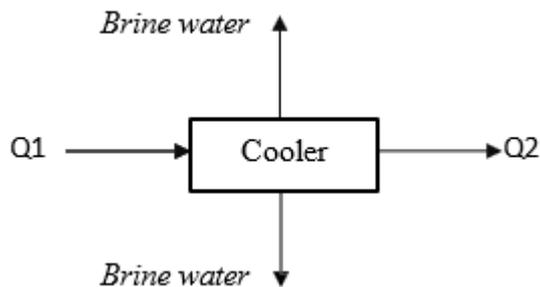
$$\begin{aligned} &= \frac{-1457,590}{1720} \\ &= 0,845 \text{ Kg/jam} \end{aligned}$$

Neraca Panas Total Evaporator

Neraca Panas Total evaporator		
	Qin	Qout
	kJ/Jam	kJ/Jam
Q15	49518.431	
Q16		13392.361
Q17		33814.897
Q steam	-2311.174	
<b>Total</b>	<b>47207.257</b>	<b>47207.257</b>

#### 6. Cooler

Fungsi : Mendinginkan umpan reaktan berupa C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> sebelum masuk ke reaktor



##### a. Menghitung Panas Masuk

$$T_{in} = 30^\circ\text{C} = 303,15 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 25^\circ\text{C} = 298.15$$

Aliran Q5

Komponen	Massa (kg/jam)	Mr (Kg/mol)	ni (kmol/jam)	Top (K)	Tref (K)	Cp dT (J/mol.k)	Q5 (kJ/jam)
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	161.460	78	2.070	303.15	298.15	691.468	1431.339
H <sub>2</sub> O	1.631	18	0.091		298.15	-24861.892	-2252.638
<b>TOTAL</b>							<b>-821.299</b>

b. Menghitung Panas Keluar

$$T_{in} = 10^{\circ}\text{C} = 283,15 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 25^{\circ}\text{C} = 298.15 \text{ K}$$

Aliran Q2

Komponen	Massa (kg/jam)	Mr (Kg/mol)	ni (kmol/jam)	Top (K)	Tref (K)	Cp dT (J/mol.k)	Q6 (kJ/jam)
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	161.460	78	2.070	283.15	298.15	-2048.242	-4239.861
H <sub>2</sub> O	1.631	18	0.091		298.15	-1136.212	-102.948
<b>TOTAL</b>							<b>-4342.808</b>

Neraca Panas Total Cooler

<b>Neraca Panas Total Cooler</b>		
	<b>Qin</b>	<b>Qout</b>
	<b>kJ/jam</b>	<b>kJ/jam</b>
<b>Q5</b>	-821.299	
<b>Q6</b>		-4342.808
<b>Q Pendingin</b>		3521.509
<b>Total</b>	<b>-821.299</b>	<b>-821.299</b>

Media pendingin yang digunakan adalah *brine water* dengan suhu 0°C dan diperkirakan akan keluar pada suhu 5°C.

Diketahui  $C_p \text{ brine water} = 3.409 \text{ kJ/Kg. K}$

$$C_{pdT} = C_p \times \Delta T$$

$$= C_p \times (T_2 - T_1)$$

$$= 3.409 \times (278,15 - 273,15)$$

$$= 17045 \text{ kJ.Kg}$$

Massa air pendingin yang diperlukan

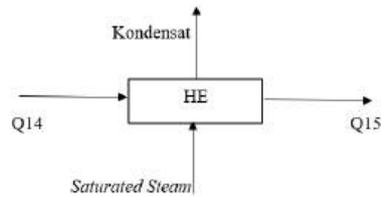
$$m : \frac{Q_{pendingin}}{C_{pdT}}$$

$$: \frac{3521,509}{17045}$$

$$: 0,207 \text{ Kg/Jam}$$

## 7. Heat Exchanger

Fungsi : Memanaskan fluida keluaran dekanter berupa *phenyl ethyl alcohol* dan air sebelum diumpankan ke evaporator



### a. Menghitung Panas Masuk

$$T_{in} = 10^{\circ}\text{C} = 283,15 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 25^{\circ}\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

Aliran Q14

Komponen	Massa (kg/jam)	Mr (Kg/mol)	ni (kmol/jam)	Top (K)	Tref (K)	Cp dT (J/mol.k)	Q14 (kJ/jam)
C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	252,53	122	2,070	283,15	298,15	-3455,877	-7153,382
H <sub>2</sub> O	97,482	18	5,416	283,15	298,15	-1136,212	-6153,322
TOTAL							-13306,703

### b. Menghitung Panas Keluar

$$T_{in} = 80^{\circ}\text{C} = 353,15 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 25^{\circ}\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

Aliran Q15

Komponen	Massa (kg/jam)	Mr (Kg/mol)	ni (kmol/jam)	Top (K)	Tref (K)	Cp dT (J/mol.k)	Q15 (kJ/jam)
C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	252,530	122	2,070	353,15	298,15	13100,531	27117,025
H <sub>2</sub> O	97,482	18	5,416	353,15	298,15	4136,425	22401,407
TOTAL							49518,431

Neraca Panas Total HE

Neraca Panas Total HE		
	Qin	Qout
	kJ/Jam	kJ/Jam
<b>Q14</b>	-13306.703	
<b>Q15</b>		49518.431
<b>Q steam</b>	62825.135	
<b>Total</b>	<b>49518.431</b>	<b>49518.431</b>

Steam : saturated steam dengan suhu  $110^{\circ}\text{C} = 413,15\text{K}$

$$H_v = 2733,9 \text{ kJ/kg (App A,2 Geankoplis, 1993 hal 857)}$$

$H_c = 589,13 \text{ kJ/kg}$  (App A,2 Geankoplis, 1993 hal 857)

$Q_{\text{steam}} = 65809,073 \text{ kJ/Jam}$

Steam yang diperlukan =  $Q_s$

$H_v$

$= 22,980 \text{ Kg/Jam}$



## Perancangan *Mixer*

- Kode : M-01
- Fungsi : Melarutkan katalis berupa  $\text{AlCl}_3$  dengan air sebelum masuk reaktor
- Bentuk : Silinder vertikal dengan *head* dan *bottom* berbentuk *torispherical*
- Bahan : *Stainless Steel SA-167 Grade 11*
- Kondisi Operasi
- T :  $10^\circ\text{C}$
- P : 1 atm
- Tujuan : a. Menentukan tipe tangki  
b. Menentukan bahan konstruksi  
c. Menghitung dimensi *mixer*  
d. Menghitung power motor

Langkah perencanaan:

a. Menentukan tipe tangki

*Mixer* dipilih dengan tangki berbentuk silinder vertikal dengan *head* berbentuk *torispherical* dengan pertimbangan sebagai berikut:

- Kondisi operasi pada tekanan atmosfer
- Tangki berpengaduk merupakan alat kontak antara padatan dan cairan yang baik
- Konstruksi sederhana sehingga lebih ekonomis

b. Menentukan bahan konstruksi

Bahan konstruksi yang dipilih adalah *Stainless Steel SA-167 Grade 11* dengan pertimbangan sebagai berikut:

- Tahan terhadap korosi
- Struktur kuat dengan *allowable stress value* sebesar 18750 psi
- Memiliki batas tekanan suhu bahan hingga  $700^\circ\text{F}$  ( $271,1^\circ\text{C}$ )

c. Menghitung dimensi *Mixer*

Volume cairan =  $0,169 \text{ m}^3$

Faktor kelonggaran (20%) =  $0,202 \text{ m}^3$

Untuk tangki berpengaduk rasio H/D antara 1-2 (Tabel 4-16, Ulrich, hal 168-169) Dipilih tangki silinder dengan  $H=1,5 \times D$

Volume head/bottom =  $0,000049D^3$  ft (Brownell and Young, pg 88 pers 5.11)

Volume mixer =  $2 \times (V_{tutup}) + V_{silinder}$

$7,162 \text{ ft}^3 = 2 \times (0,000049D^3) + 1/4 D^3$

$D^3 = 6,068 \text{ Ft}^3$

$D = 1.824 \text{ ft} = 0,556 \text{ m}$

$H = 1,5 \times D$

$H = 0,834 \text{ m}$

Tekanan Design =  $17,047 \text{ psi}$

Tekanan operasi =  $14,7 \text{ psi}$

Tebal Shell (ts) =  $\frac{P \times r}{f.E - 0,6 \times P} \times c$  (Brownell & Young, pg 254 pers 13.1)

dimana ts = tebal shell, in

P = tekanan, psi

r = jari-jari silinder dalam, in

F = maksimum *allowable stress*,  $18,750 \text{ psi}$   
(app D item 4 Brownell, pg 342)

E = Efisiensi pengelasan, 80%

C = faktor korosi, 0,125

Diperoleh ts =  $0,137 \text{ in} = 0,003 \text{ m}$

Tebal tutup atas (tha) = tebal tutup bawah (thb)

Tebal tutup atas =  $\frac{P_d \times r_i \times w}{2 \times (f.E - 0,1 \times P_d)} \times c$  (Brownell & Young, pg 254 pers 13.1)

Diperoleh tebal tutup atas =  $0,136 \text{ in} = 0,003 \text{ m}$

Standar *flange* (sf) =  $1,75 \text{ in}$

Tinggi tutup *dish* =  $5,889 \text{ in} = 0,49075 \text{ m}$

Tinggi tangki total =  $1,194 \text{ m}$

d. Menghitung dimensi pengaduk

Dipilih jenis pengaduk *three blade propeller* dengan pertimbangan:

➤ Viskositas larutan campuran rendah atau < dari 3000 cp

➤ Dapat beroperasi pada kecepatan tinggi

Tinggi larutan dalam *shell* ( $H_L$ ) = 1,476 in

$D_t = 1,969$  ft

Maksimum level =  $H_L/D_t = 0,750$

Jadi jumlah pengaduk (*impeller*)  $0,750 = 1$  buah

Diameter pengaduk =  $0,3 \times D_t = 0,179$  m

Panjang *blade* pengaduk =  $1/4 \times D_a = 0,045$  m

Lebar *blade* pengaduk =  $1/5 \times D_a = 0,036$  m

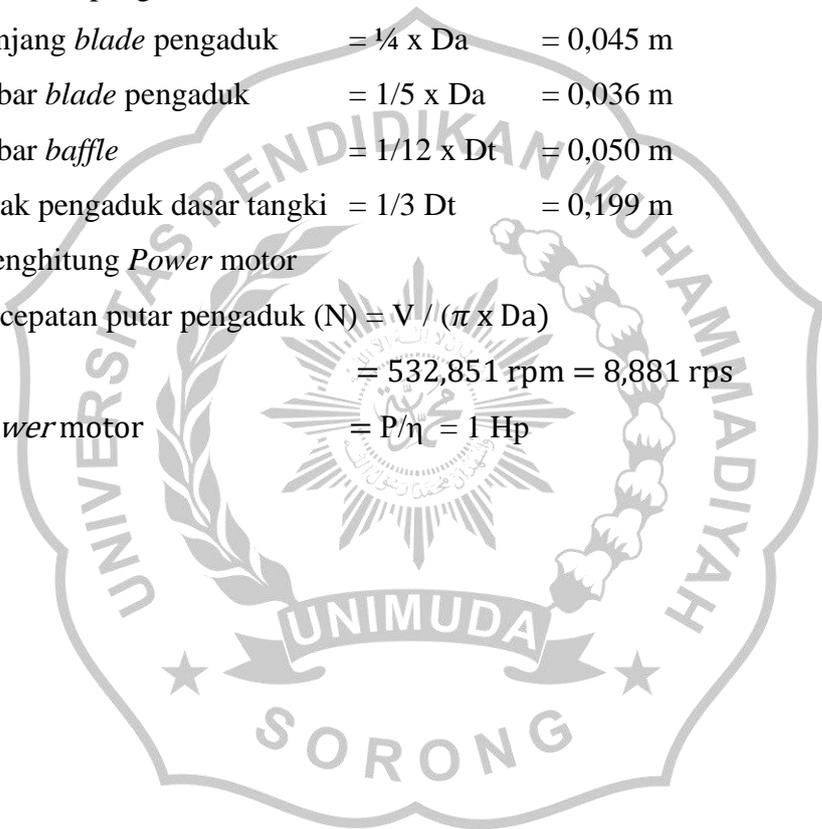
Lebar *baffle* =  $1/12 \times D_t = 0,050$  m

Jarak pengaduk dasar tangki =  $1/3 D_t = 0,199$  m

e. Menghitung *Power* motor

Kecepatan putar pengaduk ( $N$ ) =  $V / (\pi \times D_a)$   
=  $532,851$  rpm =  $8,881$  rps

*Power* motor =  $P/\eta = 1$  Hp



## Perancangan *Bucket Elevator*

- Kode : BE-01
- Fungsi : Mengangkut katalis berupa  $\text{AlCl}_3$  dari gudang ke *mixer*
- Tipe : *Centrifugal Discharge Bucket Elevator*
- Bahan : *Stainless Steel SA-167 Grade 11*
- Tujuan : a. Menentukan dimensi *Bucket Elevator*  
b. Menghitung kecepatan *Bucket Elevator*  
c. Menghitung *power Bucket Elevator*

Langkah Perencanaan :

- a. Menentukan dimensi *Bucket Elevator*

Jumlah bahan yang dipindahkan = 63,698 kg/jam

Faktor keamanan = 15%

Kapasitas design = 74,939 kg/jam = 0,075 ton/jam

Dari tabel 21-8 Perry, pg 21-15

Dipilih *Bucket Elevator* dengan spesifikasi:

Lebar *bucket* = 1,829 m

*Projection bucket* = 1,219 m

Dalam *bucket* = 1,372 m

Kecepatan *bucket* = 255 fpm

*Elevator center* = 25 ft

- b. Menghitung kecepatan *Bucket Elevator*

Kapasitas = 0,75 ton/jam

Kecepatan = kapasitas/ 14 ton (kap. Referensi) x 225 fpm

= 1,204 fpm

- c. Menghitung *power Bucket Elevator*

Tinggi total *Bucket Elevator* = 1,433 m

Efisiensi motor = 0,8

*Power motor* = 2 Hp

## Perancangan Reaktor

Kode	: R-01
Fungsi	: Tempat berlangsungnya etilen oksida dan benzene membentuk PEA
Tipe	: Reaktor berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas dan tutup bawah berupa <i>torispherical dished head</i>
Bahan	: <i>Stainless Steel SA-167 Grade 11</i>
Kondisi Operasi	
T	: 10°C
P	: 1 atm
Jenis reaksi	: Eksotermis
Perlengkapan	: Pengaduk dan jaket pendingin
Tujuan	: a. Menentukan tipe reaktor b. Menentukan bahan konstruksi reaktor c. Menghitung volume reaktor d. Menentukan dimensi reaktor e. Menentukan tebal dan tinggi shell f. Menentukan dimensi tutup atas dan tutup bawah g. Merancang pengaduk h. Merancang jaket pendingin

Langkah perencanaan:

a. Menentukan tipe reaktor

Reaktor yang dipilih adalah reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) dengan jaket pendingin, adapun pertimbangan memilih jenis reaktor ini adalah:

- Reaksi yang berlangsung merupakan reaksi dalam fase cair-cair
- Reaksi berjalan secara kontinyu
- Reaksi bersifat eksotermis
- Biaya pembelian, operasional dan perawatan lebih murah
- Pengaturan suhu lebih mudah

b. Menentukan bahan konstruksi reaktor

Bahan konstruksi yang dipilih adalah *Stainless Steel SA-167 Grade 11* dengan pertimbangan sebagai berikut:

- Tahan terhadap korosi
- Struktur kuat dengan *allowable stress value* sebesar 18750 psi
- Memiliki batas tekanan suhu bahan hingga 700°F (271,1°C)

c. Menghitung volume reaktor

$$\text{Laju alir volumetrik (Fv)} = \frac{F_{\text{in tot}}}{\rho_{\text{mix}}}$$

$$= \frac{476,372}{0,006216}$$

$$= 2,961 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Diketahui waktu tinggal} = 6.140 \text{ jam}$$

$$\text{Volume reaktor} = t \times Fv$$

$$= 6.140 \text{ jam} \times 2,961 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 18,181 \text{ m}^3$$

$$\text{Faktor kelonggaran 20\%} = 21,817 \text{ m}^3$$

d. Menentukan dimensi reaktor

Untuk tangki berpengaduk rasio H/D antara 1-2 (Tabel 4-16, Ulrich, hal 168-169) Dipilih tangki silinder dengan H=1,5 x D

$$\text{Volume head/bottom} = 0,000049D^3 \text{ ft (Brownell and Young, pg 88 pers 5.11)}$$

$$\text{Volume reaktor} = 2 \times (V_{\text{tutup}}) + V_{\text{silinder}}$$

$$21,817 \text{ m}^3 = 2 \times (0,000049D^3) + 1/4 D^3$$

$$D^3 = 27,789^3$$

$$D = 3,029 \text{ m}$$

$$H = 1,5 \times D$$

$$H = 4,543 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Cairan (Hliq)} = (V_o/V_t) \times H$$

$$= (18.181/21,817) \times 2,627$$

$$= 3,786 \text{ m}$$

e. Menghitung Tebal dan Tinggi Shell

Tekanan *Design* = 20,752 psi

Tekanan operasi = 14,7 psi

$$\text{Tebal Shell (ts)} = \frac{P \times r}{f \cdot E - 0,6 \times P} \times c \quad (\text{brownell \& young, pg 254 pers 13.1})$$

dimana  $t_s$  = tebal *shell*, in

$P$  = tekanan, psi

$r$  = jari-jari silinder dalam, in (23,701) in

$F$  = maksimum *allowable stres*, 18,750 psi

(app D item 4 brownell, pg 342)

$E$  = Efisiensi pengelasan, 80%

$C$  = faktor korosi, 0,125

Diperoleh  $t_s = 0,158$  in = 0,004 m

$$\begin{aligned} \text{Standarisasi OD} &= \text{ID} + (2 \times \text{tebal shell}) \\ &= 63,937 + (2 \times 0,1875) \\ &= 64,312 \text{ in} = 1,634 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari tabel 4.7 Brownell pg 91

$$\begin{aligned} \text{Standarisasi ID} &= \text{OD} - (2 \times \text{tebal shell}) \\ &= 66,375 \text{ in} = 1,686 \text{ m} \end{aligned}$$

f. Menentukan dimensi tutup atas dan tutup bawah

Tebal tutup atas ( $t_{ha}$ ) = tebal tutup bawah ( $t_{hb}$ )

$$\text{Tebal tutup atas} = \frac{0,885 \times P \times r_c}{(f \cdot E - 0,1 \times P)} \times c \quad (\text{brownell, pg 258 pers 13.12})$$

$r_c$  (*crown radius*) = 66 in (Tabel 5.7 Brownell, pg 89)

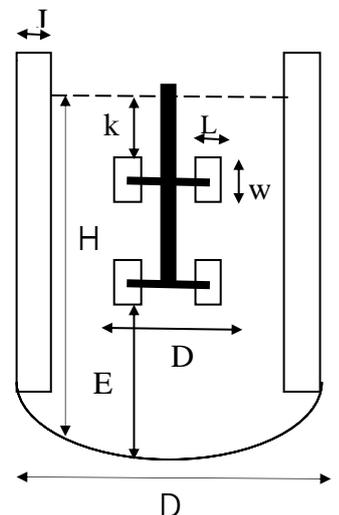
Diperoleh tebal tutup atas = 0,206 in = 0,005 m

$$\begin{aligned} \text{Tinggi total reaktor} &= \text{tinggi shell} + \text{Tinggi tutup atas dan bawah} \\ &= 3,207 \text{ m} \end{aligned}$$

g. Merancang pengaduk

$$\begin{aligned} \text{Dimensi Pengaduk (Da)} &= 1/3 D_t \quad (\text{Mc Cabe, pg 243}) \\ &= 1,844 \text{ ft} = 0,562 \text{ m} \end{aligned}$$

Tinggi daun pengaduk ( $W$ ) =  $1/5 D_a$



$$= 0,369 \text{ ft} = 0,112 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Ketinggian Pengaduk dari Dasar tangki (C)} &= 1/3 \times \text{Dt} \\ &= 1,844 \text{ ft} = 0,562 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar Baffle (J)} &= 1/12 \text{ Dt} \\ &= 0,461 \text{ ft} = 0,141 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak impeler dari poros (L)} &= 1/4 \times \text{Da} \\ &= 0,461 \text{ ft} = 0,141 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Pengaduk} &= (\text{tinggi larutan} \times \text{Sg rata-rata}) / \text{Dt} \\ &= (7,182 \times 1,134) / 5,531 = 1,472 \end{aligned}$$

Jadi digunakan pengaduk sebanyak 1 buah dengan jenis pengaduk yaitu *marine propeller* dengan 3 blades. Adapun pertimbangan memilih jenis pengaduk ini yaitu cocok untuk *liquid* yang viskositasnya rendah hingga sedang.

$$\begin{aligned} \text{Diameter pengaduk (Da)} &= \text{Diameter tangki} / (\text{ID} / \text{Da}) \\ &= 0,787 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak pengaduk dengan dasar tangki (Zi)} &= \text{Diameter tangki} \times (\text{Zi} / \text{Da}) \\ &= 3,147 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Water equivalent liquid height (WELH)} = 0,158 \text{ ft} = 0,048 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan pengaduk} &= (600 / (3,14 \times \text{diameter pengaduk})) \times \\ &\quad (\text{WELH} / (2 \times \text{diamater pengaduk})^2) \\ &= 0,438 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Standar putaran pengaduk minimal 60 rpm (1 rps) karena putaran pengaduk yang diperoleh kecil, maka digunakan kecepatan pengaduk sebesar 60 rpm.

$$\text{Power pengaduk} = \frac{N_p \times \rho \times N^3 \times \text{Da}^5}{g_c}$$

$g_c$

(mc.cabe pg 253 pers 9.24)

h. Merancang jaket pendingin

$$\text{Volume pendingin} = 7,038 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter luar reaktor} &= \text{diameter dalam} + 2 \times \text{tebal shell} \\ &= 19,699 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Diameter dalam reaktor} = 22,747 \text{ m}$$

Tebal jaket pendingin

$$\text{Tebal jaket p (tjp)} = \frac{P \times r}{f \cdot E - 0,6 \times P} \times c \quad (\text{brownell \& young, pg 254 pers 13.1})$$

dimana tjp = tebal jaket pendingin, in

P = diameter jaket, in (21,391)

D = jari-jari silinder dalam, in (74,628) in

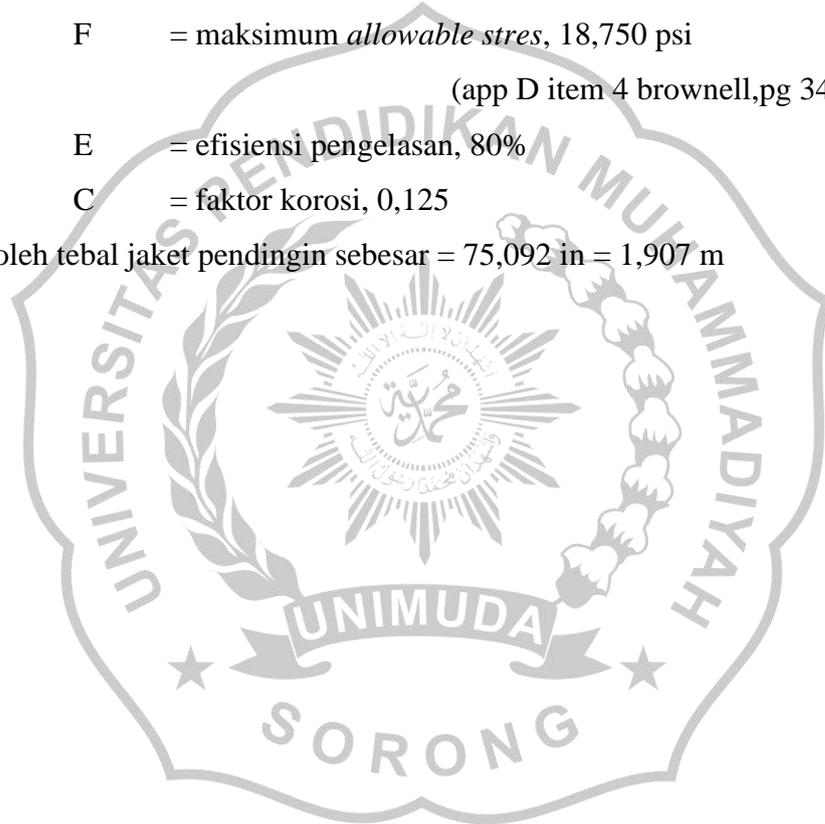
F = maksimum *allowable stres*, 18,750 psi

(app D item 4 brownell, pg 342)

E = efisiensi pengelasan, 80%

C = faktor korosi, 0,125

Diperoleh tebal jaket pendingin sebesar = 75,092 in = 1,907 m



## Perancangan *Rotary Drum Vacuum Filter* (RDVF)

- Kode : RDVF-01
- Fungsi : Memisahkan padatan (*cake*) berupa  $\text{AlCl}_3$  dengan larutan (filtrat) sebelum masuk ke dekanter
- Bahan : *Stainless Steel SA-167 Grade 11*
- Kondisi Operasi
- T :  $10^\circ\text{C}$
- P : 0,167 atm
- Tujuan : a. Menentukan komposisi bahan  
b. Menentukan data-data  
c. Menghitung konstanta filtrasi  
d. Menghitung kecepatan putar filter (N) dan periode putar (T)  
e. Menghitung daerah pembentukan *cake*  
f. Menghitung dimensi drum  
g. Menghitung sudut kontak tiap zone  
h. Menghitung filtrasi  
i. Menghitung *Final Moisture Content*

Langkah perencanaan :

- a. Menentukan komposisi bahan
- Laju alir filtrat = 363,187 kg/jam
- Volume filtrat =  $0,3604 \text{ m}^3$
- Densitas filtrat =  $1007,792 \text{ kg/m}^3$
- Laju alir *cake* = 255,051 kg/jam
- Volume *cake* =  $0,218 \text{ m}^3$
- Densitas *cake* =  $1169,773 \text{ kg/m}^3$
- Rasio air pencuci dengan cairan dalam *cake*
- $K = (\text{Qair/cairan dalam } \textit{cake})$
- $K = 0,676$
- b. Menentukan Data-Data
- Data *Slurry, cake* dan *filtrat*

$$\text{Massa padatan (ms)} = 63,698 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Volume padatan (vs)} = 0,0261 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Kadar padatan (x)} = 0,133$$

Untuk mencari spesifikasi partikel dapat dilihat di tabel 26 brown unit operation pg 214

$$\text{Porositas (X)} = 0,303$$

$$\text{Sphericity, (asumsi berbentuk bola) } \Psi = 1$$

$$\text{Diameter partikel padatan (Dp)} = 0,066 \text{ in} = 0,0055 \text{ ft}$$

$$\text{Densitas padatan } \rho_s = 2440,000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Densitas } \textit{filtrat} \rho_l = 1007,792 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Densitas } \textit{slurry} \rho_{sl} = 1092,294 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Viskositas } \textit{filtrat} \mu_l = 2,102 \text{ cP}$$

$$\text{Surface tension } \textit{filtrat} \gamma = 0,143 \text{ N/m}$$

#### Data Udara

$$\text{Viskositas udara } \mu_a = 0,018 \text{ cP}$$

Faktor bilangan reynold (Fre) dan faktor friksi (Ff) dari fig 219 GG. Brown.pg 211 dan 212 diperoleh nilai FRE dan Ff dengan menghubungkan porositas sebesar 0,303 dan sphericity sebesar 1.

$$Fre = 52$$

$$Ff = 4500$$

#### c. Menghitung Konstanta Filtrasi

$$\text{Tebal } \textit{cake} (L_c) = 1 \text{ in} = 0,063 \text{ ft}$$

$$\text{Permeabilitas } \textit{cake} (K) = 3,5174E-97 \text{ ft/det}^2$$

$$\text{Konstanta Filtrasi (C}_L) = 2.134.687,844 \text{ lbf.s/ft}^4$$

$$\text{Area filtrasi (C}_V) = 0,007 \text{ lbf.s/ft}^4$$

$$\text{Konstanta Filtrasi (C}_i) = 0,024 \text{ s}$$

$$\text{Kecepatan linear } \textit{filtrat} (V_L) = 1,057 \text{ ft}^3/\text{ft}^2$$

$$\text{Kecepatan Linear udara (V}_A) = 123.446 \text{ ft}^3/\text{ft}^2$$

#### d. Menghitung Kecepatan Putar Filter (N) dan Periode Putar (T)

$$\text{Dirancang kecepatan putar filter (N)} = 1 \text{ rpm}$$

$$\text{Diperoleh periode putar (Waktu siklus)} = 1 \text{ menit}$$

e. Menghitung Daerah Pembentukan *Cake*

Waktu putar pada daerah pembentukan *cake* ( $t_1$ ) = 0,698 menit

Persen waktu siklus daerah pembentukan *cake* = 0,698% waktu siklus

Sudut kontak pembentukan *cake* = 2,514°

f. Menghitung Dimensi Drum

Berdasarkan tabel 11.12b Walas, pg 324 dipilih diameter drum (D) = 1,829 m

Panjang drum (L) = 2D = 3,658 m

g. Menghitung sudut kontak tiap zone

Zone	% Waktu Siklus	Sudut Kontak (°)
<i>Cake Deposition</i>	20	72
<i>First Dewatering</i>	15	54
<i>Washing</i>	20	72
<i>Second Dewatering</i>	20	72
<i>Discharge (Standar Scrapper)</i>	25	90

h. Menghitung filtrasi

*Residual saturation* (Sr) = 0,348

*First dewatering zone* = 4,069 ft<sup>3</sup> udara/ft<sup>2</sup>.(cycle)

*Washing zone* = 0,055 ft<sup>3</sup> udara/ft<sup>2</sup>.(cycle)

*Second dewatering zone* = 0,271 ft<sup>3</sup> udara/ft<sup>2</sup>.(cycle)

Total kebutuhan udara = 4,396 ft<sup>3</sup> udara/ft<sup>2</sup>.(cycle)

i. Menghitung *final moisture content*

Kandungan air dalam *cake* = 0,117 kg air/kg padatan

Kemurnian padatan = 89,544 %

Kapasitas pompa = 3,5174E-07 ft<sup>3</sup>/s<sup>2</sup>(lbf)

Pompa power vakum = ((Ga x ΔP)/1715)

= 7 Hp

Efisiensi pompa = 84%

## Perancangan Dekanter

Kode	: Dk-01
Fungsi	: Memisahkan PEA dan air (fase berat) dengan fase ringan berupa benzene dan etilen oksida
Bentuk	: Tangki Silinder Horizontal dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk <i>standar dished head</i>
Jenis	: horizontal dekanter
Bahan	: <i>Stainless Steel SA-167 Grade 11</i>
Kondisi Operasi	
T	: 10°C
P	: 1 atm
Tujuan	: a. Menentukan tipe dekanter b. Menentukan bahan konstruksi dekanter c. Menghitung waktu pemisahan d. Menghitung kapasitas dekanter e. Menentukan dimensi dekanter

Langkah perencanaan:

a. Menentukan tipe dekanter

Dekanter dipilih dengan tipe tangki silinder horizontal dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk *standard dished head*. Adapun pertimbangan pemilihan tipe dekanter ini adalah:

- Harganya murah
- Desain tidak terlalu rumit sehingga mudah diaplikasikan
- Bisa diaplikasikan untuk pemisahan dengan tingkat perbedaan berat jenis yang rendah

b. Menentukan bahan konstruksi dekanter

Bahan konstruksi yang dipilih adalah *Stainless Steel SA-167 Grade 11* dengan pertimbangan sebagai berikut:

- Tahan terhadap korosi
- Struktur kuat dengan *allowable stress value* sebesar 18750 psi
- Memiliki batas tekanan suhu bahan hingga 700°F (271,1°C)

c. Menghitung waktu pemisah

$$t = \frac{6,42}{\rho_1 - \rho_2} \times \mu \text{ fase kontinyu}$$

$$\rho_1 - \rho_2$$

(Mc.Cabe pg 36 pers 2.15)

Diperoleh  $t = 1,583$  jam

d. Menghitung Kapasitas dekanter

$$\text{Volume larutan} = 1,440 \text{ m}^3$$

$$\text{Faktor kelonggaran 20\%} = 1,728 \text{ m}^3$$

e. Menentukan Dimensi Dekanter

Untuk tangki berpengaduk rasio H/D antara 1-2 (Tabel 4-16, Ulrich, hal 168-169) Dipilih tangki silinder dengan  $H=1,5 \times D$

$$\text{Volume head/bottom} = 0,000049D^3 \text{ ft} \text{ (brownell and young, pg 88 pers 5.11)}$$

$$\text{Volume reaktor} = 2 \times (V_{\text{tutup}}) + V_{\text{silinder}}$$

$$24,155 \text{ ft}^3 = 2 \times (0,000049D^3) + 1/4 D^3$$

$$D^3 = 51,831 \text{ Ft}^3$$

$$D = 3,728 \text{ ft} = 1,136 \text{ m}$$

$$H = 1,5 \times D$$

$$H = 1,705 \text{ m}$$

$$\text{Tekanan Design} = 21,080 \text{ psi}$$

$$\text{Tekanan operasi} = 14,7 \text{ psi}$$

$$\text{Tebal Shell (ts)} = \frac{P \times r}{f \cdot E - 0,6 \times P} \times C \quad \text{(brownell \& young, pg 254 pers 13.1)}$$

dimana  $ts$  = tebal shell, in

$P$  = tekanan, psi

$r$  = jari-jari silinder dalam, in

$F$  = maksimum allowable stres, 18,750 psi

(app D item 4 brownell, pg 342)

$E$  = Efisiensi pengelasan, 80%

$C$  = faktor korosi, 0,125

Diperoleh  $ts = 0,156 \text{ in} = 0,004 \text{ m}$

Standarisasi OD = ID + (2 x tebal shell)

$$= 32,844 + (2 \times 0,156)$$

$$= 33,189 \text{ in} = 0,843 \text{ m}$$

Dari tabel 4.7 Brownell pg 91

Standarisasi ID = OD – (2 x tebal shell)

$$= 33,625 \text{ in} = 0,854 \text{ m}$$

Tebal tutup atas (tha) = tebal tutup bawah (thb)

$$\text{Tebal tutup atas} = \frac{0,885 \times P \times r_c}{(f.E - 0,1 \times P)} \times c \text{ (brownell,pg 258 pers 13.12)}$$

$r_c$  (*crown radius*) = 34 in (Tabel 5.7 Brownell, pg 89)

Diperoleh tebal tutup atas = 0,167 in = 0,004 m

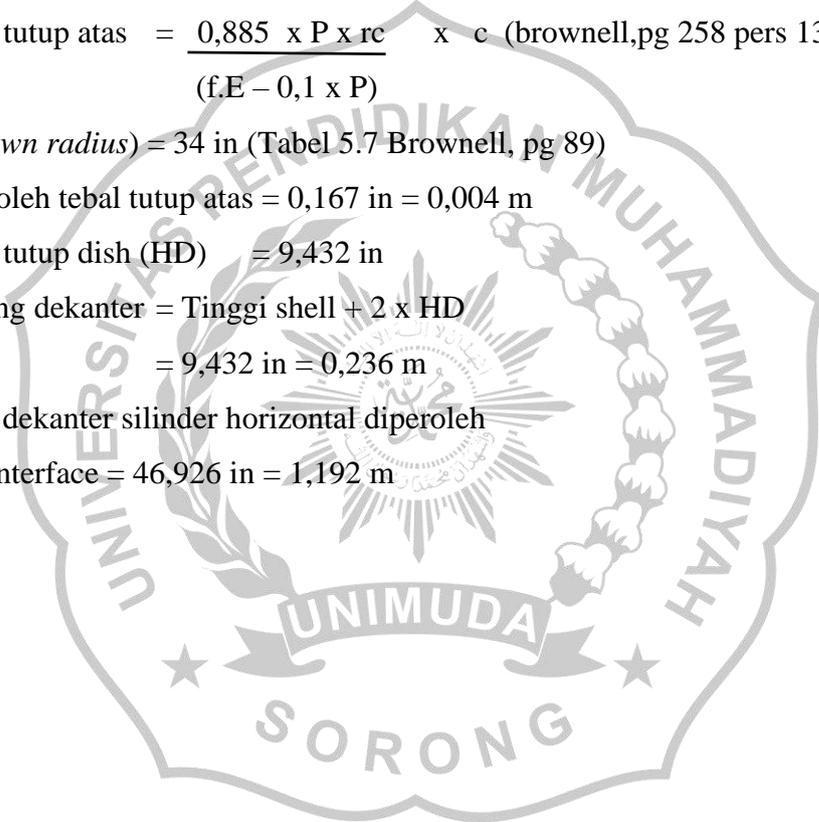
Tebal tutup dish (HD) = 9,432 in

Panjang dekanter = Tinggi shell + 2 x HD

$$= 9,432 \text{ in} = 0,236 \text{ m}$$

Untuk dekanter silinder horizontal diperoleh

lebar interface = 46,926 in = 1,192 m



## Perancangan Evaporator

Kode	: Rv-01
Fungsi	: Memurnikan produk berupa PEA dengan cara menguapkan kandungan air berdasarkan perbedaan titik didih.
Bentuk	: Tangki Silinder vertikal dengan tutup atas berbentuk <i>standar dished head</i>
Jenis	: <i>long tube horizontal evaporator</i>
Bahan	: <i>Stainless Steel SA-167 Grade 11</i>
Kondisi Operasi	
T	: 100°C
P	: 1 atm
Tujuan	: a. Menentukan tipe evaporator b. Menentukan bahan konstruksi evaporator c. Menghitung luas perpindahan panas evaporator d. Menghitung dimensi evaporator

### Langkah Perencanaan:

#### a. Menentukan tipe evaporator

Evaporator dipilih dengan tipe *long tube horizontal evaporator*. Adapun pertimbangan pemilihan tipe evaporator ini adalah:

- *Long tube eavporator* harganya murah serta pengoperasian lebih mudah (visual encyclopedia of chemical engineering equipment,1999).
- Luas perpindahan panasnya besar sehingga dapat menguapkan sejumlah besar air untuk membuat larutan pekat dengan kadar yang diinginkan (Ulrich,1984).
- Koefisien transfer panas cukup besar sehingga baik digunakan untuk perbedaan temperatur yang rendah atau tinggi (Perry,1999).

#### b. Menentukan bahan konstruksi evaporator

Bahan konstruksi yang dipilih adalah *Stainless Steel SA-167 Grade 11* dengan pertimbangan sebagai berikut:

- Tahan terhadap korosi

- Struktur kuat dengan *allowable stress value* sebesar 18750 psi
- Memiliki batas tekanan suhu bahan hingga 700°F (271,1°C)

c. Menentukan luas perpindahan panas evaporator

$$\text{Suhu masuk} = 80^{\circ}\text{C} = 176^{\circ}\text{F}$$

$$\text{Suhu keluar} = 100^{\circ}\text{C} = 212^{\circ}\text{F}$$

$$\Delta T = 36^{\circ}\text{F}$$

$$UD = 20\text{-}700 \text{ Btu/h.ft}^2.\text{F} = \text{dipilih } 700 \text{ (tabel 8.3-1 Geankoplis,pg 496)}$$

Digunakan 1 buah evaporator dengan luas perpindahan panas

$$A' = (Q / (UD \times \Delta T))$$

$$A' = 1,776 \text{ ft}^2$$

Berdasarkan walas pg 209, *long tube vertikal* memiliki kondisi tube

$$\text{Diameter tube} = 2 \text{ in}$$

$$\text{Panjang tube} = 7,315 \text{ m}$$

Berdasarkan appendix A.5-1 Geankoplis pg 892 dipilih pipa standar ukuran

(NPS) 1 in Sch 40, diperoleh:

$$OD = 1,315 \text{ in}$$

$$ID = 1,049 \text{ in}$$

$$A't = 0,864 \text{ in}^2$$

$$\text{Wall thickness} = 0,133 \text{ in}$$

$$\text{Jumlah tube (Nt)} = (A / (a't \times L)) = 12,330 \text{ buah} = 12 \text{ buah}$$

d. Menentukan dimensi evaporator

Dikarenakan ukuran diameter dan tinggi terlalu kecil (0,023 ft dan 0,046 ft), maka digunakan diameter dan tinggi secara umum yaitu

$$D = 1,699 \text{ m} \quad H = 2,266 \text{ m}$$

$$\text{Tekanan Design} = 57,759 \text{ psi}$$

$$\text{Tekanan operasi} = 14,7 \text{ psi}$$

$$\text{Tebal Shell (ts)} = \frac{P \times r}{f.E - 0,6 \times P} \times c \quad (\text{brownell \& young,pg 254 pers 13.1})$$

dimana ts = tebal shell, in

P = tekanan, psi

r = jari-jari silinder dalam, in

F = maksimum *allowable stres*, 18,750 psi  
(app D item 4 brownell,pg 342)

E = Efisiensi pengelasan, 80%

C = faktor korosi, 0,125

Diperoleh  $t_s = 0,128 \text{ in} = 0,003 \text{ m}$

Standarisasi OD = ID + (2 x tebal shell)  
= 32,844 + (2 x 0,156)  
= 33,133 in = 0,841 m

Dari tabel 4.7 Brownell pg 91

Standarisasi ID = OD - (2 x tebal shell) = 37,625 in = 0,955 m

Tebal tutup atas =  $\frac{0,885 \times P \times r_c}{(f.E - 0,1 \times P)} \times c$  (brownell,pg 258 pers 13.12)

$r_c$  (*crown radius*) = 34 in (Tabel 5.7 Brownell, pg 89)

Diperoleh tebal tutup atas = 0,241 in = 0,006 m

Tebal tutup dish (HD) = 8,657 in

Tebal tutup bawah (thb)

Tebal tutup bawah =  $\frac{P \times D}{2 \cos \alpha (F \times E - 0,6 \times P)} \times c$

Dimana  $\alpha = \frac{1}{2}$  sudut conis = 30°

Diperoleh tebal tutup bawah = 0,146 in = 0,0037 m

## Perhitungan Cooler

- Kode : CL-02
- Fungsi : Mendinginkan bahan berupa benzene dan air sebelum diumpankan ke reaktor
- Tipe : *Double Pipe Heat Exchanger*
- Bahan : *Stainless Steel SA-167 Grade 11*
- Tujuan : a. Menentukan tipe *cooler*  
b. Menentukan bahan konstruksi *cooler*  
c. Menghitung spesifikasi *cooler*  
d. Menghitung *pressure drop*

### Langkah Perencanaan:

- a. Menentukan tipe *cooler*  
*Cooler* yang dipilih adalah tipe *double pipe heat exchanger* dengan pertimbangan luas permukaan perpindahan panas  $< 120 \text{ ft}^2$ .
- b. Menentukan bahan konstruksi *cooler*  
Bahan konstruksi yang dipilih adalah *Stainless Steel SA-167 Grade 11* dengan pertimbangan sebagai berikut:
- Tahan terhadap korosi
  - Struktur kuat dengan *allowable stress value* sebesar 18750 psi
  - Memiliki batas tekanan suhu bahan hingga 700°F (271,1°C)

- c. Menentukan Spesifikasi *Cooler*

$$\text{Beban panas (Q)} = 3.521,509 \text{ kJ/Jam} = 3.337,792 \text{ btu/jam}$$

$$\text{W fluida panas} = 163,091 \text{ kg/jam} = 359,553 \text{ lb/jam}$$

$$\text{W fluida dingin} = 98,919 \text{ kg/jam} = 218,078 \text{ lb/jam}$$

$$\Delta T \text{ Fluida Panas (Benzene) suhu masuk} = 30^\circ\text{C} = 86^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu keluar} = 10^\circ\text{C} = 50^\circ\text{F}$$

$$\Delta T \text{ fluida dingin (brine water) suhu masuk} = -5^\circ\text{C} = 23^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu keluar} = 5^\circ\text{C} = 41^\circ\text{F}$$

Fluida Panas		Fluida Dingin	Selisih	$\Delta t$
86	Suhu tinggi	41	45	$\Delta t_1$
50	Suhu rendah	23	27	$\Delta t_2$
36	Selisih	18	18	

$$LMTD = (\Delta T_1 - \Delta T_2) / \ln (\Delta T_1 / \Delta T_2) = 35,237^\circ F$$

$$R = (T_1 - T_2) / (t_2 - t_1) = 2$$

$$S = (t_2 - t_1) / (T_1 - t_1) = 0,2857$$

Dari fig.18 Kern, diperoleh faktor koreksi = 1

Sehingga  $\Delta T = 35,237^\circ F$

Suhu caloric ( $T_c$ ) =  $68^\circ F$

$t_c = 32^\circ F$

Dari tabel 8 kern untuk sistem *water-brine* pada *cooler* diperoleh

$$UD = 100-200 \text{ Btu/h.ft}^2 \cdot ^\circ F$$

$$\text{Trial } ud = 100 \text{ Btu/h.ft}^2 \cdot ^\circ F$$

$$A = 0,947 \text{ ft}^2$$

Maka digunakan *double pipe heat exchanger*. Dari kern tabel 6.1 dipilih *cooler*

Dengan ukuran *annulus* = 2 in

*Inner pipe* = 1,25 in

Dari tabel 11 kern, pg 844 diperoleh:

Untuk *annulus* = 2 in Sch 40

$$OD = 2,38 \text{ in ; ID} = 2,067 \text{ in ; at} = 3,35 \text{ in}^2$$

Untuk *inner pipe* = 1,25 in Sch 40

$$OD = 1,66 \text{ in ; ID} = 1,38 \text{ in ; at} = 1,5 \text{ in}^2$$

Evaluasi perpindahan panas

<i>Annulus : Cold Fluid (Brine Water)</i>	<i>Inner pipe : Hot Fluid (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)</i>
<p>5. Menentukan <i>Reynolds Number</i></p> $D_2 = \frac{2.067}{12} = 0.172 \text{ ft}$ $D_1 = \frac{1.66}{12} = 0.138 \text{ ft}$ <p>~ <i>Flow Area</i></p> $a_a = \frac{\pi \left[ D_2^2 - D_1^2 \right]}{4}$ $= \frac{\pi \left[ 0.17225^2 - 0.13833333^2 \right]}{4}$ $= 0.0082692 \text{ ft}^2$	<p>5. Menentukan <i>Reynolds Number</i></p> $D = \frac{1.38}{12} = 0.115 \text{ ft}$ <p>~ <i>Flow Area</i></p> $a_p = \frac{\pi D^2}{4}$ $= \frac{\pi \left[ 0.115^2 \right]}{4}$ $= 0.01038163 \text{ ft}^2$
<p>~ <i>Equivalent Diameter (De)</i></p> <p>Pers. 6.3 Kern</p> $De = \frac{\left[ D_2^2 - D_1^2 \right]}{D_1}$ $= \frac{\left[ 0.1723^2 - 0.1383^2 \right]}{0.13833333}$ $= 0.076 \text{ ft}$	<p>~ <i>Mass Velocity (Ga)</i></p> $Ga = \frac{W}{a_a} = \frac{359.553}{0.008}$ $= 43481.301 \text{ lb/jam.ft}^2$
<p>~ <i>Mass Velocity (Ga)</i></p> $Ga = \frac{W}{a_a} = \frac{359.553}{0.008}$ $= 43481.301 \text{ lb/jam.ft}^2$	<p>~ <i>Mass Velocity (Gp)</i></p> $Gp = \frac{W}{a_p} = \frac{218.078}{0.010}$ $= 21006.187 \text{ lb/jam.ft}^2$
<p>~ <i>Reynolds Number (Rea)</i></p> <p>Pada tc = 32 °F</p> $\mu_{\text{mix}} = 0.266 \text{ cp}$ $= 0.643961308 \text{ lb/ft.jam}$ $Re_a = \frac{De \times Ga}{\mu}$ $= \frac{0.076149 \times 43481.30098}{0.643961308}$ $= 5141.705803$	<p>~ <i>Reynolds Number (Rep)</i></p> <p>Pada Tc = 68 °F</p> $\mu = 6.544E-01 \text{ cp}$ $= 1.58298132 \text{ lb/ft.jam}$ $Re_p = \frac{D \times Gp}{\mu}$ $= \frac{0.115 \times 21006.18694}{1.583E+00}$ $= 1526.051808$

6. Menentukan Koefisien Film

Perpindahan Panas ( $h_o$ )

~ Fig. 24 Kern

$$j_H = 55$$

~ Konduktivitas termal

Tab 4 Kern Pg-800

$$k = 0.33 \text{ Btu/jam.ft.}^\circ\text{F}$$

~ Kapasitas panas

Fig. 3 Kern pg 805

$$c_{\text{mix}} = 0.27 \text{ Btu/lb.}^\circ\text{F}$$

$$\left( \frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{0.333333} = 0.8076748$$

Pers. 6.15b Kern

$$h_o = j_H \frac{k}{De} \left( \frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{0.333} \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14}$$

$$= 55 \left( \frac{0.33}{0.076149046} \right) 0.8077 \cdot 1^{0.14}$$

$$= 192.50796 \text{ Btu/jam.ft.}^\circ\text{F}$$

6. Menentukan Koefisien Perpindahan

Panas ( $h_{io}$ )

~ Fig. 24 Kern

$$j_H = 84$$

~ Konduktivitas termal

Tab 4 Kern Pg-800

$$k_{\text{mix}} = 0.092 \text{ Btu/jam.ft.}^\circ\text{F}$$

~ Kapasitas panas

$$c_{\text{mix}} = 0.99 \text{ Btu/lb.}^\circ\text{F}$$

$$\left( \frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{0.333333} = 2.573007$$

Pers. 6.15b Kern

$$h_i = j_H \frac{k}{D} \left( \frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{0.333} \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14}$$

$$= 84 \left( \frac{0.092}{0.115} \right) 2.573 \cdot 1^{0.14}$$

$$= 172.9061039 \text{ btu/jam.ft.}^\circ\text{F}$$

Pers. 6.5 Kern

$$h_{jo} = h_i \times \frac{ID}{OD}$$

$$= 172.9061039 \times \frac{1.38}{1.66}$$

$$= 143.7412189 \text{ btu/jam.ft.}^\circ\text{F}$$

*Clean overall coefficient (Uc)*

$$UC = (h_{io} \times h_o) \times (h_{io} + h_o) = 82,294 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

*Design Overall Coefficient (Ud)*

$$Ud = 70,663 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

Luas permukaan yang diperlukan (pers 6.11)

$$A = 1,414 \text{ ft}^2$$

Dari tabel 11 Kern untuk 1 ¼ IPS pipa standar diperoleh  $a'' = 0,435 \text{ ft}^2/\text{ft}$

Sehingga panjang yang dibutuhkan  $L = 3,25 \text{ ft}$

Maka dikoneksikan 3 hairpins dengan susunan seri

d. Menghitung *pressure drop*

<i>Annulus : Cold Fluid (Brine Water)</i>	<i>Inner pipe : Hot Fluid (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)</i>
<p>1. Menentukan Re dan friksi pada pipa</p> <p>Pers. 6.4 Kern:</p> $D_c' = D_2 - D_1$ $= 0.17225 - 0.138333333$ $= 0.0339167 \text{ ft}$ $R_{ca}' = \frac{D_c' \times G_a}{\mu}$ $= \frac{0.0339167 \times 43481.30098}{0.643961308}$ $= 2290.107763$ <p>Pers. 3.47b Kern</p> $f = 0.0035 + \frac{0.264}{(DG/\mu)^{0.42}}$ $= 0.0035 + \frac{0.264}{[2290.107763]^{0.42}}$ $= 0.0137439$ $s_{mix} = 0.4017$ $\rho_{mix} = 62.43 \times 0.402$ $= 25.08040993 \text{ lb/ft}^3$	<p>1. Menentukan friksi pada pipa</p> <p>Untuk <math>R_{ep} = 1526.051808</math></p> <p>Pers. 3.47b Kern</p> $f = 0.0035 + \frac{0.264}{(DG/\mu)^{0.42}}$ $= 0.0035 + \frac{0.264}{[1526.0518]^{0.42}}$ $= 0.015648$ $s = 1$ $\rho = 62.43 \times 1$ $= 62.43 \text{ lb/ft}^3$
<p>2. Menentukan <math>\Delta P</math> karena panjang pipa</p> <p>Pers. 6.14 Kern :</p> $\Delta F_a = \frac{4 f G_a^2 L}{2 g \rho^2 D_c'}$ $= \frac{4 \cdot 0.01374388 \cdot 43481.30098^2 \cdot 120}{2 \cdot 4.2 \cdot 10^8 \cdot 25.0804^2 \cdot 0.0339167}$ $= 0.6993055 \text{ ft}$ $V = \frac{G}{3600 \rho}$ $= \frac{43481.30098}{3600 \times 25.08040993}$ $= 0.4815766 \text{ fps}$ $\Delta F_1 = n \left( \frac{V^2}{2 g'} \right)$ $= 1 \times \frac{0.481576625^2}{2 \times 32.2}$ $= 0.0036012 \text{ ft}$ $\Delta P_a = \frac{[\Delta F_a + \Delta F_1] \times \rho}{144}$ $= \frac{[0.699 + 0.0036] \times 25.08040993}{144}$ $= 0.1224249 \text{ Psi}$	<p>2. Menghitung <math>\Delta P</math> pipa</p> <p>Pers. 6.14 Kern :</p> $\Delta F_a = \frac{4 f G_p^2 L}{2 g \rho^2 D}$ $= \frac{4 \cdot 0.015648001 \cdot 21006.187^2 \cdot 120}{2 \cdot 4.2 \cdot 10^8 \cdot 62.43^2 \cdot 0.115}$ $= 0.008803001 \text{ ft}$ $\Delta P_p = \frac{0.008803 \times 62.43}{144}$ $= 0.003816468 \text{ Psi}$

## Perhitungan Pompa Proses

- Kode : PP-03
- Fungsi : Mengalirkan bahan baku berupa benzene yang keluar dari tangki penyimpanan menuju *cooler*.
- Tipe : *Centrifugal Pump*
- Bahan : *Commercial Steel*
- Tujuan : a. Menentukan tipe pompa  
b. Menentukan bahan konstruksi pompa  
c. Menghitung spesifikasi pompa  
d. Menentukan Tenaga Pompa (BHP)  
e. Menghitung tenaga motor

### Langkah Perencanaan :

a. Menentukan tipe pompa

Dalam perancangan ini dipilih pompa sentrifugal dengan pertimbangan:

- Konstruksinya sederhana, harganya relatif murah dan banyak tersedia di pasaran
- Kecepatan putarannya stabil
- Biaya perawatan paling murah dibandingkan dengan tipe pompa yang lain.

b. Menentukan bahan konstruksi pompa

Bahan konstruksi yang dipilih adalah *commercial steel* dengan pertimbangan sebagai berikut:

- Tahan terhadap korosi
- Memiliki batas tekanan yang diijinkan besar (s.d 22.500 psi)
- Memiliki batas suhu bahan hingga -65-650°F

c. Menghitung spesifikasi pompa

Laju volumetrik = 0,002 ft<sup>3</sup>/s – 0,821 gpm

Diperkirakan aliran turbulen ( $N_{re} > 2100$ ), sehingga persamaan untuk  $D_i < 1$  in, yaitu :

$$D_i \text{ opt} = 4,7 \times (Q)^{0,49} \times (\rho)^{0,14}$$

Sehingga  $D_{i \text{ opt}} = 0,375$  in (benar  $D_i < 1$  in)

Dari tabel 23,pg 123 Brown diperoleh

D nominal = 1 in

Sch = 40

ID = 1,049 in

OD = 1,315 in

at = 0,8639 in<sup>2</sup>

Kecepatan = 0,093 m/s

Bilangan reynold =  $\frac{\rho \times v \times D}{\mu}$

Diperoleh Nre = 3.171,66 (asumsi aliran turbulen benar)

Sistem pemipaan

Jenis Pipa	Jumlah	Le (ft)
Pipa Lurus	8	96
Gate Value	5	0
Elbow Standar, 90°	7	0
<b>Jumlah</b>		<b>96</b>

Persamaan Bernoulli

$$W_s = Z \frac{g}{gc} + \frac{V^2}{2gc} + \frac{P}{\rho} + f$$

$$\text{Maka, static head} = z \frac{g}{gc} = (32.8084 - 0) = 32,8084 \text{ ft}$$

$$\text{Pressure head} = \frac{P}{\rho} =$$

$$\text{Velocity head} = \frac{V^2}{2gc} = 0,009$$

$$\text{Friksi head} = \frac{f V^2 (L_e + L)}{2 gc ID} = 0,3377$$

$$\text{Total Head} = 33,156 \text{ ft} = 10.106 \text{ m}$$

**d. Menentukan Tenaga Pompa (BHP)**

Effisiensi = 50%

$$\text{BHP} = \frac{\rho H Q}{\text{eff}} \quad (\text{Fig 14-37, pg 520 Peter})$$

Diperoleh BHP sebesar 6,623 lb/ft.s

**e. Menentukan Tenaga Motor**

Eff = 80%

$$\text{Power motor} = \frac{\text{BHP}}{\text{eff}}$$

Diperoleh = 0,015 Hp

## Perancangan Gudang Penyimpanan

- Kode : F-01  
Fungsi : Menyimpan bahan baku pembantu yaitu aluminium klorida  
Bentuk : Bangunan persegi dengan tutup prima segiempat  
Bahan : Beton  
Kondisi Operasi  
T : 30°C  
P : 1 atm  
Tujuan : a. Menentukan kapasitas gudang  
b. Menentukan dimensi gudang

Langkah perencanaan:

- a. Menentukan kapasitas penyimpanan

Kebutuhan aluminium klorida = 63,698 kg/jam

Gudang dirancang selama 7 hari = 168 jam

Kapasitas yang harus disediakan = 10.701,264 kg

Volume gudang = (massa/densitas)

$$= (10701,264/2405,385)$$

$$= 4,449 \text{ m}^3$$

Faktor keamanan 20% sehingga Volume gudang = 5,561 m<sup>3</sup>

- b. Menentukan dimensi gudang

Gudang direncanakan berukuran = p : l : t = 2x : 2x : x

Volume gudang = panjang x lebar x tinggi

$$5,561 = 4x^3$$

$$x^3 = 1,391$$

$$x = 1,116$$

jadi tinggi gudang (t) = 1,116 m

panjang (p) = 2,232 m

lebar (l) = 2,232 m

## Perencanaan Tangki Penyimpanaan

- Kode : TP-04
- Fungsi : Menyimpan produk *Phenyl Ethyl Alcohol* hasil dari evaporator
- Bentuk : Tangki Silinder Vertikal dengan tutup atas *conical* dan tutup bawah berupa *plate*
- Bahan : *Stainless Steel SA-167 Grade 11*
- Kondisi Operasi
- T : 30°C
- P : 1 atm
- Tujuan : a. Menentukan tipe tangki  
b. Menentukan bahan konstruksi tangki  
c. Menghitung Kapasitas tangki  
d. Menghitung tinggi cairan tangki  
e. Menghitung tebal plate silinder tangki  
f. Menentukan *top angel* untuk *conical roof*  
g. Menghitung tebal dan tinggi *conis*  
h. Menghitung tinggi tangki total

Langkah perencanaan:

a. Menentukan tipe tangki

Tangki dipilih dengan bentuk silinder vertikal dengan tutup atas berupa *conical (cone roof)* dan bagian tutup bawah berupa *plate*. Adapun pertimbangan pemilihan tipe tangki ini adalah:

- Tipe tangki ini cocok untuk *liquid* yang mudah menguap dan mudah terbakar atau *flash point* kurang dari 100°F (-12°C)
- Tangki jenis ini mengurnagi resiko terjadinya kebakaran

b. Menentukan bahan konstruksi

Bahan konstruksi yang dipilih adalah *Stainless Steel SA-167 Grade 11* dengan pertimbangan sebagai berikut:

- Tahan terhadap korosi

- Struktur kuat dengan *allowable stress value* sebesar 18750 psi
- Memiliki batas tekanan suhu bahan hingga 700°F (271,1°C)

c. Menghitung dimensi tangki

$$\text{Volume} = 41,601 \text{ m}^3 = 1.469,143 \text{ ft}^3 = 261,665 \text{ bbl}$$

$$\text{Faktor kelonggaran } 20\% = 52,002 \text{ m}^3$$

$$\text{Dirancang } D = 8/3 H \quad (\text{Brownell,pg 43 pers 3.12})$$

$$V = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H}{4}$$

$$4 \quad (\text{Brownell,pg 41 pers 3.1})$$

$$\text{Diperoleh } D = 5,611 \text{ m} ; H = 2,104 \text{ m}$$

d. Menghitung Tinggi cairan

Karena bagian tuotp bawah berupa *plate* , tinggi larutan dapat dihitung sebelum menghitung volume tutupan

$$V \text{ larutan} = \frac{\pi \cdot ID^2 \cdot H}{4}$$

$$\text{Diperoleh tinggi cairan } 0,913 \text{ m}$$

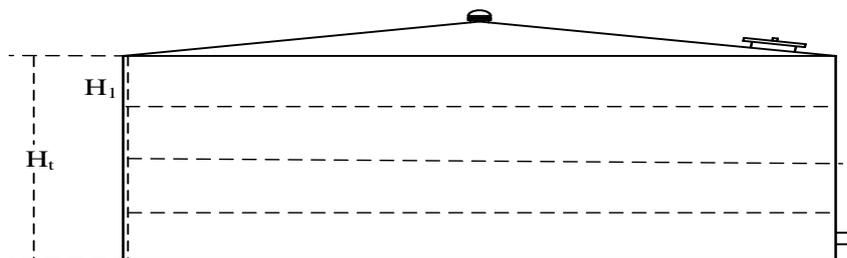
e. Menghitung tebal plate silinder tangki

Berdasarkan appendix E item 1 brownell menggunakan 72 in atau 6 ft *butt welded course* sehingga jumlah plate

$$\text{Jumlah plate ke atas} = H/\text{butt welded course} = 1,167 \text{ plate}$$

$$\text{Jumlah plate ke samping} = D/10 = 1 \text{ plate}$$

Tangki dirancang terdiri dari 1 plat melingkar, 2 plat tersusun vrtikal dengan tebal berbeda dan tebal sambungan yang diijinkan adalah 3/16 in



Tebal shell

$$\text{Tebal Shell (ts)} = \frac{\rho \times (H-1 \times D}{2 \times F \times E} \times c$$

$$2 \times F \times E \quad (\text{brownell \& young,pg 45 pers 3.16})$$

Course 1

Diperoleh  $t_s = 0,136 \text{ in} = 0,003 \text{ m}$

Tebal *shell* distandarisasi dari Appendix E Item 2 Brownell untuk plat dengan 72 in atau 6 ft *butt welded course* menjadi,  $t_s = 0.1875 \text{ in}$ . Direncanakan menggunakan 1 plat untuk tiap *course* dan *allowance* untuk *vertical welded joint* (jarak sambungan antar plat vertikal) =  $5/32 \text{ in}$  atau 0,156 in

Panjang tiap alat (L) =  $\pi d - \text{weld length}$   
 $12 n$  (brownell, pg 55)

Diperoleh  $L = 31,452 \text{ ft} = 9,586 \text{ m}$

Course 2

Dengan rumus yang sama diperoleh  $t_s = 0,129 \text{ in} = 0,003 \text{ m}$

Diperoleh  $L = 10,470 \text{ ft} = 3,191 \text{ m}$

Plate ke -	H (ft)	$t_s$ (in)	t standart (in)	L (ft)
1	7	0.13561064	0.1875	31.452417
2	6	0.12853688	0.1875	10.470021

f. Menentukan *top angel* untuk *conical roof*

*Top angel* untuk *Conical Roof* dengan diameter 35 ft atau kurang adalah  $2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2} \times \frac{1}{4} \text{ in}$  (Brownell, hal 53). Bila digunakan 3 buah plat untuk *top angel*, maka panjang tiap *section* maka  $L : 26,175 \text{ ft}$

$\text{Sin } \theta = D / (430 \times t)$  (Pers 4.6 brownell pg 64)

Diperoleh  $\text{Sin } \theta = 0,124$

$\theta = 0,124 \text{ rad } 7,125^\circ$

g. Menghitung tebal dan tinggi *conis*

Tinggi *Conical Head* dapat dihitung menggunakan rumus aturan tangensial.

$\text{Tan } \theta = Hh / (0,5 \times D)$

Diperoleh tinggi *conical head* ( $Hh$ ) =  $0,625 \text{ ft} = 0,2 \text{ m}$

Tebal *conical head* =  $\frac{Pd \times D}{2 \text{ Cos } \theta ((f \times E) - (0,6 \times Pd))} + c$

(Brownell pg 118, pers 6.154)

Diperoleh Tebal *conical head* = 0,135 in = 0,003 m

h. Menghitung tinggi tangki total

Tinggi tangki total = tinggi tutup + tinggi tangki

= 2,993 ft + 6,260 ft

= 6,885 ft = 2,1 m



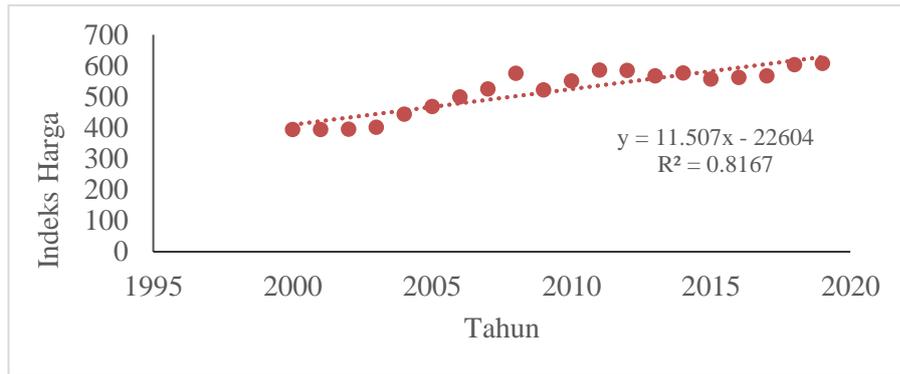
## Lampiran Perhitungan Ekonomi

### Dasar Perhitungan

#### 1. Data Indeks Harga tahun 2000-2019

No	Tahun	Indeks Harga
1	2000	394.1
2	2001	394.3
3	2002	395.6
4	2003	401.7
5	2004	444.2
6	2005	468.2
7	2006	499.6
8	2007	525.4
9	2008	575.4
10	2009	521.9
11	2010	550.8
12	2011	585.7
13	2012	584.6
14	2013	567.3
15	2014	576.3
16	2015	556.8
17	2016	561.7
18	2017	567.5
19	2018	603.1
20	2019	607.5

Karena nilai *cost index* tidak memenuhi untuk tahun-tahun terbaru, maka nilai *cost index* dapat diestimasi dengan ekstrapolasi dengan menggunakan persamaan linear.



Dari persamaan regresi linier didapat index didapat

$$Y : 11,507x - 22.604$$

Dimana

y : *cost index*

x : tahun

dengan memasukkan data yang diinginkan (x), maka akan didapat *cost index* (y).

tahun index

2025 697,67

2014 571,10

Adapun harga peralatan dan bahan kimia dijual dengan satuan mata uang dollar Amerika (US\$) sehingga diperlukan konversi mata uang dolar Amerika ke satuan rupiah.

$$1\text{US\$} = \text{Rp } 15,150 \text{ (tanggal 28 oktober 2024) (www/bca.co.id/en)}$$

## 2. Harga Alat Proses

No	Kode	Nama Alat	Jumlah	Harga 2014	Harga 2025	Total Harga
			(Unit)	\$	S	\$
1	TP-01	Tempat Penyimpanan	1	60,300.00	73,664.77	73,664.77
2	TP-02	Tempat Penyimpanan	1	35,300.00	43,123.82	43,123.82
3	TP-03	Tempat Penyimpanan	1	35,300.00	43,123.82	43,123.82
4	TP-04	Tempat Penyimpanan	1	51,500.00	62,914.36	62,914.36
5	F-01	Gudang	1	1,900.00	2,321.11	2,321.11
6	M-01	Mixer	2	4,000.00	4,886.55	9,773.10
7	R-01	Reaktor	2	80,100.00	97,853.20	195,706.40
8	RDVF-01	Rotary Drum Vakuum Filter	2	20,400.00	24,921.41	49,842.83
9	Dk-01	Dekanter	2	16,614.00	20,296.29	40,592.59
10	Ev-01	Evaporator	2	8,900.00	10,872.58	21,745.16
11	CL-01	Cooler	2	5,000.00	6,108.19	12,216.38
12	CL-02	Cooler	2	5,000.00	6,108.19	12,216.38
13	CL-03	Cooler	2			

No	Kode	Nama Alat	Jumlah	Harga 2014	Harga 2025	Total Harga
			(Unit)	\$	S	\$
				5,000.00	6,108.19	12,216.38
14	CL-04	<i>Cooler</i>	2	5,000.00	6,108.19	12,216.38
15	HE-01	<i>Heat Exchanger</i>	2	4,000.00	4,886.55	9,773.10
16	PP-01	Pompa Proses	2	3,800.00	4,642.22	9,284.45
17	PP-02	Pompa Proses	2	3,800.00	4,642.22	9,284.45
18	PP-03	Pompa Proses	2	3,800.00	4,642.22	9,284.45
19	PP-04	Pompa Proses	2	3,800.00	4,642.22	9,284.45
20	PP-05	Pompa Proses	2	3,800.00	4,642.22	9,284.45
21	PP-06	Pompa Proses	2	3,800.00	4,642.22	9,284.45
22	PP-07	Pompa Proses	2	3,800.00	4,642.22	9,284.45
23	PP-08	Pompa Proses	2	3,800.00	4,642.22	9,284.45
24	PP-09	Pompa Proses	2	3,800.00	4,642.22	9,284.45
25	PP-10	Pompa Proses	2	3,800.00	4,642.22	9,284.45
26	PP-11	Pompa Proses	2	3,800.00	4,642.22	9,284.45

No	Kode	Nama Alat	Jumlah	Harga 2014	Harga 2025	Total Harga
			(Unit)	\$	S	\$
27	PP-12	Pompa Proses	2	3,800.00	4,642.22	9,284.45
28	BC-01	Belt Conveyor	2	8,150.00	9,956.35	19,912.70
<b>Total</b>			51	392,064.00	478,960.27	732,772.66

Contoh perhitungan untuk menentukan harga alat pada tahun 2025

=  $\frac{\text{Indeks tahun 2025}}{\text{Indeks tahun 2014}} \times \text{harga tahun 2014}$

Indeks tahun 2014

=  $(697,67/571.10) \times \text{US\$ } 60.300,00$

= US\$73.664,77

<b>Purchased Equipment Cost</b>	<b>Biaya (\$)</b>
Harga Alat/Equipment Cost (EC)	732,772.659
Biaya pengangkutan sampai pelabuhan (15% EC)	109,915.899
Asuransi Pengangkutan(0.5-0.75% EC) (diambil 0.50%)	36.639
Provisi Bank (0,2-00,5% EC, diambil 0,2% EC)	1,465.545
EMKL (Ekspedisi Muatan Kapal laut) (1% EC)	7,327.727
Pajak Bea Masuk Barang (20% EC)	146,554.532
<b>Total</b>	<b>998,073.000</b>

- Instalasi (Aris & Newton, pg 77)

Biaya instalasi besarnya 43% dari PEC, terdiri dari:

Material 11% PEC : US\$ 109.788,030

Labor 32% PEC : US\$ 319.383,360

Labor : tenaga asing : 5%

Tenaga indonesia : 95%

Perbandingan asing : indonesia = 1 : 3

1 man hour asing : \$ 2.5

I man hour Indonesia : Rp 20.000  
Total biaya instalasi : \$ 125.757,20  
: Rp 1.905.221.549,57

- Pemipaan (Aris & Newton, pg 78)

Biaya instalasi besarnya 57% dari PEC, terdiri dari:

Material 36% PEC : US\$ 359.306,280

Labor 21% PEC : US\$ 209.595,330

Labor : tenaga asing : 5%

Tenaga indonesia : 95%

Perbandingan asing : indonesia = 1 : 3

1 man hour asing : \$ 2.5

I man hour Indonesia : Rp 20.000

Total biaya pemipaan : \$ 366.791,83

: Rp 5.556.896.186,23

- Instrumentasi (Aris & Newton, pg 97)

Biaya instalasi besarnya 30% dari PEC, terdiri dari:

Material 24% PEC : US\$ 239.537,520

Labor 6% PEC : US\$ 59.884,380

Labor : tenaga asing : 5%

Tenaga indonesia : 95%

Perbandingan asing : indonesia = 1 : 3

1 man hour asing : \$ 2.5

I man hour Indonesia : Rp 20.000

Total biaya instrumentasi : \$ 242.531,74

: Rp 3.674.355.845,59

- Insulasi (Aris & Newton, pg 98)

Biaya insulasi besarnya 8% dari PEC, terdiri atas

Material 3% PEC : US\$ 29.942,190

Labor 5% PEC : US\$ 49.903,650

Pemasangan alat menggunakan 100% tenaga Indonesia

Total biaya insulasi : US\$ 79.845,840

: Rp 1.209.664.475,91

- Listrik (Aris & Newton, pg 102)

Biaya listrik diambil 10-15% (diambil 10%) dari PEC

Total biaya listrik : US\$ 99.807,300

: Rp 1.512.080.594,89

### 3. Harga Alat Utilitas

No	Kode	Nama Alat	Jumlah	Harga	Harga	Total
			(Unit)	2014 \$	2025 \$	Harga \$
1	L-111	Pompa <i>raw water</i>	2	3,800.000	4,642.224	9,284.449
2	H-110	Bak Pengendap	1	16,562.000	20,232.768	20,232.768
3	L-112	Pompa <i>Clarifier</i>	2	3,800.000	4,642.224	9,284.449
4	H-120	<i>Clarifier</i>	1	28,416.540	34,714.724	34,714.724
5	F-121	<i>Reservoir</i>	2	2,800.000	3,420.586	6,841.173
6	L-122	Pompa <i>sand filter</i>	2	3,800.000	4,642.224	9,284.449
7	H-130	<i>Sand filter</i>	1	26,235.000	32,049.672	32,049.672
8	L-132	Pompa <i>reservoir</i>	2	3,800.000	4,642.224	9,284.449
9	F-133	Bak air sanitasi	1	6,855.000	8,374.328	8,374.328
10	L-134	Pompa distribusi air sanitasi	2	3,800.000	4,642.224	9,284.449
11	L-135	Pompa <i>kation</i>	2	3,800.000	4,642.224	9,284.449

No	Kode	Nama Alat	Jumlah	Harga	Harga	Total
			(Unit)	2014	2025	Harga
				\$	S	\$
		<i>exchanger</i>				
12	D-140	<i>Kation exchanger</i>	1	13,013.000	15,897.175	15,897.175
13	L-141	Pompa <i>anion exchanger</i>	2	3,800.000	4,642.224	9,284.449
14	D-150	<i>Anion Exchanger</i>	1	13,013.000	15,897.175	15,897.175
15	F-151	Bak Penampung softening Water	1	6,855.000	8,374.328	8,374.328
16	L-152	Pompa air <i>softening water</i>	2	3,800.000	4,642.224	9,284.449
17	F-171	Bak <i>steam condensate</i>	1	6,855.000	8,374.328	8,374.328
18	H-160	Deaerator	1	5,712.000	6,977.996	6,977.996
19	L-172	Pompa <i>steam condensate</i>	2	3,800.000	4,642.224	9,284.449
20	L-153	Pompa air pendingin	2	3,800.000	4,642.224	9,284.449
21	L-154	Pompa sirkulasi air pendingin	2	3,800.000	4,642.224	9,284.449
22	F-182	Bak	1	6,855.000	8,374.328	8,374.328

No	Kode	Nama Alat	Jumlah	Harga	Harga	Total
			(Unit)	2014	2025	Harga
				\$	S	\$
		sirkulasi air pendingin				
23	P-180	Cooling tower	1	10,959.960	13,389.103	13,389.103
24	G-181	Blower	1	27,600.000	33,717.208	33,717.208
25	L-183	Pompa air pendingin	1	3,800.000	4,642.224	4,642.224
26	L-156	Pompa air pendingin	1	3,800.000	4,642.224	4,642.224
27	E-170	Boiler	2	5,000.000	6,108.190	12,216.380
28	P-190	Generator	2	1,380.000	1,685.860	3,371.721
29	F-182	Bak Penampung Limbah	1	17,102.360	20,892.892	20,892.892
30	F-183	Bak pengendap limbah	1	17,102.360	20,892.892	20,892.892
31	F-184	Bak Aerasi	1	17,102.360	20,892.892	20,892.892
32	F-181	Tangki bahan bakar	1	26,617.050	32,516.399	32,516.399
<b>Total</b>			<b>46</b>	<b>305,435.630</b>	<b>373,131.762</b>	<b>435,410.866</b>

Biaya Pengalangan dan bea cukai dan pembongkaran 25% dari PEC

: US\$ 249.518,250

Biaya Instalasi yaitu 33% dari PEC

: US\$ 329.364,0990

Total harga untuk alat utilitas : US\$ 1.014.293,206

: Rp 15.366.542.067,88

4. Tanah dan Bangunan

No.	Nama Bangunan	Luas (m <sup>2</sup> )
1	Kantor	200
2	Poliklinik	50
3	Perpustakaan & Aula	100
4	Tempat ibadah	50
5	Kantin & koperasi	60
6	Pos keamanan	30
7	Parkir umum	50
8	Parkir truk	50
9	Pemadam kebakaran	60
10	Laboratorium	150
11	Bengkel	60
12	Daerah proses	3000
13	Gudang Katalis	50
14	Gudang produk	150
15	Utilitas	2000
16	Mess	300
17	Ruang control	100
18	Jalan & taman	4000
<b>Total</b>		<b>10460</b>

Luas tanah : 10460 m<sup>2</sup>

Luas Bangunan Biasa : 860 m<sup>2</sup>

Luas Bangunan Bertingkat : 600 m<sup>2</sup>

Total harga tanah : Rp 1.569.000.000,00

Total harga bangunan biasa : Rp 206,400,000.00

Total harga bangunan bertingkat : Rp 210.000.000,00

Harga tanah dan bangunan : Rp 1.985.400.000,00

: US\$ 131.049,50

Physical Plant Cost (PPC)	Biaya	
	US \$	RP
PEC	998,073.000	15,120,805,948.934
Instalasi	125,757.198	1,905,221,549.566
Pemipaan	366,791.827	5,556,896,186.233
Instrumentasi	242,531.739	3,674,355,845.591
Insulasi	79,845.840	1,209,664,475.915
Listrik	99,807.300	1,512,080,594.893
Tanah dan Bangunan	131,049.505	1,985,400,000.000
Utilitas	1,014,293.206	15,366,542,067.878
<b>Total</b>	<b>3,058,149.615</b>	<b>46,330,966,669.009</b>

- *Engineering and Construction* (Aries & Newton, pg 4)  
 20% dari PPC : US\$ 61.629,923  
 : Rp 9.266.193.333,80
- *Direct Plant Cost (DPC)* (Aries & Newton, pg 4)  
 DPC = PPC + Eng.Const : US\$ 3.669.799,538  
 : Rp 55.597.160.002,81
- *Contractor`s Fee* (Aries & Newton, pg 4)  
 Diambil 10% dari DPC : US\$ 366.977,9538  
 : Rp 5.559.716.000.28
- *Contingency* (Aries & Newton pg 4)  
 Diambil 25% dari DPC : US\$ 91.744.49  
 : Rp 1.389.929.000,07
- *Environmental Cost* (Aries & Newton, pg 4)  
 Diambil 15% dari EC : US\$ 109.915,90  
 : Rp 1.665.225,867.14
- *Plant Start up cost Investment (FCI)*  
 Diambil 7% dari PEC : US\$ 69.865,11  
 : Rp 1.058.456.416,43

Fixed Capital Investment	Biaya	
	US \$	Rp
DPC	3,669,779.538	55,597,160,002.810
Contractor's Fee	366,977.954	5,559,716,000.281
Contingency	91,744.488	1,389,929,000.070
Environmental cost	109,915.899	1,665,225,867.141
Plant Start Up	69,865.110	1,058,456,416.425
<b>Total</b>	<b>4,128,501.980</b>	<b>62,546,805,003.162</b>

5. Biaya Produksi Per Tahun (*Manufacturing Cost*)

1) Biaya Produksi Langsung

- Bahan Baku

No	Komponen	Kebutuhan (kg/tahun)	Kebutuhan	Harga (\$/kg)	Harga/tahun (\$)
1	AlCl <sub>3</sub>	504488.160	504.488	936	472,200.918
2	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	37726.920	37.727	1500	56,590.380
3	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	66879.540	66.880	1300	86,943.402
<b>Total</b>					<b>615,734.700</b>

- Gaji Karyawan

Tenaga kerja

Operator = Rp 3.500.000,00

22 orang x Rp 3.500.000,00 x 12 = Rp 924.000.000,00

Kepala regu = Rp 5.000.000,00

12 orang x Rp 5.000.000,00 x 12 = Rp 720.000.000,00

Total biaya tenaga kerja : Rp 1.644.000.000,00

Supervisor

Kepala seksi = Rp 5.000.000,00

12 orang x Rp 5.000.000,00 x 12 = Rp 720.000.000,00

Kepala bagian = Rp 7.000.000,00

7 orang x Rp 7.000.000,00 x 12 = Rp 588.000.000,00

Total biaya tenaga kerja : Rp 1.308.000.00,00

- Supervisor (Aries & Newton,pg 164)  
10% dari *labor cost* : US\$ 11.326,73
- *Maintenance* (Aries & Newton, pg 164)  
10% dari FCI : US\$ 412.850,20
- *Plant Supplies* (Aries & Newton, pg 164)  
15% dari *maintenance* = US\$ 61.927,53
- *Royalties and patens* (Aris & Newton, pg 168)  
: US\$ 6.157,35
- Utilitas

No	Komponen	Kebutuhan (kg/tahun)	Kebutuhan	Harga (\$/kg)	Harga/tahun (\$)
1	tawas	311,143	0.311142857	0.52	161.794
2	HCl	95,517	0.095517	5	477.585
3	NaOH	10.919,443	10.918443	1.43	15.614,804
4	Kaporit	146,634	0.146634	2.61	382,715
5	Hidrazin	2,279	0.002279	4	9.116
6	Solar	33.619,084	33.6619084	0.57	19.162,878
7	Listrik	110.075,263	110.075,263	0,65	71.548,92
Total					27,842.333

***DIRECT MANUFACTURING COST***

No	<i>Direct Manufacturing Cost</i>	Biaya	
		\$	Rp
1	<i>Raw material</i>	615.734,70	9.328.380.701,36
2	Gaji karyawan	108.514,85	1.644.000.000,00
3	Supervisor	86.336,63	1.308.000.000,00
4	<i>Maintenance</i>	412.850,20	6.254.680.500,32
5	<i>Plant supplies</i>	61.927,53	938.202.075,05
6	<i>Royalties and patens</i>	6.157,35	93.283.807,01
7	Utilitas	107.357,81	1.626.740.869,99
<b>Total</b>		<b>1.398.879,07</b>	<b>21.193.017.953,74</b>

2) Biaya Produksi tidak langsung (*indirect manufacturing cost*)

- *Payroll overhead* (Aries & Newton, pg 173)  
Diambil 20% dari gaji karyawan : US\$ 27.128,71
- *Laboratorium* (Aries & Newton, pg 174)  
Diambil 25% dari gaji karyawan : US\$ 27.128,71
- *Plant overhead* (aries & Newton, pg 174)  
Diambil 100% dari gaji karyawan : US\$ 108.514,85
- *Packaging and shipping* (Aries & Newton, pg 177)  
Diambil 1% dari sales price : US\$ 180.000,00

<b>Indirect Manufacturing Cost</b>	<b>Biaya</b>	
	<b>US \$</b>	<b>Rp</b>
<i>payroll overhead</i>	27,128.71	411,000,000.00
<i>Laboratorium</i>	27,128.71	411,000,000.00
<i>Plant Overhead</i>	108,514.85	1,644,000,000.00
<i>Packaging and Shipping</i>	180,000.00	2,727,000,000.00
<b>Total</b>	<b>342,772.28</b>	<b>5,193,000,000.00</b>

3) Biaya Produksi Tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)

- *Depresiasi* (Aris & Newton,pg 180)  
Diambil 7% dari FCI : US\$ 288.995,14
- *Property Tax* (Aris & Newton pg 181)  
Diambil 1 dari FCI : US\$ 41.285,02
- *Asuransi* (Aries & Newton, pg 182)  
Diambil 1 dari FCI : US\$ 41.285,02

4) Modal Kerja (*Working Capital*)

- *Kebutuhan bahan baku* (Aries & Newton, pg 12)  
Biaya kebutuhan bahan baku selama 1 bulan : US\$ 55.975,88
- *In-Process Inventory*  
50% dari MC : US\$ 1.056.608,26

- *Product-inventory*  
Lama penyimpanan produk 1 bulan : US\$ 192.110,59
- *Extended Credit*  
Cadangan kredit untuk 1 bulan : US\$ 310.554,77
- *Available Cash*  
: US\$ 192.110,59

5) Pengeluaran Umum (*General Expense*)

- Administrasi = US\$ 155.036,30
- *Sales Expense*  
Diambil 5% dari MC = US\$ 105.660,83
- *Research*  
Diambil 4% dari MC : US\$ 73.962,58
- *Finance*  
Diambil 2% dari FCI : US\$ 82.570,039

No	General expense	Biaya	
		\$	Rp
1	Administrasi	155.036,30	2.348.800.000,00
2	<i>Sales expense</i>	105.660,83	1.600.761.520,20
3	<i>Research</i>	73.962,58	1.120.533.064,14
4	<i>Finance</i>	82.570,04	1.250.936.100,06
<b>Total</b>		<b>417.229,75</b>	<b>6.321.030.684,40</b>

- Harga dasar  
Kapasitas produksi per tahun : 2.000.000 kg/thn  
Harga dasar = (total biaya produksi/kapasitas produksi)  
= US\$ 1,27/kg
- Harga Jual  
Harga jual PEA di pasaran global sekitar US\$ 9/kg  
Diinginkan keuntungan sebesar 30%  
Harga jual = harga dasar x (harga + keuntungan yang ingin

diperoleh)  
= US\$ 1,71/kg

Harga jual PEA lebih rendah dari pasaran sehingga dapat menarik peminat.

- *Annual Sales* (Sa)  
: Harga jual x jumlah produksi  
: US\$ 3.416.102,47  
: Rp 51.753.952.469,37

#### 6. Analisa Kelayakan

- **Keuntungan**  
Harga jual : US\$ 3.416.102,47  
Total *cost* : US\$ 2.530.446,28  
Keuntungan sebelum pajak : US\$ 885.656,20  
Pajak (15% keuntungan) : US\$ 132.848,43  
Keuntungan sesudah pajak : US\$ 752,807,77
- **Percent Profit on sales (POS)**  
Sebelum pajak :  $(Pb/s) \times 100\%$   
:  $(885.656,20/3.416.102,47) \times 100\%$   
: 25,93%  
Sesudah pajak :  $(Pa/s) \times 100\%$   
:  $(752,807.77/3.416.102,47) \times 100\%$   
: 22,04%
- **Percent Return on Investment (ROI)**  
Sebelum pajak :  $(Pa/FCI) \times 100\%$   
: 21,45%  
Sesudah pajak :  $(Pb/FCI) \times 100\%$   
: 18,23%
- **Pay Out Time (POT)**  
Sebelum pajak :  $FCI / (Pb + (0,1 \times FCI)) \times 100\%$   
: 3,18 tahun

Sesudah pajak : 3,54 tahun

- *Break Even Point (BEP)*

*Fixed Cost (Fa)*

Depresiasi	: US\$ 288.995,139
Property tax	: US\$ 42.285,020
Asuransi	: US\$ 42.285,020
Total	: US\$ 371.565,178

*Variabel cost (Va)*

Bahan Baku	: US\$ 615.734,700
Pack & ship	: US\$ 180.000,000
Royal & pate	: US\$ 6.157,347
Utilitas	: US\$ 107.357,813
Total	: US\$ 909.249,860

*Regulated Cost (Ra)*

Gaji Karyawan	: US\$ 108.514,851
Payroll overhead	: US\$ 27.128,713
Plant overhead	: US\$ 108.514,851
Supervisor	: US\$ 86.336,634
Laboratorium	: US\$ 27.128,713
General expense	: US\$ 417.229,748
Maintenance	: US\$ 412.850,198
Plant supplies	: US\$ 61.927,530
Total	: US\$ 1.249.631,238

Diperoleh BEP : 45,74%

Memenuhi standar yaitu (BEP antara 40-60%)

- *Shut Down Point (SDP)*

Diperoleh : 22,97 %

Memenuhi standar yaitu (SDP antar 20-30%)

## Perhitungan Utilitas

### A. Unit Penyedia Steam

pada pra rancangan pabrik PEA ini digunakan jenis fire tube boiler. Adapun pertimbangan memilih jenis ini yaitu:

- Tekanan rendah ( $P < 100 \text{ atm}$ )
- Suhu rendah ( $T < 210^\circ\text{C}$ )
- Luas perpipaan kecil
- Steam yang dihasilkan adalah *saturated steam*

#### 1. Kebutuhan Panas

No	Nama Alat	Kebutuhan (Kg/jam)
1	<i>Heat Exchanger</i>	22,980
2	Evaporator	0,845
Jumlah		23,825

Untuk memperhitungkan faktor keamanan dan kebocoran maka direncanakan *steam* yang disediakan 20% lebih besar dari kebutuhan normal. Jadi jumlah *steam* yang harus disediakan oleh *boiler* yaitu 28,59 kg/jam.

Direncanakan steam yang digunakan adalah *saturated steam*:

Temperature =  $110^\circ\text{C}$

Tekanan = 1 atm

Dari App Smith Van Ness Tabel F.1 diketahui data entalpi *steam* pada kondisi

*Saturated vapor* ( $h_g$ ) = 2.691,3 kJ/kg

*Saturated liquid* ( $h_f$ ) = 461,3 kJ/kg

Air umpan boiler masuk  $30^\circ\text{C} = 86^\circ\text{F}$

( $h_{gf}$ ) pada suhu  $86^\circ\text{F} = 117,3 \text{ kJ/kg}$

Dari persamaan 172 Savern W. H. hal. 140 didapatkan:

$$\text{Boiler Horse Power} = \frac{m_s \times (h - h_f)}{970,3 \times 34,5}$$

Dimana:

$m_s$  = massa steam yang dihasilkan oleh boiler (lb/jam)

$h$  = entalpi steam pada perencanaan dan T tertentu

$h_f$  = entalpi liquid

diperoleh *Boiler Horse Power* sebesar 3 Hp

2. Kebutuhan air umpan boiler

$$W^{\wedge} = W/F$$

Dimana :

$W^{\wedge}$  : kebutuhan air umpan boiler

$W$  : steam yang dihasilkan boiler

$F$  : faktor evaporasi

Faktor evaporasi dihitung dengan persamaan :  $(h_g - h_L)/970,4$

Diperoleh  $F = 0,988$

Sehingga kebutuhan air 28,940 kg/jam

3. Kebutuhan bahan bakar

Untuk bahan bakar boiler digunakan minyak diesel (*diesel oil*) dengan *heating value* 19525 Btu/lb dengan efisiensi pembakaran boiler 80%

Dari persamaan 175 Saven W.H., "*Steam Air and Gas Poer*", hal 140 :

$$M_f = \frac{m_s (h_g - h_L)}{\mu_B \times H_v}$$

diperoleh kebutuhan bahan bakar 2,542 liter/jam

4. Perpindahan panas boiler

$$\text{Heating surface boiler} = H_v \text{ surface} \times H_p \text{ boiler}$$

$$= 10 \times 3 = 30 \text{ ft}^2$$

## B. Unit Penyedia Air

### 1. Air pendingin

No	Nama Alat	Kebutuhan (Kg/Jam)
1	Cooler 1	145.185
2	Cooler 2	98.919
3	Cooler 3	103.968
4	Cooler 4	409.619
5	Reaktor	9209.657
6	Tangki Air	670.236
<b>Total</b>		<b>10637.584</b>

Dirancang faktor keamanan 10% maka kebutuhan air pendingin 11.701,342 kg/jam. Adapun air yang disirkulasikan (Asumsi 0,8) yaitu 9361,074 kg/jam. sehingga *make up water* yang harus ditambahkan  $11.701,342 \text{ kg/jam} - 9361,074 \text{ kg/jam} = 2340,268 \text{ kg/jam}$ .

### 2. Air sanitasi

Air sanitasi ini dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan, laboratorium, taman dan kebutuhan yang lain.

Untuk kebutuhan kantor

Menurut WHO standar kebutuhan air tiap orang 200-400 L/Hari

Jumlah karyawan 107 orang dengan jam kerja 8 jam/hari

Sehingga pemakaian air sanitasi 12.840 L/Hari = 532.688 kg/jam

Faktor keamanan 20% sehingga total air sanitasi = 639.227 kg/jam

Direncanakan kebutuhan air untuk taman dan kebersihan sebesar 50% dari kebutuhan karyawan.

Sehingga diperoleh : 319.613 kg/jam

Diperkirakan kebutuhan air untuk

Laboratorium : 20,833 kg/jam

Poliklinik : 20,833 kg/jam

Kantin dan musholla : 166,667 kg/jam

Direncanakan kebutuhan air untuk pemadam kebakaran dan cadangan air yaitu 40% dari excess.

$$1,4 \times 1.167,173 \text{ kg/jam} = 1.634,042 \text{ kg/jam}$$

Direncanakan air untuk rumah tangga dengan perkiraan 100 mesh, tiap mesh 3 orang. Kebutuhan air masing-masing orang diperkirakan 250 liter/hari

(Linsey, pg 92) maka kebutuhan air rumah tangga: 3.111,5 kg/jam

Jadi total air sanitasi 5.912,716 kg/jam

### 3. Air Proses

Kebutuhan air proses digunakan untuk *mixer* dan pencucian pada alat filter

$$\text{Mixer} = 141,866 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Filter} = 141,866 \text{ kg/jam}$$

Jadi total kebutuhan air 18.242,640 kg/jam

## C. Unit Penyedia Listrik

### 1. Kebutuhan listrik proses produksi

No.	Nama Alat	Kode	Jumlah	Daya (HP)	Total (HP)
1	Pompa Proses -01	PP-01	2	0.013	0.026
2	Pompa Proses -02	PP-02	2	0.019	0.038
3	Pompa Proses -03	PP-03	2	0.015	0.03
4	Pompa Proses -04	PP-04	2	0.0009	0.0018
5	Pompa Proses -05	PP-05	2	0.013	0.026
6	Pompa Proses -06	PP-06	2	0.013	0.026
7	Pompa Proses -07	PP-07	2	0.024	0.048
8	Pompa Proses -08	PP-08	2	0.013	0.026
9	Pompa Proses -09	PP-09	2	0.001	0.002
10	Pompa Proses -10	PP-10	2	0.033	0.066
11	Pompa Proses -11	PP-11	2	0.033	0.066
12	Pompa Proses -12	PP-12	2	0.009	0.018
13	Mixer	M-01	2	1	2

14	<i>Belt Conveyor</i>	BC-01	2	1	2
15	Reaktor	R-01	2	0.108	0.216
16	RDVF	RDVF-01	2	13	26
Total			32	15.295	30.590

Total kebutuhan listrik untuk unit proses ini yaitu :

$30,590 \times 745 \text{ watt/HP} : 22.789,401 \text{ watt}$

$= 22,789 \text{ kWatt}$

2. Kebutuhan air untuk unit proses

No.	Nama Alat dan Kode Alat	Kode	Jumlah	Daya (HP)	Total (HP)
1	Boiler	E-170	2	3	6
2	Pompa <i>raw water</i>	L-111	2	0.0054	0.0108
3	Pompa <i>clarifier</i>	L-112	2	0.0054	0.0108
4	<i>Clarifier</i>	H-120	1	16	16
5	Pompa <i>sand filter</i>	L-122	2	0.0054	0.0108
6	Pompa bak air sanitasi	L-132	2	0.0051	0.0103
7	Pompa distribusi air sanitasi	L-134	2	0.0051	0.0103
8	Pompa <i>kation exchanger</i>	L-135	2	0.0053	0.0105
9	Pompa <i>anion exchanger</i>	L-141	2	0.0053	0.0105
10	Pompa <i>Softening Water</i>	L-152	2	0.0040	0.0080
11	Pompa <i>steam condensate</i>	L-172	2	0.0050	0.0100
12	Pompa air pendingin	L-153	2	0.0054	0.0108
13	Pompa sirkulasi air	L-154	2	4.6927	9.3853

	pendingin				
14	Blower	G-181	1	1	1
15	Pompa air pendingin	L-183	2	0.0051	0.0102
Total				24.7491	32.4981

Total Kebutuhan listrik untuk unit utilitas adalah

: 32,4981 Hp x 745 watt/ Hp

: 24.211,098 watt = 24,2111 kWatt

### 3. Kebutuhan Listrik untuk Penerangan

No.	Nama Bangunan	Luas	Tingkat	Jumlah
		(m <sup>2</sup> )	Pencahayaan (Lux)	Cahaya Lumen
1	Kantor	200	200	40000
2	Poliklinik	50	250	12500
3	Perpustakaan & Aula	100	300	30000
4	Tempat ibadah	50	200	10000
5	Kantin & koperasi	60	200	12000
6	Pos keamanan	30	100	3000
7	Parkir umum	50	60	3000
8	Parkir truk	50	60	3000
9	Pemadam kebakaran	60	200	12000
10	Laboratorium	150	500	75000
11	Bengkel	60	300	18000
12	Daerah proses	3000	750	2250000
13	Gudang Katalis	50	100	5000
14	Gudang produk	150	100	15000
15	Utilitas	2000	350	700000
16	Mess	300	250	75000
17	Ruang control	100	250	25000
18	Jalan & taman	4000	60	240000

No.	Nama Bangunan	Luas	Tingkat	Jumlah
		(m <sup>2</sup> )	Pencahayaan (Lux)	Cahaya Lumen
<b>Total</b>		10460	4230	3528500
Area bangunan		332500		
Luar area bangunan		3196000		

Direncanakan untuk area di dalam ruangan menggunakan lampu Philips® *QL Induction* (QL) 55 watt dengan lumen sebesar 4000 (<http://www.eclipselighting.com/pages/posts/philipsC2AE-ql-induction-ql-lumens-output-33.php>), sehingga :  
Jumlah rumen dalam area bangunan : 332.500 lumen

Jumlah lampu yang dibutuhkan :  $\frac{\text{jumlah rumen dalam area bangunan}}{\text{lumen Philips® QL)}$

sehingga diperoleh : 83,125 buah = 84 buah

sehingga kebutuhan listrik untuk penerangan dalam ruangan dapat dhitng dengan mengalikan jumlah lampu yang dibutuhkan dengan watt lampu.

:  $84 \times 55 : 4620 \text{ watt} = 4,62 \text{ kW}$

Sedangkan untuk area di luar ruangan, direncanakan *metal halide lamp* 125 watt dengan lumen sebesar 11.200.

Dengan rumus yang sama diperoleh jumlah lampu 285,35 buah = 286 buah

Untuk kenyamanan kerja maka ditambahkan AC untuk kantor, poliklinik, pos keamanan, perpustakaan, tempat ibadah, runag kontrol dan laboratorium.

Asumsi *power AC* : 0,05 Hp/m<sup>2</sup>

Maka *power AC* yang ditambahkan:

:  $0,05 \times (200+50+100+50+30+150+100) : 30 \text{ Hp} = 25,354 \text{ kW}$

Sehingga total kebutuhan listrik untuk unit penerangan dan non teknis lainnya adalah 100,724 kW

Direncanakan pemenuhan kebutuhan listrik berasal dari PLN Cilacap sedangkan unit generator digunakan sebagai emergensi jika supply listrik mati.

Efisiensi powef faktor (penggerak mesin diesel) yaitu 0,85

Maka power generator :  $\frac{147,724}{0,85}$

Sehingga didapat : 173,793 kW

Sementara kebutuhan bahan bakar generator, dengan bahan bakar yang digunakan adalah *diesel oil* dengan *heating values (Hv)* : 19525 btu/lb

Densitas bahan bakar = 54,9384 lb/ft<sup>3</sup>

Jumlah bahan bakar yang dibutuhkan :  $\frac{173793,2883 \text{ watt}}{19535 \times 0,239 \times 54,9384}$

Diperoleh : 0,677 ft<sup>3</sup>/jam = 19,196 liter/jam

#### 4. Perancangan Alat Pengolah Air

##### 1) Clarifier

Fungsi : sebagai tempat terjadinya proses koagulasi, flokulasi dan Sedimentasi

Dasar Perhitungan dimensi tangki:

Rate aliran : 18.242,640 kg/jam

Asumsi air pada suhu 30°C, dari App.A.2-3 dan A.2-4 Geankoplis pg 960

di dapat densitas air : 62,130 lb/ft<sup>3</sup>

Viskositas : 0,8007 cp

Diperoleh laju alir volumetrik : 0,180 ft<sup>3</sup>/s

Asumsi waktu tinggal : 3 jam

Volume tangki : 2.427,439 ft<sup>3</sup>

Volume Silinder (Vs) :  $\pi/4 \times D^2$

Vs : 1,1775 D<sup>3</sup>

Volume head bawah (Vh) :  $(\pi/12) \times ((hc \times (D^2 + DH + H^2))$

Vh : 0,131 D<sup>3</sup> - 0,016

Volume tangki : Vs + Vh

2.427,439 : 1,308 D<sup>3</sup>

D : 12,287 ft = 3,745 m

H : 1,5 x D

H : 5,618 m

Dasar perhitungan dimensi *Scraper*:

Digunakan *Scraper* untuk mengambil endapan dasar tangki

Diameter (Da) = 1/3 x Dt (McCabe, hal 243)

$$= 1/3 \times 10,948 \text{ ft} : 3,649 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi Scrapper (W)} = 1/5 \times Da \quad (\text{McCabe, hal 243})$$

$$= 0,73 \text{ ft}$$

$$\text{Ketinggian Scrapper dari dasar tangki (C)} = 1/3 \times Dt$$

$$C = 3,65 \text{ ft}$$

$$\text{Lebar baffle (J)} = 1/12 \times Dt \quad (\text{McCabe, hal 243})$$

$$= 0,91 \text{ ft}$$

$$\text{Jarak Scrapper dari poros (L)} = 1/4 \times Da \quad (\text{McCabe, hal 243})$$

$$L = 0,912 \text{ ft}$$

$$\text{Putaran Scrapper (N)} = \frac{v}{\pi \times Da} \quad (\text{McCabe, hal 240})$$

$$N = \frac{0,114}{\pi \times 3,649}$$

\_diperoleh N = 0,1 rpm.

Dikarenakan nilai N sangat kecil maka digunakan standar putaran pengaduk yaitu 60 rpm

Efisiensi : 85%

$$\text{Power pengaduk : } \frac{N_p \cdot \rho \cdot N^3 \cdot Da^5}{g_c}$$

$$\text{diperoleh : } 13,0664/0.85 : 15,37 \text{ Hp} = 16 \text{ Hp}$$

#### Data Kebutuhan Koagulan

Digunakan koagulan  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$

Dosis normal : 15 ppm = 15 mg/L (Tabel 11.5 Walas pg 309)

Rate volumetrik ( $Q_f$ ) = 647,317  $\text{ft}^3/\text{jam}$

Jumlah koagulan yang harus ditambahkan ke *clarifier* adalah

$$: 15 \text{ mg/L} \times 647,317 \text{ ft}^3/\text{jam} \times 28,3163 \text{ L/1 liter}$$

$$: 0,275 \text{ kg/jam}$$

#### 2) Bak Air Sanitasi

Fungsi : sebagai tempat penampungan air sanitasi

massa masuk : 6.171,469 kg/jam

asumsi waktu tinggal : 12 jam : 43200 detik

laju alir volumetrik : 0,061 ft<sup>3</sup>/s  
 Volume limbah : 4.557,621 m<sup>3</sup>  
 Direncanakan volume : 80% volume bak  
 Maka diperoleh volume : 3.284,802 ft<sup>3</sup>  
 asumsi bak berbentuk persegi panjang dengan perbandingan  
 $p \times l \times t = 3x : 2x : 1x$

volume limbah =  $p \times l \times t$

$$3.284,802 = 6x^3$$

$$x^3 = 547,467$$

$$x = 8,181 \text{ ft} = 2,493 \text{ m}$$

$$\text{maka } p : 3 \times 2,493 = 7,480 \text{ m}$$

$$l : 2 \times 2,493 = 4,987 \text{ m}$$

$$t : x = 2,493 \text{ m}$$

Kebutuhan Kaporit:

Kandungan kaporit dalam kaporit = 70%

Digunakan kaporit dengan dosis = 3 ppm (Kirk-Othmer Vol 22, pg 85)

Jumlah kaporit yang dibutuhkan =  $(6.171,469 \times 3)/1000000$

Jadi jumlah kaporit yang dibutuhkan : 0,019 kg/jam

: 3,110 kg/minggu

### 3) *Anion Exchanger*

Fungsi : Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh anion

Bahan : *Stainless Steel SA-167 Grade 11*

Bentuk : Tangki silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah berupa  
*standard dished head*

Dasar Perhitungan :

Rate aliran : 11.759,065 kg/jam

Rate Rate aliran : 18.242,640 kg/jam

Rate Volumetrik = 415,171 ft<sup>3</sup>/jam

Air yang masuk ke dalam anion *exchanger* biasanya mengandung :

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> : 0,4167 meq/L

NO<sup>-</sup> : 0,333 meq/L

F<sup>-</sup> : 0,077 meq/L

Total : 0,827 meq/L

*Anion exchanger* beroperasi selama 24 jam/hari = 168 jam/minggu

Waktu regenerasi = 8 jam

Total kation yang dihilangkan

: (0,827 meq/L) x (1 eq/1000 meq) x (11.810,085 L/ 1 jam)

: 1640,850 eq

Resin yang digunakan jeins acrylc based dengan spesifikasi

Kapasitas penyerapan : 0,97 eq/L

Tinggi bed minimu : 30 in

Regenerasi resin : 70-140 gr NaOH/L resin

(Perry edisi 6 tabel 16-10 dan tabel 19-7 pg 19-41)

Volume resin =  $\frac{\text{anion yang diserap}}{\text{Kapasitas penyerapan}}$

Diperoleh : 59,740 ft<sup>3</sup> = 1691,593 L

Regenerasi NaOH = 70

NaOH yang dibutuhkan : regenerasi x volume resin

NaOH : 118.411,563 g NaOH = 118,412 Kg NaOh

#### D. Unit Penyedia Bahan Bakar

Diketahui laju alir volumetrik bahan bakar (Q) : 4,170 liter/jam

Maka kebutuhan bahan bakar untuk 1 bulan persediaan

V : 4,170 liter/jam x 720 jam

V : 3.002,95 L

Dengan rumus yang sama diperoleh D : 0,433 m

H : 1,5 x D

H : 0,650 m

## E. Unit Pengelola Limbah

Jumlah limbah proses (*filter*) = 255,05 kg/jam

Diperkirakan jumlah air buangan pabrik

1. Pencucian peralatan pabrik : 29,91 kg/jam

2. Laboratorium : 9,97 kg/jam

3. Limbah domestik dan kantor

Domestik : 20 L/hari (Metcalf dan Eddy, 1991)

Kantor : 10 L/Hari

Jadi total limbah domestik kantor :  $120 \times 30 \text{ L/Hari} \times (1/24)$

: 150 L/Jam = 149,352 kg/jam

Maka total air buangan : 444,283 kg/jam

1. Spesifikasi bak penampung limbah

Fungsi : menampung limbah dari unit proses, pencucian alat, laboratorium, domestik dan kantor

massa masuk : 444,283 kg/jam

asumsi waktu tinggal : 12 jam : 43200 detik

laju alir volumetrik :  $0,106 \text{ m}^3/\text{s}$

Volume limbah :  $4.557,621 \text{ m}^3$

Direncanakan volume limbah : 80% volume bak

Maka diperoleh volume limbah :  $5697,026 \text{ m}^3$

asumsi bak berbentuk persegi panjang dengan perbandingan

$p \times l \times t = 3x : 2x : 1x$

volume limbah =  $p \times l \times t$

$$5697,026 = 6x^3$$

$$x^3 = 949,5043$$

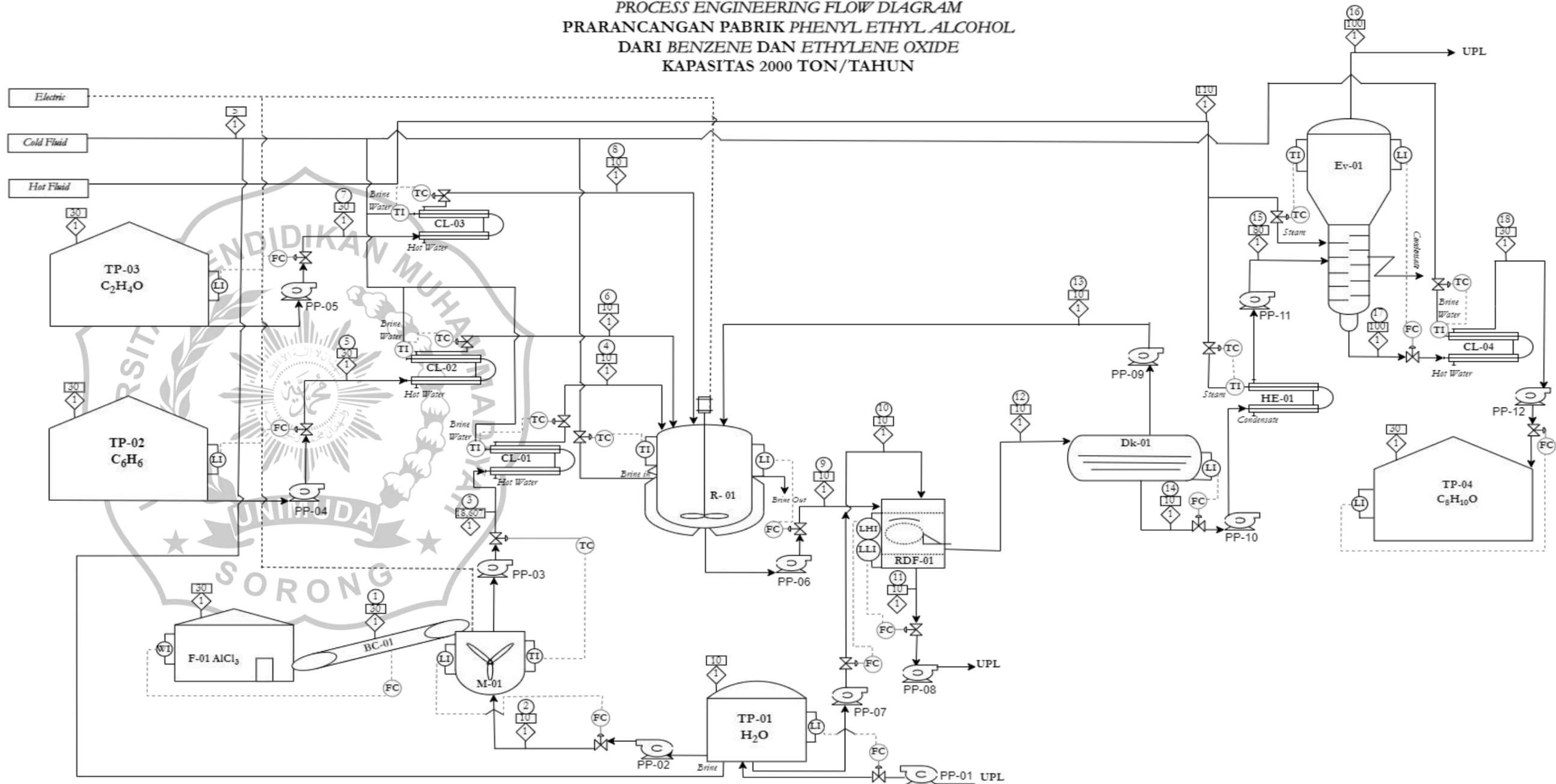
$$x = 9,828 \text{ m}$$

maka  $p : 3 \times 9,828 = 29,486 \text{ m}$

$l : 2 \times 9,828 = 19,658 \text{ m}$

$t : x = 9,828 \text{ m}$

**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM**  
**PRARANCANGAN PABRIK PHENYL ETHYL ALCOHOL**  
**DARI BENZENE DAN ETHYLENE OXIDE**  
**KAPASITAS 2000 TON/TAHUN**



Komponen	ARUS (Kg/Jam)																		Simbol	Keterangan	Simbol	Keterangan	Keterangan Instrumen
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18					
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O							91,080	91,080	4,752			4,752	4,752						○	Nomor Arus	TP	Tangki Penyimpanan	LI : Level Indicator
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>					161,460	161,460			8,424			8,424	8,424						◇	Tekanan, atm	F	Gudang	FC : Flow Controller
C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O										252,530		252,530	252,530			252,530	252,530		□	Suhu, °C	BC	Belt Conveyor	TI : Temperature Indicator
AlCl <sub>3</sub>	63,698		63,698	63,698							63,698	63,698							-----	Electric	PP	Pompa Proses	TC : Temperature Controller
H <sub>2</sub> O	0,643	141,866	142,509	142,509	1,631	1,631	2,818	2,818	146,968	141,866	191,353	97,481		97,481	97,481	94,937	2,544	2,544	⊗	Control Valve	M	Mixer	WI : Weight Indicator
																					R	Reaktor	LLI : Level/Low Indicator
																					RDF	Rotary Drum Filter	LHI : Level High Indicator
																					Dk	Dekanter	
																					Ev	Evaporator	
																					HE	Heat Exchanger	
																					CL	Cooler	
<b>Total</b>	<b>64,341</b>	<b>141,866</b>	<b>206,207</b>	<b>206,207</b>	<b>163,091</b>	<b>163,091</b>	<b>93,898</b>	<b>93,898</b>	<b>476,372</b>	<b>141,866</b>	<b>255,051</b>	<b>363,187</b>	<b>13,176</b>	<b>350,011</b>	<b>350,011</b>	<b>94,937</b>	<b>255,074</b>	<b>255,074</b>					



Disusun Oleh :  
**1. Restu Hasanah**  
**Dosen Pembimbing:**  
**1. Nita Indriyani, M.T.**  
**2. Yusnita La Goa, M.T.**