

MILIK  
PERPUSTAKAAN  
ITN MALANG

**PRA RENCANA PABRIK**

**PRA RENCANA PABRIK ETIL ASETAT DARI ASAM ASETAT  
DAN ETANOL MENGGUNAKAN KATALIS ASAM SULFAT  
DENGAN PROSES ESTERIFIKASI  
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA  
KOLOM DISTILASI**

**SKRIPSI**

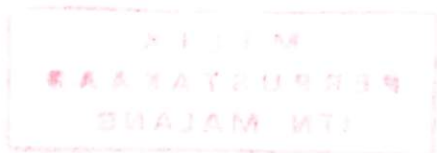
**Disusun Oleh :**

**PUTRI SAHADATIN KUSNUL CHOTIMAH LINTANG PANDANI 12.14.018**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2016**



KERJA AKADMIK

PERENCANAAN, PELAKSANAAN, DAN PENYEMPURNAAN  
KUALITAS MANAJEMEN DAN KEMAMPUAN BERKUALITAS  
DAN BERKUALITAS MANAJEMEN DAN KEMAMPUAN BERKUALITAS  
DAN BERKUALITAS MANAJEMEN DAN KEMAMPUAN BERKUALITAS

AMANDA YAN MACHMASARI  
KORPRI MANDIRI

2016

2016


AMANDA YAN MACHMASARI, 2016

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK LEMAH

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : PUTRI SAHADATIN KUSNUL CHOTIMAH  
LINTANG PANDANI  
NIM : 1214018  
Jurusan/Program Studi : TEKNIK KIMIA  
Judul Skripsi : PRA RENCANA PABRIK ETIL ASETAT DARI ASAM  
ASETAT DAN ETANOL MENGGUNAKAN  
KATALIS ASAM SULFAT DENGAN PROSES  
ESTERIFIKASI KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN  
Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :  
Hari : Jumat  
Tanggal : 29 Juli 2016  
Nilai : B+

Ketua,



M. Istiahy Hudha, ST, MT.  
NIP. P. 1030400400


Sekretaris,



Elvianto Dwi Daryono, ST, MT  
NIP. P. 1030000351

Anggota Penguji,

Penguji Pertama,



Faidliyah Nilna Minah, ST, MT.  
NIP. P. 1030400392

Penguji Kedua,



Rini Kartika Dewi, ST, MT.  
NIP. P. 1030100370

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**PRA RENCANA PABRIK ETIL ASETAT DARI ASAM ASETAT  
DAN ETANOL MENGGUNAKAN KATALIS ASAM SULFAT  
DENGAN PROSES ESTERIFIKASI  
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA  
KOLOM DISTILASI**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Syarat Menempuh Wisuda  
Sarjana Pada Jenjang Strata Satu (S-1)  
Di Institut Teknologi Nasional Malang**

**Disusun Oleh :**

**PUTRI SAHADATIN KUSNUL CHOTIMAH LINTANG PANDANI 12.14.018**

**Malang, 29 Juli 2016**

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia



**M. Istiaqny Hudha, ST, MT.**  
NIP 1030400400



Menyetujui,  
Dosen Pembimbing



**Dwi Ana Anggorowati, ST, MT.**  
NIP 197009282005012001



## **PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Sayayang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : PUTRI SAHADATIN KUSNUL CHOTIMAH  
LINTANG PANDANI  
NIM : 1214018  
Jurusan/Program Studi : Teknik Kimia / Teknik Kimia (S-1)

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul :

### **PRA RENCANA PABRIK**

**PRA RENCANA PABRIK ETIL ASETAT DARI ASAM ASETAT DAN ETANOL  
MENGUNAKAN KATALIS ASAM SULFAT  
DENGAN PROSES ESTERIFIKASI  
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA  
KOLOM DISTILASI**

Adalah Skripsi hasil karya saya sendiri, bukan merupakan duplikasi serta tidak mengutip atau menyadur sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain yang tidak disebutkan dari sumber aslinya.

Malang, Juli 2016

Yang membuat pernyataan,



PUTRI SAHADATIN K. C. L. P.  
NIM. 1214018

## **KATA PENGANTAR**

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pra Rencana Etil Asetat dari Etanol dan Asam Asetat dengan Katalis Asam Sulfat Menggunakan Proses Esterifikasi Kapasitas Produksi 30.000 Ton/Tahun”** dengan baik.

Skripsi ini diajukan sebagai syarat guna mencapai gelar Sarjana Jenjang Strata 1 (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Nasional Malang.

Pada kesempatan ini, penyusun mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang
2. Bapak Ir. Anang Subardi, MT, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang
3. Bapak M. Istnaeny Hudha, ST, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Nasional Malang
4. Ibu Dwi Ana Anggorowati, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing Skripsi
5. Kedua orang tua kami yang telah memberikan dukungan serta doa kepada kami
6. Bapak/Ibu dosen, rekan-rekan mahasiswa dan semua pihak yang turut membantu hingga terselesainya skripsi ini.

Penyusun menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh sebab itu penyusun mengharapkan saran dan kritik dari semua pihak guna menyempurnakan skripsi ini.

Malang, Juli 2016

**Penyusun**

## INTISARI

Pra Rencana Pabrik Etil Asetat dari Etanol dan Asam Asetat dengan Katalis Asam Sulfat Proses Esterifikasi ini mengambil lokasi pendirian di Lamongan, Jawa Timur, dengan kriteria sebagai berikut:

- Kapasitas produksi : 30.000 ton/tahun
- Waktu operasi : 300 hari
- Bahan utama : Asam Asetat dan Etanol
- Bahan pembantu : Asam Sulfat
- Utilitas : Air, steam, listrik dan bahan bakar
- Organisasi Perusahaan
  - ✓ Bentuk : Perseroan Terbatas
  - ✓ Struktur : Garis dan staff
  - ✓ Karyawan : 295 orang
- Analisa ekonomi
  - ✓ TCI : Rp. 139.445.379.719
  - ✓ ROI<sub>AT</sub> : 27 %
  - ✓ POT : 2,69 tahun
  - ✓ BEP : 51,95 %
  - ✓ IRR : 12,73 %

Dari hasil evaluasi ekonomi, Pra rencana Pabrik Etil Asetat dari Etanol dan Asam Asetat dengan Katalis Asam Sulfat Proses Esterifikasi layak untuk didirikan.

## **PRA RENCANA PABRIK**

### **ETIL ASETAT DARI ETANOL DAN ASAM ASETAT DENGAN KATALIS ASAM SULFAT MENGGUNAKAN PROSES ESTERIFIKASI**

Disusun Oleh :

Dosen Pembimbing :

1. Putri Sahadatin K. C. L. P. 12.14.018
2. Indria Kusuma Wardhani 12.14.044

Dwi Ana Anggorowati, ST., MT.

#### **ABSTRAK**

Etil asetat merupakan salah satu jenis pelarut yang memiliki rumus molekul  $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ . Produk turunan dari asam asetat ini memiliki banyak kegunaan serta pasar yang cukup luas seperti pengaroma buah dan pemberi rasa seperti untuk es krim, kue, kopi, teh atau juga untuk parfum, digunakan pada industri tinta cetak, cat dan tiner, lem, PVC film, polimer cair dalam industri kertas, serta banyak industri penyerap lainnya seperti industri farmasi, dan sebagainya.

Pabrik Etil Asetat ini direncanakan didirikan di Lamongan, Jawa Timur dengan kapasitas produksi sebesar 30.000 ton/tahun dan mulai beroperasi pada tahun 2020. Model operasi yang diterapkan adalah sistem batch dengan waktu operasi 300 hari/tahun dan 24 jam/hari. Utilitas yang digunakan meliputi air, steam, listrik, dan bahan bakar. Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi garis staf. Dari hasil perhitungan analisa ekonomi didapatkan  $\text{TCI} = \text{Rp } 139.445.379.719$ ;  $\text{ROI}_{\text{AT}} = \text{Rp } 26.490.018.995$ ;  $\text{POT} = 2,69$  tahun;  $\text{BEP} = 51,95\%$ ;  $\text{IRR} = 12,73\%$ . Dari hasil ekonomi tersebut dapat disimpulkan bahwa pabrik Etil Asetat ini layak untuk didirikan.

**Kata Kunci : Etil Asetat, Proses Esterifikasi**



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PERSETUJUAN .....	ii
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN ISI SKRIPSI.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
INTISARI .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
BAB I PENDAHULUAN .....	I – 1
BAB II SELEKSI DAN URAIAN PROSES.....	II – 1
BAB III NERACA MASSA .....	III – 1
BAB IV NERACA PANAS .....	IV – 1
BAB V SPESIFIKASI PERALATAN .....	V – 1
BAB VI PERANCANGAN ALAT UTAMA.....	VI – 1
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA .....	VII – 1
BAB VIII UTILITAS .....	VIII – 1
BAB IX TATA LETAK.....	IX – 1
BAB X STRUKTUR ORGANISASI .....	X – 1
BAB XI ANALISIS EKONOMI .....	XI – 1
BAB XII KESIMPULAN .....	XII – 1
DAFTAR PUSTAKA	
APPENDIKS A. PERHITUNGAN NERACA MASSA .....	APP.A – 1
APPENDIKS B. PERHITUNGAN NERACA PANAS .....	APP.B – 1
APPENDIKS C. PERHITUNGAN SPESIFIKASI PERALATAN .....	APP.C – 1
APPENDIKS D. PERHITUNGAN UTILITAS .....	APP.D – 1
APPENDIKS E. PERHITUNGAN ANALISIS EKONOMI .....	APP.E – 1

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1.	Analisa Pasar.....	I-5
Tabel 1.2.	Data Impor Kebutuhan Etil Asetat Tahun 2010 - 2015 Di Indonesia.....	I-6
Tabel 2.1.	Perbandingan Proses Pembuatan Etil Asetat .....	II-3
Tabel 7.1.	Instrumentasi Pra Rencana Pabrik Etil Asetat .....	VII-5
Tabel 7.2.	Alat Keselamatan Kerja Pabrik Etil Asetat.....	VII-13
Tabel 7.3.	Peralatan Keselamatan Kerja.....	VII-7
Tabel 9.1.	Perincian Luas Tanah Bangunan Pabrik.....	IX-2
Tabel 10.1.	Jadwal Kerja Karyawan.....	X-10
Tabel 10.2.	Jabatan dan Tingkat Pendidikan Tenaga Kerja.....	X-12
Tabel 10.3.	Daftar Upah (Gaji) Karyawan.....	X-14
Tabel 11.1.	Cash Flow untuk NPV Selama 10 Tahun .....	XI-11
Tabel 11.2.	Cash Flow untuk IRR .....	XI-11

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Peta Lokasi Pabrik Etil Asetat .....	I-12
Gambar 2.1.	Uraian Proses Esterifikasi Etil Asetat.....	II-2
Gambar 9.1.	Tata Letak Bangunan Pabrik Etil Asetat.....	IX-2
Gambar 9.2.	Tata Letak Peralatan Proses.....	IX-5
Gambar 10.1.	Struktur Organisasi Pra Rencana Pabrik Etil Asetat.....	X-17
Gambar 11.1.	Grafik Break Even Point.....	XI-8
Gambar 11.2.	Grafik BEP pada Keadaan Shut Down Rate.....	XI-10

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Etil asetat merupakan salah satu jenis pelarut yang memiliki rumus molekul  $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ . Produk turunan dari asam asetat ini memiliki banyak kegunaan serta pasar yang cukup luas seperti pengaroma buah dan pemberi rasa seperti untuk es krim, kue, kopi, teh atau juga untuk parfum, digunakan pada industri tinta cetak, cat dan tiner, lem, PVC film, polimer cair dalam industri kertas, serta banyak industri penyerap lainnya seperti industri farmasi, dan sebagainya.

Industri etil asetat merupakan salah satu industri kimia yang berprospek di Indonesia. Dua perusahaan yang memproduksi etil asetat di Indonesia mencapai kapasitas total 67.500 ton per tahun. Dua perusahaan itu adalah PT. Indo Acidatama Tbk dengan kapasitas 7.500 ton per tahun dan PT. Showa Esterindo Indonesia dengan kapasitas 60.000 ton per tahun. Namun, kebutuhan etil asetat belum dapat dipenuhi oleh kedua perusahaan tersebut sehingga Indonesia masih membutuhkan import etil asetat dari luar negeri.

Oleh karena itu, untuk mengurangi konsumsi import etil asetat maka kami merancang pendirian pabrik ini di dalam negeri dengan harapan dapat memenuhi kebutuhan industri pemakaian etil asetat lokal dan menembus pasar ekspor.

Fungsi dari pendirian pabrik ini diantaranya adalah:

#### 1. Menghemat sumber devisa negara

Agar produk-produk yang dihasilkan akan dapat memenuhi kebutuhan di dalam negeri, sehingga ketergantungan terhadap negara lain dapat dikurangi.

#### 2. Membuka lapangan kerja baru

Dengan berdirinya pabrik etil asetat ini, akan menciptakan lapangan kerja baru, memberikan kesempatan kerja, dan pemerataan tenaga kerja sehingga dapat mengurangi pengangguran.

Adapun kegunaan etil asetat dalam industri adalah sebagai berikut :

- a. Sebagai bahan pelarut cat dan bahan pembuatan plastik
- b. Untuk kebutuhan industri farmasi
- c. Sebagai bahan baku bagi industri tinta cetak dan industri resin sintesis



- d. Sebagai reagen sintetik organik, misal pembuatan ethylasetoasetat
- e. Sebagai bahan baku bagi pabrik parfum, flavour, kosmetik, dan minyak atsiri.

## 1.2. Bahan Baku, Bahan Pembantu dan Produk

### Bahan Baku

#### 1. Asam Asetat

Rumus molekul :  $\text{CH}_3\text{COOH}$

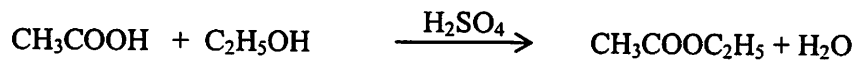
Sifat - sifat fisika

- Berat molekul : 60,05 gram/mol
- Bentuk fisik : cair
- Warna : tidak berwarna
- Densitas : 1,049 gram/mL
- Titik leleh : 16,5 °C
- Titik didih : 118,1 °C

Sifat - sifat kimia

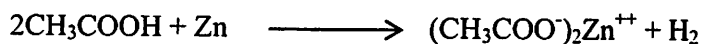
- Asam asetat direaksikan dengan etanol dengan menggunakan katalisator asam kuat (asam sulfat) membentuk etil asetat.

Reaksi :



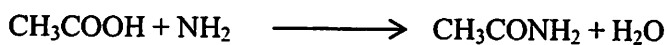
- Dapat membentuk garam asetat jika direaksikan dengan Zn.

Reaksi :



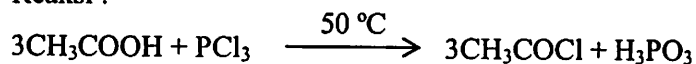
- Mampu bereaksi dengan amida.

Reaksi :



- Konversi ke klorida-klorida asam.

Reaksi :



(Krick. R. E. And Othmer. D. F., 1968)

## 2. Etanol

Rumus molekul :  $C_2H_5OH$

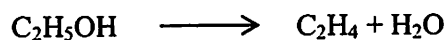
Sifat - sifat fisika

- Berat molekul : 46,07 gram/mol
- Bentuk fisik : cair
- Warna : tidak berwarna
- Densitas : 0,789 gram/mL
- Titik leleh :  $-114,3\text{ }^\circ\text{C}$
- Titik didih :  $78,4\text{ }^\circ\text{C}$

Sifat - sifat kimia

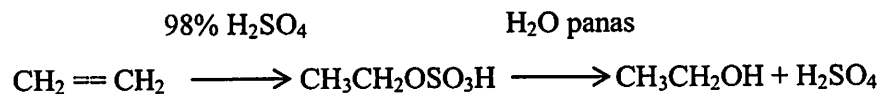
- Etanol adalah senyawa organik sintesis. Apabila mengalami dehidrasi akan membentuk etilen.

Reaksi :



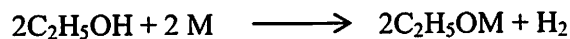
- Etanol dapat dibuat dari etilen dengan katalis asam sulfat.

Reaksi :



- Sifat kimia etanol terutama dalam hubungannya dengan gugus hidroksil misalnya reaksi dehidrasi, dehidrogenasi, oksidasi dan esterifikasi. Atom hidrogen ini dapat diganti dengan logam aktif misalnya natrium, kalsium dan kalium, serta menghasilkan logam ethoksida.

Reaksi :



- Reaksi antara etanol dan asam klorida dengan katalis seng klorida pada suhu  $160\text{ }^\circ\text{C} - 190\text{ }^\circ\text{C}$  dan tekanan 2 atm akan menghasilkan etil klorida dan air.

Reaksi :



(Krick. R. E. And Othmer. D. F., 1968)

**Bahan Pembantu****Asam Sulfat**Rumus molekul :  $\text{H}_2\text{SO}_4$ **Sifat - sifat fisika**

- Berat molekul : 98,08 gram/mol
- Bentuk : cair
- Warna : tidak berwarna
- Titik leleh : 10 °C
- Densitas : 1,834 gram/mL

**Sifat - sifat kimia**

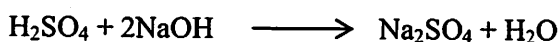
- Sulfamatasi, reaksi penggabungan -SOOH dengan nitrogen.

Reaksi :



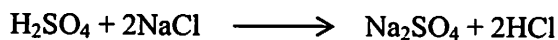
- Dengan basa membentuk garam dan air.

Reaksi :



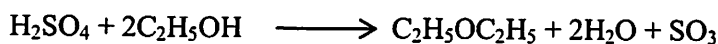
- Dengan garam membentuk garam dan asam lainnya.

Reaksi :



- Dengan alkohol membentuk eter dan air

Reaksi :

**Produk****Etil Asetat**Rumus molekul :  $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ **Sifat - sifat fisika**

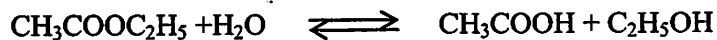
- Berat molekul : 88,12 gram/mol
- Bentuk : cair
- Warna : tidak berwarna
- Titik leleh : -83,6 °C

- Titik didih : 77,1 °C
- Densitas : 0,901 gram/mL

Sifat - sifat kimia

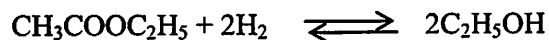
- Ester dapat terhidrolisa menjadi asam dan alkohol dalam suasana asam.

Reaksi :



- Ester dapat dihidrogenasi menjadi alkohol.

Reaksi :



- Ester dapat diammonolisa membentuk asetamida.

Reaksi :

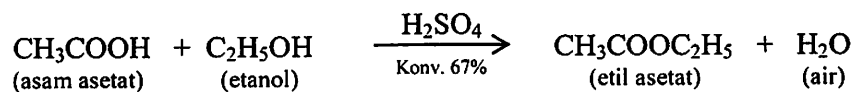


### 1.3. Analisis Pasar

#### Analisa Ekonomi

Pemasaran produk etil asetat untuk memenuhi kebutuhan industri dalam negeri tersebar di seluruh Indonesia. Jika kebutuhan dalam negeri sudah dapat dipenuhi maka pemasaran diarahkan ke luar Indonesia. Maka untuk mengetahui analisa pasar perlu mengetahui potensi produk terhadap pasar.

Reaksi:



Tabel 1.2. Tabel Analisa Pasar

No	Bahan	Berat molekul	Harga (Rp/L)
1.	CH <sub>3</sub> COOH	60,05	312.000
2.	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	46,07	35.750
3.	CH <sub>3</sub> COOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	88,12	650.000
4.	H <sub>2</sub> O	18,02	1.000



EP = Produk – Reaktan

$$= (0,67 \times 650.000 \times 88,12) + (0,67 \times 1.000 \times 18,02) - \\ (1 \times 35.750 \times 46,07) - (1 \times 312.000 \times 60,05) \\ = \text{Rp } 18.005.730,9 / \text{L mol}$$

Berdasarkan hasil analisa diatas dapat disimpulkan bahwa pabrik etil asetat memperoleh keuntungan sebesar Rp 18.005.730,9 /L mol dan dapat didirikan pada tahun 2020.

### Menentukan Kapasitas

Di Indonesia etil asetat diproduksi oleh PT Indo Acidatama Tbk dengan kapasitas 7.500 ton per tahun (PT Indo Acidatama, 2015). Untuk memenuhi kebutuhan etil asetat di Indonesia masih harus mengimpor dari negara lain, karena kegunaan etil asetat yang sangat luas. Oleh karena itu perlu didirikan pabrik yang berskala cukup untuk memenuhi kebutuhan industri di Indonesia. Selain untuk memenuhi kebutuhan dalam negara, etil asetat dapat di ekspor ke berbagai negara ASEAN seperti Malaysia, Filipina dan Thailand.

Berikut data kebutuhan etil asetat di Indonesia:

Tabel 1.3. Data Impor Kebutuhan Etil Asetat Tahun 2010-2015 di Indonesia

Tahun	Impor	
	Jumlah (kg)	Kenaikan (%)
2010	10054766	-
2011	17171801	41%
2012	34079649	50%
2013	33461084	-2%
2014	28500774	-17%
2015	71649697	60%
Rata-rata kenaikan		22%

Sumber: Badan Pusat Statistik (2016)

$$F = P (1 + i)^n$$

- Dimana :
- P : data besarnya import tahun 2015, (kg)
  - F : jumlah produk pada tahun 2020, (kg/jam)
  - i : rata-rata kenaikan import tiap tahun, (%)
  - n : selisih tahun, (-)

$$F = P ( 1 + i ) ^ n$$

$$F = 71649697 ( 1 + 0,22 ) ^ 5$$

$$F = 193.648.221 \text{ kg/th}$$

$$F = 193.648,221 \text{ ton/th}$$

Asumsi :

- Pabrik berdiri sehingga impor diberhentikan  
 $m_1 = 0$
- Kapasitas pabrik yang sudah ada  
 $m_2 = 7.500$
- Ekspor diperkirakan 40% dari kapasitas pabrik baru  
 $m_4 = 0,4 m_3$
- Perkiraan impor tahun 2020  
 $m_5 = 193.648,221 \text{ ton/th}$

maka perhitungan kapasitas etil asetat pada tahun 2020 :

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5$$

$$m_3 = ( m_4 + m_5 ) - ( m_1 + m_2 )$$

$$m_3 = ( 0,4 m_3 + 193.648.221 ) - ( 0 + 7.500.000 )$$

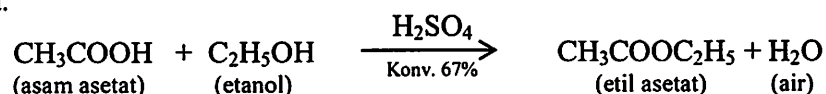
$$0,6 m_3 = 186.148.221 \text{ kg/th}$$

$$m_3 = 310.247.035 \text{ kg/th} = 310.247,035 \text{ ton/th}$$

$$m_3 = \text{dibulatkan menjadi } 300.000 \text{ ton/th}$$

Dari perhitungan kapasitas pabrik diatas, maka ditetapkan kapasitas pabrik tahun 2020 sebesar 300.000 ton/tahun.

Berdasarkan data ketersediaan bahan baku yang terdapat di Indonesia yaitu asam sulfat pada PT. Petrokimia (Gresik) sebesar 550.000 ton/th, etanol pada PT. Molindo Raya Industrial (Malang) sebesar 50.000 ton/th, dan asam asetat pada PT. Acidatama Tbk sebesar 33.000 ton/th, maka kapasitas pra rencana pabrik etil asetat pada tahun 2020 perlu diperhitungkan kembali sesuai dengan kapasitas bahan baku yang ada di Indonesia.



Asam sulfat : 550.000 ton/th = 550.000.000 kg/th  
 mol = 550.000.000 : 98 (BM Asam Sulfat) = 5.612.244,898

Etanol : 50.000 ton/th = 50.000.000 kg/th  
 mol = 50.000.000 : 46,07 (BM Etanol) = 1.085.304,971

Asam Asetat : 33.000 ton/th = 33.000.000 kg/th  
 mol = 33.000.000 : 60,05 (BM Asam Asetat) = 549.542,0483

Kapasitas pra rencana pabrik etil asetat pada tahun 2020 yang sesuai dengan ketersediaan bahan baku yaitu :

Kapasitas tahun 2020 = mol asam asetat x BM Etil Asetat x konversi reaksi  
 = 549.542,0483 x 88,12 x 0,67  
 = 32.445.182,35 kg/th  
 = 32.445,18235 ton/th = 30.000 ton/th

### **Pemilihan Lokasi**

Dasar pemilihan untuk penentuan lokasi dari suatu perusahaan adalah sangat penting sehubungan dengan perkembangan ekonomi dan sosial dari masyarakat karena akan mempengaruhi kedudukan perusahaan dalam persaingan dan menentukan kelangsungan hidup perusahaan selanjutnya

Oleh karena itu perlu diadakan seleksi dan evaluasi, sehingga lokasi memenuhi persyaratan bila ditinjau dari segala segi. Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik dibagi menjadi dua golongan, yaitu:

1. Faktor Utama
  - a. Penyediaan bahan baku
  - b. Pemasaran (marketing)
  - c. Utilitas (air, listrik, dan bahan bakar)
  - d. Keadaan geografis dan masyarakat
2. Faktor Khusus
  - a. Transportasi
  - b. Tenaga kerja
  - c. Buangan pabrik (disposal)
  - d. Pembuangan limbah

- e. Site dan karakteristik dari lokasi
- f. Peraturan perundang-undangan

## 1. Faktor Utama

### a. Penyediaan Bahan Baku

Ditinjau dari tersedianya bahan baku dan harga dari bahan baku, maka pabrik hendaknya didirikan dekat dengan sumber bahan baku itu.

Hal-hal yang perlu diperhatikan mengenai bahan baku adalah:

- Letak sumber bahan baku.
- Kapasitas sumber bahan baku dan berapa lama sumber tersebut dapat diandalkan pengadaannya.
- Kualitas bahan baku yang ada dan apakah kualitas ini sesuai dengan persyaratan yang dibutuhkan.
- Cara mendapatkan bahan baku dan pengangkutan.

### b. Pemasaran (marketing)

Pemasaran merupakan salah satu faktor penting dalam industri kimia. Karena berhasil atau tidaknya pemasaran akan menentukan keuntungan industri tersebut.

Hal-hal yang harus diperhatikan adalah:

- Tempat produk yang akan dipasarkan.
- Kebutuhan produk saat sekarang dan akan datang.
- Pengaruh persaingan yang ada.
- Jarak pemasaran dari lokasi, dan sarana pengangkutan untuk daerah pemasaran

### c. Utilitas

Unit utilitas dalam suatu pabrik sangatlah penting karena merupakan sarana bagi kelancaran proses produksi. Unit utilitas terdiri dari air, listrik dan bahan bakar.

#### • Air

Air merupakan kebutuhan yang penting dalam industri kimia. Air digunakan untuk kebutuhan proses, media pendingin, air sanitasi dan kebutuhan lainnya. Untuk memenuhi kebutuhan ini, air dapat diambil dari tiga macam sumber yaitu air kawasan, air sungai, dan air dari PDAM.

Untuk itu perlu diperhatikan mengenai:

- Sampai berapa jauh sumber ini dapat melayani kebutuhan pabrik.
- Kualitas sumber air yang tersedia.

- Pengaruh musim terhadap kemampuan penyediaan.

Untuk memenuhi kebutuhan air sehari-hari diambil dipergunakan air kawasan. Air kawasan diolah terlebih dahulu pada unit utilitas untuk menghasilkan air yang berkualitas sesuai dengan ketentuan.

- **Listrik dan bahan bakar**

Listrik dan bahan bakar dalam industri mempunyai peranan yang sangat penting terutama sebagai motor penggerak, penerangan dan untuk memenuhi kebutuhan yang lainnya. Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah:

- Ada atau tidaknya listrik di daerah tersebut.
- Jumlah listrik di daerah tersebut.
- Harga tenaga listrik.
- Persediaan tenaga listrik di masa mendatang.
- Mudah atau tidaknya mendapatkan bahan bakar.

**d. Iklim dan Alam Sekitarnya**

Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah:

- Keadaan alam  
Keadaan alam yang menyulitkan konstruksi akan mempengaruhi spesifikasi peralatan serta konstruksi peralatan.
- Keadaan angin  
Kecepatan dan arah angin pada situasi terburuk yang pernah terjadi pada tempat tersebut yang akan mempengaruhi peralatan.
- Gempa bumi yang pernah terjadi
- Kemungkinan perluasan di masa yang akan datang

**2. Faktor Khusus**

**a. Transportasi**

Masalah transportasi perlu diperhatikan agar kelancaran supply bahan baku dan penyaluran produk dapat terjamin dengan biaya yang serendah mungkin dan dalam waktu yang singkat. Karena itu perlu diperhatikan fasilitas-fasilitas yang ada seperti:

- Jalan raya yang dapat dilalui oleh kendaraan roda empat
- Jalan/rel kereta api
- Adanya pelabuhan
- Sungai yang dapat dilayari oleh kapal dan perahu

#### b. Tenaga Kerja

Hal-hal yang perlu diperhatikan:

- Mudah atau tidaknya mendapatkan tenaga kerja yang diinginkan.
- Keahlian dan pendidikan tenaga kerja yang ada.
- Tingkat penghasilan tenaga kerja di daerah tersebut.

#### c. Buangan pabrik (disposal)

Apabila buangan pabrik berbahaya bagi kehidupan disekitarnya, maka ada beberapa hal yang harus diperhatikan:

- Cara pengeluaran bentuk buangan, terutama yang berhubungan dengan peraturan pemerintah dan peraturan setempat.
- Masalah pencemaran yang mungkin timbul

#### d. Pembuangan Limbah

Hal ini berkaitan dengan usaha pencegahan terhadap pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh buangan pabrik yang berupa gas, cair maupun padat, dengan memperhatikan peraturan pemerintah.

#### e. Site dan karakteristik dari Lokasi

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam memilih lokasi adalah:

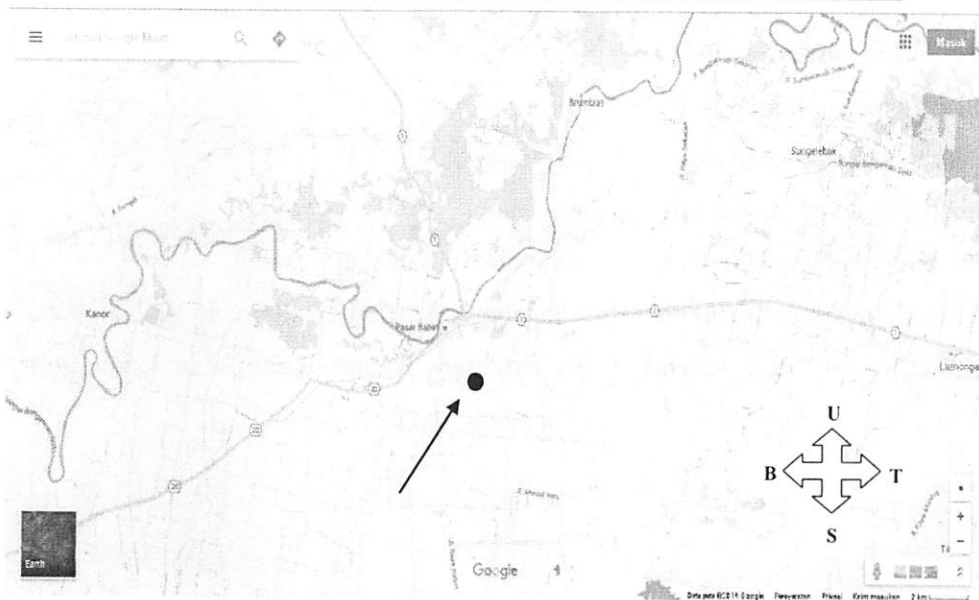
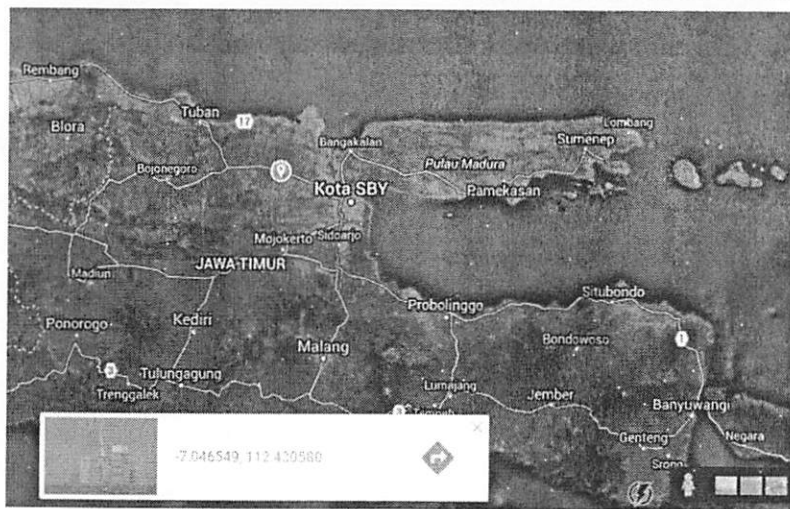
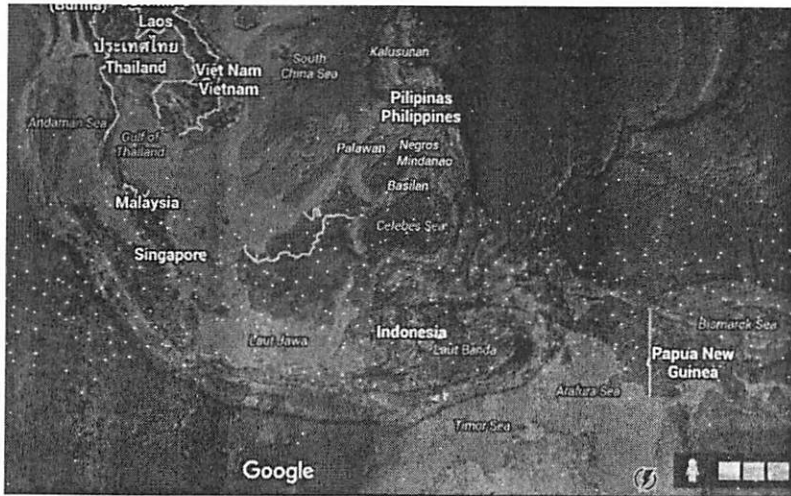
- Apakah daerah tersebut merupakan lokasi bebas sawah, rawa, bukit, dan sebagainya.
- Harga tanah dan fasilitas lainnya.

#### f. Peraturan perundang-undangan

Hal-hal yang perlu ditinjau:

- Ketentuan-ketentuan mengenai daerah tersebut.
- Ketentuan mengenai jalan umum yang ada.
- Ketentuan mengenai jalan umum bagi industri di daerah tersebut.

Berdasarkan faktor-faktor di atas, daerah yang menjadi alternatif pilihan lokasi pendirian pabrik etil asetat terletak di **Jl. Kuripan, Babat, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur**. Peta lokasi pabrik etil asetat dapat dilihat pada gambar 1.1.



Gambar 1.1. Peta Lokasi Pabrik Etil Asetat skala 1 : 1000



## BAB II

### SELEKSI PROSES DAN URAIAN PROSES

Seleksi proses atau pemilihan suatu proses diperlukan dalam setiap rencana pendirian suatu pabrik, sebelum pabrik tersebut terealisasi pendiriannya. Dengan operasi proses yang tepat maka akan dicapai manajemen energi yang efisien dan efektif tanpa mengurangi kualitas dan kuantitas hasil proses dengan investasi yang serendah-rendahnya.

#### 2.1. Berbagai Macam Proses Pembuatan Etil Asetat

Dalam produksi etil asetat terdapat beberapa proses yang diantaranya :

- a. Proses Esterifikasi
- b. Proses Reaksi Tischenko
- c. Proses Sintesis Etil Asetat dari Etilena dan Asam Asetat

##### 2.1.1. Proses Esterifikasi

Proses esterifikasi dalam industri dapat dilakukan secara kontinyu maupun batch. Pemilihan kedua macam proses tersebut tergantung pada kapasitas produksinya. Untuk kapasitas produksi yang relatif kecil sebaiknya jenis yang digunakan adalah proses *batch*. Sedangkan proses esterifikasi kontinyu dipilih untuk kapasitas produksi yang relatif besar.

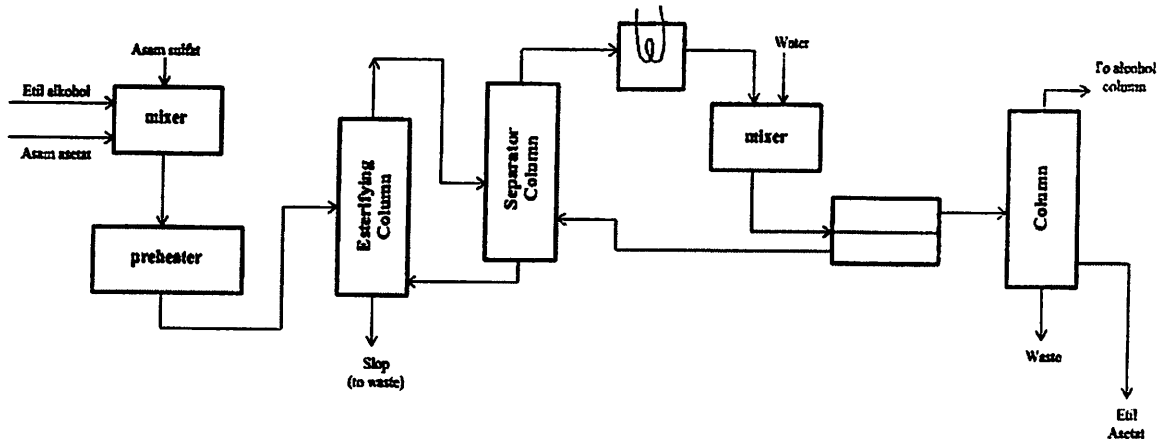
##### a. Proses *Batch* Produksi Etil Asetat

Proses produksi etil asetat secara batch pada prinsipnya adalah dengan memanaskan asam asetat 80%, etanol 95% dan asam sulfat dalam sebuah tangki silinder.

Pemanasan dengan menggunakan steam yang dialirkan ke kolom fraksinasi. Suhu atas kolom fraksinasi dijaga 70 °C agar dapat diperoleh komposisi ternary azeotrop, yaitu 83% etil asetat, 9% etanol dan 8% air. Uap hasil puncak dikondensasi, sebagian lagi *direfluk*, sebagian diambil sebagai produk (Faith and Keyes, 1957).

### b. Proses Kontinyu Produksi Etil Asetat

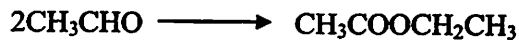
Proses produksi etil asetat secara kontinyu untuk memperoleh hasil yang maksimal. Asam asetat, etanol dan katalis asam sulfat direaksikan pada reaktor yang dilengkapi dengan pengaduk. Selanjutnya produk reaktor dipisahkan pada menara distilasi untuk memperoleh produk dengan kemurnian tinggi (Kirk and Othmer,1982) (Faith and Keyes, 1957).



Gambar 2.1. Uraian Proses Esterifikasi Etil Asetat

#### 2.1.2. Proses Reaksi Tischenko

Proses pembuatan etil asetat dengan reaksi Tischenko, menghasilkan yield 60% ester dengan penambahan aluminium etoksit dalam asetaldehid pada suhu  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Pengembangan produk skala industri berada di Eropa selama awal pertengahan abad, lalu asetaldehid menjadi produk intermediet penting dalam bahan dasar pembuatan asitilen. Reaksinya ditunjukkan pada persamaan berikut:



Proses Hoechst terdiri dari 4 bagian. Pertama, katalis cair aluminium etoksit disiapkan bertahap dengan memisahkan granula aluminium dalam campuran etanol-etil asetat yang mengandung aluminium klorida dan sedikit zink klorida. Kecepatan reaksi dari proses dapat diketahui dari perubahan hidrogen.

Kedua, proses terjadi di reaktor, asetaldehid masuk reaktor dari tanki penyimpanan dan katalis cair masuk secara kontinyu. Setelah itu masuk ke unit separasi residu. Proses yang terdistilasi dipindahkan ke evaporasi, residu diolah dengan air memperoleh kembali etanol. Setelah diolah, slurry residu bisa diolah dengan proses degradasi biologi atau bisa dibakar dengan produk limbah organik lain. Pada kolom

pertama, hasil atas dipisahkan untuk mengambil asetaldehid yang tidak terkonversi, yang akan dikembalikan ke reaktor, etanol mengandung etil asetat dipisahkan, untuk digunakan kembali diproses persiapan katalis (Faith and Keyes, 1957).

### 2.1.3. Proses Sintesis Etil Asetat dari Etilena dan Asam Asetat

Dalam proses sintesis etil asetat, etil asetat dibuat dengan reaksi fase uap etilena dan asam asetat menggunakan katalis padat fluoropolimer yang mengandung asam sulfonat. Bahan baku biasanya menggunakan etilena berlebih. Konversi asam asetat bervariasi dari 30% dengan waktu tinggal 55 jam pada 126 °C sampai konversi 60% dengan waktu tinggal 30 jam pada 150°C. Karena laju reaksi lambat, maka proses ini membutuhkan ukuran reaktor sangat besar (Gruffaz, dkk, 1979).

## 2.2. Seleksi Proses

Dari uraian diatas dapat dibuat perbandingan seperti yang tercantum pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.1. Perbandingan Proses Pembuatan Etil Asetat

Parameter	Proses I Esterifikasi	Proses II Tischenko	Proses III Sintesis Etil Asetat
a. Aspek proses :			
- Kemurnian produk	99 %	-	-
- Yield	99-100 %	60 %	-
- Konversi reaksi	67 %	61 %	43,6 %
- Proses	Kontinyu	Kontinyu	Batch
- Katalis	Asam Sulfat	Aluminium Etoksit	Fluoropolimer
b. Operasi :			
- Temperature	85-90 °C	-20 °C	150 °C
- Tekanan	1 atm	-	1 atm
c. Ekonomi			
- Kapasitas	Besar	-	Besar
- Investasi	Besar	Besar	Besar

Dari tabel diatas, dipilih proses I yaitu esterifikasi pembuatan etil asetat dengan bahan baku etanol dan asam asetat dan penambahan asam sulfat sebagai katalis.

#### Alasan Pemilihan Proses

Dipilihnya proses pembuatan etil asetat dengan proses esterifikasi karena didasarkan atas beberapa pertimbangan, antara lain:

a. Dari segi hasil produksi

Proses pembuatan etil asetat dengan menggunakan proses esterifikasi didapatkan kemurnian produk yang tinggi.

b. Dari segi operasi dan ekonomi

Biaya operasi tergolong cukup murah diantara proses yang lain. Dari tabel 2.1. terlihat bahwa proses dengan esterifikasi biaya yang diperlukan lebih rendah dibandingkan dengan proses sintesis etil asetat.

### 2.3. Uraian Proses

Proses yang digunakan pada pra-rencana pabrik etil asetat ini adalah esterifikasi dengan katalis asam sulfat. Proses ini dapat dibagi dalam beberapa tahap yaitu:

1. Persiapan bahan baku.
2. Reaksi pembentukan produk..
3. Pemisahan
4. Pemurnian produk.
5. Penanganan produk akhir.

Secara garis besar kelima tahapan proses tersebut dapat diuraikan seperti dibawah ini:

a. Persiapan Bahan Baku

Dalam proses pembuatan etil asetat, bahan baku diperoleh dari beberapa tempat diantaranya etanol dengan kemurnian 95%, asam asetat dengan kemurnian 80% dan asam sulfat dengan kemurnian 96%. Masing-masing bahan baku disimpan pada tanki penampung diantaranya tanki storage asam asetat (F-111), tanki storage etanol (F-112) dan tanki storage asam sulfat (F-113). Dalam pembuatan etil asetat, etanol dan asam asetat dimasukkan pada tanki pencampur atau mixer (M-117) yang berfungsi untuk menghomogenkan ketiga larutan kemudian dipompa ke reaktor esterifikasi (R-110) yang sebelumnya campuran hasil dari mixer (M-117) dipanaskan terlebih dahulu menggunakan heater (E-118) dengan kondisi operasi 50°C.

### b. Reaksi

Reaksi dalam pembuatan etil asetat terjadi pada reaktor esterifikasi (R-110). Reaktor yang digunakan yaitu tanki berpengaduk dan berjaket karena reaksi yang dihasilkan adalah eksotermis. Kondisi operasi pada reaktor esterifikasi (R-110) yaitu pada suhu 80 °C dengan tekanan 1 atm. Pada reaktor esterifikasi (R-110) terjadi proses esterifikasi (pembentukan ester yaitu etil asetat) dengan konversi reaksi 67%. Reaktor esterifikasi menghasilkan air 12,82% , etanol 14,37% , asam asetat 7,04% , asam sulfat 44,80% dan etil asetat 20,97%.

Reaksi esterifikasi yang terjadi yaitu :



### c. Pemisahan

Proses pemisahan terjadi pada alat distilasi (D-120) yang menghasilkan distilat 88,24% etil asetat, 6,56% etanol, dan 5,2% air. Proses distilasi ini dioperasikan pada suhu 84,58 °C dan tekanan 1 atm. Distilat diteruskan ke mixer (M-126) dengan penambahan air yang bertujuan untuk mengikat etanol yang bercampur dengan etil asetat sehingga didapatkan etil asetat dengan konsentrasi lebih tinggi. Keluaran dari mixer (M-126) dilanjutkan ke dekanter (H-128) yang bertujuan untuk memisahkan etil asetat, etanol, dan air berdasarkan berat jenis.

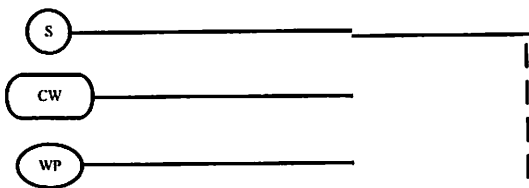
Hasil lapisan atas dekanter (H-128) berupa 98,492,30% etil asetat, 7,45% etanol, dan 0,25% air, sedangkan lapisan bawah berupa air dengan campurannya. Hasil lapisan atas diteruskan pada proses pemurnian yaitu proses distilasi (D-130) untuk mendapatkan etil asetat dengan kemurnian tinggi, serta hasil lapisan bawah ditampung.

### d. Pemurnian

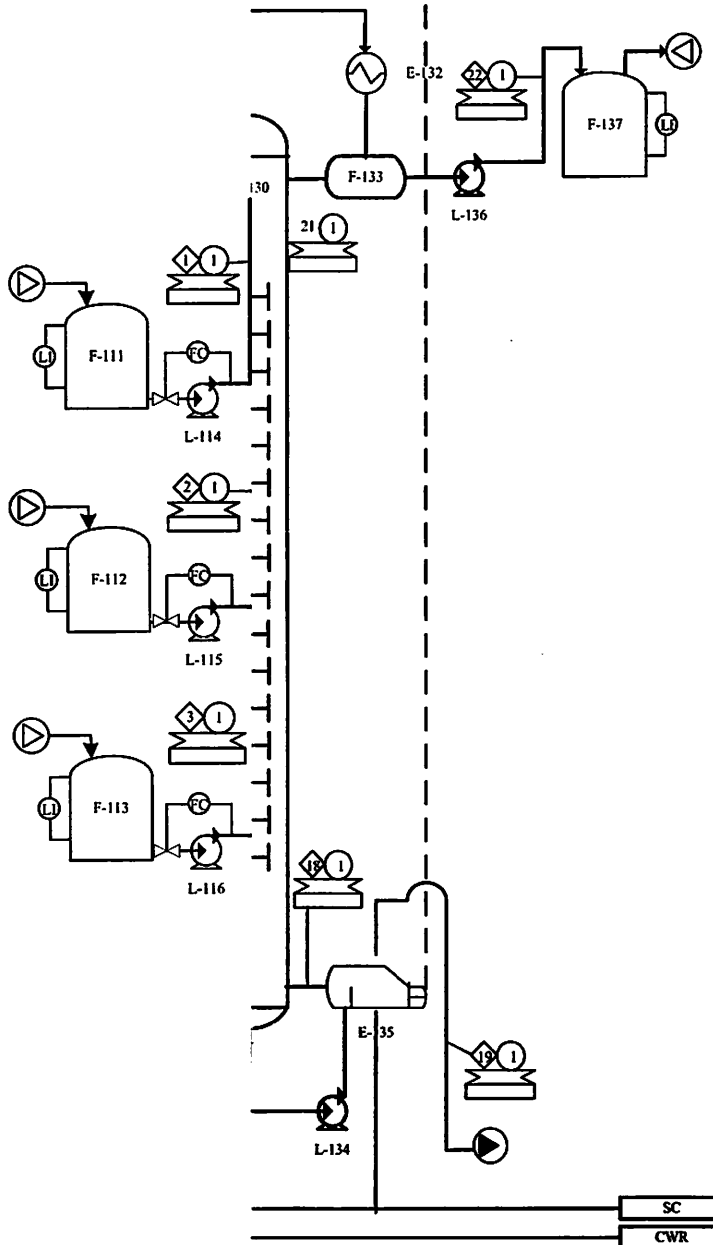
Pada proses pemurnian terjadi pada D-130 dimana distilat yang dihasilkan 99,92% etil asetat, 0,002% air, dan 0,08% etanol.

### e. Penanganan Produk

Hasil akhir pada proses pembuatan etil asetat yaitu ester (etil asetat) dengan kemurnian 99,92%. Produk ditampung pada tanki penampung produk (F-137) lalu disimpan dan siap didistribusikan.



9	○	PRESSURE
8	○ CWR	COOLING WATER RETURN
7	○ SC	STEAM CONDENSATE
6	○ CW	COOLING WATER
5	○ S	STEAM
4	◇	GAS FLOW
3	◇	LIQUID FLOW
2	□	TEMPERATUR
1	◇	MASS FLOW
No	SIMBOL	KETERANGAN



26	F-137	Storage Etil Asetat
25	L-136	Pompa
24	E-135	Reboiler
23	L-134	Pompa
22	F-133	Akumulatur
21	L-132	Kompresor
20	L-131	Pompa
19	H-128	Dekanter
18	L-127	Pompa
17	M-126	Mixer II
16	L-125	Pompa
15	F-124	Akumulatur
14	E-123	Kondensor
13	E-122	Reboiler
12	L-121	Pompa
11	D-120	Kolom Distilasi I
10	R-110	Reaktor Esterifikasi
9	L-119	Pompa
8	E-118	Pre Heater
7	M-117	Mixer I
6	L-116	Pompa
5	L-115	Pompa
4	L-114	Pompa
3	F-113	Storage Asam Sulfat
2	F-112	Storage Etanol
1	F-111	Storage Asam Asetat
No	Kode	Keterangan

	1	2
H2O	1401,76	350,44
CH3COOH	5607,08	-
H2SO4	-	-
CH3CH2OH	-	6658,41
C4H7O2	-	-

Jurusan Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Nasional Malang

FLWSHEET  
PRA RENCANA PABRIK  
ETIL ASETAT DARI ETANOL DAN ASAM ASETAT DENGAN KATALIS ASAM  
SULFAT MENGGUNAKAN PROSES ESTERIFIKASI

Disusun Oleh :	Dosen Pembimbing :
Putri Sahadatin K Indria Kusuma W	 Dwi Ana Anggorowati, ST., MT.

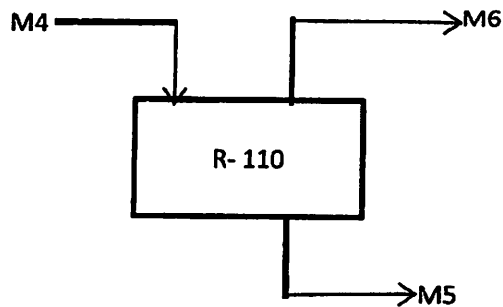
NIM 1214018  
NIM 1214044



Neraca Massa Mixer I			
Massa Masuk (kg/jam)		Massa Keluar (kg/jam)	
M1		M3	
H <sub>2</sub> O =	1401,769861	H <sub>2</sub> O =	2242,83178
CH <sub>3</sub> COOH =	5607,079442	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH =	6658,40684
M2		CH <sub>3</sub> COOH =	5607,07944
H <sub>2</sub> O =	350,4424652	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> =	11774,8668
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH =	6658,406838		
M3			
H <sub>2</sub> O =	490,6194512		
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> =	11774,86683		
<b>TOTAL</b>	<b>26283,18489</b>	<b>TOTAL</b>	<b>26283,1849</b>

## 2. Reaktor (R-110)

Fungsi : Untuk mereaksikan etanol dan asam asetat dengan katalis asam sulfat



Keterangan :

M3 : Alliran campuran etanol dan asam asetat masuk reaktor

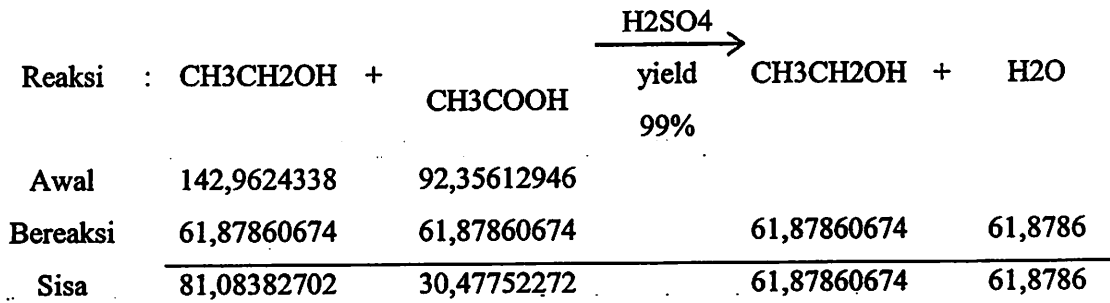
M4 : Aliran asam sulfat masuk reaktor

M5 : Aliran bahan keluar reaktor

Kondisi operasi :

Konversi = 67%, T = 80°C, P = 1 atm, Eksotermis

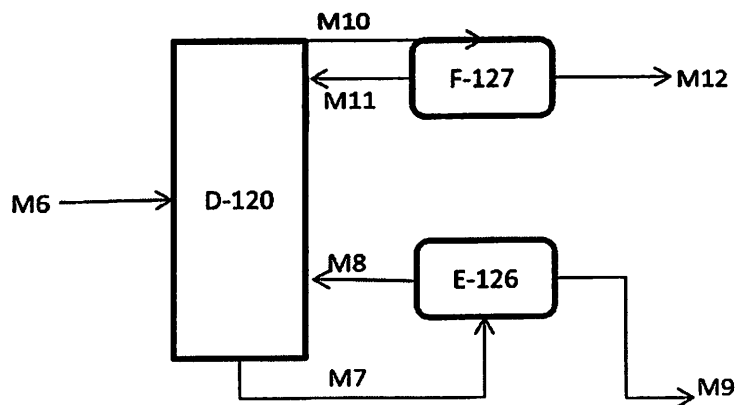




Neraca Massa Reaktor Esterifikasi (R-110)			
Massa Masuk (kg/jam)		Massa Keluar (kg/jam)	
M4		M5	
H <sub>2</sub> O =	2242,831777	H <sub>2</sub> O =	3369,81471
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH =	6658,406838	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH =	3776,44038
CH <sub>3</sub> COOH =	5607,079442	CH <sub>3</sub> COOH =	1850,33622
		CH <sub>3</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> =	5511,72675
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> =	11774,86683	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> =	11774,8668
<b>TOTAL</b>	<b>26283,1849</b>	<b>TOTAL</b>	<b>26283,1849</b>

### 3. Kolom Distilasi (D-120)

Fungsi : Untuk memisahkan campuran ester



Keterangan :

M6 : Aliran bahan masuk kolom distilasi I

M7 : Aliran bahan keluar kolom masuk reboiler

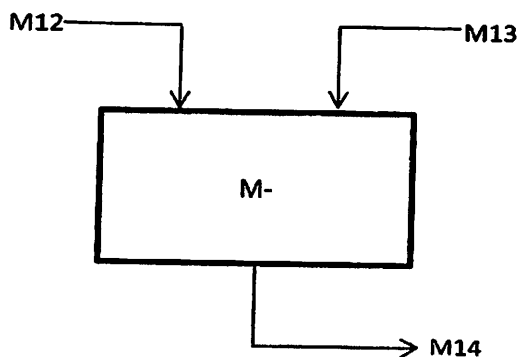
M8 : Aliran bahan keluar reboiler yang direfluks

- M9 : Aliran bahan keluar reboiler menjadi bottom  
M10 : Aliran bahan keluar kolom masuk akumulator  
M11 : Aliran bahan keluar akumulator yang direfluks  
M12 : Aliran bahan keluar menjadi produk

Neraca Massa Kolom Distilasi I			
Massa Masuk (kg/jam)		Massa Keluar (kg/jam)	
M5		M8	
H <sub>2</sub> O	= 3369,814708	H <sub>2</sub> O	= 3100,22953
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	= 3776,440384	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	= 3436,56075
CH <sub>3</sub> COOH	= 1850,336216	CH <sub>3</sub> COOH	= 1850,33622
CH <sub>3</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	= 5511,726749	CH <sub>3</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	= 936,993547
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	= 11774,86683	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	= 11774,8668
		M11	
		H <sub>2</sub> O	= 269,585177
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	= 339,879635
		CH <sub>3</sub> COOH	= 0
		CH <sub>3</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	= 4574,7332
		H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	= 0
<b>Total</b>	<b>26283,18</b>	<b>Total</b>	<b>26283,18</b>

#### 4. Mixer II (M-124)

Fungsi : Untuk mencuci hasil esterifikasi dengan air proses



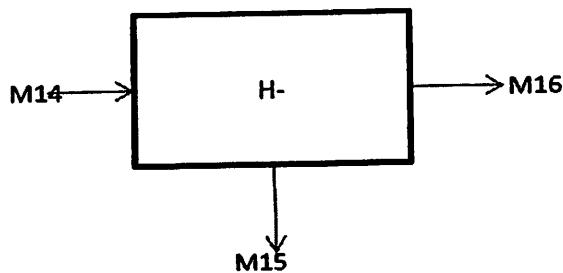
Keterangan :

- M12 : Aliran ester masuk mixer II  
M13 : Aliran air proses untuk pencucian  
M14 : Aliran produk keluar mixer II

Neraca Massa Mixer II					
Massa Masuk (kg/jam)			Massa Keluar (kg/jam)		
<b>M11</b>			<b>M13</b>		
H <sub>2</sub> O	=	269,5851767	H <sub>2</sub> O	=	1607,47493
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	=	339,8796346	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	=	339,879635
CH <sub>3</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	=	4574,733202	CH <sub>3</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	=	4574,7332
<b>M12</b>					
H <sub>2</sub> O	=	1337,889755			
<b>Total</b>		<b>6522,0878</b>	<b>Total</b>		<b>6522,08777</b>

5. Dekanter (H-128)

Fungsi : Untuk memisahkan air pencucian dan sisa asam asetat dengan ester



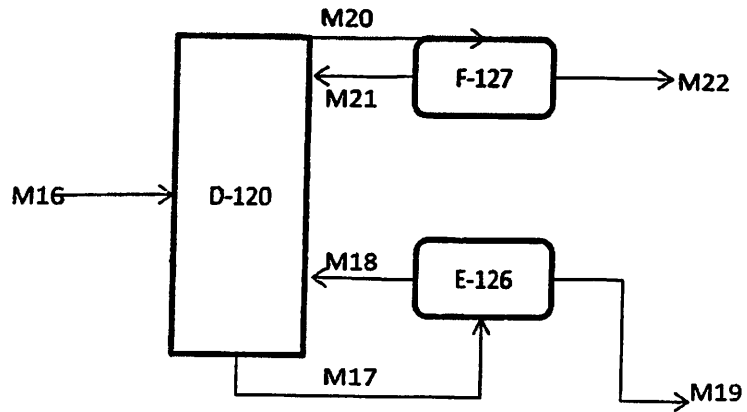
Keterangan :

- M14 : Aliran produk masuk dekanter
- M15 : Aliran bottom
- M16 : Aliran ester keluar dekanter

Neraca Massa Dekanter					
Massa Masuk (kg/jam)			Massa Keluar (kg/jam)		
<b>M13</b>			<b>M14</b>		
H <sub>2</sub> O	=	1607,474932	H <sub>2</sub> O	=	1596,08663
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	=	339,8796346	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	=	0
CH <sub>3</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	=	4574,733202	CH <sub>3</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	=	365,978656
			<b>M15</b>		
			H <sub>2</sub> O	=	11,3883029
			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	=	339,879635
			CH <sub>3</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	=	4208,75455
<b>TOTAL</b>		<b>6522,0878</b>	<b>TOTAL</b>		<b>6522,0878</b>

6. Kolom Distilasi II (D-130)

Fungsi : Untuk memurnikan etil asetat



Keterangan :

M16 : Aliran bahan masuk kolom distilasi II

M17 : Aliran bahan keluar kolom masuk reboiler

M18 : Aliran bahan keluar reboiler yang direfluks

M19 : Aliran bahan keluar reboiler menjadi bottom

M20 : Aliran bahan keluar kolom masuk akumulator

M21 : Aliran bahan keluar akumulator yang direfluks

M22 : Aliran bahan keluar reboiler menjadi produk

Neraca Massa Kolom Distilasi II			
Massa Masuk (kg/jam)		Massa Keluar (kg/jam)	
<b>M15</b>		<b>M18</b>	
H <sub>2</sub> O	= 11,38830286	H <sub>2</sub> O	= 11,2744198
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	= 339,8796346	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	= 336,480838
CH <sub>3</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	= 4208,754545	CH <sub>3</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	= 42,0875455
		<b>M21</b>	
		H <sub>2</sub> O	= 0,11388303
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	= 3,39879635
		CH <sub>3</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	= 4166,667
<b>Total</b>	<b>4560,022483</b>	<b>Total</b>	<b>4560,02248</b>





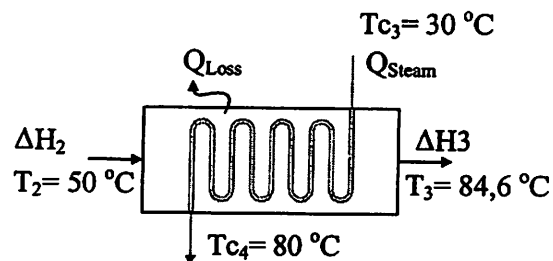




Neraca Panas Heater			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kcal/jam	Komponen	Energi kcal/jam
$\Delta H_1$	33226,5758	$\Delta H_2$	367322,6528
$Q_{\text{Steam}}$	334428,3427	$Q_{\text{Loss}}$	332,2658
<b>Total</b>	<b>367654,9185</b>	<b>Total</b>	<b>367654,9185</b>

## 2. Reaktor Mixed (R-110)

Fungsi : Untuk mereaksikan campuran asam asetat – etanol dan katalis asam sulfat



Keterangan :

$\Delta H_2$  : Panas campuran asam asetat dan etanol masuk reaktor

$\Delta H_3$  : Panas katalis asam sulfat masuk reaktor

$\Delta H_{\text{rxn}}$  : Panas reaksi

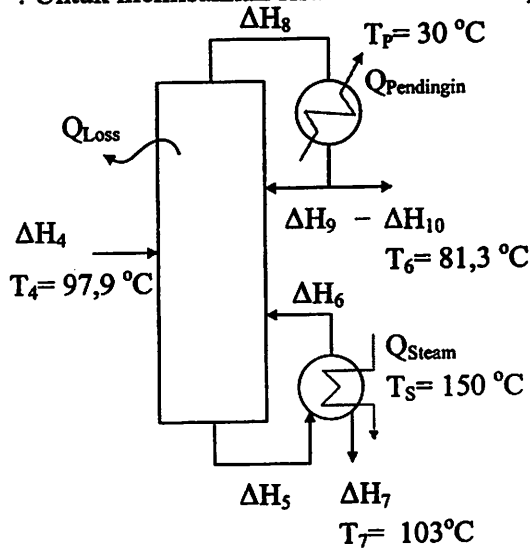
$Q_{\text{loss}}$  : Panas yang hilang dalam proses

$Q_{\text{cold}}$  : Panas yang terserap oleh pendingin

Neraca Panas Reaktor Esterifikasi (R-110)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kcal/jam	Komponen	Energi kcal/jam
$\Delta H_2$	367322,6528	$Q_{\text{cold}}$	405249,0927
$\Delta H_{\text{rxn}}$	41599,6664	$Q_{\text{loss}}$	3673,2265
$\Delta H_3$	219103,9247	$\Delta H_4$	189512,5126
<b>Total</b>	<b>628026,2439</b>	<b>Total</b>	<b>628026,2439</b>

### 3. Kolom Distilasi I (D-120)

Fungsi : Untuk memisahkan sisa bahan baku dan produk



Keterangan:

- ΔH4 : Panas bahan masuk kolom destilasi
- ΔH5 : Panas liquid masuk reboiler
- ΔH6 : Panas vapor keluar reboiler
- ΔH7 : Panas liquid keluar reboiler sebagai bottom
- ΔH8 : Panas vapor menuju kondensor
- ΔH9 : Panas liquid keluar kondensor yang refluks
- ΔH10 : Panas liquid keluar kondensor sebagai destilat
- $Q_{Loss}$  : Panas yang hilang selama proses
- $Q_{Steam}$  : Panas yang terkandung pada steam
- $Q_{Pendingin}$  : Panas yang diserap air pendingin

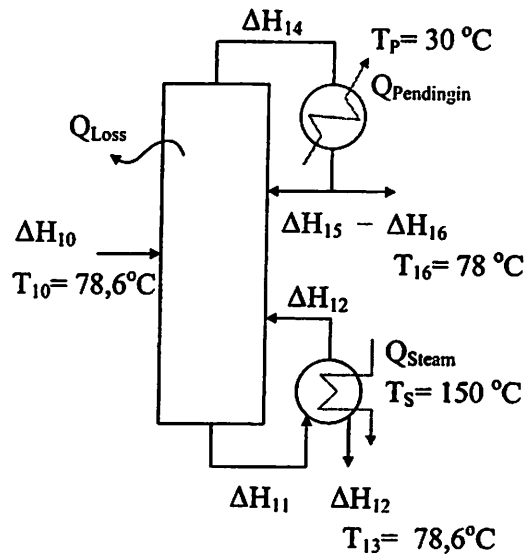
<b>Neraca Panas Kolom Destilasi</b>			
<b>Aliran Panas Masuk</b>		<b>Aliran Panas Keluar</b>	
<b>Komponen</b>	<b>Energi kcal/jam</b>	<b>Komponen</b>	<b>Energi kcal/jam</b>
$\Delta H_7$	549651,3246	$\Delta H_{12}$	98625,8374
$Q_R$	512938,4305	$\Delta H_{13}$	450944,1559
		$Q_C$	513019,7619
<b>Total</b>	<b>1062589,7552</b>	<b>Total</b>	<b>1062589,7552</b>
<b>Aliran Panas Kondensor</b>			
$\Delta H_{18}$	710271,4367	$\Delta H_{12}$	98625,8374
		$\Delta H_{10}$	98625,8374
		$Q_C$	513019,7619



<b>Total</b>	<b>710271,4367</b>	<b>Total</b>	<b>710271,4367</b>
<b>Aliran Panas Reboiler</b>			
$\Delta H_9$	712868,5217	$\Delta H_{11}$	441417,5703
$Q_R$	188416,8217	$\Delta H_{13}$	450944,1559
		$Q_{Loss}$	8923,6173
<b>Total</b>	<b>901285,3434</b>	<b>Total</b>	<b>901285,3434</b>

#### 4. Kolom Distilasi (D-120)

Fungsi : Untuk memurnikan etil asetat



Keterangan :

$\Delta H_7$  : Panas bahan masuk kolom distilasi

$\Delta H_8$  : Panas vapor menuju kondensor

$\Delta H_{10}$  : Panas liquid keluar kondensor yang direfluks

$\Delta H_{12}$  : Panas liquid keluar kondensor sebagai distilat

$\Delta H_9$  : Panas liquid masuk reboiler

$\Delta H_{11}$  : Panas vapor keluar reboiler

$\Delta H_{13}$  : Panas liquid keluar reboiler sebagai bottom

$Q_{loss}$  : Panas yang hilang dalam proses

$Q_{steam}$  : Panas yang terkandung pada steam

$Q_{cool}$  : Panas yang terserap air pendingin

<b>Neraca Panas Kolom Destilasi</b>			
<b>Aliran Panas Masuk</b>		<b>Aliran Panas Keluar</b>	
<b>Komponen</b>	<b>Energi kcal/jam</b>	<b>Komponen</b>	<b>Energi kcal/jam</b>
$\Delta H_7$	80581,0158	$\Delta H_{12}$	74269,7467
$Q_R$	798851,8152	$\Delta H_{13}$	6292,0644
		$Q_C$	798871,0199
<b>Total</b>	<b>879432,8310</b>	<b>Total</b>	<b>879432,8310</b>
<b>Aliran Panas Kondensor</b>			
$\Delta H_{18}$	947329,4337	$\Delta H_{12}$	74269,7467
		$\Delta H_{10}$	74188,6671
		$Q_C$	798871,0199
<b>Total</b>	<b>947329,4337</b>	<b>Total</b>	<b>947329,4337</b>
<b>Aliran Panas Reboiler</b>			
$\Delta H_9$	77158,7768	$\Delta H_{11}$	70866,7123
$Q_R$	771,5878	$\Delta H_{13}$	6292,0644
		$Q_{Loss}$	771,5878
<b>Total</b>	<b>77930,3645</b>	<b>Total</b>	<b>77930,3645</b>







**BAB V**  
**SPEKIFIKASI PERALATAN**

No	Nama Alat	Kode Alat	Jenis	Ukuran	Bahan Konstruksi	Jumlah
1.	Storage Asam Sulfat	F-111	Silinder tegak dengan tutup atas standart dished dan tutup bawah flathed	Volume : 28166,0476 ft <sup>3</sup> ID : 227 in OD : 228 in Ts : ½ in Ls : 340,5 in Tha : ¼ in Ha : 38,8630 in H : 378,8630 in	Stainless Steel	1
2.	Pompa Asam Sulfat	L-114	Sentrifugal	Daya : 1 Hp Kapastas : 26749,7599 lb/jam L pipa : 125,9633 ft	Stainless Steel	1
3.	Storage Asam Asetat	F-112	Silinder tegak dengan tutup atas standart dished dan tutup bawah flathed	Volume : 16094,8810 ft <sup>3</sup> ID : 227 in OD : 228 in Ts : ½ in Ls : 340,5 in Tha : ¼ in Ha : 38,8630 in H : 378,8630 in	Stainless Steel	1
4.	Pompa Asam Asetat	L-115	Sentrifugal	Daya : 1 Hp Kapastas : 15285,5721 lb/jam L pipa : 121,7360 ft	Stainless Steel	1
5.	Storage Ethanol	F-113	Silinder tegak dengan tutup	Volume : 16094,8810 ft <sup>3</sup>	Stainless Steel	1

			atas standart dished dan tutup bawah flathed	ID : 227 in OD : 228 in Ts : ½ in Ls : 340,5 in Tha : ¼ in Ha : 38,8630 in H : 378,8630 in		
6.	Pompa Etanol	L-116	Sentrifugal	Daya : 1 Hp Kapastas : 15285,5721 lb/jam L pipa : 121,7360 ft	Stainless Steel	1
7.	Mixer	M-117	Silinder vertikal dengan tutup atas standart dished dan tutup bawah conis dengan sudut puncak 120°	Kapasitas : 11796,4671 lb/jam OD : 120 in Ts : 119,6 in Ls : 97,5398758 in Tha : 5/16 Thb : 5/16 Ha : 20,216625 in Hb : 186,890474 in H : 315,131741 in	Stainless Steel	1
8.	Pre Heater	E-118	Double pipe	OD : 2,38 in ID : 2,067 in Panjang : 12 ft	Stainless Steel	1
9.	Pompa	L-119	Sentrifugal	Daya : 1 Hp Kapastas : 57320,8978 lb/jam L pipa : 142,3363 ft	Stainless Steel	1
10.	Reaktor Esterifikasi	R-110	BAB VI Perancangan Alat Utama oleh Indria Kusuma Wardhani (12.14.044)			
11.	Kolom Distilasi	D-120	Appendiks C Spesifikasi Peralatan			
12.	Kondensor	E-122	Sheel and	Kapasitas :	Stainless	1

			Tube	22005,6992 lb/jam IDS : 13 ¼ in B : 2 2/3 in Pt : 1,25 in de : 0,72 in L : 20 ft a' : 0,4790 in <sup>2</sup> a'' : 0,26 in <sup>2</sup> di : 0,7820 in	Steel	
13.	Akumulator	F-123	Silinder Horizontal berbentuk standart dished	Volume : 272,6508 ft <sup>3</sup> Pi : 17,1052 psig ID : 65,6250 in OD : 66 in Ts : 3/16 in Ls : 98,4375 in H : 120,6188 in Ths : 3/16 in Hs : 11,0906 in	Stainless Steel	1
14.	Pompa	L-124	Setrifugal	Daya : 106 Hp Kapastas : 29747,1832 lb/jam L pipa : 1244,72 ft	Stainless Steel	1
15.	Reboiler	E-125	Shell and Tube	Kapasitas : 8880,69 lb/jam IDS : 13 ¼ in B : 2 2/3 in Pt : 1,25 in de : 0,72 in L : 20 ft a' : 0,4790 in <sup>2</sup> a'' : 0,26 in <sup>2</sup> di : 0,7820 in	Stainless Steel	1

16.	Pompa	L-126	Setrifugal	<p>Daya : 7 Hp</p> <p>Kapasitas : 11219,4898 lb/jam</p> <p>L pipa : 1244,72 ft</p>	Stainless Steel	1
17.	Mixer	M-127	Silinder vertikal dengan tutup atas standart dish dan tutup bawah conis dengan sudut puncak 120°	<p>Kapasitas : 2308,937 lb/jam</p> <p>OD : 120 in</p> <p>Ts : 119,6 in</p> <p>Ls : 56,9748478 in</p> <p>Tha : 5/16</p> <p>Thb : 5/16</p> <p>Ha : 20,216625 in</p> <p>Hb : 186,890474 in</p> <p>H : 270,206293 in</p>	Stainless Steel	1
18.	Pompa	L-128	Setrifugal	<p>Daya : 6 Hp</p> <p>Kapasitas : 11219,4898 lb/jam</p> <p>L pipa : 1244,72 ft</p>	Stainless Steel	1
19.	Dekanter	H-129	Silinder horizontal dengan tutup dish dilengkapi dengan interface	<p>Vt : 14685089,845 in<sup>3</sup></p> <p>A : 22068,280 in</p> <p>ID : 167,6250 in</p> <p>OD : 168 in</p> <p>Ts : 0,000 in</p> <p>Tha = thb : 10,3391 in</p> <p>Ha = hb : 28,3286 in</p> <p>H : 559,5323 in</p>	Stainless Steel	1
20.	Pompa	L-131	Setrifugal	<p>Daya : 6 Hp</p> <p>Kapasitas : 9459,2439 lb/jam</p> <p>L pipa : 1244,72 ft</p>	Stainless Steel	1

21.	Kolom Distilasi	D-130	BAB VI Perancangan Alat Utama oleh Putri Sahadatin Kusnul Chotimah Lintang Pandani (12.14.018)			
22.	Kondensor	E-132	Sheel and Tube	Kapasitas : 664121,3383 lb/jam IDS : 13 ¼ in B : 2 2/3 in Pt : 1,25 in de : 0,72 in L : 20 ft a' : 0,4790 in <sup>2</sup> a'' : 0,26 in <sup>2</sup> di : 0,7820 in	Stainless Steel	1
23.	Akumulator	F-133	Silinder Horizontal berbentuk standart dished	Volume : 272,9551 ft <sup>3</sup> Pi : 17,1035 psig ID : 65,6250 in OD : 66 in Ts : 3/16 in Ls : 98,4375 in H : 120,6188 in Ths : 3/16 in Hs : 11,0906 in	Stainless Steel	1
24.	Pompa	L-134	Setrifugal	Daya : 1 Hp Kapastas : 29747,1832 lb/jam L pipa : 1244,72 in	Stainless Steel	1
25.	Reboiler	E-135	Shell and Tube	Kapasitas : 4759,01 lb/jam IDS : 13 ¼ in B : 2 2/3 in Pt : 1,25 in de : 0,72 in L : 20 ft	Stainless Steel	1



				$a' : 0,4790 \text{ in}^2$ $a'' : 0,26 \text{ in}^2$ $d_i : 0,7820 \text{ in}$		
26.	Pompa	L-136	Setrifugal	Daya : 1 Hp Kapastas : 9185,84068 lb/jam L pipa : 1244,72 ft	Stainless Steel	1
27.	Storage Etil Asetat	F-137	Silinder tegak dengan tutup atas standart dished dan tutup bawah flathed	Volume : 991,8425 $\text{ft}^3$ ID : 167,6250 in OD : 168 in Ts : 7/16 in Ls : 251,4357 in Tha = Thb : 4/16 in Ha = Hb : 38,8630 in H : 378,8630 in	Stainless Steel	1

## BAB VI

### PERANCANGAN ALAT UTAMA

#### KOLOM DISTILASI (D-130)

Nama Alat : Kolom Destilasi  
 Kode : D-130  
 Fungsi : Memisahkan produk dari impurities melalui perbedaan titik didih  
 Type kolom : Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk standar dished  
 Type tray : Sieve tray

#### Dasar perencanaan prancangan

- Tekanan operasi : 1 atm
- Feed masuk, q : 1
- Suhu feed masuk : 78,59 °C
- Kolom destilasi dilengkapi kondensor parsial dan reboiler parsial

#### Direncanakan

- Bahan konstruksi : Stainless Steel SA 240 Grade M type 316  
 $f = 17500$  (Brownell,1959. App D-4)
- Jenis pengelasan : Double welded butt joint  
 $E = 0,8$  (Brownell,1959. tabel 13-2)
- Faktor korosi :  $1/16 = 0,0625$  in

#### a. Menentukan jumlah plate

Dari App. A diperoleh:

$$N_m = 6,46784 \approx 6$$

Dari perry ed 6 hal 13-38, diambil:

$$N_{\min} = 0,6 N$$

$$N = \frac{6}{0,6}$$

$$= 10 \text{ buah}$$

#### b. Menentukan letak umpan masuk

Dari App. A diperoleh:

$$X_{HF} = 0,1323$$

$$X_{LF} = 0,8564$$

$$X_{HD} = 0,00156$$

$$X_{LB} = 0,0568$$

$$D = 47,3712 \text{ kmol/jam}$$

$$B = 8,40732936 \text{ kmol/jam}$$

$$\log \frac{N_e}{N_s} = 0,206 \log \left[ \left( \frac{X_{HF}}{X_{LF}} \right) \cdot \frac{B}{D} \cdot \left( \frac{X_{LB}}{X_{HD}} \right)^2 \right]$$

$$\log \frac{N_e}{N_s} = 0,206 \log \left[ \left( \frac{0,1323}{0,8564} \right) \cdot \frac{8,40732936}{47,3712} \cdot \left( \frac{0,0568}{0,0016} \right)^2 \right]$$

$$\log \frac{N_e}{N_s} = 0,32179 \quad \frac{N_e}{N_s} = 2,0979$$

Sehingga,

$$N_e + N_s = 12,1 \approx 12$$

$$N_s = 8,2 \approx 8$$

$$N_e = 3,87 \approx 4$$

Jadi feed masuk pada plate ke 4 dari bawah

c. Menentukan distribusi beban massa pada kolom

Dari App B, diperoleh:

Enriching

$$V = 94,6907 \text{ kmol/jam}$$

$$L = 47,3195 \text{ kmol/jam}$$

Exhausting

$$V' = 94,6907 \text{ kmol/jam}$$

$$L' = 103,0980 \text{ kmol/jam}$$

- Dari App A, diperoleh:

Komponen	$X_F$	$X_D$	$X_B$	$Y_F$	$Y_D$	$Y_B$	BM
H <sub>2</sub> O	0,0113	0,0001	0,0744	0,0113	0,0001	0,0744	18,0152
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	0,1323	0,0016	0,8687	0,1323	0,0016	0,8687	46,0692
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> COOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	0,8564	0,9983	0,0568	0,8564	0,9983	0,0568	88,1068
Jumlah	1	1	1	1	1	1	152,1912

- Perhitungan beban destilasi

Bagian	Uap			Liquid		
	kmol/jam	BM	kg/jam	kmol/jam	BM	kg/jam
Enriching						
Atas	94,6907	0,07415	7,02152399	47,3195	0,07415	3,5088
Bawah	94,6907	81,7523	7741,18013	47,3195	81,7523	3868,4762
Exhausting						
Atas	94,6907	81,7523	7741,18013	103,0980	81,7523	8428,49865
Bawah	94,6907	46,3694	4390,74935	103,0980	46,3694	4780,59215

- Berdasarkan perhitungan, beban destilasi terletak pada enriching bagian atas dan pada exhausting bagian bawah

$$V' = 4390,7493 \text{ kg/jam}$$

$$L' = 4780,5921 \text{ kg/jam}$$

- Perhitungan densitas campuran

Densitas vapor:

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

$$T = 351,486 \text{ K}$$

$$\rho_v = \frac{BM \times T \times P}{V_0 \times T_i \times P_0} = \frac{46,3694 \times 273,15 \times 1}{359,05 \times 351,486 \times 1}$$

$$\rho_v = 0,1004 \text{ lb/ft}^3$$

$$= 0,002 \text{ g/cm}^3$$

$$= 0,00003 \text{ mol/cm}^3$$

Komponen	$x_B$	$\rho$ (lb/ft <sup>3</sup> )	$\rho_L = \rho \cdot x_B$		
			lb/ft <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	mol/cm <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> O	0,0744	62,430	4,6472	0,0744	0,0016
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	0,8687	49,257	42,7919	0,6854	0,0148
CH <sub>3</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	0,0568	56,000	3,1818	0,0510	0,0011
Jumlah	1		50,6209	0,8108	0,0175

Dari App A, diperoleh:

$$\begin{aligned} \Sigma P \cdot X_i &= 760 \text{ mmHg} \\ &= 14,7027 \text{ psia} \\ &= 1013714,0 \text{ dyn/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma^{1/4} &= \Sigma P \cdot X_i (X_i - \rho_L) \\ &= 1013714,0 [1 - 0,0175] \\ &= 995987,602 \text{ dyn/cm} \end{aligned}$$

$$\sigma = 31,5910 \text{ dyn/cm}$$

d. Menaksir diameter tray dan tray spacing kolom destilasi

$$\begin{aligned} \text{Laju alir uap} &= 4390,7493 \text{ kg/jam} \\ &= 9679,8460 \text{ lb/jam} \\ V &= \frac{9679,8460 \text{ lb/jam}}{0,1004 \text{ lb/ft}^3} \times \frac{1 \text{ jam}}{3600 \text{ s}} \\ V &= 26,7915 \text{ ft}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan 3-1 dan 3-2 (Kusnarjo, 2012)

$$d_t = 1,13 \sqrt{\frac{V}{G}} = 1,13 \sqrt{\frac{9679,8460}{G}}$$

$$G = C \sqrt{\rho_V (\rho_L - \rho_V)} = C \sqrt{0,1004 [50,6209 - 0,1004]}$$

Diasumsikan biaya untuk satu bagian tray, sebagai berikut:

- Silinder/Shell : Rp. 50.000 /ft<sup>2</sup>
- Tray/Plate : Rp. 40.000 /ft<sup>2</sup>
- Down comer : Rp. 35.000 /ft<sup>2</sup>

$$\text{Silinder} = (\pi \cdot d_t \cdot T) \cdot \text{Rp}$$

$$\text{Tray} = ((\pi/4) \cdot d_t^2 - A_d) \cdot \text{Rp}$$

$$\text{Down comer} = (W_d \cdot T) \cdot \text{Rp}$$

Dari gambar 3.6, grafik hubungan surface tension dan faktor (Kusnarjo, 2012)

$$\text{Tray spacing} : 10 - 36 \text{ in}$$

$$\text{Surface tension, } \sigma : 31,59 \text{ dyn/cm}$$

Untuk menaksir harga satu bagian tray, dari gambar 3.4 diasumsikan sebagai berikut:

$$L_w/d_t = 55\%$$

$$A_d = 3,8\%$$

$$W_d = 9\%$$

T	C	G	d <sub>t</sub>	Biaya tiap bagian tray (Rp)	Total biaya
---	---	---	----------------	-----------------------------	-------------

ft		lb/ft <sup>2</sup>	ft	Silinder	Tray	Down comer	Rp.
0,83	166	373,8	5,75	752045	1036793	2623,95	1791461,89
1	298	671,0	4,29	673821	576869	3150,00	1253840,45
1,25	448	1008,8	3,5	686948	383212	3937,50	1074097,64
1,5	550	1238,5	3,16	743983	311862	4725,00	1060569,45
1,67	610	1373,6	3	784956	281037	5250,11	1071243,66
2	695	1565,0	2,81	882451	246480	6300,00	1135230,81
2,5	800	1801,4	2,6	1028130	213930	7875,00	1249934,79
3	847	1907,2	2,55	1199037	201975	9450,00	1410461,41

Satu bagian tray termurah terletak pada T = 1,5 dengan harga d<sub>t</sub> = 3,16 ft  
 ≈ 3 ft  
 = 36 in

e. Menentukan tipe aliran

Laju alir liquid = 4780,5921 kg/jam  
 = 2168,4288 lb/jam

$$L = \frac{2168,4288 \text{ lb/jam}}{60 \text{ menit/jam}} \times \frac{7,48 \text{ gal/ft}^3}{48,5 \text{ lb/ft}^3}$$

L = 5,5738 gpm

L<sub>max</sub> = 1,3 L

= 7,246 gpm

Sehingga dari gambar 3.8, didapatkan tipe aliran "Reverse Flow"

f. Pengecekan terhadap liquid head (hd)

Syarat desain kolom yang baik, yaitu  $hd < 1$

$$h_{cw \max} = \left( \frac{Q_{\max}}{2,98 L_w} \right)^{2/3} \quad \text{dan} \quad h_{ow \min} = \left( \frac{Q_{\min}}{2,98 L_w} \right)^{2/3}$$

$$h_{l \max} = h_w + h_{ow \max} \quad \text{dan} \quad h_{l \min} = h_w + h_{ow \min}$$

Q<sub>max</sub> = 1,3 x L = 1,3 x 5,5738 = 7,246 gpm

Q<sub>min</sub> = 0,7 x L = 0,7 x 5,5738 = 3,902 gpm

Tinggi weir (h<sub>w</sub>) sebesar 1,5 - 3,5 in, dimana pada desain ini diambil:

Tinggi weir (h<sub>w</sub>) = 3 in

Maka didapatkan harga sebagai berikut:

L <sub>w</sub> /d <sub>t</sub>	55%	60%	65%	70%	75%	80%
L <sub>w</sub>	19,8	21,6	23,4	25,2	27	28,8
h <sub>ow max</sub>	0,24706	0,23314	0,22103	0,21037	0,20091	0,19245
h <sub>ow min</sub>	0,16352	0,15431	0,14629	0,13924	0,13298	0,12738
h <sub>w</sub>	3	3	3	3	3	3
h <sub>l max</sub>	3,24706	3,23314	3,22103	3,21037	3,20091	3,19245
h <sub>l min</sub>	3,16352	3,15431	3,14629	3,13924	3,13298	3,12738

Karena h<sub>l</sub> mempunyai harga sebesar 2,0 in - 4,0 in, maka dari tabel diatas diambil

optimasi L<sub>w</sub>/d<sub>t</sub> sebesar = 55%

h<sub>w</sub> - h<sub>c</sub> = 1/2

Maka,

$$\begin{aligned}
 h_c &= 2,5 \text{ in} \\
 A_{dc} &= L_w \times h_c \\
 &= 1,65 \times 0,20833 \\
 &= 0,34375 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

Untuk  $L_w/d_t = 55\%$  dari gambar 3.4 (Kusnarjo, 2012) diperoleh harga:

$$\begin{aligned}
 A_d &= 3,8\% A_t \\
 &= 3,8\% \times \pi/4 \cdot d_t^2 \\
 &= 0,26847 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

Dari  $A_{dc}$  dan  $A_d$  diambil nilai yang terkecil, sehingga  $A_p = A_d = 0,26847 \text{ ft}^2$  maka:

$$\begin{aligned}
 h_d &= 0,03 \left( \frac{Q_{\max}}{100 A_p} \right)^2 = 0,03 \left( \frac{7,246}{100 \times 0,26847} \right)^2 = 0,00219 \text{ ft} \\
 &= 0,02622 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Karena  $h_d = 0,02622 \text{ in} < 1 \text{ in}$  maka tinggi liquid head memenuhi syarat

g. Pengecekan terhadap harga tray spacing (T)

Dari hasil desain  $L_w/d_t = 55\%$  dan  $d_t = 3 \text{ ft}$

Maka dari tabel 3.1 (Kusnarjo, 2012) didapatkan lebar down comer ( $W_d$ ) sebesar:

$$\begin{aligned}
 W_d &= 9\% d_t = 9\% \times 3 = 0,27 \text{ ft} \\
 &= 3,24 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Lebar calming zone ( $W_s$ ) dan End wastage ( $W_w$ ) diambil masing-masing sebesar 3 in maka,

$$x = \frac{d_t}{2} - \frac{W_d + W_s}{12} = \frac{3}{2} - \frac{0,27 + 3}{12} = 1,23 \text{ ft}$$

$$r = \frac{d_t}{2} - \frac{W_w}{12} = \frac{3}{2} - \frac{3}{12} = 1,25 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned}
 A_d &= 2 \left[ x \sqrt{r^2 - x^2} + r^2 \sin^{-1} \frac{x}{r} \right] \\
 &= 2 \left[ 1,23 \sqrt{1,25^2 - 1,23^2} + 1,23^2 \sin^{-1} \frac{1,23}{1,25} \right] = 4,74 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\text{Untuk bentuk } \Delta = \frac{A_o}{A_a} = \frac{0,785}{n^2}$$

n	2,5	3	3,5	4	4,5
$A_a$	4,74061	4,74061	4,74061	4,74061	4,74061
$A_o$	0,59542	0,41349	0,30379	0,23259	0,18377

Untuk n = 2,5

$$\begin{aligned}
 V_{\max} &= 1,3 V \\
 &= 1,3 \times 26,791 \\
 &= 34,8289 \text{ ft}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

$$U_{o \max} = \frac{V_{\max}}{A_o} = \frac{34,8289}{0,59542} = 58,4947 \text{ ft/s}$$

$$\begin{aligned}
 A_c &= A_t - A_d \\
 &= 7,065 - 0,38858 \\
 &= 6,67643 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_p &= 12 \left[ \frac{\rho_v}{\rho_L} \right] 1,14 \left[ \frac{U_o^2}{2 \cdot g_c} \right] \left[ 0,4 \left[ 1,25 - \frac{A_o}{A_c} \right] + \left[ 1 - \frac{A_o}{A_c} \right]^2 \right] \\
 &= 12 \left[ \frac{0,10}{50,6} \right] 1,14 \left[ \frac{58,495^2}{2 \times 32,2} \right] \left[ 0,4 \left[ 1,25 - \frac{0,6}{6,68} \right] + \left[ 1 - \frac{0,6}{6,68} \right]^2 \right] \\
 &= 1,86457 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$h_r = \frac{31,2}{\rho_L} = \frac{31,2}{50,621} = 0,62 \text{ in}$$

$$h_l = h_w + h_{ow \text{ max}} = 3 + 0,22103 = 3,221 \text{ in}$$

$$h_t = h_p + h_r + h_l = 1,86 + 0,62 + 3,22 = 5,702 \text{ in}$$

$$h_b = h_t + h_l + h_d = 5,7 + 3,22 + 0,03 = 8,949 \text{ in}$$

Pengecekan terhadap T

$$T \geq 2 h_b - h_w$$

$$18 \text{ in} \geq 2 \times 8,949 - 3$$

$$18 \text{ in} \geq 14,8984 \text{ in}$$

Kesimpulan: Tray spacing hasil rancangan memenuhi syarat

#### h. Pengecekan Weeping

Syarat:  $h_{pm} > h_{pw}$

$$\begin{aligned}
 V_{\min} &= 0,7 V \\
 &= 0,7 \times 26,791 \\
 &= 18,754 \text{ ft}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

$$U_{o \min} = \frac{V_{\min}}{A_o} = \frac{18,754}{0,59542} = 31,4971 \text{ ft/s}$$

$$\begin{aligned}
 h_{pm} &= 12 \left[ \frac{\rho_v}{\rho_L} \right] 1,14 \left[ \frac{U_o^2}{2 \cdot g_c} \right] \left[ 0,4 \left[ 1,25 - \frac{A_o}{A_c} \right] + \left[ 1 - \frac{A_o}{A_c} \right]^2 \right] \\
 &= 12 \left[ \frac{0,10}{50,6} \right] 1,14 \left[ \frac{31,497^2}{2 \times 32,2} \right] \left[ 0,4 \left[ 1,25 - \frac{0,6}{6,68} \right] + \left[ 1 - \frac{0,6}{6,68} \right]^2 \right] \\
 &= 0,54061 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_{pw} &= 0,2 + 0,05 \times 3,164 \\
 &= 0,35818 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$h_{pm} \geq h_{pw}$ , maka stabilitas tray dan weeping memenuhi syarat

#### i. Pengecekan pada Entrainment

Syarat: tidak terjadi entrainment apabila  $e_0/e > 1$

$$\begin{aligned}
 e &= 0,22 \left[ \frac{73}{\sigma} \right] \left[ \frac{U_c}{T_e} \right]^{3,2} \\
 &= 0,22 \left[ \frac{73}{31,591} \right] \left[ \frac{5,2167}{9,94744} \right]^{3,2} \\
 &= 0,06444
 \end{aligned}$$

Dimana,

$$e_0 = 0,2$$

Maka,

$$\frac{e_0}{e} = \frac{0,2}{0,06444} = 3,1 \geq 1 \quad \text{maka disimpulkan tidak terjadi entrainment}$$

j. Pelepasan uap dalam down comer

$$\text{Syarat pelepasan uap dalam down comer cukup sempurna: } \frac{W_1}{W_d} \leq 0,6$$

Dimana,

$$\begin{aligned} W_1 &= 0,8 \sqrt{h_{ow} (T + h_w - h_b)} \\ &= 0,8 \sqrt{0,22103 [18 + 3 - 8,949]} \\ &= 1,30563 \text{ in} \end{aligned}$$

Maka,

$$\frac{W_1}{W_d} = \frac{1,30563}{3,24} = 0,4 \leq 0,6 \quad (\text{Pelepasan gas dalam down comer sempurna})$$

k. Menentukan dimensi kolom

$$\text{Jumlah tray aktual} = 12 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah tray total} = \text{tray aktual} + 1 \text{ tray kondensor}$$

$$= 13 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak antar tray, } T = 18 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi shell} = \text{Jumlah tray total} \times \text{Jarak antar tray}$$

$$= 13 \times 18$$

$$= 234 \text{ in} \approx 19,5 \text{ ft}$$

$$\text{di shell} = 36 \text{ in} \approx 3 \text{ ft}$$

$$\text{Total hl dalam shell} = \text{Jumlah tray total} \times \text{hl}$$

$$= 13 \times 3,22$$

$$= 41,9 \text{ in} \approx 3,49 \text{ ft} \quad 1,06$$

l. Menentukan tekanan desain (pi)

$$\begin{aligned} P_h &= \frac{\rho (H-1)}{144} \\ &= \frac{50,6209 [3,489 - 1]}{144} \end{aligned}$$

$$= 0,87512$$

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

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

$$P_i = P \text{ operasi} + P_h$$

$$= 14,7 + 0,8751$$

$$= 15,5751 \text{ psi}$$

$$= 0,8751 \text{ psig}$$

m. Menghitung tebal silinder (ts)

$$\text{Tebal shell } (t_s) = \frac{P_i \cdot d_i}{2(f \cdot E - 0,6 P_i)} + C$$



$$\begin{aligned}
&= \frac{15,5751 \times 36}{2 [ 17500 \times 0,8 - 0,6 \times 15,5751 ]} + 0,0625 \\
&= 0,08254 \times \frac{16}{16} \\
&= \frac{1,3206}{16} \Leftrightarrow \frac{3}{16}
\end{aligned}$$

Standarisasi do & di

$$\begin{aligned}
do &= di + 2t_s \\
&= 36 + 0,38 \\
&= 36,4 \text{ in} \Leftrightarrow 38 \text{ in (Brownell,1959. tabel 5-7, hal 89)} \\
di &= do - 2t_s \\
&= 38 - 0,38 \\
&= 37,6 \text{ in} \approx 3,14 \text{ ft}
\end{aligned}$$

n. Menentukan dimensi tutup atas dan bawah

- Tebal tutup atas (tha)

$$\begin{aligned}
tha &= \frac{0,885 \times Pi \times di}{f.E - 0,1 Pi} + C \\
&= \frac{0,885 \times 15,5751 \times 37,6250}{[ 17500 \times 0,8 - 0,1 \times 15,5751 ]} + 0,0625 \\
&= 0,09955 \text{ in} \times \frac{16}{16} \\
&= \frac{1,5928}{16} \Leftrightarrow \frac{3}{16}
\end{aligned}$$

- Tinggi tutup atas (ha)

$$\begin{aligned}
ha &= 0,169.di \\
&= 0,169 \times 37,6 \\
&= 6,35863 \text{ in} \approx 0,53 \text{ ft}
\end{aligned}$$

- Tebal tutup bawah (thb)

$$\begin{aligned}
thb &= \frac{0,885 \times Pi \times di}{f.E - 0,1 Pi} + C \\
&= \frac{0,885 \times 15,5751 \times 37,6250}{[ 17500 \times 0,8 - 0,1 \times 15,5751 ]} + 0,0625 \\
&= 0,09955 \text{ in} \times \frac{16}{16} \\
&= \frac{1,5928}{16} \Leftrightarrow \frac{3}{16}
\end{aligned}$$

- Tinggi tutup bawah (hb)

$$\begin{aligned}
hb &= 0,169.di \\
&= 0,169 \times 37,6 \\
&= 6,3586 \text{ in} \approx 0,53 \text{ ft}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Tinggi kolom} &= \text{Tinggi shell} + ha + hb \\
&= 234 + 6,35863 + 6,3586 \\
&= 246,72 \text{ in} \approx 20,6 \text{ ft}
\end{aligned}$$

o. Perancangan Nozzle

Komposisi	BM	F, kg/jam	V, kg/jam	Lo, kg/jam	V', kg/jam	L', kg/jam
H <sub>2</sub> O	18,0152	11,388	0,0126	0,0063	7,049	7,674
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	46,0692	339,880	0,1475	0,0737	82,262	89,566
CH <sub>3</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	88,1068	4208,755	94,5306	47,2395	5,380	5,858
Jumlah		4560,022	94,691	47,319	94,691	103,098

Nozzle untuk kolom destilasi secara umum dibagi menjadi 5

1. Nozzle feed masuk

$$\begin{aligned} \text{Rate massa} &= 10053,1168 \text{ lb/jam} \\ \rho_L &= 50,6209 \text{ lb/ft}^3 \\ Q &= \frac{m}{\rho_L} = \frac{10053,1168}{50,6209} = 198,5961 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,0552 \text{ ft}^3/\text{s} \\ d_{i \text{ optimal}} &= 3,9 Q^{0,45} \rho^{0,13} \quad (\text{Timmerhaus, 1991}) \\ &= 3,9 \times 0,0552^{0,45} \times 50,6209^{0,13} \\ &= 1,76351 \text{ in} \approx 2 \text{ in} \end{aligned}$$

2. Nozzle top kolom

$$\begin{aligned} \text{Rate massa} &= 208,7569 \text{ lb/jam} \\ \rho_L &= 50,6209 \text{ lb/ft}^3 \\ Q &= \frac{m}{\rho_L} = \frac{208,7569}{50,6209} = 4,1239 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,0011 \text{ ft}^3/\text{s} \\ d_{i \text{ optimal}} &= 3,9 Q^{0,45} \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \times 0,0011^{0,45} \times 50,6209^{0,13} \\ &= 0,30845 \text{ in} \approx 1 \text{ in} \end{aligned}$$

3. Nozzle refluks

$$\begin{aligned} \text{Rate massa} &= 104,3215 \text{ lb/jam} \\ \rho_L &= 50,6209 \text{ lb/ft}^3 \\ Q &= \frac{m}{\rho_L} = \frac{104,3215}{50,6209} = 2,0608 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,0006 \text{ ft}^3/\text{s} \\ d_{i \text{ optimal}} &= 3,9 Q^{0,45} \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \times 0,0006^{0,45} \times 50,6209^{0,13} \\ &= 0,22574 \text{ in} \approx 1 \text{ in} \end{aligned}$$

4. Nozzle bottom kolom

$$\begin{aligned} \text{Rate massa} &= 227,2919 \text{ lb/jam} \\ \rho_L &= 50,6209 \text{ lb/ft}^3 \\ Q &= \frac{m}{\rho_L} = \frac{227,2919}{50,6209} = 4,4901 \text{ ft}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 di_{\text{optimal}} &= 3,9 Q^{0,45} \rho^{0,13} = 0,0012 \text{ ft}^3/\text{s} \\
 &= 3,9 \times 0,0012^{0,45} \times 50,6209^{0,13} \\
 &= 0,32048 \text{ in} \approx 1 \text{ in}
 \end{aligned}$$

#### 5. Nozzle uap reboiler

$$\begin{aligned}
 \text{Rate massa} &= 208,7569 \text{ lb/jam} \\
 \rho_L &= 50,6209 \text{ lb/ft}^3 \\
 Q &= \frac{m}{\rho_L} = \frac{208,7569}{50,6209} = 4,1239 \text{ ft}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 di_{\text{optimal}} &= 3,9 Q^{0,45} \rho^{0,13} = 0,0011 \text{ ft}^3/\text{s} \\
 &= 3,9 \times 0,0011^{0,45} \times 50,6209^{0,13} \\
 &= 0,30845 \text{ in} \approx 1 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dari *Brownell & Young, fig. 12.3* didapat dimensi flange untuk semua nozzle, dipilih flange standart type slip on dengan dimensi:

Nozzle	NPS	A	T	R	E	L	B
1	2	4¼	9/16	2	1 15/16	11/16	1,38
2	1	6	3/4	3½	3 1/16	1	2,44
3	1	6	3/4	3½	3 1/16	1	2,44
4	1	6	3/4	3½	3 1/16	1	2,44
5	1	6	3/4	3½	3 1/16	1	2,44

#### Keterangan

- NPS : Ukuran nominal pipa
- A : Diameter luar flange, in
- T : Tebal minimal flange, in
- R : Diameter luar bagian yang menonjol, in
- E : Diameter hubungan, in
- L : Panjang hubungan, in
- B : Diameter dalam flange, in

#### p. Sambungan antar tutup dengan shell

Untuk mempermudah pemeliharaan dan perbaikan dari kolom destilasi, maka tutup menara dihubungkan dengan bagian shell menggunakan sistem flange dan bolting.

##### - Flange

- Bahan konstruksi : high Alloy steel SA-336 Grade F8 type 304
- Allowable stress : 16500 (Brownell, 1959. App D-4)
- Tensile stress min : 75000
- Type Flange : Ring Flange Loose Type

##### - Bolting

- Bahan konstruksi : High Alloy steel SA-193 Grade B8t type 321
- Allowable stress : 14300
- Tensile stress min : 75000

##### - Gasket

- Bahan konstruksi : Solid Flat Metal Iron
- Gasket faktor (m) : 5,5

$$Y : 18000$$

1. Menentukan lebar gasket ( $W_G$ )

$$\frac{d_o}{d_i} = \sqrt{\frac{y \cdot p \cdot m}{y \cdot p \cdot (m+1)}} = \sqrt{\frac{18000 - 14,7 \times 5,5}{18000 - 14,7 \times (5,5 + 1)}}$$

$$= 1,00041$$

dimana,  $d_i = 38$  in (do shell = di gasket)

maka,  $d_{OG} = 38,016$  in

$$W_{G \min} = \frac{d_{OG} - d_i}{2} = \frac{38,016 - 38}{2} = \frac{0,12}{2} \approx \frac{1}{16} \text{ in}$$

$$\approx 0,0625 \text{ in}$$

$$d_{\text{rata-rata}} (G) = d_i + W_G = 38 + 0,0625 = 38,0625 \text{ in}$$

2. Menentukan jumlah dan ukuran baut

- Beban agar gasket tidak bocor ( $H_Y$ )

$$W_{m_2} = H_Y = b \cdot \pi \cdot G \cdot y \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.88})$$

Dari fig. 12.12, didapatkan lebar seating gasket bawah

$$b_o = b = \frac{N}{2} = \frac{0,0625}{2} = 0,03125 \text{ in}$$

sehingga,

$$H_Y = 0,03125 \times 3,14 \times 38,0625 \times 18000$$

$$= 67227,8906 \text{ lb}$$

- Beban tanpa tekanan ( $H_p$ )

$$H_p = 2 \cdot b \cdot \pi \cdot G \cdot m \cdot P \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.90})$$

$$= 2 \times 0,03125 \times 3,14 \times 38,0625 \times 5,5 \times 14,7$$

$$= 603,9306 \text{ lb}$$

- Beban baut karena internal pressure ( $H$ )

$$H = \frac{\pi \cdot G^2 \cdot P}{4} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.89})$$

$$= \frac{3,14 \times 38,0625^2 \times 14,7}{4}$$

$$= 16717,8957 \text{ lb}$$

- Total beban pada kondisi operasi

$$W_{m_1} = H_p + H = 603,9306 + 16717,8957$$

$$= 17321,8263 \text{ lb}$$

$$W_{m_1} < W_{m_2} \text{ (maka } W_{m_2} \text{ digunakan sebagai pengontrol)}$$

3. Menentukan luas bolting minimum area

$$A_m = \frac{W_{m_2}}{f_b} = \frac{67227,8906}{14300} = 4,70125 \text{ in}^2$$

4. Menentukan bolting minimum

Dari Brownell 1959, tabel 10.4 diperoleh:

Ukuran baut = 0,625

Root area = 0,202 in<sup>2</sup>

$$\text{Bolting min} = \frac{A_m}{\text{Root area}} = \frac{4,70125}{0,202} = 23,2735 \approx 24 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned}
 B_s &= 1,5 \text{ in} \\
 R &= 0,9375 \text{ in} \\
 E &= 0,75 \text{ in} \\
 C &= \text{di shell} + 2(1,4159 \cdot g_o + R) \\
 g_o = t_s &= \frac{3}{16} = 0,1875 \text{ in} \\
 \text{maka, } C &= 37,625 + 2 \times [1,4159 \times 0,1875 + 0,9375] \\
 &= 40,031 \text{ in} \\
 \text{do flange} &= C + 2E = 40,031 + 2 \times 0,75 \\
 &= 41,531 \text{ in}
 \end{aligned}$$

- Cek lebar gasket

$$\begin{aligned}
 A_b \text{ aktual} &= \text{Jumlah bolt} \times \text{root area} \\
 &= 24 \times 0,202 \\
 &= 4,848 \text{ in}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{G \text{ min}} &= \frac{A_b \text{ aktual} \cdot F}{2 \cdot \pi \cdot Y \cdot G} \\
 &= \frac{4,848 \times 14300}{2 \times 3,14 \times 18000 \times 38,0625} \\
 &= 0,01611 \text{ in} \leq 0,0625 \text{ in (memenuhi syarat)}
 \end{aligned}$$

$$W_G = 0,01611 \times \frac{16}{16} = \frac{0,2578}{16} \approx \frac{1}{16} \text{ in}$$

5. Menghitung moment

- Untuk keadaan bolting up (tanpa tekanan dalam)

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{(A_m + A_b)F}{2} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.94}) \\
 &= \frac{[4,70125 + 4,848] \times 14300}{2} \\
 &= 68277,1453 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

- Jarak radial dari beban gasket terhadap bolt circle (hg)

$$\begin{aligned}
 hg &= \frac{C - G}{2} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.101}) \\
 &= \frac{40,031 - 38,0625}{2} \\
 &= 0,98423 \text{ in}
 \end{aligned}$$

- Moment flange (Ma)

$$\begin{aligned}
 Ma &= hg \cdot W = 68277,1453 \times 0,98423 = 67200,5001 \text{ lbin} \\
 \text{Dalam keadaan operasi maka, } W &= Wm_2 = 67227,8906 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

- Moment dan Force pada daerah dalam flange ( $H_D$ )

$$\begin{aligned}
 H_D &= 0,785B^2 \cdot P \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.96}) \\
 &= 0,785 \times 38^2 \times 14,7 \\
 &= 16663,0380 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

Radial bolt circle pada aksi  $H_D$

$$h_D = \frac{C - B}{2}$$

$$= \frac{40,031 - 38}{2}$$

$$= 1,01548 \text{ in}$$

- Moment  $M_D$

$$M_D = H_D \cdot h_D$$

$$= 16663,0380 \times 1,01548$$

$$= 16921,0027 \text{ lbin}$$

$$H_G = W - H \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.98})$$

$$= 68277,1453 - 16717,8957$$

$$= 51559,2496 \text{ lb}$$

$$M_G = H_G \cdot h_G \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.98})$$

$$= 51559,2496 \times 0,98423$$

$$= 50746,2247 \text{ lbin}$$

$$H_T = H - H_D \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.97})$$

$$= 16717,8957 - 16663,0380$$

$$= 54,8577 \text{ lb}$$

$$h_T = \frac{h_D + h_G}{2}$$

$$= \frac{1,01548 + 0,98423}{2}$$

$$= 0,99986 \text{ in}$$

- Moment  $M_T$

$$M_T = H_T \cdot h_T$$

$$= 54,8577 \times 0,99986$$

$$= 54,85 \text{ lbin}$$

Moment total pada keadaan operasi

$$M_O = M_D + M_G + M_T$$

$$= 16921,0027 + 50746,2247 + 54,85$$

$$= 67722,0772 \text{ lbin}$$

6. Menentukan tebal flange ( $t_F$ )

$$A = 41,531 \text{ in}$$

$$B = 38 \text{ in}$$

$$K = \frac{A}{B} = 1,09292 \text{ in}$$

Dari Brownell 1959, fig. 12.22 dengan nilai  $K = 1,09292 \text{ in}$  diperoleh nilai  $Y$

$$Y = 20$$

Sehingga tebal flange,

$$t_F = \sqrt{\frac{Y \cdot M_{\max}}{f \cdot B}} = \sqrt{\frac{20 \times 67722,0772}{14300 \times 38}}$$

$$= 1,57878 \times \frac{16}{16} = \frac{25,2604}{16} \approx 2 \text{ in}$$

q. Menentukan penyangga

Penyangga dirancang untuk menahan beban kolom destilasi dan perlengkapannya.

Beban-beban yang ditahan oleh kolom penyangga terdiri dari:

- a. Berat bagian shell
  - Berat shell
  - Berat tutup
- b. Berat kelengkapan bagian dalam
  - Berat downcomer
  - Berat tray
- c. Berat kelengkapan bagian luar
  - Berat pipa
  - Berat attachment seperti nozzle, valve dan alat kontrol

1. Perhitungan beban yang harus ditahan kolom penyangga

a. Berat Shell

$$\begin{aligned} \text{Tebal shell} &= 0,1875 \text{ in} = 0,01563 \text{ ft} \\ \text{Tinggi Shell} &= 234 \text{ in} = 19,5 \text{ ft} \\ \text{Keliling Shell} &= \pi \times d_o \text{ shell} = 3,14 \times 38 = 119 \text{ in} = 9,94 \text{ ft} \\ \text{Luas shell} &= \text{Keliling} \times \text{Tebal} = 9,94 \times 0,02 = 0,16 \text{ ft}^2 \\ \text{Volume Shell} &= \text{Luas} \times \text{Tinggi} = 0,16 \times 19,5 = 3,03 \text{ ft}^3 \\ \rho_{\text{steel}} &= 489 \text{ lb/ft}^3 \quad (\text{Perry's 6th tabel 3-118}) \\ \text{Berat shell } (W_s) &= V_{\text{shell}} \times \rho_{\text{steel}} \\ &= 3,02961 \times 489 \\ &= 1481,47898 \text{ lb} \end{aligned}$$

b. Berat tutup

$$\begin{aligned} W_{di} &= A \cdot t \cdot \rho_{\text{steel}} \\ A &= 6,28 R_c \cdot h \quad (\text{Hesse pers. 4.16}) \end{aligned}$$

Dimana,

$$\begin{aligned} W_d &: \text{Berat tutup standart dished} \\ A &: \text{Luas tutup standart dished} \\ t &: \text{Tebal tutup standar dished} = 0,1875 \text{ in} = 0,01563 \text{ ft} \\ R_c = d_i &: \text{Jari-jari tutup} = 37,625 \text{ in} = 3,13542 \text{ ft} \\ h_a &: \text{Tinggi tutup atas} = 6,35863 \text{ in} = 0,52989 \text{ ft} \\ h_b &: \text{Tinggi tutup bawah} = 6,3586 \text{ in} = 0,52989 \text{ ft} \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} A_a &= 6,28 \times 3,13542 \times 0,52989 \\ &= 10,4337 \text{ ft}^2 \\ A_b &= 6,28 \times 3,13542 \times 0,52989 \\ &= 10,4337 \text{ ft}^2 \\ W_{d_a} &= 10,4337 \times 0,01563 \times 489 \\ &= 79,7197 \text{ lb} \\ W_{d_b} &= 10,4337 \times 0,01563 \times 489 \\ &= 79,7197 \text{ lb} \end{aligned}$$

Berat tutup total

$$\begin{aligned} W_{tu} &= W_{d_a} + W_{d_b} \\ &= 79,7197 + 79,7197 \end{aligned}$$

$$= 159,439 \text{ lb}$$

c. Berat down comer

Dipakai dasar perhitungan dengan downcomer tanpa aliran uap

$$A_{dc} = 0,34375 \text{ ft}^2$$

$$\text{Volume} = A_{dc} \cdot \text{Tebal shell}$$

$$= 0,34375 \times 0,01563 = 0,00537 \text{ ft}^3$$

$$\text{Berat 1 plate} = \text{Volume} \cdot \rho_{\text{steel}}$$

$$= 0,00537 \times 489 = 2,62646 \text{ lb}$$

$$W_{dc} = \text{Berat 1 plate} \times \text{Jumlah plate}$$

$$= 2,62646 \times 13 = 34,144 \text{ lb}$$

d. Berat tray

$$A_t = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$= \frac{3,14}{4} \times 3,13542 = 7,71721 \text{ ft}^2$$

$$\text{Volume} = A_t \cdot \text{Tebal shell}$$

$$= 7,71721 \times 0,01563 = 0,12058 \text{ ft}^3$$

$$\text{Berat 1 tray} = \text{Volume} \cdot \rho_{\text{steel}}$$

$$= 0,12058 \times 489 = 58,9643 \text{ lb}$$

$$W_t = \text{Berat 1 tray} \times \text{Jumlah plate}$$

$$= 58,9643 \times 13 = 766,536 \text{ lb}$$

e. Berat liquida

$$W_l = 10053,117 \text{ lb}$$

f. Berat pipa

Pipa yang ada mencakup untuk feed, uap, reboiler, kondensor dan bottom produk

Ditetapkan panjang pipa 2 kali tinggi kolom destilasi

$$\text{Panjang pipa} = 2 \times 20,560 = 41,1195 \text{ ft}$$

Diambil rata-rata pipa 1,5 in sch 40 dengan berat 2,718 lb/ft

$$W_p = 41,1195 \times 2,718 = 111,763 \text{ lb}$$

g. Berat attachment

Berat attachment meliputi nozzle, valve dan alat kontrol

$$W_a = 18\% W_s$$

$$= 18\% \times 1481,4790 = 266,666 \text{ lb}$$

Berat total yang harus ditopang penyangga

$$W_{\text{total}} = W_s + W_{tu} + W_{dc} + W_t + W_l + W_p + W_a$$

$$= 12873,1441 \text{ lb}$$

r. Perencanaan skirt support

Sistem penyangga yang digunakan adalah skirt support

$$\text{Tinggi support} = 2 \text{ ft} \approx 24 \text{ in}$$

- Menentukan tebal skirt

Stress karena angin

$$H = 2 + \text{Tinggi kolom}$$

$$= 2 + 246,717 = 248,717 \text{ in}$$



$$\begin{aligned}
 f_{wb} &= \frac{15,89 \left( \frac{d_o + d_i}{2} \right) H^2}{d_o^2 \cdot t} && \text{(Brownell, 1959, pers. 9.20)} \\
 &= \frac{15,89 \left( \frac{38 + 37,625}{2} \right) 248,717^2}{1444 \times t} \\
 &= \frac{25739,7255}{t}
 \end{aligned}$$

Stress dead weight

$$\begin{aligned}
 f_{db} &= \frac{\Sigma W}{\pi \cdot d_o \cdot t} && \text{(Brownell, 1959, pers. 9.6)} \\
 &= \frac{12873,1441}{3,14 \times 38 \times t} \\
 &= \frac{107,8876}{t}
 \end{aligned}$$

Stress kompresi maksimum

$$\begin{aligned}
 f_{c \max} &= 0,125 E (t/d_o) \cos \alpha \\
 \text{dimana, } E \text{ concrete} &= 2000000 \text{ psi} && \text{(Brownell 1959, hal 183)} \\
 f_{c \max} &= 0,125 \times 2000000 \text{ t} / 38 \\
 &= 6578,94737 \text{ t}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{c \max} &= f_{wb} + f_{db} && \text{(Brownell, 1959, pers. 9.80)} \\
 6578,94737 \text{ t} &= \frac{25739,7255}{t} + \frac{107,8876}{t} \\
 t &= \sqrt{\frac{25847,613}{6578,94737}} \\
 &= 1,98213 \text{ in}
 \end{aligned}$$

s. Menentukan bearing plate

Dari Brownell 1959, tabel 10.1 hal 184 diperoleh

$$\begin{aligned}
 f_c &= 3000 \text{ psi} \\
 f_{c \max} &= 1200 \text{ psi} \\
 n &= 10 \\
 f_s \text{ allowable untuk strukturalsteel skirt} &= 45000 \text{ psi} \\
 d_i &= 37,625 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Ditetapkan:

$$\begin{aligned}
 d_i \text{ bearing plate} &= 38 \\
 d_o \text{ bearing plate} &= 1,25 \times 38 \\
 &= 47,5 \text{ in} \approx 3,95833 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah chair} &= 4 && \text{(Brownell 1959, tabel 10.5)} \\
 \text{Jumlah bolt} &= 8 \\
 \text{Ukuran baut} &= 1 \frac{1}{4} \text{ in} \\
 \text{Luas bolt} &= 0,89 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

Dari pers. 9.11, Brownell 1959

$$P_w = 0,0025 V_w^2$$

Dimana,

$P_w$  : tekanan angin pada permukaan alat (lb/ft<sup>2</sup>)

$V_w^2$  : kecepatan angin = 100 mph

Maka,

$$\begin{aligned} P_w &= 0,0025 \times 100^2 \\ &= 25 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

$$M_w = \frac{1}{2} P_w \cdot H^2 \frac{d_i + d_o}{2}$$

$M_w$  : bending moment pada puncak kolom (lb.ft)

$$M_w = \frac{1}{2} 25 \times 20,726^2 \frac{3,14 + 3,17}{2}$$

$$= 16920,5113 \text{ lbft}$$

$$t_3 = \frac{(d_o - d_i) \text{ bearing}}{2}$$

$$= \frac{47,5 - 38}{2}$$

$$= 4,75 \text{ in}$$

Diperkirakan  $f_c = 1000 \text{ psi}$

$$K = \frac{1}{1 + \left( \frac{f_s}{n \cdot f_c} \right)} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 10.3})$$

$$= 0,18182$$

$$f_c \text{ (bolt circle)} = f_{c \max} \frac{2 \cdot K \cdot d_o}{2 \cdot K \cdot d_o \cdot t_3}$$

$$= 1200 \times \frac{2 \times 0,18182 \times 47,5}{2 \times 0,18182 \times 47,5 \times 4,75}$$

$$= 252,632 \leq 1000 \text{ (memenuhi)}$$

Dari Brownell 1959, tabel 10.2, hal 186

Untuk harga  $K = 0,18182$  maka,

$$C_c = 1,565$$

$$C_t = 2,702$$

$$z = 0,4626$$

$$j = 0,7742$$

$$\text{Tensile load (Ft)} = \frac{M_{dw} - M_w \cdot z \cdot d}{j \cdot d}$$

$$= \frac{16920,5113 - 12873,1441 \times 0,4626 \times 3,95833}{0,7742 \times 3,95833}$$

$$= -2170,5774 \text{ lb}$$

$$t_1 = \frac{\text{Jumlah baut} \cdot \text{Root area}}{\pi \cdot 1,25}$$

$$= \frac{8 \times 0,89}{3,14 \times 1,25}$$

$$= 1,81401 \text{ in}$$

Relation ship pada tension side

$$F_t = f_s \cdot t_1 \cdot r \cdot C_t \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 10.9})$$

$$f_s = \frac{F_t}{t_1 \cdot r \cdot C_t}$$

$$= \frac{-2170,5774}{1,81401 \times 3,95833 \times 2,702}$$

$$= -111,88 \text{ psi}$$

$$F_c = F_t + W_{dw} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 10.27})$$

$$= -2170,5774 + 12873,1441$$

$$= 10702,5668 \text{ lb}$$

Kompresive stress sesungguhnya pada bolt circle (fc)

$$t_2 = t_3 - t_1$$

$$= 4,75 - 1,81401$$

$$= 2,93599 \text{ in}$$

$$f_c = \frac{F_c}{(t_2 + n t_1) \cdot r \cdot C_c} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 10.8})$$

$$= \frac{10702,5668}{[2,93599 + 10 \times 1,81401] \times 3,95833 \times 1,565}$$

$$= 81,973$$

Pengecekan harga K

$$K = \frac{1}{1 + \left( \frac{f_s}{n \cdot f_c} \right)} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 10.3})$$

$$= 1,15805$$

Dari Brownell 1959, tabel 10.2, hal 186

Untuk harga K = 1,15805 maka,

$$C_c = 2,224$$

$$C_t = 1,765$$

$$z = 0,369$$

$$j = 0,784$$

$$\text{Tensile load (Ft)} = \frac{M_{dw} - M_w \cdot z \cdot d}{j \cdot d}$$

$$= \frac{16920,5113 - 12873,1 \times 0,369 \times 3,95833}{0,784 \times 3,95833}$$

$$= -606,5494 \text{ lb}$$

$$t_1 = 1,81401 \text{ in}$$

Relation ship pada tension side

$$F_t = f_s \cdot t_1 \cdot r \cdot C_t \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 10.9})$$

$$f_s = \frac{F_t}{t_1 \cdot r \cdot C_t}$$

$$= \frac{-606,5494}{1,81401 \times 3,95833 \times 1,765}$$

$$= -47,86 \text{ psi}$$

$$F_c = F_t + W_{dw} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 10.27})$$

$$= -47,8596 + 12873,1441$$

Maka,

$$\begin{aligned} W_{\text{pondasi}} &= V \cdot \rho \\ &= 62400 \times 126 \times 0,0005787 \\ &= 4549,97 \text{ lb} \end{aligned}$$

Asumsi:

Tanah atas pondasi berupa cement sand & garvel dengan minimum safe bearing power = 5 ton/ft<sup>3</sup> dan maksimum safe bearing power = 10 ton/ft<sup>3</sup> (Hesse, tabel 12.2 hal 224)

Berat total keseluruhan

$$\begin{aligned} W_{\text{total}} &= 13713,1441 + 4549,97 \\ &= 18263,1150 \text{ lb} \end{aligned}$$

Tekanan dari sistem pondasi terhadap luas tanah (P)

$$P = \frac{W_{\text{total}}}{A} = \frac{18263,1150}{2600} = 7,02428 \text{ lb/in}^2$$

Acuan harga safety didasarkan pada minimum bearing power yaitu:

$$6000 \text{ kg/ft}^2 = 91,8617 \text{ lb/in}^2$$

Tekanan terhadap tanah = 7,02428 ≤ 91,8617 lb/in<sup>2</sup> (pondasi dapat digunakan)

## v. Spesifikasi kolom destilasi

### 1. Silinder/shell

- Diameter dalam : 37,625 in
- Diameter luar : 38 in
- Tinggi : 234 in
- Tebal : 0,1875 in
- Bahan konstruksi : Stainless Steel SA 240 Grade M type 316

### 2. Tutup Atas dan Tutup Bawah

- Crown radius : 37,625 in
- Tinggi tutup atas : 6,35863 in
- Tinggi tutup bawah : 6,3586 in
- Tebal : 0,1875 in
- Bahan konstruksi : Stainless Steel SA 240 Grade M type 316

### 3. Tray

- Jumlah tray : 13 buah
- Tebal tray : 0,1875 in
- Susunan pitch : Segitiga
- Bahan konstruksi : Stainless Steel SA 240 Grade M type 316

### 4. Down comer

- Lebar : 3,240 in
- Luas : 0,34375 ft<sup>2</sup>
- Bahan konstruksi : Stainless Steel SA 240 Grade M type 316

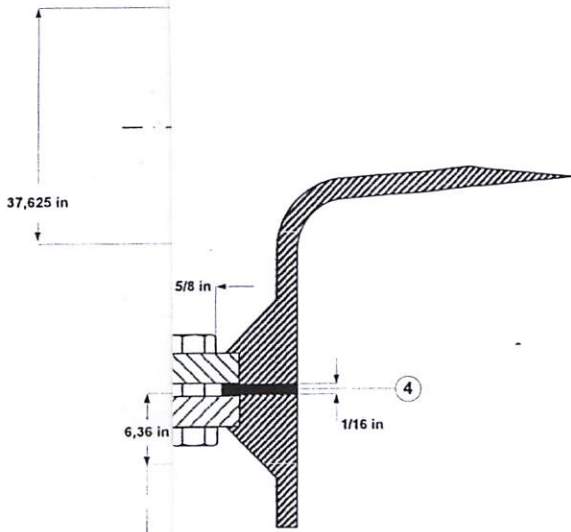
### 5. Nozzle

- Diameter feed masuk : 2 in
- Diameter top kolom : 1 in
- Diameter refluks : 1 in
- Diameter reboiler : 1 in
- Diameter bottom : 1,0 in

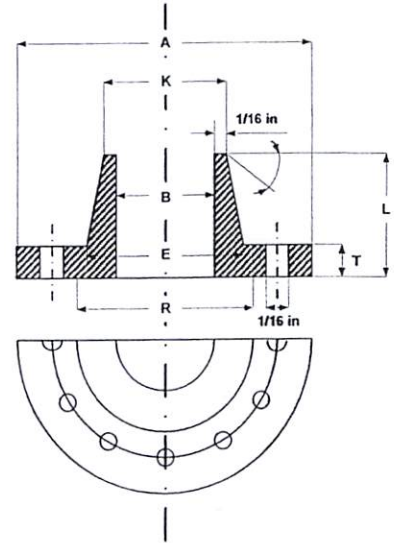
### 6. Flange dan Gasket

- Diameter Flange : 42 in

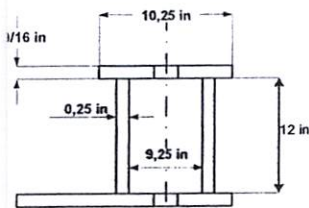
- Tebal Flange : 2 in
  - Bahan konstruksi : high Alloy steel SA-336 Grade F8 type 304
  - Lebar Gasket : 0,0625 in
  - Diameter Gasket : 38,0625 in
  - Bahan konstruksi : Solid Flat Metal Iron
7. Baut
- Ukuran Baut : 1,25 in
  - Jumlah baut : 8 buah
  - Bahan konstruksi : High Alloy Steel SA 193 Grade B8t type 321
8. Skirt Support
- Tinggi : 24 in
  - Tebal : 1,98213 in
  - Bahan konstruksi : High Alloy Steel SA 240 Grade M type 316
9. Bearing plate
- Type : Eksternal Bolting Chair
  - Diameter dalam : 38 in
  - Tebal : 0,1875 in
  - Jumlah : 8 buah
  - Bahan konstruksi : Carbon Steel SA 135 Grade B
10. Anchor Bolt
- Panjang : 12 in
  - Diameter : 4 in
  - Jumlah : 8 buah
11. Pondasi
- Luas pondasi atas : 1600 in<sup>2</sup>
  - Luas pondasi bawah : 3600 in<sup>2</sup>
  - Tinggi pondasi : 24 in
  - Bahan konstruksi : Cement, Sand and Gravel



**TAIL FLANGE**

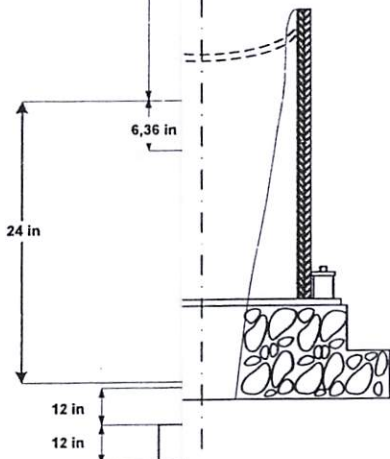
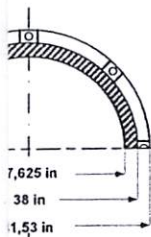


**DETAIL NOZZLE**



**INTERNAL CHAIR**

540 in



**SKIRT VESSEL**

NOZZLE	NPS	A	T	R	E	L	B
A	2	4 1/4	9/16	2	1 15/16	11/16	1,38
B	2	4 1/4	9/16	2	1 15/16	11/16	1,38
C	2	4 1/4	9/16	2	1 15/16	11/16	1,38
D	2	4 1/4	9/16	2	1 15/16	11/16	1,38
E	2	4 1/4	9/16	2	1 15/16	11/16	1,38

20	PONDASI	CEMENT, SAND AND GRAVEL
19	BEARING PLATE	CARBON STEEL SA-135 GRADE B
18	GUSSET	CARBON STEEL SA-135 GRADE B
17	COMPRESSING PLATE	CARBON STEEL SA-135 GRADE B
16	ANCHOR BOLT	HAS SA-193 GRADE B8 TYPE 321
15	SKIRT SUPPORT	HAS SA-240 GRADE M TYPE-316
14	TUTUP BAWAH	CARBON STEEL SA-135 GRADE B
13	NOZZLE BOTTOM KOLOM	HAS SA-268 GRADE TP410
12	STRAP	CARBON STEEL SA-135 GRADE B
11	NOZZLE REBOILER	HAS SA-268 GRADE TP410
10	NOZZLE FEED	HAS SA-268 GRADE TP410
9	SHELL	SS SA-240 GRADE M TYPE 316
8	DOWNCOMER	SS SA-240 GRADE M TYPE 316
7	SIEVE TRAY	SS SA-240 GRADE M TYPE 316
6	NOZZLE REFLUKS KONDENSOR	HAS SA-268 GRADE TP 410
5	BAUT	HAS SA-193 GRADE B8 TYPE 321
4	GASKET	IRON SOLID FLAT METAL
3	FLANGE	HAS SA-366 GRADE F8 TYPE 304
2	TUTUP ATAS	CARBON STEEL SA-135 GRADE B
1	NOZZLE TOP KOLOM	HAS SA-268 GRADE TP 410
No	NAMA BAGIAN	BAHAN KONSTRUKSI

JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

PERANCANGAN ALAT UTAMA  
**DESTILASI**

DIRANCANG OLEH :

DOSEN PEMBIMBING :

PUTRI SAHADATIN KUSNUL C.L.P.

DWI ANA ANGGOROWATI, ST., MT.

## **BAB VII**

### **INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA**

Instrumentasi dan keselamatan kerja adalah dua faktor yang penting dalam suatu industri guna meningkatkan kualitas dan kuantitas produk. Instrumentasi digunakan untuk mengontrol jalannya suatu proses agar dapat dikendalikan sesuai yang diinginkan. Sedangkan keselamatan kerja juga harus diperhatikan untuk mencegah kerugian nyawa, materi, alat-alat, sarana, dan prasarana pabrik yang dapat timbul sewaktu-waktu. Dengan pertimbangan tersebut perlu adanya suatu bagian yang berfungsi untuk mengontrol peralatan proses dan manajemen tentang keselamatan kerja.

Jika tempat kerja aman dan sehat, setiap orang dapat melanjutkan pekerjaan mereka secara efektif dan efisien. Sebaliknya, jika tempat kerja tidak terorganisir dan banyak terdapat bahaya, kerusakan dan absen sakit tak terhindarkan, mengakibatkan hilangnya pendapatan bagi pekerja dan produktivitas berkurang bagi perusahaan.

Dalam istilah ekonomi, diperkirakan bahwa kerugian tahunan akibat kecelakaan kerja dan penyakit yang berhubungan dengan pekerjaan di beberapa negara dapat mencapai 4 persen dari produk nasional bruto (PNB). Biaya langsung dan tidak langsung dari dampak yang ditimbulkannya meliputi:

- Biaya medis
- Kehilangan hari kerja
- Mengurangi produksi
- Hilangnya kompensasi bagi pekerja
- Biaya waktu / uang dari pelatihan dan pelatihan ulang pekerja
- kerusakan dan perbaikan peralatan
- Rendahnya moral staf
- Publisitas buruk
- Kehilangan kontrak karena kelalaian.

#### **7.1. Instrumentasi**

Instrumentasi merupakan bagian yang penting dalam pengendalian proses suatu pabrik industri. Dengan adanya instrumentasi yang memadai, maka bagian-bagian dari pabrik yang penting memerlukan pengendalian operasi/proses. Pengendalian operasi/proses meliputi keseluruhan unit pabrik maupun hanya pada beberapa unit

pabrik yang benar-benar diperlukan secara cermat dan akurat. Pengetahuan akan pemilihan alat-alat pengendalian proses ini penting karena menyangkut harga peralatan itu sendiri yang cukup mahal.

Umumnya instrumentasi dibagi berdasarkan proses kerjanya menjadi :

**1. Proses Manual**

Untuk proses manual, peralatan yang digunakan hanya terdiri atas instrumen penunjuk dan pencatat saja.

**2. Proses Otomatis**

Sedangkan untuk pengaturan secara otomatis, peralatan instrumentasi dihubungkan dengan suatu alat kontrol. Peralatan tersebut antara lain :

**a. Sensing element / Primary element**

Merupakan elemen yang dapat mendeteksi adanya perubahan dari variabel yang diukur.

**b. Elemen pengukur**

Merupakan elemen yang menerima keluaran dari elemen primer dan melakukan pengukuran. Yang termasuk dalam elemen pengukur adalah alat-alat penunjuk / indikator dan alat – alat pencatat.

**c. Elemen pengontrol**

Merupakan elemen yang menunjukkan harga perubahan dari variabel yang dirasakan oleh sensing elemen dan diukur oleh elemen pengukur untuk mengatur sumber tenaga yang sesuai dengan perubahan. Tenaga yang diatur dapat berupa tenaga mekanis, elektris, maupun pneumatis.

**d. Elemen proses sendiri**

Merupakan elemen yang mengubah input ke dalam proses, sehingga variabel yang diukur tetap berada pada range yang diinginkan.

Pada pra rencana pabrik ini, instrumen yang digunakan adalah alat kontrol manual dan alat kontrol otomatis. Hal ini tergantung dari sistem peralatan dan faktor pertimbangan teknis maupun ekonomis. Tujuan penggunaan instrumentasi ini diharapkan akan tercapai hal-hal berikut ini :

- a. Menjaga variabel proses pada batas operasi aman.
- b. Kualitas produksi lebih terjamin.
- c. Memudahkan pengoperasian suatu alat.



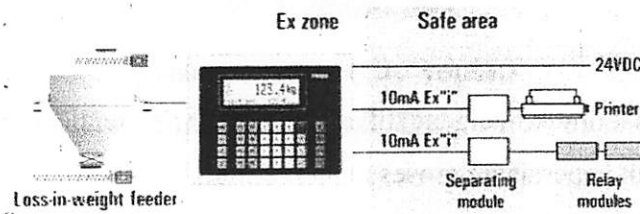
- d. Kondisi berbahaya dapat diketahui lebih awal dengan menggunakan alarm peringatan.
- e. Efisiensi kerja akan lebih meningkat.

Faktor- faktor yang perlu diperhatikan dalam instrumentasi yaitu :

- a. Level Indikator
- b. Range yang diperlukan untuk pengukuran
- c. Ketelitian yang dibutuhkan
- d. Bahan konstruksi
- e. Pengaruh pemasangan instrumentasi pada kondisi proses
- f. Faktor ekonomi

Dengan adanya instrumentasi ini, diharapkan semua proses akan dapat berjalan dengan lancar sesuai dengan apa yang diharapkan. Ada beberapa alat kontrol yang dipasang pada pabrik sebagai berikut :

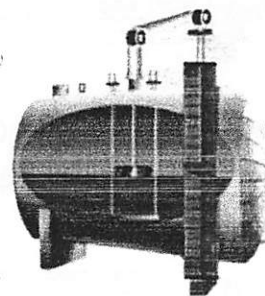
#### 1. Weight Controller (WC)



Gambar 7.1. Weight Controller (WC)

Berfungsi untuk mengatur jumlah bahan (berat) yang masuk.

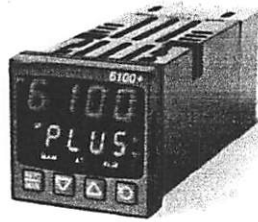
#### 2. Level Indikator (LI)



Gambar 7.2. Level Indikator (LI)

Alat ini dipasang pada peralatan proses yang bekerja secara kontinu. Alat ini berfungsi untuk menjaga dan mengatur ketinggian larutan yang ada dalam tangki agar tidak melebihi batas yang telah ditentukan.

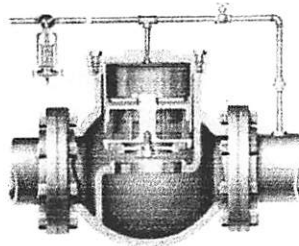
3. Temperatur Controller (TC)



Gambar 7.3. Temperatur Controller (TC)

Alat ini dipasang pada peralatan yang perlu pengaturan dan penjagaan suhu agar beroperasi pada temperatur konstan.

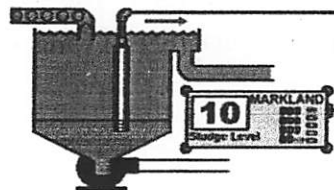
4. Flow Controller (FC)



Gambar 7.4. Flow Controller (FC)

Dipasang pada alat untuk mengendalikan laju alir fluida melalui perpipaan sehingga aliran yang masuk keperalatan proses tetap konstan .

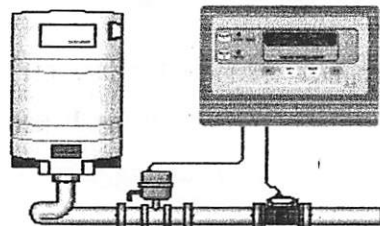
4. Level Controller (LC) :



Gambar 7.5. Level Controller (LC)

Merupakan alat instrument pengendali ketinggian liquida dalam tangki.

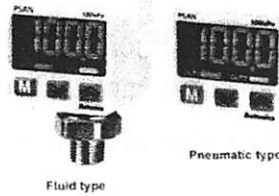
5. Rate Proses Control (RC) :



Gambar 7.6. Rate Proses Control (RC)

Merupakan alat instrumentasi penunjuk proses control pada bahan masuk.

## 6. Pressure Controller (PC) :



Gambar 7.7. Pressure Controller (PC)

Merupakan alat instrument pengendali tekanan dalam tangki.

Secara keseluruhan, instrumentasi peralatan pabrik etil asetat dapat dilihat pada Tabel 7.1. Instrumentasi Peralatan Pabrik Etil Asetat

No.	Nama Alat	Kode Alat	Kode Instrumen
1.	Storage Asam Asetat	F-111	LI
2.	Storage Etanol	F-112	LI
3.	Storage Asam Sulfat	F-113	LI
4.	Pompa Asam Asetat	L-114	FC
5.	Pompa Etanol	L-115	FC
6.	Pompa Asam Sulfat	L-116	FC
7.	Pre-Heater	E-118	TC
8.	Reaktor Esterifikasi	R-110	PC, TC
9.	Distilasi I	D-120	LI
10.	Mixer II	M-127	FRC
11.	Distilasi II	D-130	LI
12.	Storage Etil Asetat	F-137	LI

## 7.2. Keselamatan Kerja

Dalam perencanaan suatu pabrik, keselamatan kerja merupakan hal yang sangat penting yang harus diperhatikan karena menyangkut kelancaran dan keselamatan kerja karyawan, juga menyangkut lingkungan dan masyarakat di sekitar pabrik. Keselamatan kerja ini merupakan usaha untuk memberikan rasa aman dan tenang pada karyawan dalam bekerja, sehingga kontinuitas dan keefektifan kerja dapat terjamin.

**Potensi bahaya yang mengakibatkan dampak risiko jangka panjang pada kesehatan**

Suatu bahaya kesehatan akan muncul bila seseorang kontak dengan sesuatu yang dapat menyebabkan gangguan/kerusakan bagi tubuh ketika terjadi pajanan ("*exposure*")

yang berlebihan. Bahaya kesehatan dapat menyebabkan penyakit yang disebabkan oleh pajanan suatu sumber bahaya di tempat kerja.

Potensi bahaya kesehatan yang biasa di tempat kerja berasal dari lingkungan kerja antara lain faktor kimia, faktor fisik, faktor biologi, faktor ergonomis dan faktor psikologi. Bahaya faktor-faktor tersebut akan dibahas secara rinci lebih lanjut di bawah ini antara lain kimia, fisik, biologi dan ergonomis.

### **Bahaya Faktor Kimia**

Risiko kesehatan timbul dari pajanan berbagai bahan kimia. Banyak bahan kimia yang memiliki sifat beracun dapat memasuki aliran darah dan menyebabkan kerusakan pada sistem tubuh dan organ lainnya. Bahan kimia berbahaya dapat berbentuk padat, cairan, uap, gas, debu, asap atau kabut dan dapat masuk ke dalam tubuh.

### **Bahaya Faktor Fisik**

Faktor fisik adalah faktor di dalam tempat kerja yang bersifat fisika antara lain kebisingan, penerangan, getaran, iklim kerja, gelombang mikro dan sinar ultra ungu. Faktor-faktor ini mungkin bagian tertentu yang dihasilkan dari proses produksi atau produk samping yang tidak diinginkan. Antara lain :

#### **a. Gas bertekanan**



#### **b. Keselamatan didalam Laboratorium**



#### **c. Bahaya suhu panas**



**d. Bahan yang beracun**



**e. Bahaya ledakan yang ditimbulkan oleh bahan dan alat pada pabrik**



Faktor-faktor yang berkontribusi terhadap penyebab kecelakaan dapat dikelompokkan menjadi lima kategori:

- Faktor manusia : Tindakan – tindakan yang diambil atau tidak diambil, untuk mengontrol cara kerja yang dilakukan
- Faktor material : Risiko ledakan, kebakaran dan trauma paparan tak terduga untuk zat yang sangat beracun, seperti asam
- Faktor Peralatan : Peralatan, jika tidak terjaga dengan baik, rentan terhadap kegagalan yang dapat menyebabkan kecelakaan
- Faktor lingkungan : lingkungan mengacu pada keadaan tempat kerja. Suhu, kelembaban, kebisingan, udara dan kualitas pencahayaan merupakan contoh faktor lingkungan.
- Faktor proses : Ini termasuk risiko yang timbul dari proses produksi dan produk samping seperti panas, kebisingan, debu, uap dan asap.

Bahaya-bahaya tersebut dapat terjadi pada pabrik, sehingga harus diperhatikan cara untuk mengatasinya. Adapun cara untuk mengatasinya adalah sebagai berikut

**a. Keselamatan konstruksi**

- Konstruksi bangunan, peralatan produksi, baik langsung maupun tak langsung, harus cukup kuat, serta pemilihan bahan konstruksinya harus tepat.
- Pada tempat-tempat berbahaya harus diberi peringatan yang jelas.
- Jarak antara peralatan, mesin-mesin serta alat proses harus diperhatikan.

## VII-8

### b. Bahaya yang disebabkan oleh adanya api, listrik dan kebakaran

- Tangki bahan bakar jaraknya harus cukup jauh dari tempat yang dapat menyebabkan kebakaran.
- Untuk mencegah dan mengurangi bahaya-bahaya yang timbul, maka digunakan isolasi-isolasi panas, isolasi listrik dan pada tempat bertekanan tinggi harus diberi penghalau atau pagar.

### c. Memberikan penjelasan-penjelasan mengenai bahaya- bahaya yang dapat terjadi dan memberikan cara pencegahannya.

### d. Memasang tanda-tanda bahaya, seperti alarm peringatan, jika terjadi bahaya.

### e. Penyediaan alat – alat pencegah kebakaran, baik akibat listrik, maupun api.

### f. Ventilasi

Ruang kerja harus mendapatkan ventilasi yang cukup, sehingga pekerja dapat leluasa untuk dapat menghirup udara segar, yang berarti ikut serta menjamin kesehatan dan keselamatan pekerja.

### g. Tangki-tangki

Bahaya yang paling besar adalah tangki-tangki yang bertekanan tinggi hal-hal yang perlu diperhatikan untuk mencegah kecelakaan adalah :

- Perencanaan tangki harus sesuai dengan aturan yang berlaku termasuk pemilihan bahan konstruksi, memperhitungkan faktor korosi dan lain-lain.
- Penempatan boiler pada tempat yang jauh dari kerumunan pekerja.
- Pemasangan alat kontrol yang baik dan sesuai yaitu *pressure* kontrol, level kontrol dan temperatur kontrol.

### h. Reaktor

Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk mencegah kecelakaan adalah :

- Perencanaan reaktor harus sesuai dengan ketentuan-ketentuan yang berlaku mengenai bahan konstruksi, faktor korosi dan lain-lain.
- Perencanaan isolasi harus baik dengan memperhatikan perpindahan panas yang terjadi karena reaksi bersifat endotermis.
- Pemasangan alat kontrol yang baik dan sesuai yaitu *pressure* kontrol, level kontrol dan temperatur control.

**i. Perpipaan**

- Jalur proses yang terletak di atas permukaan tanah lebih baik untuk mencegah timbulnya bahaya akibat kebocoran daripada diletakkan di bawah tanah sehingga sulit untuk mengetahui letak kebocoran.
- Pengaturan dari perpipaan dan valve penting untuk mengamankan operasi. Jika terjadi kebocoran pada check valve sebaiknya diatasi dengan pemasangan block valve di samping check valve tersebut.
- Sebelum pipa-pipa dipasang, sebaiknya dilakukan tes hidrostatik yang bertujuan untuk mencegah terjadinya stress yang berlebihan pada bagian-bagian tertentu, atau pada bagian fondasi.

**j. Karyawan**

Para karyawan, terutama operator perlu diberi bimbingan atau pengarahan agar karyawan dapat melaksanakan tugasnya dengan baik dan tidak membahayakan.

**k. Listrik**

- Pada pengoperasian peralatan listrik perlu dipasang peralatan pengaman berupa pemutus arus, jika sewaktu-waktu terjadi hubungan singkat (konsleting) yang dapat menyebabkan kebakaran. Juga perlu diadakan pemeriksaan adanya kabel yang terkelupas, yang dapat membahayakan pekerja jika tersentuh kabel tersebut.

**l. Pencegahan dan penanggulangan kebakaran**

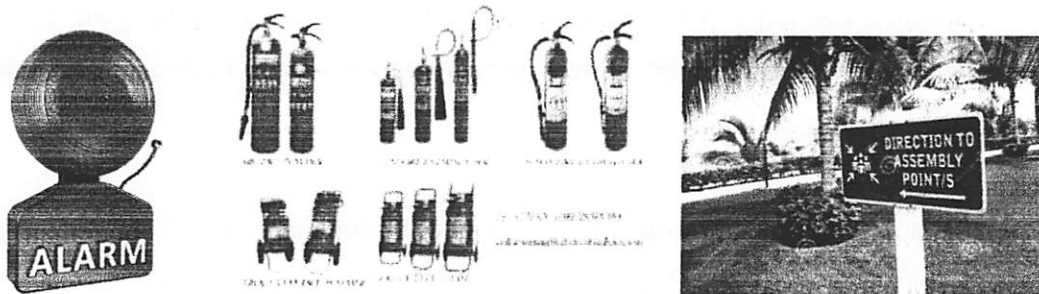
- Bangunan seperti work shop, laboratorium, dan kantor, hendaknya diletakkan berjauhan dengan unit operasi.
- Antara unit yang satu dengan unit yang lain hendaknya dipisahkan dengan jalan sehingga dapat menghambat jalannya api ketika terjadi kebakaran.
- Pengamanan bila terjadi kebakaran harus dilengkapi dengan baju tahan api dan alat-alat bantu pernafasan.
- Penempatan bahan-bahan yang mudah terbakar dan meledak ditempat yang tertutup dan jauh dari sumber api.
- Larangan merokok dilingkungan pabrik, kecuali pada tempat-tempat yang telah disediakan.
- Penempatan kabel dan kawat listrik yang diatur rapi dan jauh dari tempat yang panas.

- Pemasangan alat pemadam kebakaran disetiap tempat yang paling rawan dan pemasangannya harus pada tempat yang mudah dijangkau.

### 7.2.1. Pengamanan Alat

Untuk menghindari kerusakan alat, seperti peledakan atau kebakaran, maka pada alat tertentu perlu dipasang suatu pengaman, seperti safety valve, isolasi, dan pemadam kebakaran.

#### a. Penyediaan sarana deteksi, alarm, pemadam kebakaran dan sarana evakuasi

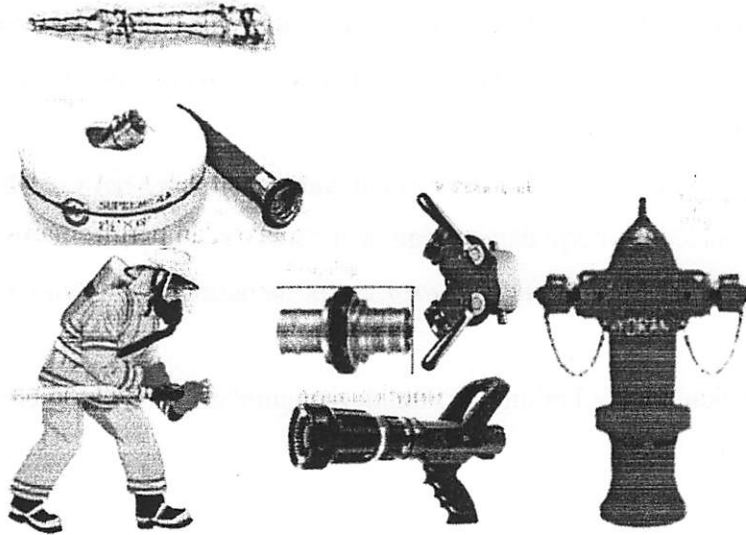


Gambar 7.8. Penyedia Sarana Kebakaran

- Menganalisa ruangan/tempat kerja, untuk menentukan jenis detektor, alarm, alat pemadam dan sarana evakuasi yang sesuai dengan kondisi ruangan/tempat kerja
  - Melakukan perencanaan dan pemasangan peralatan
  - Membuat prosedur pemakaian peralatan dan sarana pemadam kebakaran
  - Membuat tanda pemasangan peralatan pemadam kebakaran dan sarana evakuasi
  - Melakukan pelatihan penggunaan peralatan pemadam dan sarana evakuasi
  - Melakukan pemeriksaan dan pengujian secara berkala.
- b. Pengendalian penyebaran asap, panas dan gas
- Memisahkan peralatan, bahan, proses kerja yang dapat menimbulkan potensi pemanasan, percikan api, penyalaan api atau peledakan
  - Membuat batas, penghalang atau penutup pada ruangan yang menyimpan peralatan atau bahan yang mempunyai potensi bahaya kebakaran
  - Memasang alat atau sarana untuk mendeteksi adanya kebocoran gas yang mudah terbakar
  - Memasang atau membuat pengatur ventilasi agar penyebaran asap dan gas dapat dikendalikan.



c. Pembentukan unit penanggulangan kebakaran di tempat kerja



Gambar 7.9. Peralatan Terjadinya Kebakaran

d. Penyelenggaraan latihan dan gladi penanggulangan kebakaran secara berkala

- Menyusun jadwal latihan dan gladi berkala
- Melakukan koordinasi dengan pihak – pihak yang dapat membantu pelaksanaan pelatihan.
- Melaksanakan latihan dan gladi penanggulangan kebakaran
- Melakukan evaluasi dan melakukan perbaikan.

e. Memiliki buku rencana penanggulangan keadaan darurat kebakaran,

- Membentuk tim penyusunan
- Melakukan identifikasi, analisa, penilaian dan pengendalian resiko bahaya kebakaran
- Melakukan identifikasi peralatan dan sarana evakuasi penanggulangan kebakaran yang dimiliki.
- Melakukan identifikasi sumber daya manusia (ketrampilan/kesiapan petugas dan karakteristik pekerja contohnya kondisi fisik, mental atau yang memerlukan bantuan khusus jika terjadi keadaan darurat kebakaran)
- Melakukan identifikasi lay out atau tata ruang di tempat kerja/ruangan kerja
- Menyusun prosedur rencana keadaan darurat kebakaran.
- Melakukan sosialisasi dan pembinaan kepada petugas dan semua pekerja.
- Melakukan evaluasi secara berkala.

**f. Keselamatan kerja pada peralatan dan permesinan**

Peralatan dan permesinan di tempat kerja sangat beragam jenisnya meskipun berukuran kecil yang bias digenggam tangan atau yang melebihi postur tubuh bias menyebabkan potensi bahaya. Hal-hal yang perlu dilakukan untuk mengurangi risiko bahaya pada peralatan dan permesinan yaitu:

- Menempatkan peralatan dan permesinan yang sesuai dan hal yang berbahaya
- Membuat prosedur kerja dan penggunaan peralatan dan permesinan secara rinci
- Menggunakan sistem *remote control* untuk mengurangi bahaya yang terjadi pada manusia.
- Menggunakan alat pelindung diri untuk menghindari bahaya terkena peralatan dan permesinan.

**g. Pemeliharaan**

Pemeliharaan yang baik membantu meminimalkan risiko keselamatan dan kesehatan kerja dengan menjaga kotoran, mengendalikan debu dan asap, mengurangi risiko kesalahan mesin dan kebakaran dan biasanya membuat pabrik lebih aman dan sehat.

Kebersihan yang rutin dan direncanakan dengan baik membantu untuk mengendalikan paparan terhadap potensi bahaya dengan memastikan, misalnya, tumpahan segera dibersihkan dan debu yang berbahaya tidak menumpuk atau berdifusi di udara tempat kerja.

Pemeliharaan yang baik juga dapat Sangat penting untuk menghindari timbulnya polusi lingkungan, sehingga sampah dan kontaminan harus dibuang dengan cara yang aman. Pengusaha, pekerja dan masyarakat berisiko jika polusi dari perusahaan masuk ke masyarakat. Polusi juga dapat menyebabkan *image* tidak bagus, terkena denda atau bahkan penutupan.

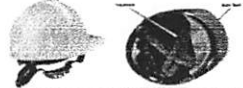




**7.2.2. Keselamatan Kerja Karyawan**

Pada karyawan, terutama operator, perlu diberikan bimbingan atau pengarahan agar karyawan dapat melaksanakan tugasnya dengan baik dan tidak membahayakan keselamatan jiwanya maupun jiwa orang lain. Disamping itu perusahaan juga melakukan upaya untuk menunjang dan menjamin keselamatan kerja para karyawan dengan tindakan :

- a. Memasang penerangan dan ventilasi yang baik, system perpipaan teratur dan menutup motor-motor yang bergerak.
- b. Menyediakan sarana pemadam kebakaran yang mudah terjangkau.
- c. Memasang tanda-tanda bahaya dan instruksi keselamatan kerja di tempat yang rawan kecelakaan.
- d. Pengaturan peralatan yang baik sehingga para pekerja dapat mengoperasikan peralatan secara baik.

Alat pelindung yang diperlukan dapat terlihat pada tabel berikut ini :

Tabel 7.2. Alat-alat keselamatan kerja pada pabrik etil asetat:

No.	Alat Pelindung	Keterangan
1.	Helm 	Lokasi : Wilayah proses Fungsi : Melindungi kepala dari benturan
2.	Earplug 	Lokasi : Wilayah proses dan di wilayah kebisingan Fungsi : Melindungi telinga dari kebisingan
3.	Sepatu 	Lokasi : Wilayah proses, laboratorium, utilitas dan di sekitar pabrik Fungsi : Melindungi kaki dari kecelakaan di pabrik
4.	Kacamata 	Lokasi : Wilayah proses, laboratorium, utilitas dan di sekitar pabrik Fungsi : Melindungi mata dari kecelakaan di pabrik
5.	Pelindung wajah 	Lokasi: Wilayah proses dan di sekitar pabrik Fungsi: Melindungi wajah dari kecelakaan di pabrik







## **BAB VIII**

### **UTILITAS**

Unit utilitas pada suatu pabrik adalah salah satu bagian yang sangat penting sebagai penunjang jalannya proses produksi dalam suatu Industri Kimia, sehingga kapasitas produksidapat tercapai semaksimal mungkin. Adapun unit utilitas yang diperlukan pada Pra-Rencana Pabrik Etil Asetat, yaitu:

- Air yang berfungsi sebagai air sanitasi, air pendingin, dan air umpan boiler
- *Steam* sebagai media pemanas dalam proses produksi
- Listrik yang berfungsi untuk menjalankan alat-alat produksi, utilitas, dan untuk penerangan pabrik
- Bahan bakar untuk mengoperasikan boiler dan generator.

Dari kebutuhan unit utilitas yang diperlukan, maka utilitas tersebut dibagi menjadi 3 unit, yaitu:

1. Unit pengolahan air (*Water Treatment*)
  - a. Air Sanitasi
  - b. Air Pendingin
  - c. Air Umpan Boiler (penghasil *steam*)
2. Unit penyediaan tenaga listrik
3. Unit penyediaan bahan bakar

#### **8.1. Unit Pengolahan Air (*Water Treatment*)**

Unit pengolahan air (*water treatment*) ini berfungsi untuk memenuhi kebutuhan air baik ditinjau dari segi kualitas maupun kuantitasnya. Dari segi kualitas air menyangkut syarat air yang harus dipenuhi sedangkan dari segi kuantitas air merupakan jumlah kebutuhan air yang harus dipenuhi oleh karena itu untuk memenuhi kebutuhan air pada pabrik, maka direncanakan air diambil dari aliran sungai Bengawan Solo.

##### **8.1.1. Air Sanitasi**

Air sanitasi digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan, laboratorium, taman dan kebutuhan yang lain. Air sanitasi yang dipergunakan harus memenuhi syarat kualitas air sebagai berikut :

## VIII-2

## a. Syarat fisik

- Berada di bawah suhu udara
- Warnanya jernih
- pH netral
- Tidak berbusa
- Kekeruhan kurang dari 1 ppm  $\text{SiO}_2$
- Tidak berasa
- Tidak berbau

## b. Syarat kimia

Tabel 8.2. Syarat kimia air sanitasi

No	Parameter	Maksimal Konsentrasi (ppm)
1	Zat terlarut	1000
2	Zat Organik (angka $\text{KMNO}_4$ )	10
3	$\text{CO}_2$ Agresif	Tidak ada
4	$\text{H}_2\text{S}$	Tidak ada
5	$\text{NH}_4^+$	Tidak ada
6	$\text{NO}_2^-$	Tidak ada
7	$\text{SO}_3^-$	20
8	$\text{Cl}^-$	250
9	$\text{SO}_4$	250
10	$\text{Mg}^{+2}$	125
11	$\text{Fe}^{+2}$	0,2
12	$\text{Mn}^{+2}$	0,1
13	$\text{Ag}^{+2}$	0,05
14	$\text{Pb}^{+2}$	3,0
15	$\text{Cu}^{+2}$	3,0
16	$\text{Zn}^{+2}$	5,0
17	$\text{F}^-$	1-115
18	Ph	6,5-9
19	Kesadahan	5-10 $\text{D}^\circ$

c. Syarat mikrobiologis

Tidak mengandung kuman maupun bakteri, terutama bakteri patogen yang dapat merubah sifat fisik air

Kebutuhan air sanitasi pada Pra Rencana Pabrik etil asetat ini adalah :

1. Untuk kebutuhan karyawan

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, Nomor : 14/PRT/M/2010, kebutuhan air untuk tiap orang = 120 L/hari/orang

2. Untuk laboratorium dan taman.

Direncanakan kebutuhan air untuk taman dan laboratorium adalah sebesar 50% dari kebutuhan karyawan.

3. Untuk pemadam kebakaran dan cadangan air.

Air sanitasi untuk pemadam kebakaran dan air cadangan direncanakan sebesar 40% dari kebutuhan air untuk karyawan, laboratorium dan taman.

Total kebutuhan air sanitasi untuk pra-rencana Pabrik etil asetat ini sebesar 3052,7549 kg/jam.

### 8.1.2. Air Pendingin

Berfungsi sebagai media pendingin pada alat perpindahan panas. Menggunakan air sebagai media pendingin ini disebabkan karena :

- air merupakan materi yang mudah didapat
- mudah dikendalikan dan dikerjakan
- dapat menyerap panas
- tidak mudah menyusut karena pendinginan
- tidak mudah terkondensasi

Tabel 8.1. kebutuhan air pendingin pada pabrik etil asetat

Kode Alat	Nama Alat	Kebutuhan Air Pendingin ( kg/jam )
E-121	Cooler	741,528482
E-122	Kondensor I	13008,7469
E-132	Kondensor II	17486,5961
<b>Total</b>		<b>31236,8715</b>

### 8.1.3. Air Umpan Boiler

Air umpan boiler merupakan bahan baku pembuatan steam yang berfungsi sebagai media pemanas. Kebutuhan steam pada Pabrik etil asetat sebesar 795,7798 kg/jam, dengan temperatur 125°C dan tekanan 14,6952 psia. Air umpan boiler disediakan dengan excess 10% sebagai pengganti steam yang hilang, yang diperkirakan adanya kebocoran akibat dari transmisi sebesar 5% dan faktor keamanan 10%. Kebutuhan air umpan boiler sebanyak 646,5296 kg/jam.

Zat-zat yang terkandung dalam air umpan boiler yang dapat menyebabkan kerusakan pada boiler adalah :

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

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh air umpan boiler:

a. Tidak boleh berbuih (berbusa)

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

- Kesulitan pembacaan tinggi liquida 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.

b. Tidak boleh membentuk kerak pada boiler

Kerak dalam boiler akan menyebabkan :

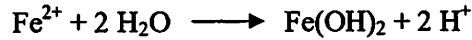
- Isolasi terhadap panas sehingga proses perpindahan panas terhambat
- Kerak yang terbentuk dapat pecah sewaktu-waktu, sehingga dapat menimbulkan kebocoran karena boiler mendapat tekanan yang kuat.

c. Tidak boleh menyebabkan korosi pada pipa

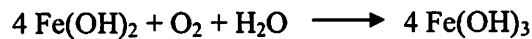
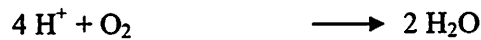
Korosi pada pipa boiler disebabkan oleh keasaman (pH rendah), minyak dan lemak, bikarbonat dan bahan organik, serta gas  $H_2S$ ,  $SO_2$ ,  $NH_3$ ,  $CO_2$ ,  $O_2$ , yang terlarut



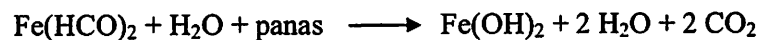
dalam air. Reaksi elektrokimia antara besi dan air akan membentuk lapisan pelindung anti korosi pada permukaan baja, yaitu:



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



Adanya bikarbonat dalam air akan menyebabkan terbentuknya  $\text{CO}_2$ , karena pemanasan dan adanya tekanan.  $\text{CO}_2$  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 menjadi  $\text{CO}_2$  lagi. Reaksi yang terjadi :



Air untuk keperluan ini harus memenuhi spesifikasi tertentu agar air tidak merusak boiler (ketel). Dari *Perry's 6<sup>th</sup> ed, hal. 976*, didapatkan bahwa air umpan boiler harus memenuhi spesifikasi sebagai berikut :

- Total padatan (total dissolved solid)  $\leq 3500$  ppm
- Alkanitas  $\leq 700$  ppm
- Padatan terlarut  $\leq 300$  ppm
- Silika = 60 – 100 ppm
- Besi  $\leq 0,1$  ppm
- Tembaga  $\leq 0,5$  ppm
- Oksigen  $\leq 0,007$  ppm
- Kesadahan  $\leq 0$
- Kekeruhan  $\leq 175$  ppm
- Minyak  $\leq 7$  ppm
- Residu fosfat  $\leq 140$  ppm

Untuk memenuhi persyaratan dan spesifikasi diatas, serta untuk mencegah kerusakan pada boiler, sebelum digunakan air umpan boiler harus diolah lagi terlebih dahulu melalui :

1. Demineralisasi, untuk menghilangkan ion-ion pengganggu
2. Deaerator, untuk menghilangkan gas-gas terlarut.

### ***Proses Pengolahan Air Pada Unit Pengolahan Air***

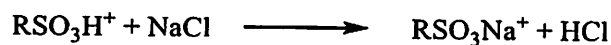
Air sungai digunakan untuk memenuhi kebutuhan air proses, air sanitasi, air pendingin dan air umpan boiler. Proses pengolahan air sungai tersebut adalah sebagai berikut:

#### **A. Pengolahan Air Sanitasi**

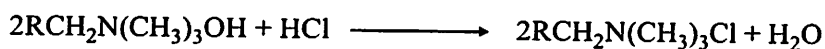
Air sungai dialirkan dengan pompa (L-211) kedalam bak sedimentasi (F-212) untuk mengendapkan kotoran, kemudian dialirkan dengan pompa (L-213) menuju bak skimmer (F-214) untuk memisahkan air dari padatan terapung. Dari bak skimmer kemudian dialirkan dengan pompa (L-215) menuju tangki clarifier (H-210), kemudian dialirkan ke tangki sand filter (H-216) untuk menghilangkan partikel-partikel yang masih terkandung yang selanjutnya dialirkan ke bak air bersih (F-217). Dari bak air bersih selanjutnya air dipompa dengan (L-219) menuju bak klorinasi (F-221) dan ditambahkan desinfektan klor ( $\text{Cl}_2$ ) sebanyak 1 ppm yang diinjeksikan langsung ke dalam pipa. Dari bak klorinasi, air dialirkan menuju bak air sanitasi dengan menggunakan pompa (L-222) dan siap untuk dipergunakan untuk air sanitasi.

#### **B. Pelunakan Air Umpan Boiler**

Pelunakan air umpan boiler yang dilakukan dengan pertukaran ion dalam demineralisasi yang terdiri dari dua tangki, yaitu tangki kation exchanger (D-220 A) dan anion exchanger (D-220 B). Kation exchanger yang digunakan adalah resin  $\text{RSO}_3\text{H}^+$  dan  $\text{RCH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{OH}$ . Air dari bak penampungan air bersih (F-217) dialirkan dengan pompa (L-218) menuju kation exchanger (D-220A). Dalam tangki kation exchanger terjadi reaksi sebagai berikut :



Ion  $\text{Na}^+$  dalam senyawa  $\text{NaCl}$  sebagai influent ditukar oleh gugus aktif resin kation ( $\text{H}^+$ ) ion  $\text{H}^+$  bertemu dengan ion  $\text{Cl}^-$  membentuk  $\text{HCl}$  sehingga air akan bersifat asam ini dialirkan ke tangki anion exchanger (D-220B) untuk dihilangkan anion-anion yang mengganggu proses. Resin yang dipakai adalah  $\text{RCH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{OH}$ . Dalam tangki anion exchanger terjadi reaksi sebagai berikut:



Penukaran ion di kolom penukar anion dimana ion  $\text{Cl}^-$  pada  $\text{HCl}$  akan ditukar dengan ion  $\text{OH}^-$  pada gugus aktif resin membentuk  $\text{H}_2\text{O}$  dimana proses ini disebut dengan proses penukaran dan netralisasi. (Pure Water Care, 2014)

Untuk memenuhi kebutuhan umpan boiler, air lunak ditampung dalam bak air lunak (F-231) yang selanjutnya dipompa (L-232) ke daerator (D-233) untuk menghilangkan gas-gas impurities pada air umpan boiler dengan system pemanasan. Dari daerator air ditampung pada bak air umpan boiler (F-234) selanjutnya air siap diumpankan ke boiler (Q-230) dengan pompa (L-235). Steam yang dihasilkan boiler didistribusikan ke peralatan dan kondensat yang dihasilkan di recycle.

### C. Pengolahan Air Pendingin

Untuk memenuhi kebutuhan air pendingin, dari bak air lunak (F-223) dipompa ke bak air pendingin (F-225) kemudian dialirkan ke peralatan dengan pompa (L-226). Setelah digunakan air direcycle ke cooling tower (P-228) dan selanjutnya dari cooling tower air di recycle ke bak air pendingin kembali.

## 8.2. Unit Penyediaan Tenaga Listrik

Listrik yang dibutuhkan pada pra-rencana etil asetat ini adalah meliputi:

- Peralatan proses = 121,971 kWh
- Listrik untuk penerangan = 195,728 kW

Kebutuhan listrik untuk proses, penerangan, instrumen dan lain-lain dipenuhi oleh PLN. Sedangkan apabila suplai listrik PLN mati, maka digunakan satu generator AC bertenaga diesel dengan power 424 kV.A, satu buah generator tambahan digunakan sebagai cadangan.

## 8.3. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan pada pabrik, yaitu pada boiler dan generator sebesar 1281,6278 L/hari. Bahan bakar yang digunakan adalah diesel oil. Pemilihan jenis bahan bakar yang digunakan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

- Harganya relatif murah
- Mudah didapat
- Viscositasnya relatif lebih rendah sehingga mudah mengalami pengabutan

- Heating valuenya relatif tinggi
- Tidak menyebabkan kerusakan pada alat-alat

Dari tabel 9.9 dan fig. 9-9, Perry 6<sup>th</sup> ed, spesifikasi bahan bakar didapat :

- Flash point = 38°C (100 °F)
- Pour point = -6°C (21,2 °F)
- Densitas = 55 lb/ft<sup>3</sup>
- Heating value = 19000 Btu/lb

#### 8.4. Pengolahan Limbah

Pada pra-rencana Pabrik etil asetat ini memiliki kepedulian terhadap lingkungan disekitarnya. Bentuk kepedulian tersebut antara lain diwujudkan melalui pemantauan analisa mengenai dampak lingkungan, menyusun rencana pengelolaan lingkungan dan rencana pemantauan lingkungan.

Limbah yang dihasilkan dari pabrik etil asetat adalah:

##### 1. Limbah Gas.

Limbah gas berasal dari pembakaran bahan bakar yang digunakan pada unit utilitas. Untuk mengatasinya, asap yang dihasilkan dilewatkan melalui sebuah cerobong yang cukup tinggi dan disemprot dengan air untuk menangkap abu dan gas yang berbahaya, sehingga tidak mengganggu lingkungan dan masyarakat sekitarnya.

##### 2. Limbah Cair

Limbah cair yang dihasilkan berupa cairan. Untuk penanganannya menggunakan beberapa tahap :

###### a. Pengolahan Pendahuluan (Pre Treatment)

Pada proses ini dilakukan pengambilan benda-benda terapung.

###### b. Pengolahan Pertama (Primery Treatment)

Pada tahap pengolahan ini bertujuan untuk mengendapkan padatan-padatan dan zat-zat yang terlarut yang tidak dapat mengendap secara grafitasi, dengan menambahkan zat kimia tertentu sebagai flokulan dan koagulan.

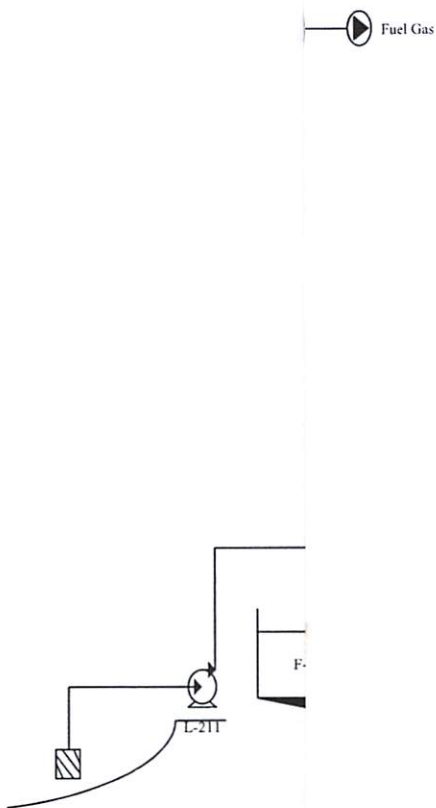
###### c. Pengolahan Kedua (Secondary Treatment)

Pengolahan kedua menggunakan proses biologis untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada didalamnya. Pada tahap ini juga dilakukan aerasi yang bertujuan untuk meningkatkan kandungan oksigen dalam


limbah cair tersebut. Proses aerasi ini dilakukan hingga didapatkan nilai BOD, COD, dan DO yang memenuhi standard yang telah ditetapkan pemerintah.

d. **Pengolahan Ketiga (Tertiary Treatment)**

Pengolahan ketiga dilakukan untuk menetralkan pH limbah cair dan membunuh bakteri dengan cara menambahkan zat penetral dan desinfektan ke dalamnya.



25	L-235	POMPA TANGKI BOILER
24	F-234	TANGKI BOILER FEED WATER
23	D-233	TANGKI DEAERATOR
22	L-232	POMPA DEAERATOR
21	F-231	TANGKI STEAM CONDENSAT
20	Q-230	TANGKI BOILER
19	P-228	COOLING TOWER
18	L-227	POMPA CWR KE COOLING TOWER
17	L-226	POMPA AIR PENDINGIN KE ALAT PROSES
16	F-225	TANGKI AIR PENDINGIN
15	L-224	POMPA KE TANGKI AIR PENDINGIN
14	F-223	TANGKI AIR LUNAK
13	L-222	POMPA AIR SANITASI
12	F-221	TANGKI KLOORINASI
11	D-220B	TANGKI ANION EXCHANGER
10	D-220A	TANGKI KATION EXCHANGER
9	L-218	POMPA TANGKI AIR BERSIH KE EXCHANGER
8	F-217	TANGKI AIR BERSIH
7	II-216	SAND FILTER
6	II-210	TANGKI CLARIFIER
5	L-215	POMPA TANGKI SKIMMER
4	F-214	TANGKI SKIMMER
3	L-213	POMPA TANGKI SEDIMENTASI
2	F-212	TANGKI SEDIMENTASI
1	L-211	POMPA AIR SUNGAI
NO	KODE	NAMA ALAT

<b>Jurusan Teknik Kimia</b> <b>Fakultas Teknologi Industri</b> <b>Institut Teknologi Nasional Malang</b>	
UNIT PENGOLAHAN AIR PRA RENCANA PABRIK ETIL ASETAT DARI ETANOL DAN ASAM ASETAT DENGAN KATALIS ASAM SULFAT MENGGUNAKAN PROSES ESTERIFIKASI KAPASITAS : 30.000 ton/tahun	
Dirancang Oleh :	Disetujui Dosen Pembimbing :
Putri Sahadatin K.C.L.P. NIM 12.14.018 Indria Kusuma Wardhani NIM 12.14.044	 <b>DWI ANA ANGGOROWATI, ST., MT</b>

## **BAB IX**

### **TATA LETAK PABRIK**

#### **9.1. Tata Letak Pabrik**

Tata letak pabrik adalah suatu penempatan bangunan dan peralatan dalam pabrik yang meliputi area proses, area penyimpanan dan area material handling yang dibuat sedemikian rupa sehingga pabrik bisa beroperasi secara efektif dan efisien.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penentuan tata letak pabrik Etil Asetat adalah sebagai berikut :

- Penempatan alat harus sedemikian rupa sehingga memudahkan pemeliharaan
- Penyaluran secara ekonomis dari kebutuhan air dan steam, kemungkinan perluasan untuk masa depan
- Kemungkinan timbulnya bahaya, seperti kebakaran dan ledakan
- Ruang yang cukup untuk pergerakan pekerja dan pemindahan barang-barang
- Masalah penyaluran zat-zat buangan pabrik
- Pondasi dari bangunan dan peralatan kerja (mesin-mesin)
- Bentuk kerangka bangunan, atap dan tembok
- Penerangan dan ventilasi ruangan yang cukup.

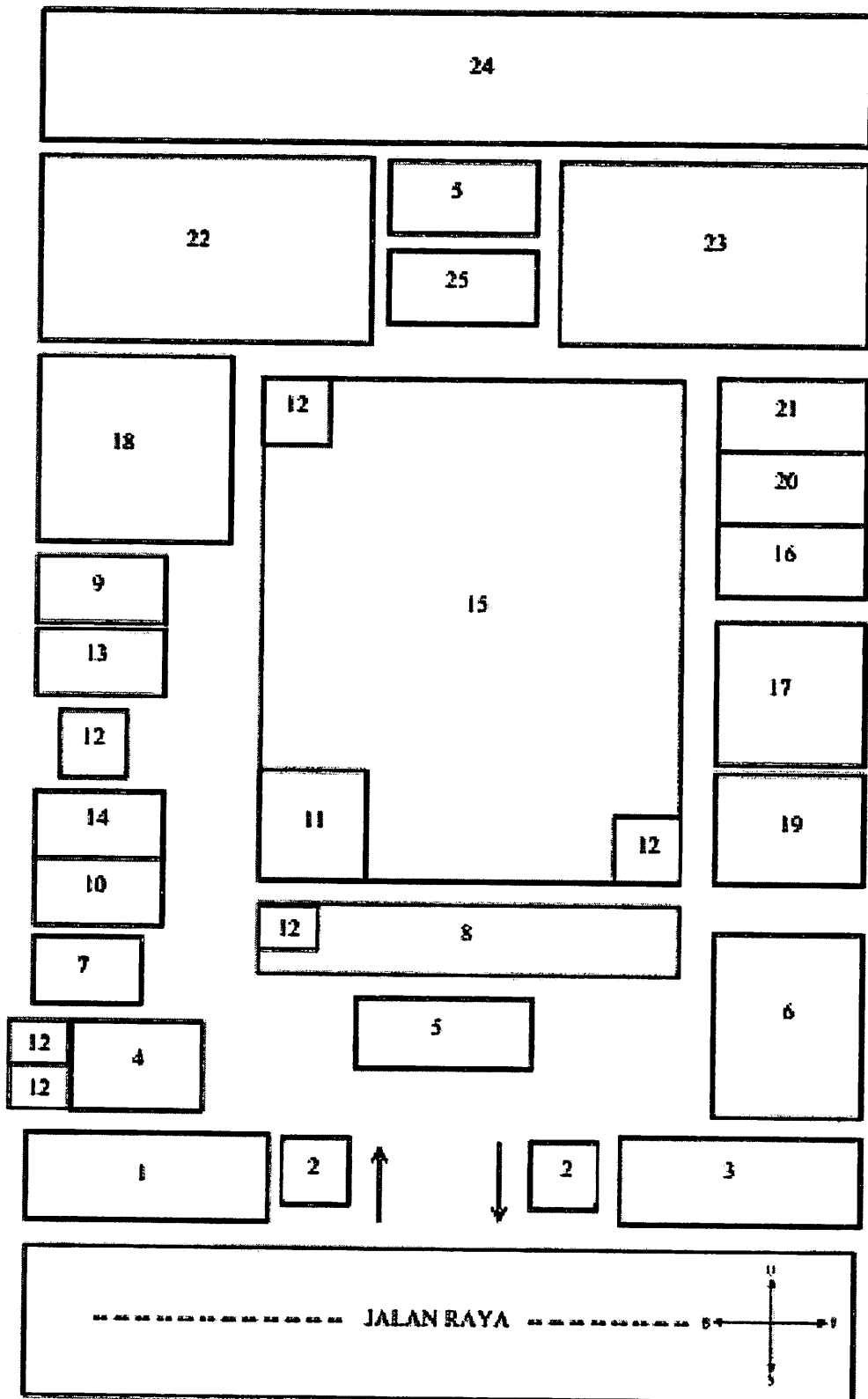
Tata letak pabrik dapat dibagi menjadi 2 bagian :

1. Tata letak bangunan
2. Tata letak peralatan

##### **9.1.1. Tata Letak Bangunan Pabrik**

Pengaturan tata letak ruang daripada unit-unit bangunan dalam suatu pabrik, dapat dilaksanakan dengan sedemikian rupa sehingga :

- a. Pemakaian areal tanah sekecil mungkin
- b. Letak bangunan sesuai dengan urutan proses
- c. Letak bangunan kantor dan bangunan untuk proses harus terpisah, hal ini dimaksudkan untuk mencegah terjadinya bahaya yang akan timbul
- d. Bahan baku maupun produk dapat diangkut dengan mudah
- e. Tersedianya areal tanah untuk jalan maupun perluasan pabrik
- f. Ventilasi dan penerangan yang cukup pada bangunan pabrik.



Gambar 9.1. Tata Letak Bangunan Pabrik Etil Asetat



## Keterangan Gambar :

- |                               |                            |                          |
|-------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1. Parkir tamu                | 11. Ruang kepala pabrik    | 21. Pemadam kebakaran    |
| 2. Pos keamanan               | 12. Toilet                 | 22. Area waste treatment |
| 3. Parkir pegawai             | 13. Bengkel                | 23. Area water treatment |
| 4. Musholla                   | 14. Perpustakaan           | 24. Perluasan pabrik     |
| 5. Taman                      | 15. Ruang proses produksi  | 25. Litbang              |
| 6. Aula                       | 16. Area tanki bahan bakar |                          |
| 7. Poliklinik                 | 17. Laboratorium           |                          |
| 8. Perkantoran dan tata usaha | 18. Ruang bahan baku       |                          |
| 9. Garasi                     | 19. Gudang produk samping  |                          |
| 10. Kantin                    | 20. Ruang genset           |                          |

Adapun perincian luas tanah sebagai bangunan adalah sebagai berikut :

**Tabel 9.1.** Perincian Luas Tanah Bangunan Pabrik Etil Asetat

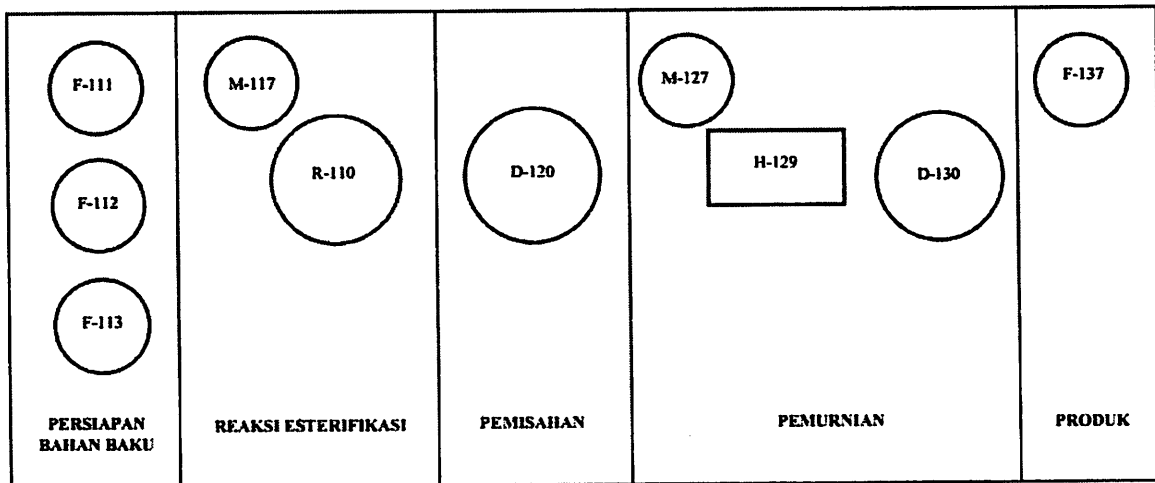
No.	Bangunan	Ukuran (m)	Luas (m <sup>2</sup> )
1.	Parkir tamu	80 x 10	800
2.	Pos keamanan	20 x 12,5	250
3.	Parkir pegawai	80 x 10	800
4.	Musholla	20 x 10	200
5.	Taman	48 x 10	480
6.	Aula	32 x 20	640
7.	Poliklinik	40 x 12	480
8.	Perkantoran dan tata usaha	60 x 10	600
9.	Garasi	40 x 12	480
10.	Kantin	20 x 12	240
11.	Ruang kepala pabrik	20 x 10	200
12.	Toilet	30 x 3	90
13.	Bengkel	40 x 12	480
14.	Perpustakaan	20 x 12	240
15.	Ruang proses produksi	100 x 30	3000
16.	Area tangki bahan bakar	40 x 12	480
17.	Laboratorium	20 x 12	240
18.	Ruang bahan baku	28 x 20	560

19.	Gudang produk samping	24 x 10	240
20.	Ruang genset	28 x 20	560
21.	Pemadam kebakaran	28 x 20	560
22.	Area waste treatment	80 x 40	3200
23.	Area water treatment	56 x 40	2240
24.	Perluasan pabrik	100 x 60	6000
25.	Litbang	40 x 12	480
26.	Halaman dan jalan	20 x 10	200
<b>Total</b>			23480

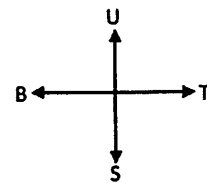
### 9.2.2. Tata Letak Peralatan

Dalam pengaturan tata letak pabrik dan tata letak peralatan ada beberapa faktor yang harus diperhatikan, antara lain :

- a. Letak ruangan yang cukup antara peralatan yang satu dengan yang lain untuk memudahkan pemeriksaan, perawatan serta dapat menjamin keselamatan kerja.
- b. Diusahakan setiap alat tersusun berurutan menurut fungsinya masing-masing, sehingga tidak menyulitkan dalam pengoperasian.
- c. Walaupun dalam ruangan yang penuh alat, harus diusahakan agar dapat menimbulkan suasana kerja yang menyenangkan.
- d. Peletakan peralatan harus memperhatikan keselamatan operatornya.
- e. Tata letak peralatan proses didasarkan pada areal bahan baku, reaksi, pemisahan, pengeringan serta penanganan produk.



**Gambar 9.2. Tata Letak Peralatan**



**Keterangan :**

**F-111** : Storage Asam Asetat

**F-112** : Storage Etanol

**F-113** : Storage Asam Sulfat

**M-117** : Mixer I

**R-110** : Reaktor Esterifikasi

**D-120** : Distilasi I

**M-127** : Mixer II

**H-129** : Dekanter

**D-130** : Distilasi II

**F-137** : Storage Etil Asetat







## **BAB X**

### **STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN**

Kelancaran dan kontinuitas suatu pabrik merupakan hal yang penting dan menjadi tujuan utama setiap perusahaan. Hal tersebut dapat ditunjang dengan adanya struktur organisasi yang baik.

Struktur organisasi dapat memberikan wewenang pada setiap perusahaan untuk melaksanakan tugas yang dibebankan kepadanya. Juga mengatur sistem dan hubungan struktural antar fungsi atau orang – orang dalam hubungan satu dengan yang lainnya pada pelaksanaan fungsi mereka.

#### **10.1. Dasar Perusahaan**

Bentuk perusahaan	: Perseroan Terbatas (PT)
Lokasi pabrik	: Lamongan – Jawa Timur
Kapasitas produksi	: 30.000 ton/tahun
Status investasi	: Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN).

#### **10.2. Bentuk Perusahaan**

Pabrik etil asetat dari asam asetat dan etanol ini direncanakan berstatus perusahaan swasta nasional yang berbentuk Perseroan Terbatas (PT), bentuk ini digunakan dengan alasan :

1. Kedudukan atau wewenang antara pimpinan perusahaan dan para pemegang saham (pemilik) terpisah satu sama lain.
2. Terbatasnya tanggung jawab para pemegang saham karena segala sesuatu yang menyangkut kelancaran perusahaan dipegang oleh pimpinan perusahaan dan setiap pemegang saham hanya mungkin menderita kerugian sebesar jumlah yang ditanamkan pada PT yang bersangkutan.
3. Kemungkinan terhimpunnya modal yang besar dan mudah, yaitu dengan membagi modal atas sejumlah saham-sahamnya. PT dapat menarik modal dari banyak orang.
4. Kehidupan PT lebih terjamin karena tidak berpengaruh oleh berhentinya salah seorang pemegang saham, direktur atau karyawan. Ini berarti suatu PT mempunyai potensi hidup lebih permanen dari bentuk perusahaan lainnya.

5. Adanya efisiensi dalam perusahaan. Tiap bagian dalam PT dipegang oleh orang yang ahli dalam bidangnya. Tiap orang atau tiap bagian mempunyai bagian dengan tugas yang jelas, sehingga ada dorongan untuk mengerjakan sebaik-baiknya.

### **10.3. Struktur Organisasi**

Struktur organisasi yang digunakan adalah sistem garis dan staff. Alasan pemilihan sistem garis dan staff adalah :

1. Biasa digunakan untuk organisasi yang cukup besar dengan produksi terus menerus.
2. Terdapat satu kesatuan pimpinan dan perintah, sehingga disiplin kerja lebih baik.
3. Sering digunakan dalam perusahaan yang memproduksi secara massal.
4. Masing-masing kepala bagian/manager secara langsung bertanggung jawab atas aktivitas yang dilakukan untuk mencapai tujuan.
5. Pimpinan tertinggi pabrik dipegang oleh seorang direktur yang bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris. Anggota Dewan Komisaris merupakan wakil-wakil dari pemegang saham dan dilengkapi dengan staff ahli yang bertugas memberikan saran kepada direktur.

Di samping alasan tersebut ada beberapa kebaikan yang dapat mendukung pemakaian sistem organisasi staf dan garis yaitu :

1. Dapat digunakan oleh setiap organisasi besar, apapun tujuannya, berapapun luas tugasnya dan betapapun kompleks susunan organisasinya.
2. Pengambilan keputusan yang sehat lebih mudah dapat diambil, karena adanya staf ahli.
3. Perwujudan "the right man in the right place" lebih mudah dilaksanakan.

Dari kelebihan-kelebihan sistem organisasi garis dan staf di atas maka dapat dipakai sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan sistem organisasi perusahaan pada Pra Rencana Pabrik Etil Asetat ini, yaitu menggunakan sistem organisasi garis dan staf. Pembagian tanggung jawab dan wewenang berdasarkan Kepala Bagiantasi. Pada setiap Kepala Bagian dibagi lagi menjadi bagian-bagian yang lebih kecil lagi yaitu divisi. Selanjutnya tiap divisi dibagi lagi menjadi unit-unit.

Setiap Kepala Bagian dipimpin oleh seorang manajer yang dibantu oleh asisten manajer, sedangkan untuk divisi dikepalai oleh seorang divisi manajer yang dibantu oleh asisten divisi manajer.

## **10.4. Tugas dan Tanggung Jawab Organisasi**

### **1. Dewan Komisaris**

Dewan komisaris terdiri dari para pemegang saham perusahaan. Pemegang saham adalah pihak-pihak yang menanamkan modalnya untuk perusahaan dengan cara membeli saham perusahaan. Besarnya kepemilikan pemegang saham terhadap perusahaan tergantung/sesuai dengan besarnya modal yang ditanamkan, sedangkan kekayaan pribadi dari pemegang saham tidak dipertanggungjawabkan sebagai jaminan atas hutang-hutang perusahaan. Pemegang saham harus menanamkan saham paling sedikit 1 (satu) tahun. Tugas dan wewenang dewan komisaris adalah :

- Bertanggung jawab terhadap pabrik secara umum dan memberikan laporan pertanggungjawaban kepada para pemegang saham dalam RUPS.
- Menerima pertanggungjawaban dari para manager pabrik.

### **2. Direktur Utama**

Posisi direktur utama merupakan pemimpin tertinggi perusahaan secara langsung dan penanggung jawab utama dalam perusahaan secara keseluruhan selama perusahaan berdiri. Tugas dan wewenang direktur utama adalah :

- Menetapkan strategi perusahaan, membuat perencanaan kerja dan menginstruksikan cara-cara pelaksanaannya kepada manager.
- Mengurus harta kekayaan perusahaan.
- Menetapkan sistem organisasi yang dianut dan menetapkan pembagian kerja, tugas, dan tanggung jawab dalam perusahaan untuk mencapai tujuan atau target perusahaan yang telah direncanakan.
- Mengadakan koordinasi yang tepat pada seluruh bagian organisasi.
- Memberikan instruksi resmi kepada bawahannya untuk melaksanakan tugas masing-masing.
- Mempertanggungjawabkan kepada dewan komisaris semua anggaran pembelanjaan dan pendapatan perusahaan.
- Selain tugas diatas, direktur utama berhak mewakili perseroan secara sah dan langsung dalam segala hal dan kejadian yang berhubungan dengan kepentingan perusahaan. Dan harus berkonsultasi kepada dewan komisaris setiap akan melakukan tindakan perusahaan yang krusial seperti peminjaman uang ke Bank, memindahtangankan perseroan untuk menanggung hutang perusahaan, dll).

### 3. Penelitian dan Pengembangan (R&D)

Divisi LITBANG bersifat independent. Divisi ini bertanggung jawab langsung kepada direktur utama. Divisi LITBANG bertugas mengembangkan secara kreatif dan inovatif segala aspek perusahaan terutama yang berkaitan dalam peningkatan kualitas produksi sehingga mampu bersaing dengan produk kompetitor.

### 4. Direktur Produksi dan Teknik

Direktur Produksi dan Teknik diangkat dan diberhentikan oleh direktur utama. Direktur Produksi dan Teknik bertanggung jawab penuh terhadap kelancaran produksi, dimulai dari perencanaan produksi, perencanaan bahan baku, perangkat produksi. Tugas utamanya adalah merencanakan, mengontrol, dan mengontrol semua kegiatan yang berkaitan dari mulai bahan baku sampai menghasilkan produk.

### 5. Direktur Administrasi dan Keuangan

Direktur Administrasi dan Keuangan memiliki ruang lingkup kerja yang lebih luas dari Manager produksi dan teknik. Direktur administrasi dan keuangan bertanggung jawab atas segala kegiatan kerja diluar produksi. Semua manajemen perusahaan diatur dan dijalankan oleh bagian administrasi, termasuk strategi pemasaran, pengaturan keuangan perusahaan, hubungan masyarakat, dan mengatur masalah ketenagakerjaan.

### 6. Kepala Bagian Quality Control (Pengendalian Mutu)

Kepala Bagian QC bertugas mengawasi mutu bahan baku yang diterima dan produk yang dihasilkan. Selama mengawasi mutu produk, tidak hanya produk jadi saja yang di analisis tapi juga pada setiap tahapan proses.

#### - Divisi Jaminan Mutu

Divisi Jaminan Mutu bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Quality Control yang bertugas untuk melakukan penganalisaan, pengujian dan pengawasan terhadap bahan mentah yang dipasok dan produk yang sudah jadi agar sesuai standar yang telah ditentukan.

#### - Divisi Pengendalian proses

Divisi Pengendalian Proses bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Quality Control untuk mengendalikan kualitas bahan selama proses produksi yang sedang berlangsung, yaitu mengatur komponen bahan baku (raw mix design) sehingga didapat produk dengan kualitas yang diinginkan.



## 7. Kepala Bagian Produksi

Kepala Bagian Produksi bertanggung jawab atas jalannya proses produksi sesuai yang direncanakan, termasuk merencanakan kebutuhan bahan baku agar target produksi terpenuhi.

### - Divisi Produksi

Divisi produksi bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Produksi atas kelancaran proses. Divisi ini juga mengatur pembagian shift dan kelompok kerja sesuai spesialisasinya pada masing-masing tahapan proses dan mengendalikan kondisi operasi sesuai prosedurnya.

### - Divisi Bahan baku

Bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Produksi atas ketersediaan bahan baku yang dibutuhkan sesuai banyaknya produksi yang diinginkan sehingga tidak terjadi kekurangan atau kelebihan, mengatur aliran distribusi bahan baku dari storage ke dalam proses.

## 8. Kepala Bagian Teknik

Kepala Bagian Teknik bertanggung jawab atas kelancaran alat-alat proses selama produksi berlangsung, termasuk pemeliharaan alat proses dan instrumentasinya. Apabila ada keluhan pada alat penunjang produksi maka bagian teknik langsung mengatasi masalahnya.

### - Divisi Utilitas

Bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Teknik mengenai kelancaran alat-alat utilitas.

### - Divisi Bengkel & Perawatan

Bertugas memperbaiki alat-alat atau instrumen yang rusak baik alat produksi maupun peralatan utilitas. Divisi ini juga diharapkan menciptakan alat-alat yang inovatif untuk menunjang kelancaran produksi.

## 9. Kepala Bagian Pemasaran

Kepala Bagian Pemasaran bertanggung jawab dalam mengatur masalah pemasaran produk, termasuk juga melakukan research marketing agar penentuan harga dapat bersaing di pasaran, menganalisis strategi pemasaran perusahaan maupun kompetitor, mengatur masalah distribusi penjualan produk ke daerah-daerah, melakukan promosi

pada berbagai media massa baik cetak maupun elektronik agar produk dapat terserap konsumen.

- Divisi Pembelian

Bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Pemasaran mengenai pembelian bahan baku, alat-alat yang menunjang proses.

- Divisi Penjualan

Bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Pemasaran mengenai penjualan produk pada berbagai daerah distribusi sekaligus mensurvei kebutuhannya agar dapat dipasok setiap saat.

- Divisi Promosi dan Periklanan

Melakukan promosi ke berbagai sumber tentang kelebihan produk perusahaan minimal masyarakat konsumen mengetahui produk yang diproduksi perusahaan.

- Divisi Research Marketing

Melakukan analisis pasar untuk memenangkan persaingan dengan kompetitor dan selalu membuat strategi pemasaran setiap saat sesuai perkembangan di lapangan.

10. Kepala Bagian Keuangan dan Akuntansi

Kepala Bagian Keuangan dan Akuntansi bertanggung jawab mengatur neraca perusahaan dengan melakukan pembukuan sebaik-baiknya baik pemasukan ataupun pembelanjaan untuk kebutuhan perusahaan, selain itu juga membayarkan gaji ke rekening bank tiap karyawan pada setiap akhir bulan. Dan juga membayarkan jaminan sosial atas pemutusan hak kerja (PHK) karyawan. Bagian Keuangan dan Akuntansi membawahi 2 divisi yaitu :

- Divisi Pembukuan

- Divisi Keuangan

11. Kepala Bagian Umum

Kepala Bagian umum bertugas untuk merencanakan dan mengelola hal-hal yang bersifat umum. Kepala Bagian ini mengatur masalah administrasi, Keamanan dan keselamatan, lingkungan serta hubungan antara perusahaan dengan pihak lain, baik dengan masyarakat, pemerintah maupun dengan perusahaan lain. Kepala Bagian ini membawahi 4 divisi :

- Divisi Humas

Divisi Humas bertugas menjalin hubungan kemasyarakatan baik di dalam perusahaan, antar instansi ataupun dengan masyarakat setempat ataupun dengan pihak pemerintah, sehingga diharapkan dengan kerjasama yang baik kelangsungan dan kelancaran perusahaan dapat berjalan dengan baik.

- Divisi Personalia

Divisi Personalia bertugas untuk menyaring dan menyeleksi calon pegawai/pekerja baru serta mendistribusikan pekerja sesuai dengan keahlian dan kemampuan yang dimilikinya.

- Divisi Administrasi

Divisi ini bertugas untuk menjalankan kegiatan administrasi perusahaan, mulai dari surat menyurat, absensi karyawan, pendataan sampai pendistribusian gaji.

a. Divisi Keamanan dan Keselamatan

Divisi keamanan bertugas untuk menjaga keamanan perusahaan meliputi pengontrolan setiap kendaraan yang masuk perusahaan baik kendaraan bahan baku, produk, sampai kendaraan tamu. Dan juga menjaga keamanan dan ketertiban di lingkungan kerja di seluruh area pabrik.

b. Divisi Kebersihan

Divisi Kebersihan bertugas menjaga kenyamanan, keindahan, perusahaan dari mulai keindahan taman, toilet sampai kebersihan gudang dan produksi.

c. Divisi Transportasi.

Divisi ini mengatur penggunaan transportasi mulai dari penyediaan bahan baku sampai ke transportasi untuk pemasaran produk-produk yang dihasilkan.

## 12. Kepala Bagian Sumber Daya Manusia (SDM)

Kepala Bagian SDM bertugas merencanakan, mengelola, dan mendayagunakan SDM, baik yang telah bekerja ataupun yang akan dipekerjakan. Selain itu Bagian SDM mengatur masalah jenjang karier dan masalah penempatan karyawan, atau pemindahan karyawan antar Kepala Bagian atau antar divisi sesuai dengan tingkat prestasinya.

- Divisi Kesehatan

Bertugas memperhatikan kesehatan karyawan. Apabila poliklinik yang tersedia tidak dapat mengatasi masalah kesehatan karyawan maka dapat diintensifkan di rumah sakit langganan perusahaan sesuai kebutuhan pengobatan.

- Divisi Ketenagakerjaan

Mengatur kesejahteraan karyawan seperti pemberian fasilitas atau bonus perusahaan untuk karyawan yang berprestasi. Divisi ketenagakerjaan juga perlu memperhatikan prestasi-prestasi yang dibuat oleh karyawan guna meningkatkan jenjang karier dan kebijakan lainnya.

Struktur organisasi perusahaan dapat dilihat pada gambar 10.1.

### 10.5. Jaminan Sosial

Jaminan sosial adalah jaminan yang diterima oleh pihak karyawan jika terjadi sesuatu hal yang bukan karena kesalahannya menyebabkan dia tidak dapat melakukan pekerjaan.

BPJS Ketenagakerjaan menyelenggarakan program jaminan kecelakaan kerja program jaminan kematian dan program jaminan hari tua dan program jaminan pensiun sesuai dengan ketentuan UU SJSN bagi peserta selain peserta program yang dikelola oleh PT Asabri (Persero) dan PT Taspen (Persero).

Jaminan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan adalah :

a. Tunjangan

- Tunjangan di luar gaji pokok, diberikan kepada tenaga kerja tetap berdasarkan prestasi yang telah dilakukannya dan lama pengabdianya kepada perusahaan tersebut.
- Tunjangan lembur yang diberikan kepada tenaga kerja yang bekerja di luar jam kerja yang telah ditetapkan (khusus untuk tenaga kerja shift)

b. Fasilitas

Fasilitas yang diberikan berupa seragam kerja untuk karyawan, perlengkapan keselamatan kerja (misal helm, sarung tangan, sepatu boot, kaca mata pelindung dan lain-lain), antar jemput bagi karyawan, kendaraan dinas, tempat tinggal dan lain-lain.

c. Pengobatan dan kesehatan

Untuk pengobatan dan perawatan pertama dapat dilakukan di poliklinik perusahaan dan diberikan secara cuma-cuma kepada karyawan yang membutuhkan dengan ketentuan sebagai berikut :

- Untuk pengobatan dan perawatan yang dilakukan pada rumah sakit yang telah ditunjuk akan diberikan secara cuma-cuma.

- Karyawan yang mengalami kecelakaan atau terganggu kesehatannya dalam menjalankan tugas perusahaan, akan mendapat penggantian ongkos pengobatan penuh.

d. Insentive atau bonus

Insentive diberikan dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas dan merangsang gairah kerja karyawan. Besarnya insentive ini dibagi menurut golongan dan jabatan. Pemberian insentive untuk golongan operatif (golongan kepala seksi ke bawah) diberikan setiap bulan sedangkan untuk golongan di atasnya diberikan pada akhir tahun produksi dengan melihat besarnya keuntungan dan target yang dicapai.

e. Cuti

- Cuti tahunan selama 12 hari kerja dan diatur dengan mengajukan permohonan satu minggu sebelumnya untuk dipertimbangkan ijinnya.
- Cuti sakit bagi tenaga kerja yang memerlukan istirahat total berdasarkan surat keterangan dokter.
- Cuti hamil selama 3 bulan bagi tenaga kerja wanita.
- Cuti untuk keperluan dinas atas perintah atasan berdasarkan kondisi tertentu perusahaan

## 10.6. Jadwal dan Jam Kerja

Pabrik etil asetat ini direncanakan akan beroperasi selama 300 hari dalam setahun dan 24 jam per hari, sisa harinya digunakan untuk perbaikan dan perawatan atau dikenal dengan istilah shut down.

a. Untuk pegawai non shift

Bekerja selama 6 hari dalam seminggu (total kerja 40 jam per minggu) sedangkan hari minggu dan hari besar libur. Pegawai non shift ini termasuk karyawan yang tidak langsung menangani operasi pabrik, misalnya : direktur, kepala Kepala Bagian, kepala divisi, karyawan kantor/administrasi dan divisi-divisi di bawah tanggung jawab non teknik atau yang bekerja di pabrik dengan jenis pekerjaan tidak kontinu.

Ketentuan jam kerja adalah sebagai berikut :

- Senin – Kamis : 08.00 – 16.00 (Istirahat : 12.00 – 13.00)
- Jum'at : 08.00 – 16.00 (Istirahat : 11.00 – 13.00)
- Sabtu : 08.00 – 12.00

b. Untuk pegawai shift

Sehari bekerja 24 jam, yang terbagi dalam 3 shift. Karyawan shift ini termasuk karyawan yang secara langsung menangani proses operasi pabrik, misalnya : kepala shift, operator, karyawan-karyawan shift, gudang serta keamanan dan keselamatan kerja. Ketentuan jam kerja pegawai shift sebagai berikut :

- Shift I : 07.00 – 15.00
- Shift II : 15.00 – 23.00
- Shift III : 23.00 – 07.00

Jadwal kerja dibagi dalam 4 minggu dan 4 kelompok (regu). Setiap kelompok kerja akan mendapatkan libur satu kali dari tiga kali shift. Jadwal kerja karyawan shift dapat dilihat pada tabel 10.1.

Tabel 10.1. Jadwal Kerja Karyawan Pabrik

Regu	Minggu		
	Pertama	Kedua	Ketiga
I	Pagi	Siang	Malam
II	Siang	Malam	-
III	Malam	-	Pagi
IV	-	Pagi	Siang

Karena kemajuan suatu pabrik atau perusahaan tergantung pada kedisiplinan karyawannya, maka salah satu cara untuk menciptakan kedisiplinan adalah dengan memberlakukan absensi. Dari mulai direktur utama sampai karyawan kebersihan diberlakukan absensi setiap jam kerjanya yang nantinya dapat menjadi pertimbangan perusahaan dalam meningkatkan karier karyawannya.

### 10.7. Penggolongan dan Tingkat Pendidikan Karyawan

Penggolongan dan tingkat pendidikan karyawan berdasarkan tingkat kedudukan dalam struktur organisasi Pra Rencana Pabrik etil asetat (gambar 10.1) yaitu :

1. Dewan Komisaris : sarjana Teknik Kimia atau min. Strata 2
2. Direktur Utama : Sarjana Teknik Kimia atau min. Strata 2
3. Manager
  - a. Manager produksi : Sarjana Teknik Kimia.
  - b. Manager administrasi dan keuangan : Sarjana Ilmu Administrasi (FIA).
4. Penelitian & Pengembangan : Sarjana Kimia (MIPA)

5. Kepala Kepala Bagian
  - a. Kepala Bagian QC : Sarjana Kimia (MIPA)
  - b. Kepala Bagian produksi : Sarjana Teknik Kimia
  - c. Kepala Bagian teknik : Sarjana Teknik Mesin
  - d. Kepala Bagian pemasaran : Sarjana Ekonomi
  - e. Kepala Bagian keuangan dan Akuntansi : Sarjana Ekonomi
  - f. Kepala Bagian Sumber Daya Manusia : Sarjana Psikologi Industri
  - g. Kepala Bagian Umum : Sarjana Teknik Industri
6. Kepala divisi
  - a. Divisi produksi : Sarjana Teknik Kimia
  - b. Divisi bahan baku : Sarjana Teknik Kimia
  - c. Divisi utilitas : Sarjana Teknik Mesin
  - d. Divisi bengkel& perawatan : Sarjana Teknik Mesin
  - e. Divisi Jaminan Mutu : Sarjana Kimia (MIPA)
  - f. Divisi Pengendalian Proses : Sarjana Teknik Kimia
  - g. Divisi Kesehatan : Sarjana Kedokteran
  - h. Divisi Ketenagakerjaan : Sarjana Teknik Industri
  - i. Divisi Pembelian : Sarjana Ekonomi
  - j. Divisi Penjualan : Sarjana Ekonomi
  - k. Divisi Promosi Periklanan : Diploma Public Relation & Promotion
  - l. Divisi research marketing : Sarjana Ekonomi
  - m. Divisi Keuangan : Sarjana Ekonomi
  - n. Divisi Akuntansi : Sarjana Ekonomi
  - o. Divisi Humas : Diploma Public Relation & Promotion
  - p. Divisi Personalia : Sarjana Hukum dan Psikologi
  - q. Divisi Administrasi : Sarjana Ilmu Administrasi (FIA)
  - r. Divisi Keamanan dan Keselamatan : Diploma / SMU / SMK
  - s. Divisi Kebersihan : Diploma / SMU / SMK
  - t. Divisi Transportasi : Sarjana / Diploma Teknik Mesin
7. Karyawan : Diploma / SMU / SMK

### 10.8. Perincian Jumlah Tenaga Kerja

Perhitungan jumlah tenaga operasional dilakukan berdasarkan pembagian proses yang dilakukan.

Step dalam proses = 4 tahap

Kapasitas produksi (P) =  $(30.000 \text{ ton/th}) / (300 \text{ hari/tahun}) = 100 \text{ ton/hari}$ .

Berdasarkan *Vilbrant, fig. 6.35, hal. 235*, didapatkan :

$M = 10,4 (P)^{0,25}$  untuk *average conditions*

$M = 10,4 \times (38,5)^{0,25}$

$M = 126$  (orang jam/hari. tahapan proses)

Karena jumlah proses keseluruhan terbagi dalam 4 tahap, maka :

Karyawan proses =  $126 \text{ orang jam/hari.tahapan} \times 4 \text{ tahap} = 504 \text{ orang.jam/hari}$

Karena setiap karyawan shift bekerja selama 8 jam / hari, maka :

Karyawan proses =  $\frac{504 \text{ orang.jam /shift}}{8 \text{ jam/hari}} = 63 \text{ orang /shift.hari}$

Karena terdapat 4 regu shift, maka karyawan proses yang bekerja per hari adalah :

Karyawan proses =  $63 \text{ (orang /shift.hari)} \times 3 \text{ shift} = 187 \text{ orang/hari}$ .

Jadi jumlah karyawan total yang diperlukan pada pabrik Etil asetat adalah 295 orang. Perincian kebutuhan tenaga kerja dapat dilihat pada tabel 10.2.

Tabel 10.2. Jabatan dan Tingkat Pendidikan Tenaga Kerja.

No.	Jabatan (Tugas)	SMU	D3	S1	S2/S3
1.	Dewan komisaris				3
2.	Direktur Utama			1	
3.	Manager Produksi dan Teknik			1	
4.	Manager Administrasi dan Keuangan			1	
5.	Sekretaris			3	
6.	Kepala LITBANG (R&D)			1	
7.	Karyawan LITBANG (R&D)			2	
8.	Kepala Bagian QC			1	
9.	Kepala Bagian Produksi			1	
10.	Kepala Bagian Teknik			1	
11.	Kepala Bagian Keuangan dan Administrasi			1	
12.	Kepala Bagian Umum dan SDM			1	
13.	Kepala Divisi Produksi			1	
14.	Karyawan Divisi Proses		167	20	



15.	Kepala Divisi Gudang			1	
16.	Karyawan Divisi Gudang	5	5		
17.	Kepala Divisi Utilitas			1	
18.	Karyawan Divisi Utilitas	6	4		
19.	Kepala Divisi Bengkel & Pemeliharaan			1	
20.	Karyawan Divisi Bengkel & Pemeliharaan		5		
21.	Kepala Divisi QC dan Laboratorium			1	
22.	Karyawan Divisi QC dan Laboratorium		10		
23.	Kepala Divisi Penjualan dan Pembelian			1	
24.	Karyawan Divisi Penjualan dan Pembelian		5	2	
25.	Kepala Divisi Administrasi			1	
26.	Karyawan Divisi Administrasi		2		
27.	Kepala Divisi Akuntansi			1	
28.	Karyawan Divisi Akuntansi		2		
29.	Kepala Divisi Humas dan Personalia			1	
30.	Karyawan Divisi Humas dan Personalia		4		
31.	Kepala Divisi Transportasi		1		
32.	Karyawan Transportasi	5			
33.	Kepala Divisi Keamanan dan Keselamatan	1			
34.	Karyawan Keamanan	8			
35.	Kepala Divisi Kebersihan dan Logistik	1			
36.	Karyawan Kebersihan dan Logistik	10			
37.	Karyawan Perpustakaan	2			
38.	Dokter			1	
39.	Karyawan Kesehatan		3		
<b>JUMLAH</b>		<b>38</b>	<b>208</b>	<b>46</b>	<b>3</b>
<b>TOTAL TENAGA KERJA</b>		<b>295</b>			

#### 10.9. Status Karyawan dan Sistem Pengupahan (Gaji)

Pabrik etil asetat ini mempunyai sistem pembagian gaji yang berbeda-beda kepada karyawan. Hal ini berdasarkan pada kriteria sebagai berikut :

1. Tingkat pendidikan
2. Pengalaman kerja
3. Tanggung jawab dan kedudukan.
4. Keahlian

### 5. Pengabdian pada perusahaan (lamanya bekerja).

Berdasarkan kriteria di atas, karyawan akan menerima gaji sesuai dengan status kepegawaiannya. Status kepegawaiannya dibagi menjadi 3 bagian, yaitu :

#### 1. Karyawan reguler

Karyawan reguler adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) dan mendapat gaji bulanan berdasarkan kedudukan, keahlian dan masa kerjanya. Upah bulanan diberikan kepada karyawan tetap yang besarnya berbeda-beda untuk setiap karyawan dan diberikan pada setiap akhir bulan.

#### 2. Karyawan borongan

Karyawan borongan adalah pekerja yang dipergunakan oleh pabrik bila diperlukan saja, misalnya bongkar muat barang dan lain-lain. Pekerja ini menerima upah borongan untuk pekerjaan tersebut. Upah mingguan diberikan kepada karyawan harian tetap yang besarnya berbeda-beda untuk setiap karyawan dan diberikan setiap akhir pekan.

#### 3. Karyawan harian

Karyawan harian adalah pekerja yang diangkat dan diberhentikan oleh manajer pabrik berdasarkan nota persetujuan manajer pabrik atas pengajuan kepala yang membawahinya dan menerima upah harian yang dibayarkan setiap akhir pekan. Upah borongan diberikan kepada karyawan harian lepas atau karyawan borongan yang besarnya tidak tetap, tergantung pada macam pekerjaan yang dilakukan dan diberikan setelah pekerjaan itu selesai.

Tabel 10.3. Daftar Upah (Gaji) Karyawan

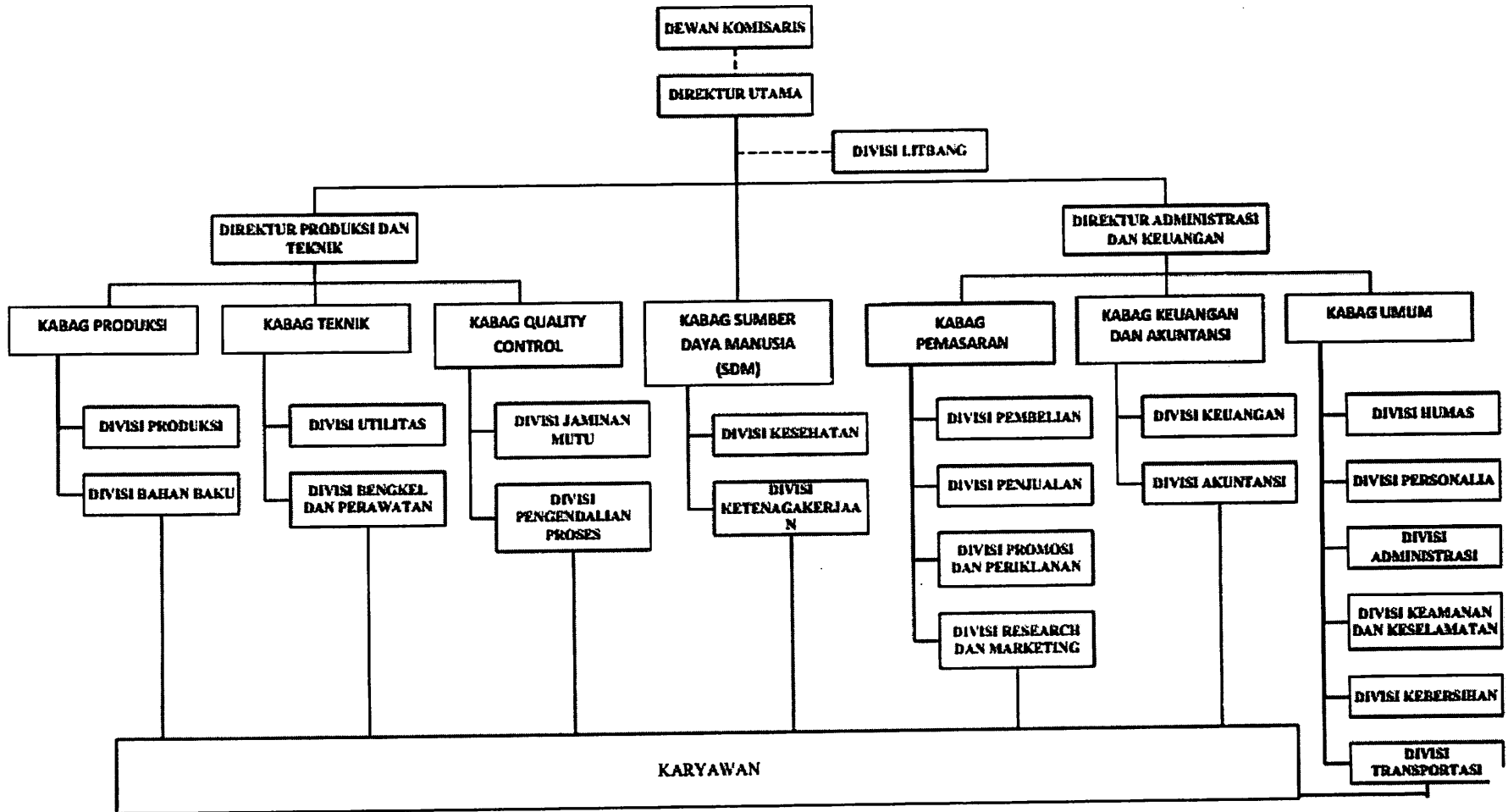
No.	Jabatan (Tugas)	Jumlah	Gaji/bulan (Rp)	Total (Rp)
1	Dewan Komisaris	3	25.000.000	75.000.000
2	Direktur utama	1	15.000.000	15.000.000
3	Direktur Teknik dan Produksi	1	10.000.000	10.000.000
4	Direktur Administrasi dan Keuangan	1	10.000.000	10.000.000
5	Sekretaris	3	3.500.000	10.500.000
6	Kepala LITBANG (R&D)	1	4.000.000	4.000.000
7	Karyawan LITBANG (R&D)	2	3.000.000	3.000.000
8	Kepala Bagian Produksi	1	5.000.000	5.000.000
9	Kepala Bagian Teknik	1	5.000.000	5.000.000
10	Kepala Bagian Keuangan dan	1	5.000.000	5.000.000

	Administrasi			
11	Kepala Bagian Umum dan SDM	1	5.000.000	5.000.000
12	Kepala Bagian QC dan laboratorium	1	7.000.000	7.000.000
13	Kepala Divisi Proses	1	5.000.000	5.000.000
14	Karyawan proses	187	2.700.000	504.900.000
15	Kepala Divisi Gudang	1	4.000.000	4.000.000
16	Karyawan Divisi Gudang	10	2.700.000	27.000.000
17	Kepala Divisi Utilitas	1	4.500.000	4.500.000
18	Karyawan Divisi Utilitas	6	3.000.000	18.000.000
		4	3.000.000	12.000.000
19	Kepala Divisi Bengkel & Perawatan	1	3.500.000	3.500.000
20	Karyawan Divisi Bengkel & Perawatan	5	2.700.000	13.500.000
21	Kepala Divisi QC. dan Laboratorium	1	5.500.000	5.500.000
22	Karyawan Divisi QC. dan Laboratorium	10	3.500.000	35.000.000
23	Kepala Divisi Penjualan dan Pembelian	1	5.500.000	5.500.000
24	Karyawan Divisi Penjualan dan Pembelian	7	3.000.000	21.000.000
25	Kepala Divisi Administrasi	1	3.500.000	3.500.000
26	Karyawan Divisi Administrasi	2	2.800.000	5.600.000
27	Kepala Divisi Akuntansi	1	3.500.000	3.500.000
28	Karyawan Divisi Akuntansi	2	2.700.000	5.400.000
29	Kepala Divisi Humas dan Personalia	1	3.500.000	3.500.000
30	Karyawan Divisi Humas dan Personalia	4	2.700.000	10.800.000
31	Kepala Divisi Transportasi	1	3.500.000	3.500.000
32	Karyawan Divisi Transportasi	5	2.700.000	13.500.000
33	Kepala Divisi Keamanan dan Keselamatan	1	3.500.000	3.500.000
34	Karyawan Keamanan dan Keselamatan	8	2.700.000	21.600.000
35	Kepala Divisi Kebersihan dan Logistik	1	3.000.000	3.000.000
36	Karyawan Kebersihan dan Logistik	10	2.700.000	27.000.000
37	Karyawan Perpustakaan	2	2.700.000	5.400.000
38	Dokter	1	6.500.000	6.500.000
39	Karyawan Kesehatan	3	3.500.000	10.500.000
<b>JUMLAH</b>				<b>993.000.000</b>

Kenaikan gaji dapat dilaksanakan dapat ditinjau dari :

- kapasitas produksi yang dihasilkan tiap tahunnya
- penjualan produk etil asetat
- kinerja dari setiap karyawan
- kenaikan jabatan
- prestasi karyawan perusahaan

Kenaikan gaji diperkirakan 15% dari total gaji pokok karyawan pada setiap divisi.



Gambar 10.1 Struktur Organisasi Pabrik Etil Asetat

## **BAB XI**

### **ANALISA EKONOMI**

Analisa ekonomi merupakan suatu cara untuk mengetahui apakah pabrik tersebut layak didirikan atau tidak. Oleh karena itu di dalam pra rencana Pabrik Etil Asetat ini dibuat evaluasi untuk mengetahui berapa investasi yang diperlukan untuk mendirikan pabrik Etil Asetat tersebut. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan untung rugi dalam mendirikan Pabrik Etil Asetat adalah sebagai berikut :

1. *Return of Investment (ROI)*
2. *Pay Out Time (POT)*
3. *Break Even Point (BEP)*
4. *Internal Rate of Return (IRR)*

Untuk menghitung faktor-faktor diatas perlu diadakan penafsiran beberapa hal menyangkut administrasi perusahaan dan jalannya proses, yaitu :

1. Penaksiran modal investasi total (*Total Capital Investment*) terdiri atas :
  - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
  - b. Modal kerja (*Work Capital Investment*)
2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*), terdiri atas :
  - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
  - b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)
3. Penaksiran harga alat

#### **11.1. Faktor - Faktor Penentu**

##### **11.1.1. Penaksiran Modal Investasi Total (TCI)**

Yaitu modal atau biaya yang dibutuhkan untuk mendirikan suatu pabrik mulai dari awal sampai pabrik selesai dibangun dan siap beroperasi.

##### **1. Modal Tetap (FCI)**

Yaitu modal yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik, FCI dibagi menjadi :

###### **a. Direct Cost**

Yaitu modal yang dikeluarkan untuk pembelian atau pengadaan peralatan proses produksi, meliputi :

- Harga peralatan
- Instrumentasi dan alat kontrol

- Isolasi
- Perpipaan
- Peralatan listrik
- Angkutan kapal laut
- Asuransi
- Biaya angkut ke plant
- Pemasangan alat
- Bangunan
- Service Facilities
- Tanah

**b. Indirect cost**

Yaitu biaya atau modal yang dikeluarkan untuk konstruksi pabrik dan bagian-bagian pabrik yang tidak berhubungan langsung dengan pengadaan peralatan proses produksi, meliputi :

- Engineering dan supervisi
- Konstruksi

**2. Modal Kerja (WCI)**

Yaitu semua biaya yang dikeluarkan untuk mengoperasikan pabrik, dimana biaya yang dikeluarkan dipengaruhi oleh besarnya kapasitas pabrik, meliputi :

- Penyediaan bahan baku dalam waktu tertentu
- Pengemasan produk
- Biaya yang harus ada setiap bulannya (uang tunai) untuk membiayai pengeluaran rutin seperti gaji, pembelian bahan baku dan lain-lain
- Pajak yang harus dibayar
- Perhitungan penerimaan dan pengeluaran
- Utilitas.

Sehingga :  $TCI = FCI + WCI$

**11.1.2. Penentuan Biaya Produksi**

Adalah biaya yang dikeluarkan tiap satu-satuan produksi. Biaya produksi terdiri dari :

**a. Biaya Pembuatan**

Yaitu semua biaya untuk proses yang meliputi :

- Biaya produksi langsung (DPC)
- Biaya produksi tetap (FPC)
- Biaya overhead pabrik (POC).

**b. Biaya Pengeluaran Umum**

Yaitu biaya yang tidak berhubungan dengan proses, meliputi :

- Biaya administrasi
- Biaya distribusi dan pemasaran
- Litbang.

Berdasarkan sifatnya, biaya produksi dibagi menjadi :

▪ **Biaya tetap**

Yaitu biaya yang dikeluarkan secara tetap dan tidak tergantung pada kapasitas pabrik. Yang termasuk biaya tetap antara lain :

- Bunga Bank
- Asuransi
- Depresiasi
- Pajak, dll

▪ **Biaya semi variabel (SVC)**

Yaitu biaya yang bervariasi tetapi tidak berbanding lurus dengan kapasitas pabrik, antara lain :

- Biaya utilitas
- Biaya bahan baku
- Gaji karyawan
- Supervisor
- Pemeliharaan dan perbaikan

**11.1.3. Penaksiran Harga Alat**

Harga suatu alat setiap saat dapat berubah sesuai dengan perubahan kondisi ekonomi. Karena perubahan kondisi ini maka terdapat beberapa cara untuk mengkonversi harga suatu alat yang sama beberapa tahun yang lalu, sehingga diperoleh harga yang ekuivalen dengan harga sekarang.

Harga alat pada pabrik Etil Asetat ini didasarkan pada data harga alat yang diperoleh dari (Ulrich, 1984),



**Penentuan Total Capital Investment (TCI)**

**a. Biaya Langsung (DC)**

1. Harga peralatan		(E)	= Rp.	13.332.700.434
2. Instrument dan alat control	30%	E	= Rp.	3.999.810.130
3. Isolasi	8%	E	= Rp.	1.066.616.035
4. Perpipaan terpasang	80%	E	= Rp.	10.666.160.347
5. Listrik terpasang	20%	E	= Rp.	2.666.540.087
6. Harga FOB (jumlah 1-5)		(F)	= Rp.	31.371.827.032
7. Ongkos angkutan kapal laut	15%	F	= Rp.	4.759.774.055
8. Harga C dan F (jumlah 6-7)		(G)	= Rp.	36.491.601.087
9. Biaya asuransi	1,0%	G	= Rp.	364.916.011
10. Harga CIF (jumlah 8-9)		(H)	= Rp.	36.856.517.098
11. Biaya angkut barang ke plant	20%	H	= Rp.	7.371.303.420
12. Pemasangan alat	40%	E	= Rp.	5.333.080.173
13. Bangunan pabrik	70%	E	= Rp.	9.332.890.304
14. Service facilities	45%	E	= Rp.	5.999.715.195
15. Tanah	5%	E	= Rp.	666.635.022
16. Biaya langsung (DC) (jumlah 10-15)			= Rp.	65.560.141.211

**b. Biaya Tak Langsung (IC)**

17. Engineering dan Supervisi	14%	DC	= Rp.	9.178.419.770
18. Ongkos Pemborong	20%	DC	= Rp.	13.112.028.242
19. Biaya tak terduga	15%		= Rp.	0,15 FCI
<b>Total Modal Tak Langsung (IC)</b>			= Rp.	<b>22.290.448.012</b>

**c. Fixed Capital Investment (FCI)**

$$\begin{aligned}
 \text{FCI} &= \text{DC} + \text{IC} \\
 &= \text{Rp. } 65.560.141.211 + \text{Rp. } 22.290.448.012 + 0,15 \text{ FCI} \\
 &= \text{Rp. } 125.500.841.748
 \end{aligned}$$

**d. Working Capital Investment (WCI)**

$$\begin{aligned}
 \text{WCI} &= 10\% \times \text{TCI} \\
 &= 10\% \times \text{Rp. } 139.445.379.719 \\
 &= \text{Rp. } 13.944.537.972
 \end{aligned}$$

e. Total Capital Investment (TCI)

$$\text{TCI} = \text{FCI} + \text{WCI}$$

$$= \text{Rp. } 125.500.841.748 + \text{Rp. } 13.944.537.972$$

$$= \text{Rp. } 139.445.379.719$$

f. Modal Perusahaan

$$\text{Modal sendiri (MS)} \cdot 70\% \text{ TCI} = \text{Rp. } 97.611.765.804$$

$$\text{Modal pinjaman (MP)} 30\% \text{ TCI} = \text{Rp. } 41.833.613.916$$

**Penentuan Total Capital Investment (TPC)**

a. Biaya Produksi Langsung (DPC)

- Bahan baku	= Rp.	30.152.762.039
- Tenaga kerja (TK)	= Rp.	11.336.400.000
- Pengawasan langsung (13% TK)	= Rp.	1.473.732.000
- Utilitas	= Rp.	542.018.976.665
- Pemeliharaan & perbaikan (PP) (5% FCI)	= Rp.	6.275.042.087
- Operating supplies (13% PP)	= Rp.	815.755.471
- Laboratorium (13% PP)	= Rp.	1.473.732.000
- Patent dan royalti (1% TPC)	= Rp.	0,01 TPC
- Biaya Produksi Langsung	= Rp.	593.546.400.263
		+ 0,01 TPC

b. Biaya Tetap (FC)

- Depresiasi alat (10% FCI)	= Rp.	12.550.084.175
- Depresiasi bangunan (2% FCI)	= Rp.	2.510.016.835
- Pajak kekayaan (2% FCI)	= Rp.	2.510.016.835
- Asuransi (1% FCI)	= Rp.	753.005.050
- Bunga bank (10% MP)	= Rp.	4.183.361.392
Biaya Tetap (Fixed Cost/FC)	= Rp.	22.506.484.287

c. Biaya Overhead Pabrik

$$\text{Biaya Overhead} = 60\% \text{ TK} + \text{PP} = \text{Rp. } 11.451.104.452$$

d. Biaya pengeluaran umum (GE)

- Administrasi (6% PP)	= Rp.	1.145.110.445
- Distribusi dan pemasaran (1% TPC)	= Rp.	0,01 TPC
- Litbang (5% TPC)	= Rp.	0,05 TPC

XI-6

$$\begin{aligned} \text{Biaya Pengeluaran Umum (GE)} &= \text{Rp. } 1.145.110.445 \\ &+ 0,06 \text{ TPC} \end{aligned}$$

e. Biaya produksi total (TPC)

$$\begin{aligned} \text{TPC} &= \text{DPC} + \text{FC} + \text{Biaya Overhead} + \text{GE} \\ &= \text{Rp. } 628.649.099.447 + 0,06 \text{ TPC} \end{aligned}$$

$$\text{TPC} = \text{Rp. } 668.775.637.710$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, DPC} &= \text{Rp. } 593.546.400.263 + 0,01 \text{ TPC} \\ &= \text{Rp. } 600.234.156.640 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{GE} &= \text{Rp. } 1.145.110.445 + 0,08 \text{ TPC} \\ &= \text{Rp. } 54.647.161.462 \end{aligned}$$

### 11.2. Analisa Profitabilitas

Sesuai dengan Undang-Undang Republik Indonesia Tentang Pajak Penghasilan Nomor 36 tahun 2008 dengan ketentuan perpajakan :

- 5% untuk laba sampai Rp. 50.000.000
- 25% untuk laba sampai Rp. 250.000.000
- 30% untuk laba sampai > Rp. 500.000.000
- a. Bunga kredit = 10,00 % per tahun
- b. Pengembalian pinjaman dalam waktu 10 tahun
- c. Umur pabrik 10 tahun
- d. Kapasitas produksi

$$\text{Tahun I} = 60 \% \text{ dari produksi total}$$

$$\text{Tahun II} = 80 \% \text{ dari produksi total}$$

$$\text{Tahun III} = 100 \% \text{ dari produksi total}$$

#### 1. Laba Perusahaan

$$\text{Total penjualan per tahun} = \text{Rp. } 702.834.233.561 \text{ (kapasitas } 100 \% \text{)}$$

$$\begin{aligned} \text{Laba kotor} &= \text{Harga jual} - \text{Biaya produksi} \\ &= \text{Rp. } 702.834.233.561 - \text{Rp. } 668.775.637.710 \\ &= \text{Rp. } 34.058.595.851 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pajak penghasilan} &= 30\% \times \text{Laba kotor} \\ &= 30\% \times \text{Rp. } 34.058.595.851 \\ &= \text{Rp. } 10.217.578.755 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Laba bersih} &= \text{Laba kotor} - \text{Pajak penghasilan} \\ &= \text{Rp. } 34.058.595.851 - \text{Rp. } 10.217.578.755 \\ &= \text{Rp. } 23.841.017.096 \end{aligned}$$

Nilai penerimaan Cash Flow sebelum pajak (C<sub>Abt</sub>)

$$\begin{aligned} C_{Abt} &= \text{Laba kotor} + \text{Depresiasi alat} \\ &= \text{Rp. } 34.058.595.851 + \text{Rp. } 12.550.084.175 \\ &= \text{Rp. } 46.608.680.026 \end{aligned}$$

Nilai penerimaan Cash Flow setelah pajak (C<sub>Aat</sub>)

$$\begin{aligned} C_{Aat} &= \text{Laba bersih} + \text{Depresiasi alat} \\ &= \text{Rp. } 23.841.017.096 + \text{Rp. } 12.550.084.175 \\ &= \text{Rp. } 36.391.101.271 \end{aligned}$$

## 2. Laju Pengembalian Modal (ROI)

ROI adalah pernyataan umum yang digunakan untuk menunjukkan laba tahunan sebagai usaha untuk mengembalikan modal.

### a. ROI sebelum pajak

$$\begin{aligned} ROI_{BT} &= \frac{\text{Laba kotor}}{\text{Modal Tetap}} \times 100\% \\ &= 27\% \text{ (App. E)} \end{aligned}$$

### b. ROI setelah pajak

$$\begin{aligned} ROI_{AT} &= \frac{\text{Laba bersih}}{\text{Modal Tetap}} \times 100\% \\ &= 19\% \text{ (App. E)} \end{aligned}$$

## 3. Lama Pengembalian Modal (POT)

POT adalah masa tahunan pengembalian modal investasi dari laba yang dihitung, dikurangi penyusutan/waktu yang diperlukan untuk pengembalian modal investasi.

$$\begin{aligned} POT &= \frac{\text{Modal Tetap}}{\text{Cash flow setelah pajak}} \times 1 \text{ tahun} \\ &= 2,69 \text{ tahun (App. E)} \end{aligned}$$

## 4. Break Even Point (BEP)

BEP adalah titik dimana jika kapasitas pabrik berada pada titik tersebut maka pabrik tidak untung dan tidak rugi atau harga penjualan sama dengan biaya produksi.

$$BEP = \frac{FC + 0,3SVC}{S - (0,7SVC - VC)} \times 100\%$$

Dimana :

FC = Rp. 22.506.484.287

VC = Rp. 572.171.738.704

SVC = Rp. 94.160.683.850

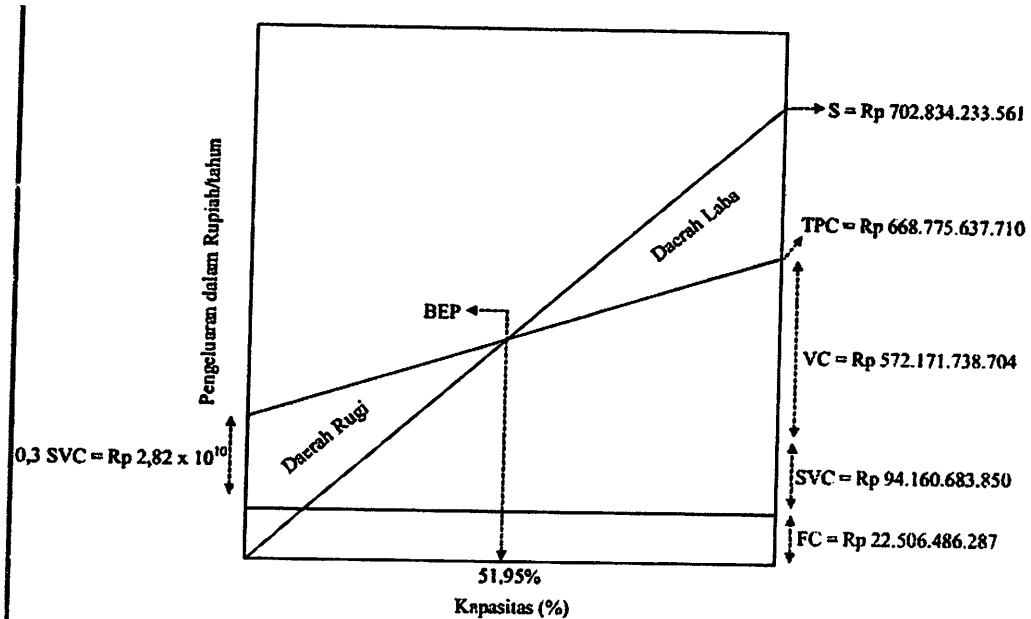
S = Rp. 702.834.233.561

Maka, didapatkan :

BEP = 51,95 % (App. E)

Titik BEP terjadi pada kapasitas = 51,95 % × 30.000 ton/tahun  
 = 15.584 ton/tahun

Nilai BEP untuk Pabrik Etil Asetat adalah 30% - 60%, sehingga nilai BEP diatas memadai.



Gambar 11.1. Break Even Point

Untuk produksi tahun I kapasitas pabrik 60% dari kapasitas sesungguhnya, sehingga keuntungannya adalah :

$$\frac{PB_i}{PB} = \frac{(100 - BEP) - (100 - \% \text{kapasitas})}{(100 - BEP)}$$

Dimana :  $PB_i$  = keuntungan pada % kapasitas yang tercapai (dibawah 100%)

$PB$  = keuntungan pada kapasitas 100%

$\%Kap$  = % kapasitas yang tercapai

Maka, dari App. E diperoleh nilai,

$PB_i$  = Rp. 19.301.335

Sehingga cash flow setelah pajak untuk tahun I adalah :

$$\begin{aligned} C_A &= \text{Laba bersih tahun pertama} + \text{depresiasi alat} \\ &= \text{Rp. } 19.301.335 + \text{Rp. } 12.550.084.175 \\ &= \text{Rp. } 12.569.385.510 \end{aligned}$$

Untuk produksi tahun II kapasitas pabrik 80% dari kapasitas sesungguhnya, sehingga keuntungannya adalah :

$$\frac{PB_i}{PB} = \frac{(100 - BEP) - (100 - \% \text{kapasitas})}{(100 - BEP)}$$

Dimana :  $PB_i$  = keuntungan pada % kapasitas yang tercapai (dibawah 100%)  
 $PB$  = keuntungan pada kapasitas 100%  
 $\%Kap$  = % kapasitas yang tercapai

Maka, dari App. E diperoleh nilai,

$$PB_i = \text{Rp. } 67.232.353$$

Sehingga cash flow setelah pajak untuk tahun I adalah :

$$\begin{aligned} C_A &= \text{laba bersih tahun kedua} + \text{depresiasi alat} \\ &= \text{Rp. } 67.232.353 + \text{Rp. } 12.550.084.175 \\ &= \text{Rp. } 12.617.316.528 \end{aligned}$$

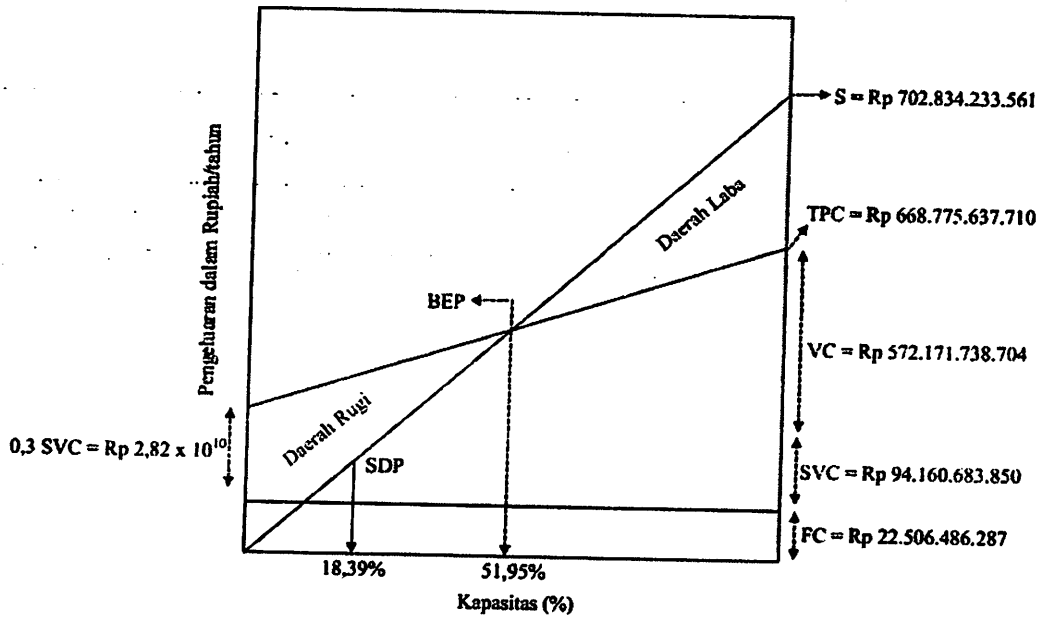
### 5. Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point (SDP) adalah suatu titik yang merupakan kapasitas minimal pabrik yang masih boleh beroperasi.

$$\begin{aligned} SDP &= \frac{0,3SVC}{S - 0,7SVC - VC} \times 100\% \\ &= 18,39 \% \text{ (App. E)} \end{aligned}$$

Titik shut down point terjadi pada kapasitas penjualan

$$\begin{aligned} &= 18,39 \% \times \text{Rp. } 702.834.233.561 \\ &= \text{Rp. } 129.238.512.044 \end{aligned}$$



Gambar 11.2. Kapasitas pada Keadaan Shut Down Rate

### 6. Net Present Value (NPV)

Metode ini digunakan untuk menghitung selisih dari nilai penerimaan kas bersih dengan nilai investasi sekarang.

Langkah – langkah menghitung NPV :

a. Menghitung  $C_{A0}$  (tahun ke-0) untuk masa konstruksi 2 tahun

$$\begin{aligned} C_{A-2} &= 40\% \times FCI \times (1+i)^2 \\ &= \text{Rp. } 60.742.407.406 \text{ (App. E)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{A-1} &= 60\% \times FCI \times (1+i)^1 \\ &= 82.830.555.553 \text{ (App. E)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{A-0} &= -(C_{A-1} - C_{A-2}) \\ &= - \text{Rp. } 143.572.962.959 \end{aligned}$$

b. Menghitung NPV tiap tahun

$$NPV = C_A \times F_d$$

Dimana :  $F_d$  = faktor diskon =  $1/(1+i)^n$        $C_A$  = cash flow setelah pajak

$n$  = tahun ke-n       $i$  = tingkat bunga

Tabel 11.1 Cash flow untuk NPV selama 10 tahun

Tahun ke -	Cash Flow (C <sub>A</sub> ) (Rp)	Fd i = 10 %	NPV (Rp)
0	-143.572.962.959	1	-143.572.962.959
1	12.569.385.510	0,9091	11.426.714.100
2	12.617.316.528	0,8264	10.427.534.320
3	36.391.101.271	0,7513	27.341.173.006
4	36.391.101.271	0,6830	24.855.611.823
5	36.391.101.271	0,6209	22.596.010.749
6	36.391.101.271	0,5645	20.541.827.953
7	36.391.101.271	0,5132	18.674.389.048
8	36.391.101.271	0,4665	16.976.717.317
9	36.391.101.271	0,4241	15.433.379.379
10	36.391.101.271	0,3855	14.030.344.890
WCI			13.944.537.972
Total			52.675.277.598

Karena harga NPV = (+) maka pabrik Etil Asetat layak untuk didirikan

7. IRR (Internal Rate of Return)

Tabel 11.2 Cash flow untuk IRR

Tahun ke -	Cash Flow (C <sub>A</sub> ) (Rp)	NPV <sub>1</sub> (Rp) i = 0,02	NPV <sub>2</sub> (Rp) i = 0,05
0	-143.572.962.959	-143.572.962.959	-143.572.962.959
1	12.569.385.510	10.219.012.610	10.136.601.218
2	12.617.316.528	8.339.821.884	8.205.851.020
3	36.391.101.271	19.555.992.594	19.086.669.039
4	36.391.101.271	15.899.180.971	15.392.475.032
5	36.391.101.271	12.926.163.391	12.413.286.316
6	36.391.101.271	10.509.075.928	10.010.714.771
7	36.391.101.271	8.543.964.169	8.073.157.073
8	36.391.101.271	6.946.312.332	6.510.610.543
9	36.391.101.271	5.647.408.400	5.250.492.373
10	36.391.101.271	4.591.388.943	4.234.268.043
WCI		13.944.537.972	13.944.537.972
Total		26.450.103.766	30.314.299.559



XI-12

$$\text{IRR} = i_1 + \frac{\text{NPV}_1}{\text{NPV}_1 - \text{NPV}_2} \times (i_2 - i_1)$$

$$= 12,73 \%$$

Karena IRR lebih besar dari bunga bank (10,00 %) maka Pabrik Etil Asetat ini layak untuk didirikan.







## **BAB XII**

### **KESIMPULAN**

Dari hasil perhitungan Pra rencana Pabrik Etil Asetat dapat diambil kesimpulan bahwa rencana pendirian ini adalah cukup menguntungkan dengan memperhitungkan beberapa aspek:

#### 1. Dari Segi Proses

Proses seterifikasi lebih menguntungkan karena dilakukan dalam kondisi suhu dan tekanan yang normal sehingga dilihat dari segi keamanan akan terjamin dan dari segi perancangan alat menjadi lebih mudah.

#### 2. Dari Segi Sosial

Pendirian pabrik ini dinilai menguntungkan, karena:

- Menciptakan lapangan kerja.
- Memberi kesempatan kepada penduduk untuk memperoleh tambahan penghasilan.

#### 3. Dari Segi Lokasi

- Sarana penunjang untuk memperoleh bahan baku sangat memadai yaitu dekat dengan pelabuhan dan jalan raya..
- Sarana penunjang utilitas sangat memadai.

4. Ikut menunjang program pemerintah dalam usaha mewujudkan rencana jangka panjang pemerintah yaitu menjadikan negara Indonesia sebagai negara industri baru yang didukung oleh sektor kelautan yang kuat.

#### 5. Dari Segi Perhitungan Ekonomi

Setelah dilakukan analisa ekonomi terhadap pra rencana pabrik Etil Asetat fase liquid, dinilai cukup menguntungkan dengan berdasarkan data-data sebagai berikut:

- |                                   |              |
|-----------------------------------|--------------|
| - $ROI_{BT}$                      | = 27 %       |
| - $ROI_{AT}$                      | = 19 %       |
| - Pay Out Time ( POT )            | = 2 ,69tahun |
| - Break Event Point (BEP )        | = 51,95 %    |
| - Internal Rate of Return ( IRR ) | = 12,73 %    |

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Indonesia. 2015. *Data: Ekspor-Impor Menurut Komoditi 2011-2015*, diakses tanggal 24 Desember 2015.
- Brownell E. Lloyd, "*Process Equipment Design*", Jhon Willey and Sons Inc, New Delhi, India 1959.
- Coulson and Richardson, 1994. "*Chemical Engineering*", 4<sup>th</sup> edition, Pergamon Press, Oxford.
- Faith Keyes and Clark's. 1958. *Industrial Chemicals* 4<sup>th</sup> edition. New York: A Willey Interscience Publication.
- Geankoplis, Christie , "*Transport Process dan Unit Operation*", 3<sup>rd</sup> Edition, Prentice Hall Inc, New Delhi, India 1997
- Hesse, H.C. and Rushton, J.H., "*Process Equipment Design*", D. Van Nostrand Co. New Jersey, 1981.
- Himmelblau, D.M. 1989. *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering*, 5<sup>th</sup> edition, Prentice-Hall International:Singapore
- Kern D.Q, "*Process Heat Transfer*", 2<sup>nd</sup> Edition, McGraw-Hill Inc, Singapore, 1988.
- Kirk R.F and Othmer D.F, "*Encyclopedia Of Chemical Technology*", Volume 4, John Willey and Sons Inc, New York, 1954.
- Kirk R.F and Othmer D.F, "*Encyclopedia Of Chemical Technology*", Volume 14, John Willey and Sons Inc, New York, 1954.
- Kusnarjo, "*Desain Alat Pemindah Panas*", Surabaya, 2010
- Kusnarjo, "*Ekonomi Teknik*", Surabaya, 2010
- Kusnarjo, "*Utilitas Pabrik Kimia*", Surabaya, 2012
- Levenspiel. Octave, "*Chemical Reaction Engineering*" 3<sup>th</sup> edition, John Willey and Sons Inc, New York, 1954.
- Perry, Robert H, "*Perry's Chemical Engineering Handbook*", 7<sup>th</sup> Edition, McGraw Hill Company, New York, USA, 1997.
- Perry, Robert H, "*Perry's Chemical Engineering Handbook*", 8<sup>th</sup> Edition, McGraw Hill Company, New York, USA, 2008.
- Peter S. and Timmerhause, "*Plant Design and Economic to Chemical Engineering*", 4<sup>th</sup> Edition, McGraw Hill, Singapore, 1991.

- Petrus, Kismantoro., *Susunan Dalam Satu Naskah Undang-Undang Pajak Penghasilan*”,  
Kementerian Keuangan Republik Indonesia Direktorat Jenderal Pajak, 2013.
- Smith, J.M, and Van Ness H.C, “*Introduction to Chemical Engineering  
Thermodynamics*”, 2<sup>nd</sup> Edition, McGraw Hill Book Company, New York, 1959.
- Ullmann’s, “*Encyclopedia Of Industrial Chemistry*, 7<sup>th</sup> edition, Wiley-VCH Verlag  
GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2005
- Ulrich D. Gael, “*A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economic*”,  
John Willey and Sons Inc, New York, USA, 1984.
- Yaws, Carl L. “*Handbook Thermodynamic Diagrams*”, Organic Componen Vol. 2, Gulf  
Publishing Company, Houston. Texas, 1996
- Yaws, Carl L. “*Handbook Thermodynamic Diagrams*”, Inorganic Componen Vol. 4,  
Gulf Publishing Company, Houston. Texas, 1996