

MILIK  
PERPUSTAKAAN  
ITN MALANG

**PRA RENCANA PABRIK**

**DIMETIL ETER DARI METANOL DENGAN  
PROSES DEHIDRASI METANOL  
KAPASITAS PRODUKSI 200.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA  
KOLOM DESTILASI**

**SKRIPSI**

**Disusun Oleh :**

**LEILA YULIANA 1314906**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2015**

THE REPUBLIC OF INDONESIA

MINISTRY OF EDUCATION AND CULTURE  
NATIONAL EDUCATION CENTER  
JANUARY 1965

REPUBLICAN UNIVERSITY  
KOLONGKALAU

1965

1965

1965

REPUBLICAN UNIVERSITY  
KOLONGKALAU  
1965

# LEMBAR PERSETUJUAN

## PRA RENCANA PABRIK

### DIMETIL ETER DARI METANOL DENGAN PROSES DEHIDRASI METANOL KAPASITAS PRODUKSI 200.000 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 :**

**LEILA YULIANA 1314906**

Malang, 23 Agustus 2015

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia



Jimmy, ST, MT  
NIP Y 1039900330

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Tri Poespowati', written over a faint circular stamp.

Prof. Dr. Ir. Tri Poespowati, MT  
NIP 195808021991032001

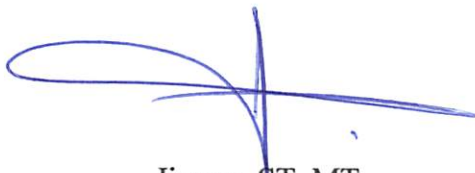
**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : LEILA YULIANA  
NIM : 1314906  
Jurusan/Program Studi : TEKNIK KIMIA  
JudulSkripsi : PRA RENCANA PABRIK DIMETIL ETER DARI  
METANOL DENGAN PROSES DEHIDRASI METANOL  
KAPASITAS 200.000 TON/TAHUN

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

Hari : Sabtu  
Tanggal : 15 Agustus 2015  
Nilai : B+

Ketua,



Jimmy, ST, MT  
NIP Y 1039900330

Sekretaris,



Elvianto Dwi Daryono, ST, MT  
NIP P 1030000351

Anggota Penguji,

Penguji Pertama,



M. Istnaeny Hudha, ST, MT  
NIP Y 1030400400

Penguji Kedua,



Fadliyah Nilna Minah, ST, MT  
NIP P 1030400392

## **PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Sayayang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : LEILA YULIANA  
NIM : 1314906  
Jurusan/Program Studi : Teknik Kimia / Teknik Kimia (S-1)

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul :

**PRA RENCANA PABRIK**  
**DIMETIL ETER DARI METANOL DENGAN**  
**PROSES DEHIDRASI METANOL**  
**KAPASITAS PRODUKSI 200.000 TON/TAHUN**  
**PERANCANGAN ALAT UTAMA**  
**KOLOM DESTILASI**

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, Agustus 2015

Yang membuat pernyataan,



*Leila Yuliana*  
LEILA YULIANA  
NIM. 1314906

## **KATA PENGANTAR**

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pra Rencana Pabrik Dimetil Eter dari Metanol dengan Proses Dehidrasi Metanol Kapasitas Produksi 200.000 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. AnangSubardi, MT, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang
3. Bapak Jimmy, ST, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Nasional Malang
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Tri Poespowati, 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, Agustus 2015

**Penyusun**

## INTISARI

Pra Rencana Pabrik Dimetil Eter dari Metanol dengan Proses Dehidrasi Metanol ini mengambil lokasi pendirian di Bontang, Kalimantan Timur, dengan kriteria sebagai berikut:

- Kapasitas produksi : 200.000 ton/tahun
- Waktu operasi : 330 hari
- Bahan utama : Metanol
- Bahan pembantu : Katalis Gamma Alumina
- Utilitas : Air, steam, listrik dan bahan bakar
- Organisasi Perusahaan
  - ✓ Bentuk : Perseroan Terbatas
  - ✓ Struktur : Garis dan staff
  - ✓ Karyawan : 211 orang
- Analisa ekonomi
  - ✓ TCI : Rp. 159.168.271.977
  - ✓ ROI<sub>AT</sub> : 23 %
  - ✓ POT : 3 tahun
  - ✓ BEP : 58,15%
  - ✓ IRR : 23,5%

Dari hasil evaluasi ekonomi, Pra Rencana Pabrik Dimetil Eter dari Metanol dengan Proses Dehidrasi Metanol layak untuk didirikan.

## **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-3
Tabel 1.2.	Data Presentase Kebutuhan Dimetil Eter di Indonesia .....	I-4
Tabel 2.1.	Seleksi Proses Pembuatan Dimetil Eter .....	II-3
Tabel 7.1.	Instrumentasi Pra Rencana Pabrik Dimetil Eter .....	VII-3
Tabel 7.2.	Alat Keselamatan Kerja Pabrik Dimetil Eter.....	VII-7
Tabel 9.1.	Perincian Luasan Tanah dan Bangunan Pabrik Dimetil eter .....	IX-3
Tabel 9.2.	Tata Letak Alat Pabrik Dimetil Eter .....	IX-5
Tabel 10.1.	Jadwal Kerja Karyawan Shift .....	X-9
Tabel 10.2.	Perincian Kebutuhan Tenaga Kerja Pabrik Dimetil Eter.....	X-12
Tabel 10.3.	Perincian Gaji Karyawan .....	X-13
Tabel 11.1.	Cash Flow untuk NPV Selama 10 Tahun .....	XI-13
Tabel 11.2.	Cash Flow untuk IRR.....	XI-13

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Peta Lokasi Pabrik Dimetil Eter.....	I-6
Gambar 2.1.	Diagram Alir Pembuatan Dimetil Eter Proses Dehidrasi.....	II-2
Gambar 2.2.	Diagram Alir Pembuatan Dimetil Eter Proses Direct .....	II-3
Gambar 9.1.	Tata Letak Pabrik Dimetil Eter .....	IX-2
Gambar 9.2.	Tata Leta Alat Pabrik Dimetil Eter .....	IX-8
Gambar 10.1.	Struktur Organisasi Pra Rencana Pabrik Dimetil Eter .....	X-2
Gambar 11.1.	Grafik Break Even Point .....	XI-10
Gambar 11.2.	Grafik BEP pada Keadaan Shut Down Rate.....	XI-12

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dewasa ini, ketergantungan Indonesia terhadap bahan bakar gas sangat besar. Salah satu bahan bakar Gas yang sering digunakan di Indonesia adalah Liquefied Petroleum Gas (LPG). Permintaan LPG di Indonesia semakin hari semakin meningkat guna mendukung program pemerintah tentang konversi minyak tanah (kerosene) ke LPG (ESDM, 2012).

Oleh karena permintaan LPG yang semakin meningkat, maka ketersediaan LPG di Indonesia juga akan semakin terbatas sehingga Indonesia harus mengimport LPG. Disamping bahan bakar di atas ada bahan bakar alternatif lain yaitu Dimethyl Ether (DME) yang dapat diperbaharui serta kegunaannya sebagai mesin diesel serta untuk kompor gas sebagai bahan bakar rumah tangga.

DME memiliki mono struktur kimia yang sederhana ( $\text{CH}_3\text{-O-CH}_3$ ) berbentuk gas pada suhu lingkungan dan dapat dicairkan seperti halnya Liquefied Petroleum Gas (LPG), sehingga infrastruktur untuk LPG dapat digunakan juga untuk DME.

Dimetil Eter (DME) adalah senyawa eter yang paling sederhana dengan rumus kimia  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ . Dikenal juga sebagai methyl ether atau wood ether. DME merupakan gas tak berwarna yang telah banyak digunakan dalam pemakaian sistem pendinginan. Jika DME dioksidasi yang terjadi adalah dekomposisi menjadi bentuk metanol dan formaldehid. DME termasuk bahan kimia tidak beracun, senyawa yang tidak mengandung unsur Sulfur (S) dan Nitrogen (N), sehingga memungkinkan emisi  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$ , particulate matter, dan jelaga yang jauh lebih rendah dari solar. DME tidak bersifat korosif terhadap metal (Mayers, 1982).

Pada September 2013, Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) mengeluarkan peraturan mengenai penyediaan, pemanfaatan dan tata niaga dimetil eter sebagai bahan bakar. Dimetil Eter merupakan energi yang dihasilkan dari berbagai sumber energi yang perlu dikembangkan dan dimanfaatkan sebagai bahan bakar. (ESDM, 2012)

Berdasarkan alasan tersebut maka di Indonesia perlu mengembangkan industri bahan bakar gas salah satunya dimetil eter (DME).

## 1.2 Sifat Bahan baku dan Produk

### 1.2.1 Bahan baku utama

#### a. Metanol

Sifat – Sifat Fisik

Rumus molekul	: CH <sub>3</sub> OH
Bentuk	: cair tak berwarna
Berat molekul, (g/mol)	: 32
Titik didih, °C	: 64,7
Titik beku, °C	: -97
Temperatur kritis, K	: 514,58
Tekanan kritis, bar	: 80,97
Densitas, g/cm <sup>3</sup>	: 0,79
Viskositas, cP	: 0,541
ΔH <sub>f</sub> pada 25 <sub>o</sub> C, 1 atm, (kJ/mol)	: -201,17
ΔG <sub>f</sub> pada 25 <sub>o</sub> C, 1 atm, (kJ/mol)	: -162,151

(Perry,1999)

### 1.2.2 Bahan pembantu

Katalisator

Jenis	: γ Alumina (zeolit)
Bentuk	: Granul
Luas permukaan	: 70-100 m <sup>2</sup> /gram
Density	: 3,659 /cm <sup>3</sup>
Titik Leleh	: 2045°C
Titik didih	: 2980°C

(www.advancedmaterial.us)

### 1.2.3 Produk utama

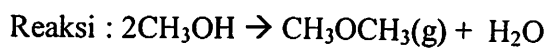
Rumus molekul	: CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
Berat molekul	: 46,07 g/mol
Titik didih pada 0,1 MPa	: -24,8°C
Titik lebur	: -141 °C
Kemurnian	: 99,99 %
Suhu kritis	: 127,1 °C

Tekanan kritis	: 52,84 bar
Kerapatan kritis	: 269,9 kg / m <sup>3</sup>
Viskositas	: 9,1.10 <sup>-3</sup> cp
Densitas pada 20 °C	: 668,3 kg / m <sup>3</sup>
pada 50 °C	: 615,0 kg / m <sup>3</sup>
Panas pembakaran (gas)	: 31,75 MJ / kg
Panas pembentukan	: -183 kJ / mol
Sifat kimia:	
-	Non korosif
-	Tidak membentuk senyawa peroksida

(Ullmann, 2003)

### 1.3 Analisa Pasar

Analisa EP (Economic Potential) Pra Rencana Pabrik Dimetil Eter dari Metanol



Tabel. 1.1 Tabel Analisa Pasar

No	Reaktan	Berat molekul	Harga (USD/MT)
1	CH <sub>3</sub> OH	32,042	350
2	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	46,07	1500

$$\begin{aligned} \text{EP} &= \text{Produk} - \text{Reaktan} \\ &= [1 \times 46,07 \times 1500] - [2 \times 32,042 \times 350] \\ &= \$ 46,676 / \text{ton CH}_3\text{OCH}_3 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka dapat disimpulkan pendirian pabrik dimetil eter menguntungkan dan akan didirikan pada tahun 2019.

#### 1.4 Menentukan Kapasitas

Dalam mendirikan pabrik diperlukan suatu kapasitas produksi agar produk yang dihasilkan sesuai dengan permintaan.

Tabel 1.2. Data Presentase Kebutuhan Dimetil Eter di Indonesia:

Tahun	Impor (ton)	% Kenaikan
2009	449,345	
2010	3754,722	735,60%
2011	1138,255	-69,68%
2012	2791,404	145,24%
2013	876,987	-68,58%

Sumber: Badan Pusat Statistik

Dari data-data impor dimetil eter didapat persen kenaikan rata-rata sebesar 185,64%. Maka dapat diprediksi kapasitas pendirian dimetil eter pada tahun 2019 dengan rumus:

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

Dimana :

M = Perkiraan impor pada tahun 2019

P = Nilai impor tahun 2013

i = Rata-rata kenaikan impor tiap tahun

n = Selisih tahun

$$\begin{aligned} M &= 876,987 (1 + 1,8564)^5 \\ &= 166.758 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Diketahui :

Peluang impor dimetil eter pada tahun 2019 sebesar 166.758ton/tahun.

Ekspor pada tahun 2019 sebesar 40% dari peluang impor, sehingga dapat dikatakan sebagai kebutuhan dimetil eter.

$$\begin{aligned} \text{Ekspor} &= 40\% \times \text{peluang impor} \\ &= 40\% \times 166.758 \text{ ton/tahun} \\ &= 66.703 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas} &= \text{impor} + \text{ekspor} \\ &= 166.758 + 66.703 \end{aligned}$$



= 233.461 ton/tahun

Dari hasil perhitungan, kapasitas pabrik dimetil eter yang akan didirikan pada tahun 2019 sebesar 200.000 ton/tahun.

## 1.5 Lokasi Pabrik

Lokasi suatu pabrik memberikan pengaruh yang besar terhadap kelangsungan suatu industri. Oleh karena itu, penentuan letak atau lokasi pabrik harus didasarkan atas pertimbangan baik secara teknis maupun ekonomis, antara lain meliputi: biaya produksi, distribusi bahan baku dan produk, serta tidak mengabaikan kelestarian lingkungan hidup. Beberapa pertimbangan untuk menentukan letak lokasi pendirian pabrik dimetil eter, sebagai berikut :

### 1.5.1 Faktor utama

#### a. Penyediaan Bahan Baku

Dalam penyediaan bahan baku perlu diperhatikan beberapa faktor, yaitu :

- Lokasi pengambilan bahan baku
- Transportasi pengangkutan bahan baku

Untuk menekan biaya penyediaan bahan baku metanol, maka pabrik dimetil eter didirikan di dekat penghasil utama bahan baku (metanol), yaitu dari PT.Kaltim Metanol Industri (Bontang).

#### b. Pemasaran Produk

Daerah Bontang adalah daerah industri kimia yang besar dan terus berkembang dengan pesat, hal ini menjadikan Bontang sebagai tempat pemasaran yang baik bagi dimetil eter.

#### c. Transportasi

Sarana transportasi darat dan laut sudah tidak menjadi masalah, karena di Bontang fasilitas jalan raya dan pelabuhan laut sudah memadai.

#### d. Utilitas

Pengadaan air diambil dari sungai Bontang. Bahan bakar dan listrik dapat dengan mudah terpenuhi karena Bontang merupakan kawasan industri.

#### e. Tenaga Kerja

Kebutuhan tenaga kerja dapat terpenuhi dari daerah sekitar lokasi pabrik ataupun didatangkan dari pulau Jawa.

### 1.5.2 Faktor Penunjang Lain

Bontang merupakan daerah kawasan industri yang telah ditetapkan oleh pemerintah, sehingga faktor-faktor seperti iklim, karakter tempat atau lingkungan, kebijaksanaan pemerintah, sarana komunikasi bukanlah merupakan suatu kendala karena semua telah dipertimbangkan pada penempatan kawasan tersebut sebagai kawasan industri. Dengan pertimbangan di atas maka dapat disimpulkan bahwa kawasan Bontang layak untuk dijadikan lokasi pabrik dimetil eter di Indonesia.

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tersebut di atas, maka pabrik dimetil eter akan didirikan di Jalan Pipa Kusnodo. Belimbing, Bontang Barat, Kalimantan Timur.



1.5.3 Peta Lokasi Perusahaan



Gambar 1.1 Peta Lokasi Pendirian Pabrik Dimetil Eter

## BAB II SELEKSI DAN URAIAN PROSES

### 2.1 Macam-macam Proses

Dimetil Eter dapat diperoleh melalui dua cara, yaitu melalui proses langsung dan proses tidak langsung.

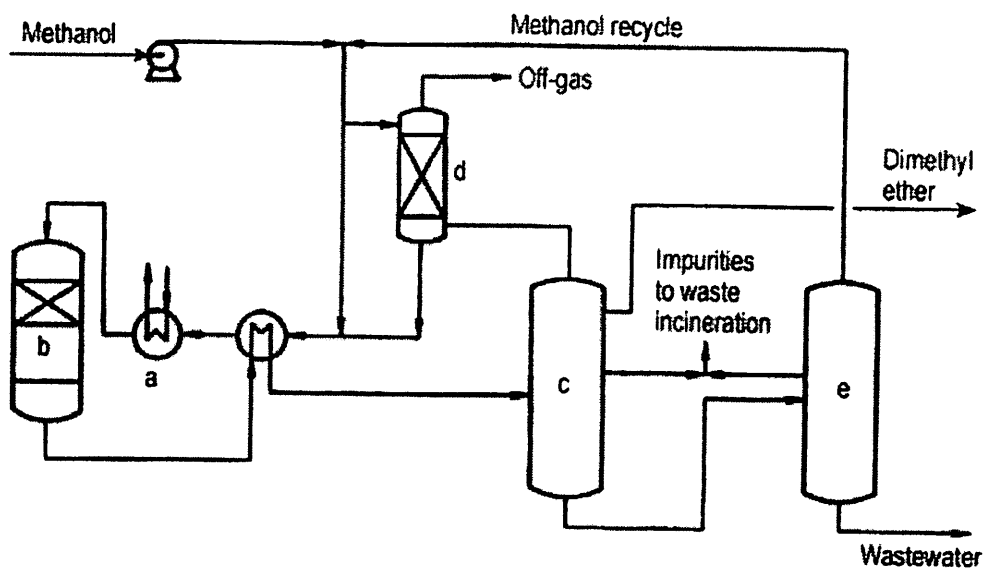
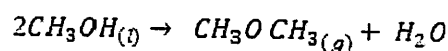
#### 2.1.1 Indirect proses (Dehidrasi methanol)

Bahan baku yang digunakan pada proses ini adalah metanol. Metanol didehidrasi dengan bantuan katalis zeolit membentuk dimetil eter.

Methanol diumpankan ke bed reactor (dikemas dengan katalis zeolit), melalui penukar panas untuk memperoleh suhu hingga 250°C dan tekanan dibentuk menjadi 16,8 atm. Karena produk reaksi eksotermis mencapai suhu sekitar 360°C. Saluran uap didinginkan dan diberi tekanan 10 atm. DME yang terbentuk dalam reaktor didestilasi dan fraksi yang tidak bereaksi metanol didaur ulang ke dalam reaktor.

(Sam, 2012)

Reaksi:



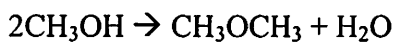
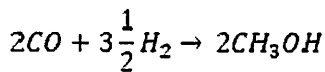
a) Vaporizer; b) Reaktor; c) Kolom dimethyl eter; d) Scruber; e) Kolom metanol

Gambar 1.4. Pembuatan Dimetil Eter dengan Proses Dehidrasi

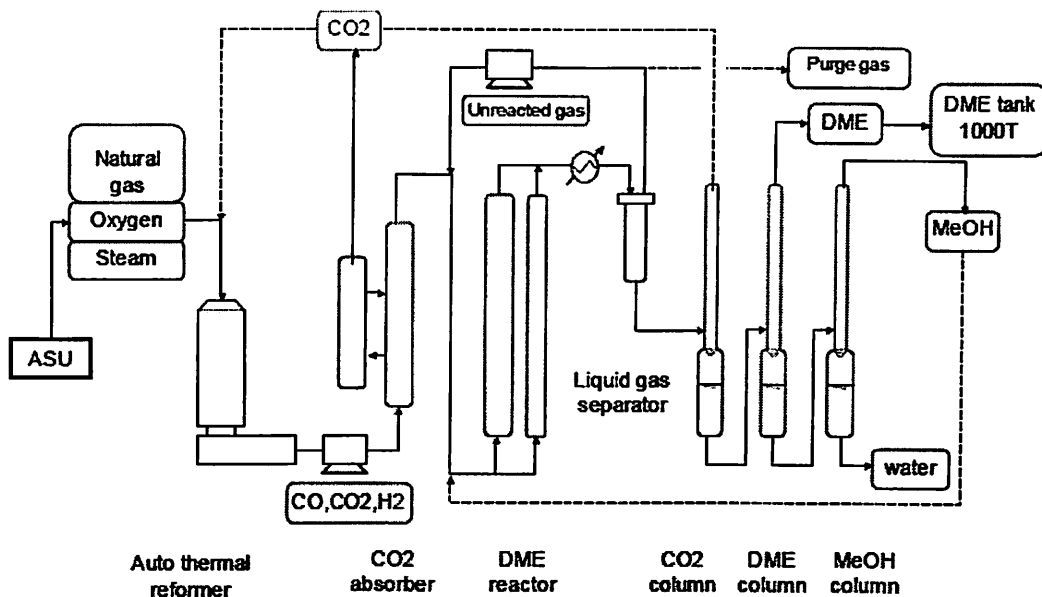
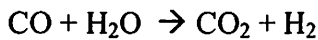
(Ullman, 2003)

### 2.1.2 Direct proses

Bahan baku yang digunakan adalah batubara, gas alam limbah plastik, gas metan hasil fermentasi kotoran hewan, dan lain-lain. H<sub>2</sub> dan CO ini digunakan untuk proses pembentukan metanol. Kemudian bahan diolah untuk memperoleh karbon monoksida dan hydrogen. Setelah itu, dipisahkan kedalam separator untuk memisahkan gas H<sub>2</sub> dan CO. Gas H<sub>2</sub> dialirkan menuju reaktor dengan kondisi reaksi suhu 300-340°C dan tekanan 1-2 MPa, dan didistilasi untuk memperoleh metanol dan dimetil eter. Reaksi pembentukan metanol dan dimetil eter terjadi dalam satu tahap. Reaksi pembentukan dimetil eter berlangsung secara eksotermis. Katalis yang digunakan adalah gamma Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Reaksinya sebagai berikut:



Reaksi samping:



Gambar 1.5 Pembuatan Dimetil Eter dengan Direct Proses

Selama reaksi sintesa dimetil eter suhu didalam reaktor terus meningkat sehingga harus dikendalikan dengan hati-hati agar tidak mengganggu aktivitas katalis.

(Ohno,dkk, 2005)

## 2.2 Pemilihan proses.

Untuk mendapatkan proses yang lebih baik perlu menyeleksi macam-macam proses yang kan digunakan untuk dimetil eter :

### 2.2.1 Seleksi Proses

Untuk mendapatkan proses yang lebih baik perlu menyeleksi macam – macam proses yang kan digunakan untuk dimetil eter :

Tabel 1.3 Perbandingan proses pembuatan dimetil eter :

Parameter		Indirect Process	Direct Process
1	Aspek teknis :		
	Bahan baku	Methanol	Batu bara, gas metan, dll.
	Kondisi operasi :		
	Temperatur (°C)	250 – 365	250-290
	Tekanan operasi (atm)	15-16	29,6-32
	Konversi reaksi (%)	90	70-80
2	Aspek ekonomi:		
	Investasi	Relatif sedang	Relatif tinggi
	Biaya operasi	Relatif sedang	Relatif tinggi

Dari kedua proses tersebut dipilih proses indirect karena:

1. Konversi reaksi pada indirect proses lebih besar
2. Tekanan operasi pada indirect proses lebih rendah
3. Harga peralatan pada indirect proses lebih murah dibandingkan dengan direct proses.

## 2.3 Uraian proses

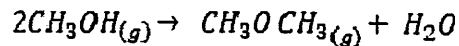
### 2.3.1 Tahap persiapan bahan baku

Metanol cair dengan kemurnian 99,8% yang berasal dari tangki penyimpanan (F-111) dialirkn menuju heater (E-112). Keluaran dari heater (E-112) berupa uap metanol dengan suhu 65°C.

### 2.3.2 Tahap reaksi

Uap metanol dengan suhu 65°C yang dikeluarkan dari heater (E-112) dinaikan tekanannya dengan menggunakan kompresor (G-113) menjadi 16,8 dan merubah suhu menjadi 300°C. Kemudian dialirkan menuju reaktor (R-110). Didalam reaktor fixed bed multitubular terjadi reaksi pembentukan dimetil eter dengan bantuan katalis  $\gamma$  alumina:

Reaksi:



Kondisi operasi reaktor adalah 16,8 atm dan suhu 300°C. Konversi reaksi yang terjadi adalah 90 %. Karena reaksi ini bersifat eksotermis maka untuk menjaga suhu reaksi tetap konstan digunakan pendingin dowtherm A. Gas kemudian didinginkan dan keluar sebagai gas hasil reaksi yang tersusun atas dimetil eter, metanol, dan air.

### 2.3.3 Tahap pemisahan

Uap dimetil eter yang terbentuk dari reaktor diturunkan tekanannya dengan menggunakan ekspander (N-121) menjadi 10 atm dan didinginkan di cooler (E-122). Penurunan suhu dan tekanan ini yaitu untuk memenuhi kondisi operasi sebelum memasuki kolom distilasi. Pada kolom distilasi (D-120) ini dimetil eter dipisahkan dari komponen lainnya. Produk atas distilasi I yang berupa uap pada suhu 60,3971°C akan dikondensasikan oleh kondensor (E-123) menjadi suhu 43,5586°C kemudian masuk ke akumulator (F-124). Liquida dari akumulator (F-124) dialirkan kembali ke kolom distilasi I sebagai refluks.

Sedangkan hasil bawah distilasi I pada suhu 159,82 °C dialirkan menuju kolom distilasi II (D-130). Pada kolom distilasi (D-130) ini dimetileter akan dipisahkan dari metanol dan air. Produk atas berupa uap dimetil eter pada suhu 57,665°C akan dikondensasikan di kondensor (E-131) menjadi suhu 43,3638°C kemudian dialirkan ke akumulator (F-132). Liquida dari akumulator yang terdiri dari dimetil eter dialirkan kembali ke kolom distilasi II untuk direfluks. Hasil dari destilat I dan II ditampung kedalam akumulator (F-140) untuk pencampuran. Setelah itu menuju cooler (E-141) untuk diturunkan suhunya menjadi 27°C.

### 2.3.4 Tahap penanganan produk

Dimetil eter produk disimpan dalam bentuk gas dalam tangki (F-142) dengan tekanan 1 atm dan pada suhu 27°C. Setelah itu dilakukan proses pengepakan dengan memasukkan kedalam truk tangki dan siap untuk dipasarkan.



## 2. Destilasi D-120

Fungsi : Untuk memisahkan dimetil eter dan metanol.

Keterangan :

M<sub>2</sub> : Aliran bahan masuk destilasi

M<sub>3</sub> : Aliran produk atas

M<sub>4</sub> : Aliran produk bawah

<b>Neraca Massa Destilasi (D-120)</b>			
<b>Masuk</b>		<b>Keluar</b>	
<b>M<sub>2</sub> dari R-110</b>		<b>M<sub>3</sub> menuju F-140</b>	
<b>Komponen</b>	<b>kg/jam</b>	<b>Komponen</b>	<b>kg/jam</b>
CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	22499,8525	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	21785,8942
CH <sub>3</sub> OH	3477,5986	CH <sub>3</sub> OH	453,5412
H <sub>2</sub> O	9149,8079	H <sub>2</sub> O	6,6520
Jumlah	<b>35127,2590</b>	Jumlah	22246,0874
		<b>M<sub>4</sub> menuju D-130</b>	
		<b>Komponen</b>	<b>kg/jam</b>
		CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	713,9589
		CH <sub>3</sub> OH	3024,0558
		H <sub>2</sub> O	9143,1569
		Jumlah	12881,1716
<b>Total</b>	<b>35127,2590</b>	<b>Total</b>	<b>35127,2590</b>

## 3. Kolom Destilasi D-130

Fungsi : Untuk memisahkan dimetil eter dan metanol

Keterangan :

$M_4$  : Aliran masuk destilasi II

$M_5$  : Aliran produk atas

$M_6$  : Aliran produk bawah

<b>Neraca Massa Kolom Distilasi (D-130)</b>			
Masuk		Keluar	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
$M_4$		$M_5$	
CH <sub>3</sub> OH	3024,056	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	427,8578
CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	713,959	CH <sub>3</sub> OH	7,4342
H <sub>2</sub> O	9143,157	H <sub>2</sub> O	0,0425
Jumlah	12881,172	Jumlah	435,3345
		$M_6$	
		CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	286,0933
		CH <sub>3</sub> OH	3016,6276
		H <sub>2</sub> O	9143,1162
		Jumlah	12445,8371
<b>Total</b>	<b>12881,1716</b>	<b>Total</b>	<b>12881,1716</b>



## 4. Akumulator F-140

Fungsi : Untuk menampung destilat I dan destilat II

Keterangan :

M<sub>3</sub>: Aliran keluaran destilat I

M<sub>5</sub>: Aliran keluaran destilat II

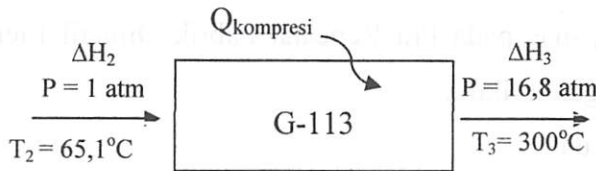
M<sub>7</sub>: Aliran keluar akumulator

<b>Neraca Massa Akumulator (F-140)</b>			
<b>Masuk</b>		<b>Keluar</b>	
<b>Komponen</b>	<b>kg/jam</b>	<b>Komponen</b>	<b>kg/jam</b>
<b>M<sub>3</sub> dari D-120</b>		<b>M<sub>7</sub> menuju F-142</b>	
CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	21785,8942	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	22213,7521
CH <sub>3</sub> OH	453,5412	CH <sub>3</sub> OH	460,9754
H <sub>2</sub> O	6,6520	H <sub>2</sub> O	6,6944
<b>Jumlah</b>	<b>22246,0874</b>	<b>Jumlah</b>	<b>22681,4219</b>
<b>M<sub>5</sub> dari D-130</b>			
CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	427,8578		
CH <sub>3</sub> OH	7,4342		
H <sub>2</sub> O	0,0425		
<b>Jumlah</b>	<b>435,3345</b>		
<b>Total</b>	<b>22681,4219</b>	<b>Total</b>	<b>22681,4219</b>



## 2. Kompresor G-113

Fungsi : Untuk memnaikkan tekanan dari 1 atm menjadi 16,8



Keterangan :

$\Delta H_2$  : Panas bahan masuk kompresor

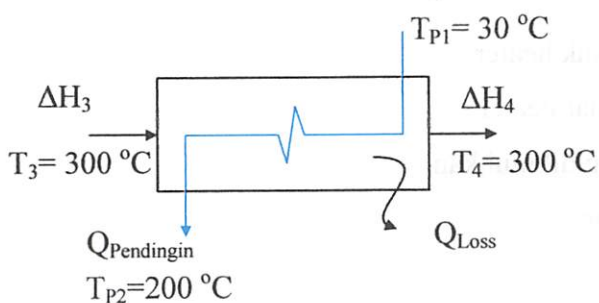
$\Delta H_3$  : Panas bahan keluar kompresor

$Q_{kompresi}$  : Energi yang dibutuhkan kompresor

Neraca Panas Kompresor (G-113)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi (kkal/jam)	Komponen	Energi (kkal/jam)
$\Delta H_2$	23578763050,362	$\Delta H_3$	24383709031,4201
$Q_{kompresi}$	804945981,058		
<b>Total</b>	<b>24383709031,4201</b>	<b>Total</b>	<b>24383709031,4201</b>

## 3. Reaktor R-110

Fungsi : Untuk mereaksikan metanol dengan bantuan katalis zeolit



Keterangan :

$\Delta H_3$  : Panas bahan masuk reaktor

$\Delta H_4$  : Panas bahan keluar reaktor

$\Delta H_{rxn}$  : Panas reaksi

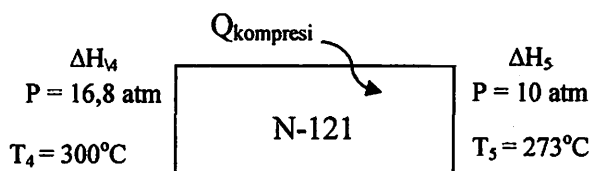
$Q_{pendingin}$  : Panas yang diserap pendingin

$Q_{loss}$  : Panas yang hilang

Neraca Panas Reaktor (R-110)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kkal/jam	Komponen	Energi kkal/jam
$\Delta H_3$	4208634118,18	$\Delta H_4$	1943337237,2244
$\Delta H_{rxn}$	2315035193,520	$Q_{loss}$	229016603,7238
		$Q_{pendingin}$	4351315470,7523
<b>Total</b>	<b>6523669311,7005</b>	<b>Total</b>	<b>6523669311,7005</b>

#### 4. Ekspander N-121

Fungsi : Menurunkan tekanan keluar reaktor menuju cooler



Keterangan :

$\Delta H_4$  : Panas bahan masuk ekspander

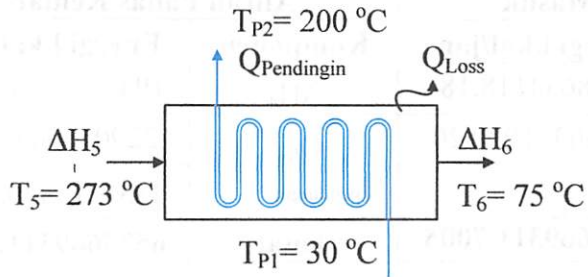
$\Delta H_5$  : Panas bahan keluar ekspander

$Q_{lepas}$  : Energi yang dikeluarkan ekspander

Neraca Panas Ekspander (N-121)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi (kkal/jam)	Komponen	Energi (kkal/jam)
$\Delta H_4$	9453020958,062	$\Delta H_5$	9473164746,4421
		Q lepas	-20143788,3803
<b>Total</b>	<b>9453020958,062</b>	<b>Total</b>	<b>9453020958,062</b>

### 5. Cooler E-122

Fungsi : Menurunkan suhu keluar ekspander menuju destilasi



Keterangan :

$\Delta H_5$  : Panas bahan masuk cooler

$\Delta H_6$  : Panas bahan keluar cooler

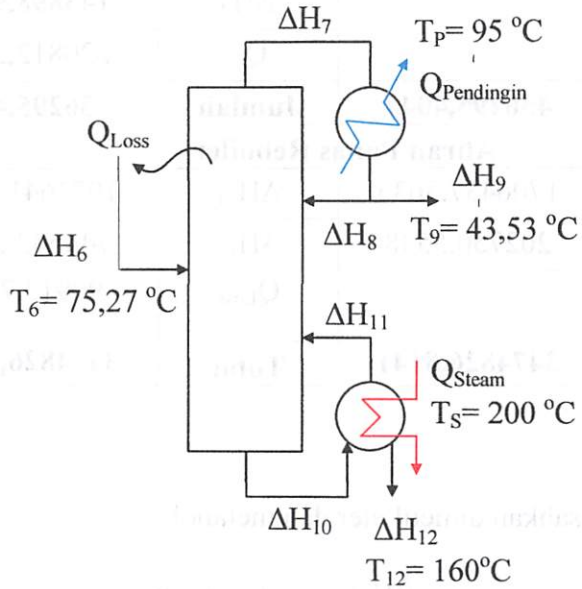
$Q_{\text{pendingin}}$  : Panas yang diserap air pendingin

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

Neraca Panas Cooler (E-122)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi (kkal/jam)	Komponen	Energi (kkal/jam)
$\Delta H_5$	3718589,96	$\Delta H_6$	665392,4885
		$Q_{\text{loss}}$	33269,6244
		$Q_{\text{pendingin}}$	3019927,843
<b>Total</b>	<b>3718589,96</b>	<b>Total</b>	<b>3718589,96</b>

## 6. Distilasi D-120

Fungsi : Untuk memisahkan dimetil eter dari metanol



Keterangan :

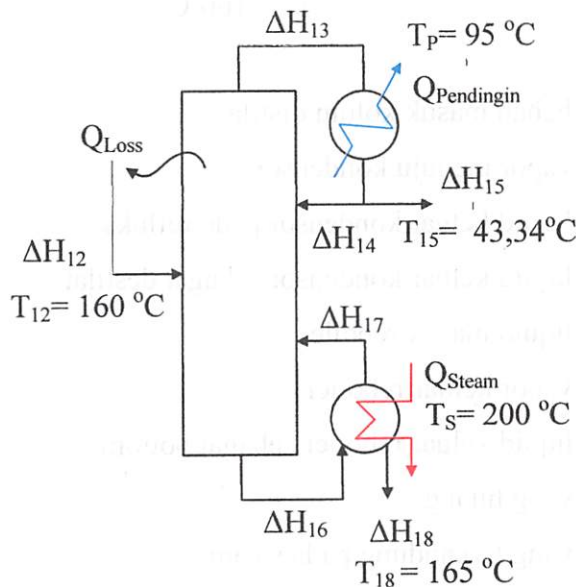
- $\Delta H_6$  : Panas bahan masuk kolom distilasi
- $\Delta H_7$  : Panas vapor menuju kondensor
- $\Delta H_8$  : Panas liquid keluar kondensor pada refluks
- $\Delta H_9$  : Panas liquid keluar kondensor sebagai destilat
- $\Delta H_{10}$  : Panas liquid masuk reboiler
- $\Delta H_{11}$  : Panas vapor keluar reboiler
- $\Delta H_{12}$  : Panas liquid keluar reboiler sebagai bottom
- $Q_{loss}$  : Panas yang hilang
- $Q_s$  : Panas yang terkandung pada steam
- $Q_{pendingin}$  : Panas yang diserap air pendingin

<b>Neraca Panas Kolom Destilasi (D-120)</b>			
<b>Aliran Panas Masuk</b>		<b>Aliran Panas Keluar</b>	
<b>Komponen</b>	<b>Energi kkal/jam</b>	<b>Komponen</b>	<b>Energi kkal/jam</b>
$\Delta H_6$	673243,4266	$\Delta H_9$	143898,9229
$Q_R$	436100,0655	$\Delta H_{12}$	744632,2817
		$Q_C$	220812,2875
<b>Jumlah</b>	<b>1109343,4921</b>	<b>Jumlah</b>	<b>1109343,4921</b>

Aliran Panas Kondensor			
$\Delta H_7$	456295,4047	$\Delta H_8$	91584,1943
		$\Delta H_9$	143898,9229
		$Q_C$	220812,2875
<b>Jumlah</b>	<b>456295,4047</b>	<b>Jumlah</b>	<b>456295,4047</b>
Aliran Panas Reboiler			
$\Delta H_{10}$	1706437,3635	$\Delta H_{11}$	1073641,9253
$Q_R$	202750,5538	$\Delta H_{12}$	744632,2817
		$Q_{Loss}$	90913,7103
<b>Total</b>	<b>3474826,8141</b>	<b>Total</b>	<b>3474826,8141</b>

## 7. Distilasi D-130

Fungsi : Untuk memisahkan dimetil eter dan metanol



Keterangan :

- $\Delta H_{12}$  : Panas bahan masuk kolom distilasi
- $\Delta H_{13}$  : Panas vapor menuju kondensor
- $\Delta H_{14}$  : Panas liquid keluar kondensor pada refluks
- $\Delta H_{15}$  : Panas liquid keluar kondensor sebagai destilat
- $\Delta H_{16}$  : Panas liquid masuk reboiler
- $\Delta H_{17}$  : Panas vapor keluar reboiler
- $\Delta H_{18}$  : Panas liquid keluar reboiler sebagai bottom
- $Q_{loss}$  : Panas yang hilang

$Q_s$  : Panas yang terkandung pada steam

$Q_{pendingin}$  : Panas yang diserap air pendingin

<b>Neraca Panas Kolom Destilasi (D-130)</b>			
<b>Aliran Panas Masuk</b>		<b>Aliran Panas Keluar</b>	
<b>Komponen</b>	<b>Energi kkal/jam</b>	<b>Komponen</b>	<b>Energi kkal/jam</b>
$\Delta H_{12}$	744777,6992	$\Delta H_{15}$	2786,9430
$Q_R$	16354,8537	$\Delta H_{18}$	754804,1817
		$Q_C$	3541,4282
<b>Jumlah</b>	<b>761132,5530</b>	<b>Jumlah</b>	<b>761132,5530</b>
<b>Aliran Panas Kondensor</b>			
$\Delta H_{13}$	9922,4836	$\Delta H_{14}$	3594,1124
		$\Delta H_{15}$	2786,9430
		$Q_C$	3541,4282
<b>Jumlah</b>	<b>9922,4836</b>	<b>Jumlah</b>	<b>9922,4836</b>
<b>Aliran Panas Reboiler</b>			
$\Delta H_{16}$	788633,8257	$\Delta H_{17}$	36260,8537
$Q_R$	41984,4615	$\Delta H_{18}$	754804,1817
		$Q_{Loss}$	39553,2518
<b>Total</b>	<b>1601673,3238</b>	<b>Total</b>	<b>1601673,3238</b>



**BAB V**  
**SPESIFIKASI ALAT**

**5.1 Ringkasan Spesifikasi Keseluruhan Peralatan**

No	Nama Alat	Kode	Jenis	Ukuran	Bahan konstruksi	Jumlah
1	Reaktor	R-110	Shell and tube	$D_i = 39,25 \text{ in}$ $D_o = 40 \text{ in}$ $t_s = 7/16 \text{ in}$ $t_{ha} = 5/8 \text{ in}$ $t_{hb} = 5/8 \text{ in}$ $h_a = 10,058 \text{ in}$ $h_b = 10,058 \text{ in}$ tinggi tangki = $25,6763 \text{ ft}$	Stainlles steel SA 240	1
2	Storage metanol	F-111	Silinder Tegak	- $d_i = 166 \text{ in}$ - $d_o = 168 \text{ in}$ - $t_s = \frac{3}{4}$ - $t_{ha} = 20/16$ - $h_a = 28 \text{ in}$ - Volume tangki= $46876,6937 \text{ ft}^2$ - Tinggi storage= $277,8885 \text{ in}$ - Tekanan design= $112,1513 \text{ in}$	Carbon Steel	1

3	Heater	E-112	Double pipe heat exchanger	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ID = 2,07 in</li> <li>- OD = 2,38 in</li> <li>- L = 12 ft</li> <li>- A = 1,4436 ft<sup>2</sup></li> <li>- Kapasitas = 77441,55 lb/jam</li> </ul>	Stainless steel SA 240 Grade M Type 316	1
4	Kompresor	G-113	Single stage	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kapasitas = 5,4265 ft<sup>3</sup>/s</li> <li>- Daya = 1HP</li> </ul>	Carbon Steel	1
5	Kolom destilasi	D-120	Silinder tegak	<ul style="list-style-type: none"> <li>- di = 65,250 in</li> <li>- do = 66 in</li> <li>- ts = 0,625 in</li> <li>- tha = 0,625 in</li> <li>- thb = 0,625 in</li> <li>- ha = 11,027 in</li> <li>- hb = 11,027 in</li> <li>- tinggi tangki = 144 in</li> </ul>	Stainless steel SA 240 Grade M Type 316	1
6	Ekspander	N-121	Radial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Daya = 1HP</li> </ul>	Carbon Steel	1
7	Cooler	E-122	Double pipe heat exchanger	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ID = 2,07 in</li> <li>- OD = 2,38 in</li> <li>- L = 12 ft</li> <li>- A = 1,4436 ft<sup>2</sup></li> <li>- Kapasitas =</li> </ul>	Stainless steel SA 240 Grade M Type 316	1

				77441,55 lb/jam		
8	Kondensor	E-123	Shell and tube	<p>Tube :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- OD = 1 in</li> <li>- Panjang = 12 ft</li> </ul> <p>Shell :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ID = 19 ¼in</li> <li>- B = 16 in</li> <li>- Kapasitas =</li> </ul> <p>77441,55 lb/jam</p>	Carbon Ceramics	1
9	Akumulator	F-124	Silinder vertical	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Di = 95,75 in</li> <li>- Do = 96 in</li> <li>- ts = 2/16 in</li> <li>- Tinggi tangki =</li> </ul> <p>319,6135 in</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Volume tangki =</li> </ul> <p>1036,0628 ft<sup>3</sup></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tekanan design = 1,69 psig</li> </ul>	Carbon Steel	1
10	Pompa	L-125	Centrifugal pump	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Di = 5,047 in</li> <li>- Do = 5,563 in</li> <li>- A = 0,139 ft<sup>2</sup></li> <li>- P = 7 Hp</li> <li>- Kapasitas =</li> </ul>	Carbon Stell	1

				2072,126 ft <sup>3</sup> /jam		
11	Reboiler	E-126	Double pipe heat exchanger	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ID = 2,07 in</li> <li>- OD = 2,38 in</li> <li>- L = 15 ft</li> <li>- A = 63,8033 ft<sup>2</sup></li> <li>- Kapasitas = 77441,55 lb/jam</li> </ul>	Carbon steel 240 SA grade M type 316	1
12	Kolom destilasi II	D-130	Silinder tegak	<ul style="list-style-type: none"> <li>- di = 25,625 in</li> <li>- do = 26 in</li> <li>- ts = 0,1875 in</li> <li>- tha = 0,3125 in</li> <li>- thb = 0,3125 in</li> <li>- ha = 4,331 in</li> <li>- hb = 4,331 in</li> <li>- tinggi tangki = 109,2 in</li> </ul>	Stainless steel SA 240 Grade M Type 316	1
13	Kondensor	E-131	Shell and tube	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tube :</li> <li>- OD = 1 in</li> <li>- Panjang = 12 ft</li> <li>Shell :</li> <li>- ID = 8 in</li> <li>- B = 16 in</li> <li>- Kapasitas = 28397,8 lb/jam</li> </ul>	Carbon Ceramics	1

14	Akumulator	F-132	Silinder vertical	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Di = 71,75 in</li> <li>- Do = 72 in</li> <li>- ts = 3/16 in</li> <li>- Tinggi tangki = 239,5015 in</li> <li>- Volume tangki = 379,9244 ft<sup>3</sup></li> <li>- Tekanan design = 1,447 psig</li> </ul>	Carbon Stell	1
15	Pompa	L-133	Centrifugal pump	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Di = 4,026 in</li> <li>- Do = 4,5 in</li> <li>- A = 0,0884 ft<sup>2</sup></li> <li>- P = 3 Hp</li> <li>- Kapasitas = 1242,083 ft<sup>3</sup>/jam</li> </ul>	Carbon Stell	1
16	Reboiler	E-134	Double pipe heat exchanger	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ID = 2,07 in</li> <li>- OD = 2,38 in</li> <li>- L = 12 ft</li> <li>- A = 63,8033 ft<sup>2</sup></li> <li>- Kapasitas = 28397,83 lb/jam</li> </ul>	Carbon steel 240 SA grade M type 316	1
17	Akumulator	F-140	Silinder vertical	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Di = 83,75 in</li> <li>- Do = 84 in</li> <li>- ts = 3/16 in</li> <li>- Tinggi tangki =</li> </ul>	Carbon Stell	1

				279,5575 in - Volume tangki = 668,9784 ft <sup>3</sup> - Tekanan design = 1,59 psig		
18	Cooler	E-141	Double pipe heat exchanger	- ID = 2,07 in - OD = 2,38 in - L = 12 ft - A = 57,5294 ft <sup>2</sup> - Kapasitas = 110237,6 lb/jam	Stainless steel SA 240 Grade M Type 316	1
19	Storage Dimetil Eter	F-142	Tangki berbentuk spherical	- Diameter tangki = 3800 in - ts = 4 3/8 in - Volume tangki = 16623389,31 ft <sup>2</sup> - Tekanan design = 33,3162 in	Stainless Steel SA 240 Grade M Type 316	1

## 5.2 Dasar Pertimbangan Pemilihan Alat dan Pemilihan Material

### Spesifikasi Alat :

#### 1. Storage Metanol (F-111)

- Fungsi = Untuk menyimpan metanol
- Tipe = Tangki bentuk silinder tegak dengan tutup atas berbentuk standar dish dan tutup bawah datar
- Bahan konstruksi = Carbon Steel SA-240 grade M tipe 316
- Allowable stress (f) = 18750
- Tipe pengelasan = Double welded but join, E = 0,8
- Faktor korosi (C) = 1/16



Waktu tinggal (q)	= 1 hari
Volume fluida	= 80% storage
Suhu operasi	= 27°C
Tekanan operasi	= 1 atm = 14,7 psia = 0 psig

## 2. Heater (F-112)

Fungsi	= Untuk memanaskan metanol untuk bahan masuk reaktor
Type	= Double Pipe Heat Exchanger
suhu bahan masuk ( $t_1$ )	= 27°C
suhu bahan keluar ( $t_2$ )	= 65,1°C
suhu steam masuk	= 200

## 3. Kompresor (G-113)

Fungsi	= Menaikan tekanan bahan masuk
Type	= Singlestage Reciprocating Compressor
Bahan	= Carbon Steel
Suhu awal ( $T_1$ )	= 65,1°C
Suhu akhir ( $T_2$ )	= 300°C
Tekanan awal ( $P_1$ )	= 1 atm
Tekanan akhir ( $P_2$ )	= 16,8 atm

## 4. Reaktor (R-110)

(Perancangan alat utama oleh Risca Praharani 1314903)

## 5. Ekspander (N-121)

Fungsi	= Menurunkan tekanan dari reaktor untuk masuk ke destilasi
Type	= Radial
Bahan	= Carbon Steel
Suhu awal ( $T_1$ )	= 300°C
Suhu akhir ( $T_2$ )	= 273°C
Tekanan awal ( $P_1$ )	= 16,8 atm
Tekanan akhir ( $P_2$ )	= 10 atm

## 6. Cooler (E-122)

Fungsi = Mendinginkan keluaran ekspander

Type = Double Pipe Heat Exchanger

Suhu bahan masuk ( $T_1$ ) = 273°C

Suhu bahan keluar ( $T_2$ ) = 75°C

Suhu air pendingin masuk ( $t_1$ ) = 30°C

Suhu air pendingin keluar ( $t_2$ ) = 200°C

### 7. Kolom Destilasi (D-120)

(Perancangan alat utama oleh Leila Yuliana 1314906)

### 8. Kondensor (E-123)

Fungsi = Mengembunkan uap produk atas yang keluar dari kolom destilasi li

Type = Shell and tube

suhu bahan masuk ( $T_1$ ) = 76°C

suhu bahan keluar ( $T_2$ ) = 159°C

suhu air pendingin masuk ( $t_1$ ) = 27°C

suhu air pendingin keluar ( $t_2$ ) = 95°C

### 9. Akumulator (F-124)

Fungsi = Untuk menampung liquid sebagai hasil kondensasi kolom destilasi

Tipe = Tangki berbentuk silinder horizontal dengan tutup samping berbentuk standar dish

Bahan Konstruksi =Stainless stell

Allowable Stess =18750

Tipe pengelasan =Double Welded Butt Join

Faktor pengelasan ( E ) =0,8

Faktor korosi ( C ) =1/16

Waktu tinggal (q) =1jam

Volume fliuda =80%

Tekanan operasi =10 atm

### 10. Pompa (L-125)

Fungsi = Untuk mengalirkan produk bawah dari destilasi 1 menuju reboiler



Type	= Pompa sentrifugal
Bahan konstruksi	= Carbon stell
Jumlah	= 1 buah
Daya	=7 Hp

### 11. Reboiler (E-126)

Fungsi	= Menguapkan dan memanaskan kembali bottom product dari kolom destilasi 1
Type	= Double Pipe Heat Exchanger
Bahan konstruksi	= Carbon steel 240 SA grade M type 316
Suhu bahan masuk ( $t_1$ )	= 75,27 °C
Suhu bahan keluar ( $t_2$ )	= 159,82 °C
Suhu steam masuk ( $T_1$ )	= 200°C
Suhu steam kondensat ( $T_2$ )	= 200°C

### 12. Kolom Destilasi (D-130)

Fungsi	= Untuk memisahkan produk berdasarkan titik didih
Type	= Tangki berbentuk silinder tegak dengan tutup atas dan tutup bawah bebertuk standar dish
Bahan Konstruksi	= SS SA 240 Grade M Type 316
Allowable Stess	= 18750
Type pengelasan	= Double Welded Butt Join
Faktor pengelasan ( E )	= 0,8
Faktor korosi ( C )	= 1/16
Waktu tinggal (q)	= 1 jam
Volume fliuda	= 80%
Tekanan operasi	= 10 atm
Suhu operasi	= 159°C

### 13. Kondensor (E-131)

Fungsi	= Mengembunkan uap produk atas yang keluar dari kolom destilasi II
Type	= Shell and tube
suhu bahan masuk ( $T_1$ )	= 159°C
suhu bahan keluar ( $T_2$ )	= 57°C

suhu air pendingin masuk ( $t_1$ ) = 28°C

suhu air pendingin keluar ( $t_2$ ) = 95°C

#### 14. Akumulator (F-132)

Fungsi	= Untuk menampung liquid sebagai hasil kondensasi kolom destilasi II
Tipe	= Tangki berbentuk silinder horizontal dengan tutup samping berbentuk standar dish
Bahan Konstruksi	=Stainless stell
Allowable Stess	=18750
Tipe pengelasan	=Double Welded Butt Join
Faktor pengelasan ( E )	=0,8
Faktor korosi ( C )	=1/16
Waktu tinggal (q)	=1jam
Volume fiuda	=80%
Tekanan operasi	=10 atm

#### 15. Pompa (L-133)

Fungsi	= Untuk mengalirkan produk bawah dari destilasi 1 menuju reboiler
Type	= Pompa sentrifugal
Bahan konstruksi	= Carbon stell
Jumlah	= 1 buah
Daya	=3 Hp

#### 16. Reboiler (E-134)

Fungsi	= Menguapkan dan memanaskan kembali bottom product dari kolom destilasi II
Tipe	= Double Pipe Heat Exchanger
Bahan konstruksi	= Carbon steel 240 SA grade M type 316
Suhu bahan masuk ( $t_1$ )	= 159°C
Suhu bahan keluar ( $t_2$ )	= 165 °C
Suhu steam masuk ( $T_1$ )	= 200°C
Suhu steam kondensat ( $T_2$ )	= 200°C

**17. Akumulator (F-140)**

Fungsi	= Untuk menampung liquid sebagai hasil kondensasi kolom destilasi I dan II
Tipe	= Tangki berbentuk silinder horizontal dengan tutup samping berbentuk standar dish
Bahan Konstruksi	=Stainless stell
Allowable Stess	=18750
Tipe pengelasan	=Double Welded Butt Join
Faktor pengelasan ( E )	=0,8
Faktor korosi ( C )	=1/16
Waktu tinggal (q)	=1jam
Volume fluida	=80%
Tekanan operasi	=10 atm

**18. Cooler (E-122)**

Fungsi	= Mendinginkan keluaran akumulator (F-140)
Type	= Double Pipe Heat Exchanger
Suhu bahan masuk ( $T_1$ )	= 44°C
Suhu bahan keluar ( $T_2$ )	= 27°C
Suhu air pendingin masuk ( $t_1$ )	= 28°C
Suhu air pendingin keluar ( $t_2$ )	= 95°C

**19. Storage Metanol (F-111)**

Fungsi	= Untuk menyimpan dimetil eter
Tipe	= Tangki bentuk spherical
Bahan konstruksi	= Stainless Steel SA 240 Grade M Type 316
Allowable stress (f)	= 18750
Tipe pengelasan	= Double welded but join, E = 0,8
Faktor korosi (C)	= 1/16
Waktu tinggal (q)	= 7 hari
Volume fluida	= 80% storage
Suhu operasi	= 27°C
Tekanan operasi	= 1 atm = 14,7 psia = 0 psig

## BAB VI PERANCANGAN ALAT UTAMA

- Nama Alat : Kolom Destilasi  
 Kode : D-120  
 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 : 10 atm
  - Feed masuk, q : 1
  - Suhu feed masuk : 75 °C
  - Kolom destilasi dilengkapi kondensor parsial dan reboiler parsial

### Direncanakan

- Bahan konstruksi : Stainless Steel SA 240 Grade M type 316  
 $f = 18750$  (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

Menghitung minimum stage kolom destilasi

$$\alpha_{LD} = 18,4554$$

$$\alpha_{LB} = 4,6862$$

$$\alpha_{L,av} = \sqrt{\alpha_{LD}\alpha_{LB}}$$

$$\alpha_{L,av} = 9,2997$$

$$N_m = \frac{\log \left[ \left( \frac{x_{LD}D}{x_{HD}D} \right) \left( \frac{x_{HB}B}{x_{LB}B} \right) \right]}{\log \alpha_{L,av}}$$

Pers.18.41 (Mc.Cabe)

$$N_m = 2,3835 \approx 3$$

Dari perry ed 6 hal 13-38, diambil:

$$N_{min} = 0,5 N$$

$$N = \frac{3}{0,5}$$

$$= 6 \text{ buah}$$

Efisiensi tray , asumsi  $E_o = 75\%$

$$E_o = \frac{\text{number of ideal trays}}{\text{number of actual trays}}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi tray actual} &= \text{ideal trays} : E_o \\ &= 6 : 75\% \\ &= 8 \end{aligned}$$

b. Menentukan letak umpan masuk

Dari App. A diperoleh:

$$X_{HF} = 0,4421$$

$$X_{LF} = 0,0982$$

$$X_{HD} = 0,9702$$

$$X_{LB} = 0,1529$$

$$D = 487,4209 \text{ kmol/jam}$$

$$B = 617,4064 \text{ kmol/jam}$$

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

$$\log \frac{N_e}{N_s} = 0,206 \log \left( \left( \frac{0,4421}{0,0982} \right) \cdot \frac{617,4064}{487,4209} \cdot \left( \frac{0,1529}{0,9702} \right)^2 \right)$$

$$\log \frac{N_e}{N_s} = 0,17494$$

$$\frac{N_e}{N_s} = 1,496$$

Sehingga,

$$N_e + N_s = 8,00$$

$$N_s = 3,21$$

$$N_e = 4,79$$

Jadi feed masuk pada plate ke 5 dari bawah

c. Menentukan distribusi beban massa pada kolom

Dari App B, diperoleh:

Enriching

$$V = 797,6390 \text{ kmol/jam}$$

$$L = 310,2181 \text{ kmol/jam}$$

Exhausting

$$V' = 797,6390 \text{ kmol/jam}$$

$$L' = 1415,041 \text{ kmol/jam}$$

- Dari App A, diperoleh:

Komponen	$X_F$	$X_D$	$X_B$	$Y_F$	$Y_D$	$Y_B$	BM
CH <sub>3</sub> OH	0,09824	0,02904	0,15286	0,01479	0,0012	0,26633	32,041946
CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	0,44206	0,9702	0,02511	0,96755	0,9988	0,23407	46,068995
H <sub>2</sub> O	0,45971	0,00076	0,82203	0,01769	0,00876	0,4996	18,015126
Total	1	1	1	1,00003	1	1	96,126067

- Perhitungan beban destilasi

Bagian	Uap			Liquid		
	kmol/jam	BM	kg/jam	kmol/jam	BM	kg/jam
Enriching						
Atas	797,6390	46,2098	36858,74	310,2181	63,643	19743,099
Bawah	797,6390	21,4447	17105,09	310,2181	41,9876	13025,309
Exhausting						
Atas	797,6390	21,4447	17105,089	1415,041	41,9876	59414,136
Bawah	797,6390	28,3174	22587,094	1415,041	24,892	35222,889

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

$$V' = 36858,7414 \text{ kg/jam}$$

$$L' = 59414,1356 \text{ kg/jam}$$

- Perhitungan densitas campuran

Densitas vapor:

$$P = 10 \text{ atm}$$

$$T = 316,709 \text{ K}$$

$$\rho_v = \frac{BM \times T \times P}{V \times T_i \times P_0} = \frac{46,2098 \times 273,15 \times 10}{359,05 \times 316,709 \times 10}$$

$$\rho_v = 0,1110 \text{ lb/ft}^3$$

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

$$= 0,00004 \text{ mol/cm}^3$$

total	$x_B$	$\rho \text{ (lb/ft}^3\text{)}$	$\rho_L = \rho \cdot x_B$		
			lb/ft <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	mol/cm <sup>3</sup>
CH <sub>3</sub> OH	0,15286	49,432074	7,5563	0,7918	0,0318
CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	0,02511	0,1320395	0,0033	0,0021	0,0001
H <sub>2</sub> O	0,82203	62,30514	51,2168	0,9980	0,0401
Total	1		58,7764	1,7919	0,0720

Dari App A, diperoleh:

$$\begin{aligned}
 \Sigma P.X_i &= 7600 \text{ mmHg} \\
 &= 146,9593 \text{ psia} \\
 &= 10132490,8 \text{ dyn/cm}^2 \\
 \sigma^{1/4} &= \Sigma P.X_i (X_i - \rho_L) \quad (\text{Pers 2.169 Perry}'6^{\text{th}}, \text{hal 2-375}) \\
 &= 10132490,8 \cdot 1 - 0,0720 \\
 &= 9403071 \text{ dyn/cm} \\
 \sigma &= 55,3755 \text{ dyn/cm}
 \end{aligned}$$

d. Menaksir diameter tray dan tray spacing kolom destilasi

$$\begin{aligned}
 \text{Laju alir uap } V &= 36858,7414 \text{ kg/jam} \\
 &= 16718,7565 \text{ lb/jam} \\
 V &= \frac{16718,7565 \text{ lb/jam}}{0,1110 \text{ lb/ft}^3} \times \frac{1 \text{ jam}}{3600 \text{ s}} \\
 &= 41,8390 \text{ ft}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

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

$$d_t = 1,13 \left[ \frac{V}{G} \right] = 1,13 \left[ \frac{36858,7414}{G} \right]$$

$$G = C \rho_v (\rho_L - \rho_v) = C \cdot 0,1110 [ 58,7764 - 0,1110 ]$$

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 fak (Kusnarjo, 2012)

Tray spacing : 10 - 36 in

Surface tension,  $\sigma$  : 55,3755 dyn/cm

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

$$L_w/d_t = 60\%$$

$$A_d = 5,00\%$$

$$W_d = 11\%$$

T ft	C	G lb/ft <sup>2</sup>	d <sub>i</sub> ft	Biaya tiap bagian tray (Rp)			Total biaya Rp.
				Silinder	Tray	Down comer	
0,83	140	357,3	7,73	1010963	1874339	3207,05	2888508,959
1	260	663,5	5,67	890569	1008336	3850,00	1902755,530
1,25	400	1020,7	4,57	897500	654718	4812,50	1557030,991
1,5	510	1301,4	4,05	953807	513073	5775,00	1472655,560
1,67	560	1429,0	3,87	1011388	467085	6416,80	1484889,587
2	645	1645,9	3,6	1130849	405267	7700,00	1543816,182
2,5	710	1811,8	3,43	1347303	367982	9625,00	1724910,248
3	750	1913,9	3,34	1573059	348250	11550,00	1932859,057

Satu bagian tray termurah terletak pada T = 1,5 dengan harga d<sub>i</sub> = 4,1 ft  
 ≈ 5 ft  
 = 60 in

e. Menentukan tipe aliran

$$\begin{aligned} \text{Laju alir liquid} &= 59414,1356 \text{ kg/jam} \\ &= 26949,6578 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$L = \frac{26949,6578 \text{ lb/jam}}{60 \text{ menit/jam}} \times \frac{7,48 \text{ gal/ft}^3}{48,5 \text{ lb/ft}^3}$$

$$L = 69,2727 \text{ gpm}$$

$$L_{\max} = 1,3 L$$

$$= 90,05 \text{ gpm}$$

Sehingga dari gambar 3.8, didapatkan tipe aliran "cross flow"

f. Pengecekan terhadap liquid head (hd)

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

$$h_{ow \max} = \frac{Q_{\max}}{2,98 L_w}^{\frac{2}{3}} \quad \text{dan} \quad h_{ow \min} = \frac{Q_{\min}}{2,98 L_w}^{\frac{2}{3}}$$

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

$$Q_{\max} = 1,3 \times L = 1,3 \times 69,2727 = 90,054 \text{ gpm}$$

$$Q_{\min} = 0,7 \times L = 0,7 \times 69,2727 = 48,491 \text{ gpm}$$

Tinggi weir ( $h_w$ ) sebesar 1,5 - 3,5 in, dimana pada desain ini diambil:

$$\text{Tinggi weir } (h_w) = 2,5 \text{ in}$$



Maka didapatkan harga sebagai berikut:

$L_w/d_t$	55%	60%	65%	70%	75%	80%
$L_w$	33	36	39	42	45	48
$h_{ow\ max}$	0,94301	0,88987	0,84363	0,80296	0,76686	0,73457
$h_{ow\ min}$	0,62415	0,58897	0,55837	0,53145	0,50756	0,48619
$h_w$	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
$h_{l\ max}$	3,44301	3,38987	3,34363	3,30296	3,26686	3,23457
$h_{l\ min}$	3,12415	3,08897	3,05837	3,03145	3,00756	2,98619

Karena  $h_l$  mempunyai harga sebesar 2,0 in - 4,0 in, maka dari tabel diatas diambil optimasi  $L_w/d_t$  sebesar = 60%

$$h_w - h_c = \frac{1}{2}$$

Maka,

$$h_c = 2 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} A_{dc} &= L_w \times h_c && \text{luas down comer clearace} \\ &= 3 \times 0,16667 \text{ ft} \\ &= 0,5 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Untuk  $L_w/d_t = 60\%$  dari gambar 3.4 (Kusnarjo, 2012) diperoleh harga:

$$\begin{aligned} A_d &= 5,5\% A_t \\ &= 5,5\% \times \pi/4 \cdot d_t^2 \\ &= 1,079375 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Dari  $A_{dc}$  dan  $A_d$  diambil nilai yang terkecil, sehingga  $A_p = A_d = 1,07938 \text{ ft}^2$  maka:

$$\begin{aligned} h_d &= 0,03 \left( \frac{Q_{max}}{100 A_p} \right)^2 = 0,03 \left( \frac{90,054}{100 \times 1,07938} \right)^2 = 0,02088 \text{ ft} \\ &= 0,25059 \text{ in} \end{aligned}$$

Karena  $h_d = 0,25059 \text{ in} < 1 \text{ in}$  maka tinggi liquid head memenuhi syarat

g. Pengecekan terhadap harga tray spacing (T)

Dari hasil desain  $L_w/d_t = 60\%$  dan  $d_t = 5 \text{ ft}$

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

sebesar:

$$\begin{aligned} W_d &= 11\% d_t = 11\% \times 5 = 0,55 \text{ ft} \\ &= 6,6 \text{ in} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 x &= \frac{d_t}{2} - \left( \frac{W_d + W_s}{12} \right) = \frac{5}{2} - \left( \frac{0,55 + 3}{12} \right) = 2,20 \text{ ft} \\
 r &= \left( \frac{d_t}{2} - \frac{W_w}{12} \right) = \left( \frac{5}{2} - \frac{3}{12} \right) = 2,25 \text{ ft} \\
 A_a &= 2 x \sqrt{r^2 - x^2} + r^2 \sin^{-1} \frac{x}{r} \quad \text{aktif area} \\
 &= 2 \left( 2,20 \sqrt{2,25^2 - 2,20^2} + 2,20^2 \sin^{-1} \frac{2,20}{2,25} \right) = 15,3 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

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

n	2,5	3	3,5	4	4,5
$A_a$	15,2902	15,2902	15,2902	15,2902	15,2902
$A_o$	1,92045	1,33364	0,97982	0,75017	0,59273

$$\text{Untuk } n = 2,5$$

$$\begin{aligned}
 V_{\max} &= 1,3 \text{ V} \\
 &= 1,3 \times 41,8390 \\
 &= 54,3907 \text{ ft}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

$$U_{o \max} = \frac{V_{\max}}{A_o} = \frac{54,3907}{1,92045} = 28,3219 \text{ ft/s}$$

$$\begin{aligned}
 A_c &= A_t - A_d \\
 &= 19,625 - 1,07938 \\
 &= 18,5456 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_p &= 12 \frac{\rho_v}{\rho_L} 1,14 \frac{U_o^2}{2 \cdot g_c} 0,4 1,25 - \frac{A_o}{A_c} + 1 - \frac{A_o}{A_c}^2 \\
 &= 12 \frac{0,11}{58,8} 1,14 \frac{28,322^2}{2 \times 32,2} 0,4 1,25 - \frac{1,92}{18,5} + 1 - \frac{1,92}{18,5}^2 \\
 &= 0,4061527 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$h_r = \left( \frac{31,2}{\rho_L} \right) = \left( \frac{31,2}{58,7764} \right) (0,53083) \text{ in}$$

$$h_l = h_w + h_{ow \max} = 2,5 + 0,84363 = 3,344 \text{ in}$$

$$h_t = h_p + h_r + h_l = 0,41 + 0,53 + 3,34 = 4,281 \text{ in}$$

$$h_b = h_t + h_l + h_d = 4,281 + 3,344 + 0,25 = 7,875 \text{ in}$$

Pengecekan terhadap T tinggi spacing

$$T \geq 2 h_b - h_w$$

$$18 \text{ in} \geq 2 \times 7,875 - 2,5$$

$$18 \text{ in} \geq 13,2496 \text{ in}$$

Kesimpulan: Tray spacing hasil rancangan memenuhi syarat

h. Pengecekan Weeping

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

$$\begin{aligned} V_{\min} &= 0,7 V \\ &= 0,7 \times 41,8390 \\ &= 29,2873 \text{ ft}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$U_{o \min} = \frac{V_{\min}}{A_o} = \frac{29,2873}{1,92045} = 15,2502 \text{ ft/s}$$

$$\begin{aligned} h_{pm} &= \left( 12 \frac{\rho_v}{\rho_L} \right) 1,14 \left( \frac{U_o^2}{2 \cdot g_c} \right) \left[ 0,4 \left( 1,25 - \frac{A_o}{A_c} \right) + 1 \left( - \frac{A_o}{A_c} \right)^2 \right] \\ &= \left( 12 \frac{0,11}{58,8} \right) \left( 1,14 \frac{15,250^2}{2 \times 32,2} \right) \left[ 0,4 \left( 1,25 - \frac{1,92}{18,5} \right) + \left( - \frac{1,92}{18,5} \right)^2 \right] \\ &= 0,8464 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{pw} &= 0,2 + 0,05 \times 3,008 \\ &= 0,35038 \text{ in} \end{aligned}$$

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

i. Pengecekan pada Entrainment

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

$$\begin{aligned} e &= 0,22 \frac{73}{\sigma} \frac{U_c}{T_e}^{3,2} \\ &= 0,22 \frac{73}{55,3755} \frac{2,9328}{9,64094}^{3,2} \\ &= 0,00644 \end{aligned}$$

Dimana,

$$e_0 = 0,1$$

Maka,

$$\frac{e_0}{e} = \frac{0,1}{0,00644} = 15,5 \geq 1 \quad \text{maka disimpulkan tidak terjadi entrainment}$$

j. Pelepasan uap dalam down comer

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

Dimana,

$$\begin{aligned} W_l &= 0,8 \quad h_{ow} (T + h_w - h_b) \\ &= 0,8 \quad 0,84363 \quad 18 + 3 - 7,875 \\ &= 2,61086 \text{ in} \end{aligned}$$

Maka,

$$\frac{W_1}{W_d} = \frac{2,6}{6,6} = 0,4 \leq 0,6 \quad (\text{Pelepasan gas dalam down comer sempurna})$$

k. Menentukan dimensi kolom

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tray aktual} &= 0 \text{ buah} \\ \text{Jumlah tray total} &= \text{tray aktual} \\ &= 8 \text{ buah} \\ \text{Jarak antar tray, T} &= 18 \text{ in} \\ \text{Tinggi shell} &= \text{Jumlah tray total} \times \text{Jarak antar tray} \\ &= 8 \times 18 \\ &= 144 \text{ in} \approx 12 \text{ ft} \\ \text{di shell} &= 60 \text{ in} \approx 5 \text{ ft} \\ \text{Total hl dalam shell} &= \text{Jumlah tray total} \times \text{hl} \\ &= 8 \times 3,34 \\ &= 26,7 \text{ in} \approx 2,23 \text{ ft} \end{aligned}$$

l. Menentukan tekanan desain ( $p_i$ )

$$\begin{aligned} P_h &= \frac{\rho(H-1)}{144} \\ &= \frac{58,7764 \cdot 2,229 - 1}{144} \\ &= 0,50167 \\ P_{\text{operasi}} &= 10 \text{ atm} \\ &= 147 \text{ psi} \\ P_i &= P_{\text{operasi}} + P_h \\ &= 147 + 0,5017 \\ &= 147,5017 \text{ psi} \\ &= 132,80 \text{ psig} \end{aligned}$$

m. Menghitung tebal silinder ( $t_s$ )

$$\begin{aligned} \text{Tebal shell } (t_s) &= \frac{P_i \cdot d_i}{2(f \cdot E - 0,6 P_i)} + C \\ &= \frac{147,5017 \times 60}{2 \cdot 18750 \times 0,8 - 0,6 \times 147,5017} + 0,0625 \\ &= 0,35925 \times \frac{16}{16} \\ &= \frac{5,7481}{16} \quad \frac{6}{16} \end{aligned}$$

Standarisasi do & di

$$\begin{aligned}
 do &= di + 2t_s \\
 &= 60 + 0,7500 \\
 &= 60,750 \text{ in} \quad 66 \text{ in (Brownell,1959. tabel 5-7, hal 89)} \\
 di &= do - 2t_s \\
 &= 66 - 0,75 \\
 &= 65,25 \text{ in} \approx 5,44 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

n. Menentukan dimensi tutup atas dan bawah

- Tebal tutup atas (tha)

$$\begin{aligned}
 tha &= \frac{0,885 \times Pi \times di}{f.E - 0,1 Pi} + C \\
 &= \frac{0,885 \times 132,80 \times 65,2500}{18750 \times 0,8 - 0,1 \times 132,802} + 0,0625 \\
 &= 0,57421 \text{ in} \times \frac{16}{16} \\
 &= \frac{9,187}{16} \quad \frac{10}{16}
 \end{aligned}$$

- Tinggi tutup atas (ha)

$$\begin{aligned}
 ha &= 0,169.di \\
 &= 0,169 \times 65,3 \\
 &= 11,0273 \text{ in} \approx 0,919 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

- Tinggi tutup bawah (hb)

$$\begin{aligned}
 hb &= 0,169.di \\
 &= 0,169 \times 65,3 \\
 &= 11,027 \text{ in} \approx 0,91894 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi kolom} &= \text{Tinggi shell} + ha + hb \\
 &= 144 + 11,0273 + 11,027 \\
 &= 166,055 \text{ in} \approx 13,8 \text{ ft} = 4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Komposisi	BM	F, kg/jam	V, kg/jam	Lo, kg/jam	V', kg/jam	L', kg/jam
CH <sub>3</sub> OH	32,042	3477,5986	742,20	288,65526	3921,233	6956,41
CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	46,069	22499,817	35651,48	13865,591	904,3207	1604,2977
H <sub>2</sub> O	18,015	9149,8079	10,8843	4,2331336	11811,278	20953,636
Total		35127,223	36404,57	14158,479	16636,832	29514,34

Nozzle untuk kolom destilasi secara umum dibagi menjadi 5

## 1. Nozzle feed masuk

$$\text{Rate massa} = 77442,1793 \text{ lb/jam}$$

$$\rho_L = 58,7764 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q = \frac{m}{\rho_L} = \frac{77442,1793}{58,7764} = 1317,5728 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,3660 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$d_{i \text{ optimal}} = 3,9 Q^{0,45} \rho^{0,13} \quad (\text{Timmerhaus, 1991})$$

$$= 3,9 \times 0,3660^{0,45} \times 58,776^{0,13}$$

$$= 4,21331 \text{ in} \approx 5 \text{ in}$$

## 2. Nozzle top kolom

$$\text{Rate massa} = 80258,2332 \text{ lb/jam}$$

$$\rho_L = 58,7764 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q = \frac{m}{\rho_L} = \frac{80258,2332}{58,7764} = 1365,4841 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,3793 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$d_{i \text{ optimal}} = 3,9 Q^{0,45} \rho^{0,13}$$

$$= 3,9 \times 0,3793^{0,45} \times 58,776^{0,13}$$

$$= 4,28158 \text{ in} \approx 5 \text{ in}$$

## 3. Nozzle refluks

$$\text{Rate massa} = 31214,0662 \text{ lb/jam}$$

$$\rho_L = 58,7764 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q = \frac{m}{\rho_L} = \frac{31214,0662}{58,7764} = 531,0647 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,1475 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$d_{i \text{ optimal}} = 3,9 Q^{0,45} \rho^{0,13}$$

$$= 3,9 \times 0,1475^{0,45} \times 58,776^{0,13}$$

$$= 2,79925 \text{ in} \approx 3 \text{ in}$$

## 4. Nozzle bottom kolom

$$\text{Rate massa} = 65067,9140 \text{ lb/jam}$$

$$\rho_L = 58,7764 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q = \frac{m}{\rho_L} = \frac{65067,9140}{58,7764} = 1107,0416 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,3075 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned}
 d_{i \text{ optimal}} &= 3,9 Q^{0,45} \rho^{0,13} \\
 &= 3,9 \times 0,3075^{0,45} \times 58,776^{0,13} \\
 &= 3,89582 \text{ in} \approx 4 \text{ in}
 \end{aligned}$$

#### 5. Nozzle uap reboiler

$$\text{Rate massa} = 36677,8922 \text{ lb/jam}$$

$$\rho_L = 58,7764 \text{ lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{m}{\rho_L} = \frac{36677,8922}{58,7764} = 624,0242 \text{ ft}^3/\text{jam} \\
 &= 0,1733 \text{ ft}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_{i \text{ optimal}} &= 3,9 Q^{0,45} \rho^{0,13} \\
 &= 3,9 \times 0,1733^{0,45} \times 58,776^{0,13} \\
 &= 3,00999 \text{ in} \approx 3,5 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dari *Brownell & Young, fig. 12.3* hal. 222 didapat dimensi flange untuk semua nozzle dipilih flange standart type slip on dengan dimensi:

Nozzle	NPS	A	T	R	E	L	B
1	5	10	15/16	7 5/16	6 7/16	1 7/16	5,66
2	5	10	15/16	7 5/16	6 7/16	1 7/16	5,66
3	3	7,5	15/16	5	4 1/4	1 3/16	3,56
4	4	9	15/16	6 3/16	5 5/16	1 5/16	4,56
5	3,5	8,5	15/16	5 1/2	4 13/16	1 1/4	4,06

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 B6 type 416
  - Allowable stress : 15000
  - Tensile stress min : 75000
- **Gasket**
  - Bahan konstruksi : Solid Flat Metal Iron hal: 228
  - Gasket faktor (m) : 5,5
  - Y : 18000

1. Menentukan lebar gasket ( $W_G$ )

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

$$= 1,00041$$

dimana,  $d_i = 66$  in (do shell = di gasket)

maka,  $d_{OG} = 66,027$  in

$$W_{G \min} = \frac{d_{OG} - d_i}{2} = \frac{66,027 - 66}{2} = \frac{0,22}{16} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$\approx 0,1875 \text{ in}$$

$$d_{\text{rata-rata}} (G) = d_i + W_G = 66 + 0,1875 = 66,1875 \text{ in}$$

$$= 5,51563 \text{ ft} = 1,7 \text{ m}$$

2. Menentukan jumlah dan ukuran baut

- Beban agar gasket tidak bocor ( $H_Y$ )

$$Wm_2 = H_Y = b \cdot \pi \cdot G \cdot y \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.88 hal.240})$$

Dari fig. 12.12 hal 229, didapatkan lebar seating gasket bawah

$$b_o = b = \frac{N}{2} = \frac{0,1875}{2} = 0,09375 \text{ in}$$

sehingga,

$$H_Y = 0,09375 \times 3,14 \times 66,1875 \times 18000$$

$$= 350711,0156 \text{ lb}$$

- Beban tanpa tekanan ( $H_P$ )

$$H_P = 2 \cdot b \cdot \pi \cdot G \cdot m \cdot P \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.90 hal. 240})$$

$$= 2 \times 0,09375 \times 3,14 \times 66,1875 \times 5,5 \times 14,7$$

$$= 3150,5540 \text{ lb}$$



- Beban baut karena internal pressure (H)

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{\pi \cdot G^2 \cdot P}{4} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.89 hal.240}) \\
 &= \frac{3,14 \times 66,1875^2 \times 14,7}{4} \\
 &= 50552,07031 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

- Total beban pada kondisi operasi

$$\begin{aligned}
 W_{m_1} &= H_p + H = 3150,554 + 50552,07031 \\
 &= 53702,6243 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

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

- Menentukan luas bolting minimum area

$$A_m = \frac{W_{m_2}}{fb} = \frac{350711,0156}{15000} = 23,380734 \text{ in}^2$$

- Menentukan bolting minimum

Dari Brownell 1959, tabel 10.4, hal.188 diperoleh:

$$\text{Ukuran baut} = 1$$

$$\text{Root area} = 0,551 \text{ in}^2$$

$$\text{Bolting min} = \frac{A_m}{\text{Root area}} = \frac{23,3807}{0,551} = 42,4333 \approx 43 \text{ buah}$$

$$B_s = 2 \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$R = 1 \frac{3}{8} \text{ in}$$

$$E = 1 \frac{5}{16} \text{ in}$$

$$C = \text{di shell} + 2(1,4159 \cdot g_o + R)$$

$$g_o = t_s = \frac{6}{16} = 0,375 \text{ in}$$

$$\begin{aligned}
 \text{maka, } C &= 65,25 + 2 \times 1,4159 \times 0,375 + 1 \frac{3}{8} \\
 &= 69 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{do flange} &= C + 2E = 69 + 2 \times 1 \frac{5}{16} \\
 &= 71 \frac{2}{3} \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\frac{n \times B_s}{3,14} = \frac{43 \times 2 \frac{1}{4}}{3,14} = 30,812 \text{ in} < 43$$

**Memenuhi**

- Cek lebar gasket

$$\begin{aligned}
 A_b \text{ aktual} &= \text{Jumlah bolt} \times \text{root area} \\
 &= 43 \times 0,551 \\
 &= 23,693 \text{ in}^2
 \end{aligned}$$

$$W_{G \text{ min}} = \frac{A_b \text{ aktual} \cdot F}{2 \cdot \pi \cdot Y \cdot G}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{23,693 \times 16500}{2 \times 3,14 \times 18000 \times 66,1875} \\
 &= 0,05225 \text{ in} \leq 0,0625 \text{ in (memenuhi syarat)} \\
 W_G &= 0,05225 \times \frac{16}{16} = \frac{0,83602}{16} \approx \frac{3}{16} \text{ in}
 \end{aligned}$$

### 5. Menghitung moment

- Untuk keadaan bolting up (tanpa tekanan dalam)

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{(A_m + A_b)F}{2} \quad (\text{Pers.12.94, "Brownell \& Young", hal.242}) \\
 &= \frac{23,3807 + 23,693 \times 15000}{2} \\
 &= 353053,0078 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 hg &= \frac{C - G}{2} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.101, hal 242}) \\
 &= \frac{69,0619 - 66,1875}{2} \\
 &= 1,43721 \text{ in}
 \end{aligned}$$

- Moment flange (Ma)

$$\begin{aligned}
 Ma &= hg \cdot W = 1,4372 \times 353053,0078 = 507412,1960 \\
 \text{Dalam keadaan operasi maka, } W &= Wm_2 = 350711,0156 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 H_D &= 0,785B^2.P \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.96 hal.242}) \\
 &= 0,785 \times 66^2 \times 14,7 \\
 &= 50266,0620 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

Radial bolt circle pada aksi  $H_D$

$$\begin{aligned}
 h_D &= \frac{C - B}{2} \\
 &= \frac{69 - 66}{2} \\
 &= 1,53096 \text{ in}
 \end{aligned}$$

- Moment  $M_D$

$$\begin{aligned}
 M_D &= H_D \cdot h_D \\
 &= 50266,0620 \times 1,53096 \\
 &= 76955,4559 \text{ lbin}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_G &= W - H \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.98}) \\
 &= 353053,0078 - 50552,07031 \\
 &= 302500,9375 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_G &= H_G \cdot h_G && \text{(Brownell, 1959, pers. 12.98)} \\
 &= 302500,9375 \times 1,43721 \\
 &= 434758,1286 \text{ lbin} \\
 H_T &= H - H_D && \text{(Brownell, 1959, pers. 12.97)} \\
 &= 50552,07031 - 50266,0620 \\
 &= 286,0083 \text{ lb} \\
 h_T &= \frac{h_D + h_G}{2} && \text{(Brownell, 1959, pers. 12.102)} \\
 &= \frac{1,53096 + 1,43721}{2} \\
 &= 1,48409 \text{ in}
 \end{aligned}$$

- Moment  $M_T$

$$\begin{aligned}
 M_T &= H_T \cdot h_T \\
 &= 286,0083 \times 1,48409 \\
 &= 424,46 \text{ lbin}
 \end{aligned}$$

Moment total pada keadaan operasi

$$\begin{aligned}
 M_O &= M_D + M_G + M_T \\
 &= 76955,4559 + 434758,1286 + 424,46 \\
 &= 512138,0459 \text{ lbin}
 \end{aligned}$$

5. Menentukan tebal flange ( $t_f$ )

$$\begin{aligned}
 A &= 71 \frac{2}{3} \text{ in} \\
 B &= 66 \text{ in} \\
 K &= \frac{71 \frac{2}{3}}{66} = 1 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dari Brownell 1959, fig. 12.22 hal.238 dengan nilai  $K = 1$  in

$$Y = 25$$

Sehingga tebal flange,

$$\begin{aligned}
 t_f &= \frac{Y \cdot M_{\max}}{f \cdot B} = \frac{25 \times 76955,4559}{15000 \times 66} \\
 &= 1,39403 \times \frac{16}{16} = \frac{22}{16} \approx 1 \text{ in}
 \end{aligned}$$

q. Menentukan penyangga

Penyangga dirancang untuk menahan beban kolom destilasi dan perlengkapan.

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

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal shell} &= 0,375 \text{ in} = 0,03125 \text{ ft} \\
 \text{Tinggi Shell} &= 144 \text{ in} = 12 \text{ ft} \\
 \text{Keliling Shell} &= \pi \times d_o \text{ shell} = 3,14 \times 66 = 207 \text{ in} = 17,3 \text{ ft} \\
 \text{Luas shell} &= \text{Keliling} \times \text{Tebal} = 17,3 \times 0,03 = 0,54 \text{ ft}^2 \\
 \text{Volume Shell} &= \text{Luas} \times \text{Tinggi} = 0,54 \times 12,0 = 6,48 \text{ ft}^3 \\
 \rho_{\text{steel}} &= 487 \text{ lb/ft}^3 \quad (\text{Perry's 6th tabel 3-118}) \\
 \text{Berat shell } (W_s) &= V_{\text{shell}} \times \rho_{\text{steel}} \\
 &= 6,47625 \times 487 \\
 &= 3153,9338 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

b. Berat tutup

$$\begin{aligned}
 W_{di} &= A \cdot t \cdot \rho_{\text{steel}} \\
 A &= 6,28 R_c \cdot h \quad (\text{Hesse pers. 4.16}) \\
 \text{Dimana,} \\
 W_d &: \text{Berat tutup standart dished} \\
 A &: \text{Luas tutup standart dished} \\
 t &: \text{Tebal tutup standar dished} = 0,625 \text{ in} = 0,05208 \\
 R_c = d_i &: \text{Jari-jari tutup} = 66,0 \text{ in} = 5,5 \\
 h_a &: \text{Tinggi tutup atas} = 11,027 \text{ in} = 0,91894 \\
 h_b &: \text{Tinggi tutup bawah} = 11,027 \text{ in} = 0,91894
 \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 A_a &= 6,28 \times 5,5 \times 0,91894 \\
 &= 31,7401 \text{ ft}^2 \\
 A_b &= 6,28 \times 5,5 \times 0,91894 \\
 &= 31,7401 \text{ ft}^2 \\
 W_{d_a} &= 31,7401 \times 0,05208 \times 487 \\
 &= 805,074 \text{ lb} \\
 W_{d_b} &= 31,7401 \times 0,05208 \times 487 \\
 &= 805,074 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

Berat tutup total

$$\begin{aligned}
 W_w &= W_{d_a} + W_{d_b} \\
 &= 805,074 + 805,074 \\
 &= 1610,15 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

## c. Berat down comer

Dipakai dasar perhitungan dengan downcomer tanpa aliran uap

$$A_{dc} = 0,5 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= A_{dc} \cdot \text{Tebal shell} \\ &= 1,07938 \times 0,03125 = 0,03373 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat 1 plate} &= \text{Volume} \cdot \rho_{\text{steel}} \\ &= 0,03373 \times 487 = 16,4267 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{dc} &= \text{Berat 1 plate} \times \text{Jumlah plate} \\ &= 16,4267 \times 8 = 131,414 \text{ lb} \end{aligned}$$

## d. Berat tray

$$\begin{aligned} A_t &= \frac{\pi}{4} d^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times 5,4375^2 = 23,2096 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= A_t \cdot \text{Tebal shell} \\ &= 23,2096 \times 0,03125 = 0,7253 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat 1 tray} &= \text{Volume} \cdot \rho_{\text{steel}} \\ &= 0,7253 \times 487 = 353,222 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_t &= \text{Berat 1 tray} \times \text{Jumlah plate} \\ &= 353,222 \times 8 = 2825,77 \text{ lb} \end{aligned}$$

## e. Berat liquida

$$W_l = 77442,179 \text{ lb}$$

## f. Berat pipa

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

Ditetapkan panjang pipa 2 kali tinggi kolom destilasi

$$\text{Panjang pipa} = 2 \times 13,838 = 27,6758 \text{ ft}$$

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

$$W_p = 27,6758 \times 2,718 = 75,2227 \text{ lb}$$

## g. Berat attachment

Berat attachment meliputi nozzle, valve dan alat kontrol

$$\begin{aligned} W_a &= 18\% W_s \\ &= 18\% \times 3153,9338 = 567,708 \text{ lb} \end{aligned}$$

Berat total yang harus ditopang penyangga

$$\begin{aligned} W_{\text{total}} &= W_s + W_{lu} + W_{dc} + W_t + W_l + W_p + W_a \\ &= 85806,3789 \text{ lb} \end{aligned}$$

## r. Perencanaan skirt support

Sistem penyangga yang digunakan adalah skirt support

Tinggi support = 2 ft  $\approx$  24 in

## - Menentukan tebal skirt

Stress karena angin

$$\begin{aligned}
 H &= 2 + \text{Tinggi kolom} \\
 &= 2 + 166,055 = 168,05 \text{ in} \\
 f_{wb} &= \frac{15,89 \frac{do + di}{2} H^2}{do^2 \cdot t} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 9.20 hal.161}) \\
 &= \frac{15,89 \frac{66 + 65,25}{2} 168,05^2}{4356 \times t} \\
 &= \frac{6760,9175}{t}
 \end{aligned}$$

Stress dead weight

$$\begin{aligned}
 f_{db} &= \frac{\Sigma W}{\pi \cdot do \cdot t} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 9.6 hal.157}) \\
 &= \frac{85806,3789}{3,14 \times 66 \times t} \\
 &= \frac{414,0435}{t}
 \end{aligned}$$

Stress kompresi maksimum

$$\begin{aligned}
 f_{c \max} &= 0,125 E (t/do) \cos \alpha \\
 \text{dimana, } E \text{ concrete} &= 2000000 \text{ psi} \quad (\text{Brownell 1959, hal 183}) \\
 f_{c \max} &= 0,125 \times 2000000 \text{ t} / 66 \\
 &= 3787,8788 \text{ t}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{c \max} &= f_{wb} + f_{db} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 9.80}) \\
 3787,8788 \text{ t} &= \frac{6760,9175}{t} + \frac{414,0435}{t} \\
 t &= \frac{7174,96}{3787,8788} \\
 &= 1,3763 \text{ in}
 \end{aligned}$$

## s. Menentukan bearing plate

Dari Brownell 1959, tabel 10.1 hal 184 diperoleh

$$\begin{aligned}
 f_c &= 3000 \text{ psi} \\
 f_{c \max} &= 1200 \text{ psi} \\
 n &= 10
 \end{aligned}$$

$f_s$  allowable untuk strukturalsteel skirt = 45000 psi

$d_i$  =  $d_i + 2t_s$  in

Ditetapkan:

$d_i$  bearing plate = 66

$d_o$  bearing plate = 1,15 x 66  
= 75,9 in  $\approx$  6,3 ft

Jumlah chair = 4 (Brownell 1959, tabel 10.5)

Jumlah bolt = 8 hal 191

Luas bolt = 0,89 ft<sup>2</sup>

Dari pers. 9.11, Brownell 1959 hal.158

$P_w$  = 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,

$P_w$  = 0,0025 x 100<sup>2</sup>  
= 25 lb/ft<sup>2</sup>

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

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

$M_w$  =  $\frac{1}{2} 25 \times 14,00^2 \frac{5,44 + 5,50}{2}$   
= 13407,13 lbft

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

=  $\frac{75,9 - 66,00}{2}$

= 4,95 in 0,41 ft

Diperkirakan  $f_c$  = 1200 psi (Brownell, 1959, pers. 10.3 hal.184)

$K$  =  $\frac{1}{1 + \frac{f_s}{n \cdot f_c}}$

= 0,40

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

= 1200 x  $\frac{2 \times 0,40 \times 75,9}{2 \times 0,4 \times 75,9 \times 4,95}$

= 242,424  $\leq$  1200 (memenuhi)

Dari Brownell 1959, tabel 10.2, hal 186

Untuk harga K = 0,40 maka,

Cc = 1,765

Ct = 2,224

z = 0,404

j = 0,783

$$\begin{aligned} \text{Tensile load (Ft)} &= \frac{Mw - Mdw \cdot z \cdot d}{j \cdot d} \\ &= \frac{13407,1319 - 85806,38 \times 0,404 \times 5,5}{0,783 \times 5,5} \\ &= 41159,7915 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_1 &= \frac{\text{Jumlah baut} \cdot \text{Root area}}{\pi \cdot 1,25} \\ &= \frac{8 \times 0,89}{3,14 \times 1,25} \\ &= 1,81401 \text{ in} \end{aligned}$$

Relation ship pada tension side

$$F_t = f_s \cdot t_1 \cdot r \cdot C_t \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 10.9 hal.185})$$

$$\begin{aligned} f_s &= \frac{F_t}{t_1 \cdot r \cdot C_t} \\ &= \frac{41159,7915}{1,81401 \times 6,325 \times 2,224} \\ &= 1613,01 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_c &= F_t + W_{dw} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 10.27}) \\ &= 41159,79 + 85806,3789 \\ &= 126966,1704 \text{ lb} \end{aligned}$$

Kompresive stress sesungguhnya pada bolt circle (fc)

$$\begin{aligned} t_2 &= t_3 - t_1 \\ &= 4,95 - 1,81401 \\ &= 3,13599 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_c &= \frac{F_c}{(t_2 + nt_1) \cdot r \cdot C_c} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 10.8}) \\ &= \frac{126966,1704}{3,13599 + 10 \times 1,81401 \times 6,325 \times 1,765} \\ &= 534,553 \end{aligned}$$



Pengecekan harga K

$$K = \frac{1}{1 + \frac{fs}{n \cdot fc}} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 10.3})$$

$$= 0,7682$$

Dari Brownell 1959, tabel 10.2, hal 186

Untuk harga K = 0,7682 maka,

$$Cc = 2,224$$

$$Ct = 1,765$$

$$z = 0,369$$

$$j = 0,784$$

$$\text{Tensile load (Ft)} = \frac{Mw - Mdw \cdot z \cdot d}{j \cdot d}$$

$$= \frac{13407,1319 - 85806,38 \times 0,369 \times 5,5}{0,784 \times 5,5}$$

$$= 37276,6498 \text{ lb}$$

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

Relation ship pada tension side

$$Ft = fs \cdot t_1 \cdot r \cdot Ct \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 10.9})$$

$$fs = \frac{Ft}{t_1 \cdot r \cdot Ct}$$

$$= \frac{37276,6498}{1,81401 \times 6,325 \times 1,765}$$

$$= 1840,74 \text{ psi}$$

$$Fc = Ft + Wdw \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 10.27})$$

$$= 1840,74 + 85806,3789$$

$$= 87647,1140 \text{ lb}$$

Kompresive stress sesungguhnya pada bolt circle (fc)

$$t_2 = t_3 - t_1$$

$$= 4,95 - 1,81401$$

$$= 3,13599 \text{ in}$$

$$fc = \frac{Fc}{(t_2 + nt_1) \cdot r \cdot Cc} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 10.8})$$

$$= \frac{87647,1140}{3,13599 + 10 \times 1,81401 \times 6,325 \times 2,224}$$

$$= 292,853$$

Pengecekan harga K

$$K = \frac{1}{1 + \frac{fs}{n \cdot fc}}$$

$$\begin{aligned}
 & \quad \quad \quad n \cdot f_c \\
 & = 0,61404 \\
 f_{c \max} & = f_c \text{ (bolt circle)} \frac{2 \cdot K \cdot d_o \cdot t_3}{2 \cdot K \cdot d_o} \\
 & = 292,8532 \times \frac{2 \times 0,61404 \times 6,3 \times 0,4}{2 \times 0,61404 \times 6,325} \\
 & = 117 \leq 1200 \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Dari Brownell 1959, tabel 10.4 hal 188 didapatkan ukuran baut 1 ¼" dimensi

Bolt circle = 2 13/16

Nut dimension = 2

Bearing plate yang digunakan tipe eksternal bolting chair, pada plate dipasang compressing ring agar lebih kuat

Ditetapkan tinggi gusset = 12 in

Bearing plate diperkuat dengan 8 buah gusset yang mempunyai spasi yang sama

Dari gambar 10.6, Brownell 1959, hal 191, diperoleh:

Lebar gusset (A) = 9 + 1,5 = 10,5

Jarak antar gusset (b) = 8 + 1,25 = 9,25

Luas area bolt ( $A_b$ ) = 0,89 ft<sup>2</sup>

Beban bolt (P) =  $f_s \cdot A_b = 1840,7351 \times 0,89 = 1638,25 \text{ lb}$

L = do bearing - do shell  
 = 75,9 - 66 = 9,90 in

$\frac{b}{L} = \frac{9,25}{9,900} = 0,934$

Dari Brownell 1959, tabel. 10.4, hal 188, didapat

e = 2 / 2 = 1

$\mu$  = poisson rasio = 0,3 (untuk steel)

$\gamma_1 = 0,565$

Maksimum bending ( $M_y$ )

$$M_y = \frac{P}{4\pi} \left[ 1 + \mu \ln \frac{21}{\pi e} + 1 - \gamma_1 \right]$$

$$\begin{aligned}
 M_y & = \frac{1638,254}{4 \times 3,14} \times \left[ 1 + 0,3 \ln \frac{21}{3,14 \times 1} + 1 - 0,565 \right] \\
 & = 378,9623 \text{ lbin}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_s & = \frac{6 \cdot M_y}{f_{\max}} = \frac{6 \times 378,9623}{45000} = 0,22479 \text{ in} \\
 & = \frac{3,59656}{16} \approx \frac{4}{16}
 \end{aligned}$$

$$t_4 = \frac{6 \cdot My}{(t_3 - bhd) f_{\max}} = \frac{6 \times 378,9623}{4,95 - 1,25 \times 45000}$$

$$= 0,11686 = \frac{1,86976}{16} \approx \frac{3}{16}$$

$$t_6 = \frac{3}{8} t_5 = \frac{3}{8} \times \frac{4}{16} = 0,09375 \text{ in} = \frac{1,5}{16} \approx \frac{3}{16}$$

t. Dimensi anchor bolt

- Panjang = 12 in
- Diameter = 4 in
- Jumlah = 8 buah

u. Dimensi pondasi

Podasi ter dari beban dengan kandungan air 6 US gal per 94 lb sak semen  
(Brownell 1959, tabel 10.1, hal 184)

Beban total yang harus ditahan pondasi

- Berat beban bejana total
- Berat kolom penyangga
- Berat base plate

Ditentukan

- Masing-masing kolom penyangga diberi pondasi
- Spesifikasi pondasi didasarkan atas berat beban setiap kolom penyangga pada sisitem pondasi
- Spesifikasi semua penyangga sama

Beban yang ditanggung penyangga = 85806,3789 lb

Beban tiap penyangga = berat x tinggi  
= 35 lbin x 24 in  
= 840 lb

W = 86646,3789 lb

Gaya yang bekerja pada pondasi dianggap sebagai gaya vertikal berat total kolom, sedangkan bidang kerja dianggap bujur sangkar dengan perencanaan ukuran:

Luas tanah untuk atas pondasi = Luas pondasi atas  
= 40 x 40 = 1600 in<sup>2</sup>

Luas tanah untuk dasar pondasi = luas pondasi bawah  
= 60 x 60 = 3600 in<sup>2</sup>

Tinggi pondasi (t) = 24 in

Luas rata-rata (A) = 0,5 x 40<sup>2</sup> + 60<sup>2</sup>  
= 2600 in<sup>2</sup>

Volume pondai (V<sub>p</sub>) = A . t  
= 2600 x 24

$$\begin{aligned}
 &= 62400 \text{ in}^3 \\
 \text{Densitas untuk gravel} &= 126 \text{ lb/ft}^3 \text{ (Perry's 6}^{\text{th}} \text{ tabel 3-118)} \\
 \text{Maka,} & \\
 \text{W pondasi} &= V \cdot \rho \\
 &= 36,1109 \times 126 \\
 &= 4549,97 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

Asumsi:

Tanah atas pondasi berupa cement sand & gravel dengan minimum safe bearing power  $5 \text{ ton/ft}^3$  dan maksimum safe bearing power =  $10 \text{ ton/ft}^3$

(Hesse, tabel 12.2 hal 224)

Berat total keseluruhan

$$\begin{aligned}
 \text{W total} &= 86646,3789 + 4549,97 \\
 &= 91196,3498 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

Tekanan dari sistem pondasi terhadap luas tanah (P)

$$P = \frac{W \text{ total}}{A} = \frac{91196,3498}{2600} = 35,0755 \text{ lb/in}^2$$

Acuan harga safety didasarkan pada minimum bearing power yaitu:

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

Tekanan terhadap tanah =  $35,0755 \leq 91,8617 \text{ lb/in}^2$  (pondasi dapat digunakan)

v. Spesifikasi kolom destilasi

1. Silinder/shell

- Diameter dalam : 65,250 in
- Diameter luar : 66 in
- Tinggi : 144 in
- Tebal : 0,375 in
- Bahan konstruksi : Stainless Steel SA 240 Grade M type 316

2. Tutup Atas dan Tutup Bawah

- Crown radius : 65,25 in
- Tinggi tutup atas : 11,0273 in
- Tinggi tutup bawah : 11,027 in
- Tebal : 0,625 in
- Bahan konstruksi : Stainless Steel SA 240 Grade M type 316

3. Tray

- Jumlah tray : 8 buah
- Tebal tray : 0,375 in
- Susunan pitch : Segitiga
- Bahan konstruksi : Stainless Steel SA 240 Grade M type 316

4. Down comer

- Lebar : 6,600 in
  - Luas : 0,5 ft<sup>2</sup>
  - Bahan konstruksi : Stainless Steel SA 240 Grade M type 316
5. Nozzle
- Diameter feed masuk : 5,0 in
  - Diameter top kolom : 5,0 in
  - Diameter refluks : 3,0 in
  - Diameter bottom : 4,0 in
  - Diameter reboiler : 3,5 in
6. Flange dan Gasket
- Diameter Flange : 71,7 in
  - Tebal Flange : 1,4 in
  - Bahan konstruksi : high Alloy steel SA-336 Grade F8 type 304
  - Lebar Gasket : 0,1875 in
  - Diameter Gasket : 66,1875 in
  - Bahan konstruksi : Solid Flat Metal Iron
7. Baut
- Ukuran Baut : 1,00 in
  - Jumlah baut : 8 buah
  - Bahan konstruksi : High Alloy Steel SA 193 Grade B8t type 321
8. Skirt Support
- Tinggi : 24 in
  - Tebal : 1,3763 in
  - Bahan konstruksi : High Alloy Steel SA 240 Grade M type 316
9. Bearing plate
- Type : Eksternal Bolting Chair
  - Diameter dalam : 65,3 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

## **BAB VII**

### **INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA**

Untuk menjaga kualitas dan kuantitas produk yang dihasilkan serta keselamatan karyawan maupun alat proses, maka instrumentasi dan keselamatan kerja merupakan dua faktor yang sangat diperlukan.

Instrumentasi merupakan fungsi pendukung dari jalannya suatu proses, yang mengontrol dan mengendalikan suatu kondisi operasi sesuai dengan variabel proses yang diinginkan.

Keselamatan kerja adalah keselamatan yang berkaitan dengan alat kerja, mesin, bahan dan proses pengolahannya, tempat kerja dan lingkungannya. Keselamatan kerja merupakan suatu bentuk upaya atau pemikiran yang bertujuan untuk menjamin keselamatan dan kesehatan tenaga kerja dalam melaksanakan tugasnya.

#### **7.1 Instrumentasi**

Instrumentasi merupakan peralatan yang digunakan untuk mengamati, mengontrol dan mengendalikan suatu kondisi operasi sesuai dengan variabel proses yang diinginkan. Fungsi instrumentasi adalah untuk mengetahui kondisi operasi yang sedang berlangsung, mengatur variabel proses baik secara manual maupun secara otomatis, dan untuk mengingatkan operator akan kondisi yang kritis dan berbahaya. Pengendalian proses dipasang pada unit pabrik yang benar-benar memerlukan pengendalian atau pengontrolan secara cermat dan akurat agar kapasitas produksi yang diinginkan tercapai. Pemilihan dan penempatan alat pengendali ini sangat penting karena menyangkut harga alat yang relatif mahal. Instrumentasi dapat dibedakan berdasarkan proses kerjanya, yaitu :

- **Manual**

Manual yaitu sistem pengendalian dengan subyek manusia. Biasanya sistem ini dipakai pada beberapa proses-proses yang tidak banyak mengalami perubahan beban (load) atau pada proses yang tidak kritis. Pada peralatan proses ini hanya dipasang penunjuk (indikator) dan pencatat atau perekam (recorder). Pengendalian ini merupakan pengendalian dengan sensor yang dimiliki oleh manusia.

- Otomatis

Otomatis yaitu sistem pengendalian dimana subyek digantikan oleh suatu alat yang disebut *controller*. Dimana tugas untuk membuka dan menutup valve tidak lagi dikerjakan oleh operator, tetapi atas perintah *controller*.

Tujuan pemasangan alat instrumentasi :

- Menjaga keamanan instrumentasi agar tetap aman, dengan cara :
  - a. Mendeteksi adanya kondisi yang berbahaya dan membuat tanda-tanda bahaya secara *interlock* secara otomatis jika kondisi kritis muncul
  - b. Menjaga variabel-variabel proses berada pada kondisi yang aman
- Menjaga jalannya suatu proses produksi agar sesuai dengan yang diinginkan
- Menekan biaya produksi serendah mungkin
- Keselamatan dan efisiensi kerja terjamin

Pada pra rancang Pabrik Dimetil Eter ini menggunakan instrumentasi secara otomatis dan manual. Macam-macam instrumentasi yang digunakan, yaitu :

1. Pengatur suhu

- a. *Temperature controller*

Berfungsi untuk mengendalikan suhu operasi sesuai dengan kondisi yang diinginkan

2. Pengatur tekanan

- a. *Pressure controller*

Berfungsi untuk mengendalikan tekanan operasi sesuai dengan kondisi yang diinginkan

3. Pengatur aliran

- a. *Flow controller*

Berfungsi untuk mengendalikan laju aliran dalam suatu peralatan proses sesuai dengan kondisi yang diinginkan

- b. *Weight controller*

Berfungsi untuk mengontrol massa dalam suatu peralatan proses sesuai dengan kondisi yang diinginkan

- c. *Ratio controller*

Berfungsi untuk mengendalikan rasio aliran liquid pada peralatan proses

## 4. Pengatur tinggi permukaan

a. *Level indicator*

Berfungsi untuk mengetahui ketinggian liquida pada alat proses

Tabel 7.1. Macam-macam instrumentasi pabrik Dimetil Eter

No.	Kode	Nama Alat	Instrumentasi	Fungsi
1	F-111	Storage CH <sub>3</sub> OH	LI FC	Sebagai indikator ketinggian liquida dalam storage metanol Mengatur laju aliran metanol dari storage menuju heater
2	E-122	Heater	TC	Mengatur suhu aliran dari storage metanol menuju kompresor
3	G-113	Kompresor	PC	Mengatur tekanan dalam kompresor
3	R-110	Reaktor	TC FC	Mengatur suhu dalam reaktor Mengatur laju aliran dari reaktor menuju ekspander
4	N-121	Ekspander	PC	Mengatur tekanan dalam kompresor
5	E-122	Cooler	TC	Mengatur suhu dalam cooler
9	D-120	Destilasi	PC	Mengatur tekanan dalam kolom destilasi
10	F-123	Kondensor	TC	Mengatur suhu aliran kondensor
11	F-124	Akumulator	RC	Mengatur perbandingan aliran dari accumulator menuju kolom destilasi
12	E-125	Reboiler	TC	Mengatur suhu dalam reboiler
13	D-130	Destilasi	PC	Mengatur tekanan dalam



				kolom distilasi
14	F-131	Kondensor	TC	Mengatur suhu aliran kondensor
15	F-132	Akumulator	RC	Mengatur perbandingan aliran dari accumulator menuju kolom distilasi
16	E-133	Reboiler	TC	Mengatur suhu dalam reboiler

## 7.2 Keselamatan Kerja

Keselamatan kerja adalah keselamatan yang berkaitan dengan alat kerja, mesin, bahan dan proses pengolahannya, tempat kerja dan lingkungannya. Keselamatan kerja merupakan suatu bentuk upaya atau pemikiran yang bertujuan untuk menjamin keselamatan dan kesehatan tenaga kerja dalam melaksanakan tugasnya. Suatu pabrik dapat berjalan lancar apabila karyawan-karyawan yang mengendalikan peralatan terjamin keselamatannya dalam melaksanakan tugasnya. Kurang perhatian terhadap keselamatan kerja dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan yang dapat menghambat proses produksi. Keselamatan kerja dapat membantu meningkatkan produksi dan produktivitas kerja karena :

1. Dengan tingkat keselamatan kerja yang tinggi, sehingga faktor manusia dapat meningkatkan produktivitas kerja
2. Praktek keselamatan kerja tidak dapat dipisahkan dengan ketrampilan, namun keduanya berjalan sejajar dan merupakan unsur yang sangat penting dengan kelangsungan produksi
3. Keselamatan kerja dilaksanakan karena adanya partisipasi seluruh karyawan perusahaan sehingga tercipta kondisi yang tenang dan aman yang dapat menunjang kelancaran produksi

Bahaya-bahaya yang dapat terjadi pada pabrik Dimetil eter dapat disebabkan karena kecelakaan mesin-mesin pabrik, kebocoran bahan-bahan yang berbahaya, kebakaran, ledakan, bahaya mekanik, dan bahaya listrik.

### 1. Bahaya kebakaran dan ledakan

Terjadinya bahaya kebakaran dan ledakan dapat disebabkan :

- Terjadinya hubungan arus pendek listrik (konsleting)
- Penyalaan atau penggunaan api di sekitar area pabrik, misalnya merokok
- Penggunaan peralatan yang dapat menimbulkan percikan api, misalnya alat las
- Kesalahan pengoperasian alat

Upaya pencegahan terjadinya bahaya kebakaran dan ledakan, antara lain :

- Menjauhkan bahan yang mudah terbakar dari sumber api
- Memasang *water hydrandan* alat pemadam kebakaran di seluruh area pabrik
- Memasang tanda dilarang merokok, plakat *Standard Operation Procedure* (SOP), dan tanda bahaya pada tiap-tiap zat kimia yang digunakan
- Pemasangan alat-alat listrik yang sedemikian rupa sehingga mengurangi resiko terjadinya hubungan arus pendek listrik

## 2. Bahaya mekanik

Bahaya mekanik disebabkan oleh pengerjaan konstruksi bangunan atau peralatan proses yang tidak memenuhi syarat. Beberapa hal yang harus diperhatikan untuk mengurangi terjadinya bahaya mekanik, antara lain :

- Perancangan alat harus memperhatikan bahan konstruksi dan memperhatikan faktor korosi
- Pemasangan alat-alat pengendali yang baik dan sesuai, serta pemasangan alat pengaman proses pada alat yang beresiko besar menimbulkan bahaya mekanik

## 3. Bahaya listrik

Bahaya pengoperasian maupun perbaikan instalansi listrik hendaknya selalu menggunakan alat pengaman yang disediakan pabrik, sehingga para pekerja dapat terjaga keselamatannya. Beberapa hal yang perlu diperhatikan, antara lain :

- Peralatan kelistrikan, seperti switcher dan transformator diletakkan di tempat yang aman dan tersendiri
- Peralatan listrik dibawah tanah sebaiknya diberi tanda dengan jelas

## 4. Alat-alat penggerak

Peralatan yang bergerak hendaknya ditempatkan pada tempat yang tertutup untuk mempermudah penanganan dan perbaikan, serta menjaga keamanan dan keselamatan para pekerja.

Untuk menjaga keselamatan karyawan perlu adanya kesadaran dari seluruh karyawan agar dapat bekerja dengan baik dan efektif sehingga tidak membahayakan keselamatan jiwa. Oleh karena itu pengetahuan tentang kesehatan dan keselamatan kerja (K3) perlu diketahui oleh seluruh karyawan, dari mulai karyawan operator proses sampai karyawan administrasi.

Perusahaan akan mengadakan semacam pelatihan dan penyuluhan pada seluruh karyawan terutama karyawan baru agar sosialisasi K3 lebih efektif tercipta di lingkungan kerja. Pelatihan atau penyuluhan K3 akan berbeda bagi setiap karyawan tergantung pada bagaimana dia bekerja. Pada operator proses, karyawan wajib menggunakan alat-alat pelindung diri, seperti masker, helm, safety belt, safety shoes, sarung tangan, dll. Selain itu karyawan proses juga harus mengetahui bahaya-bahaya yang akan terjadi mulai dari tangki bahan baku sampai tangki produk. Sedangkan karyawan gudang harus mengetahui prosedur penggunaan kendaraan pengangkut hingga cara penyusunan kemasan produk. Selain itu, pemasangan ventilasi pada setiap ruangan harus disesuaikan standar WHO (World Health Organization) agar lingkungan kerja sehat dapat meningkatkan produktifitas karyawan dalam bekerja.

Pemakaian alat pengaman kerja pada pabrik dimetil eter yaitu berupa Alat Pelindung Diri (APD). Alat pelindung diri (APD) adalah seperangkat alat yang digunakan oleh karyawan untuk melindungi seluruh dan atau sebagian tubuh dari adanya potensi bahaya dan kecelakaan kerja. Penggunaan alat pelindung diri merupakan salah satu upaya mencegah terjadinya kecelakaan kerja sebab telah diketahui bahwa pengguna pelindung diri sangat berperan menciptakan keselamatan ditempat kerja. Alat-alat pelindung diri yang digunakan pada pabrik dimetil eter adalah sebagai berikut :

#### 1. Alat Pelindung Kepala

*Safety helmet* yang berfungsi untuk melindungi kepala dari benturan benda – benda keras. Diberikan kepada semua karyawan yang berada pada area unit produksi (saat terjun ke lapangan).

#### 2. Alat Pelindung Mata

*Welding mask* atau *welding glasses*, berfungsi untuk melindungi mata dari radiasi sinar yang terdapat pada pengelasan berfungsi untuk pencegahan awal jika ada partikel – partikel berbahaya akibat dari proses.

### 3. Alat Pelindung Telinga

*Ear plug* (menahan suara sampai 39 dB); *ear muff* (sampai 41 dB). Diberikan kepada karyawan operator peralatan (mesin) terutama yang menimbulkan suara tinggi.

### 4. Alat Perlindungan Pernafasan

*Cartridge respirator* (berupa *full face mask* dan *half mask*), berfungsi untuk melindungi pernafasan dari udara yang terkontaminasi dengan kadar toksisitas rendah sampai sedang

### 5. Alat Pelindung Tangan

Sarung tangan karet (untuk melindungi tangan dari bahaya listrik, larutan asam atau basa yang bersifat korosif) serta sarung tangan kulit / PVC / berlapis *chrom* (untuk melindungi dari benda – benda tajam / kasar dan benda – benda panas). Diberikan kepada karyawan *operating unit*, *power station*, serta karyawan yang menangani *maintenance*.

### 6. Alat pelindung Kaki

Sepatu pengaman (*safety shoes*), berfungsi untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan benda – benda berat, terpercik aliran panas atau larutan asam ataupun basa yang bersifat korosif akibat dari kebocoran pompa atau pipa dan terlindung dari lumpur dari hasil samping. Diberikan pada semua karyawan saat berada di area plan terutama yang menangani bagian, tangki penyimpanan, limbah dan hasil samping serta produksi.

### 7. Tali atau Sabuk Pengaman

berfungsi untuk mengamankan tubuh pekerja atau karyawan pada saat kontrol di *tower – tower* atau tangki yang tinggi dan perlu penanganan yang khusus demi mempermudahkannya. Diberikan pada karyawan bagian operator kontrol.

Tabel 7.2. Alat-alat keselamatan kerja pada pabrik

No.	Nama Alat Pengaman	Pekerja yang Dilindungi
1	<i>Safety helmet</i>	Karyawan yang berada pada area unit produksi
2	<i>Welding mask</i> atau <i>welding glasses</i>	Karyawan yang berada pada area unit produksi, laboratorium, boiler dan bengkel
3	<i>Ear plug</i>	Karyawan operator peralatan mesin

4	<i>Cartridge respirator</i>	Karyawan yang berada pada area pada area yang terkontaminasi dengan kadar toksisitas rendah sampai sedang
5	Sarung tangan	Karyawan <i>operating unit, power station</i> , serta karyawan yang menangani <i>maintenance</i>
6	<i>Safety shoes</i>	Karyawan saat berada di area plan terutama yang menangani bagian, tangki penyimpan, limbah dan hasil samping serta produksi.
7	Tali atau sabuk pengaman	Karyawan bagian operator kontrol

## **BAB VIII**

### **UTILITAS**

Unit utilitas merupakan bagian penting dalam menunjang proses produksi dalam suatu pabrik, sehingga kapasitas produksi dapat tercapai. Pabrik Dimetil Eter, meliputi: unit pengadaan air (air pendingin, air sanitasi, dan air umpan boiler), unit pengadaan steam, unit pengadaan listrik dan unit pengadaan bahan bakar.

#### **1. Unit pengadaan air**

Unit pengadaan air bertugas memasok kebutuhan air dan mengolah air untuk memenuhi kebutuhan air :

- a. Air pendingin
- b. Air umpan boiler
- c. Air sanitasi

#### **2. Unit pengadaan steam**

Unit pengadaan steam bertugas memasok kebutuhan steam sebagai media pemanas koil reaktor dan kebutuhan heat exchanger

#### **3. Unit pengadaan listrik**

Unit pengadaan listrik bertugas memasok kebutuhan listrik sebagai sumber listrik peralatan proses, pengolahan air, peralatan elektronik, dan penerangan. Listrik di supply dari PLN dan generator sebagai cadangan listrik apabila PLN mengalami gangguan.

#### **4. Unit pengadaan bahan bakar**

Unit pengadaan bahan bakar bertugas memasok kebutuhan bahan bakar untuk memenuhi kebutuhan reboiler dan generator.

#### **8.1 Unit Pengadaan Air**

Unit pengadaan air umumnya menggunakan air kawasan, air sungai, air danau, dan air laut sebagai sumber untuk memenuhi kebutuhan air suatu industri. Dalam perancangan pabrik Dimetil eter ini, sumber air yang digunakan berasal dari air kawasan yang berada di kawasan industri KALTIM (Kalimantan Timur).

## Jenis Air

### 8.1.1 Air Pendingin

Air pendingin sebelum digunakan perlu diolah terlebih dahulu, baik yang berasal dari air permukaan maupun air tanah. Kandungan bahan didalam air akan mempengaruhi sistem air pendingin, sebab bahan-bahan yang terkandung didalamnya akan menimbulkan masalah kerak yang menghambat perpindahan panas. Air pendingin digunakan untuk peralatan-peralatan yang memerlukan pendingin, seperti *condenser* dan *cooler*. Dari total air pendingin yang diperlukan, diberikan faktor keamanan sebesar 20%. Untuk menghemat air pendingin biasanya dilakukan *recycle* sehingga air pendingin yang perlu disiapkan hanya berupa *make upwater* yang jumlahnya diperkirakan 20% dari total kebutuhan air pendingin. Air pendingin berfungsi sebagai media pendingin pada alat perpindahan panas. Hal ini disebabkan karena :

- Air merupakan bahan yang mudah didapat
- Mudah dikendalikan dan dikerjakan
- Dapat menyerap panas
- Tidak mudah menyusut karena pendinginan
- Tidak mudah terkondensasi

Air pendingin tersebut digunakan pada Cooler (E-141), Kondenser (E-123), dan Kondenser (E-131) sebesar 24538,6844 kg/jam. Penggunaan air pendingin diperkirakan 20% dari total kebutuhan air pendingin.

### 8.1.2 Air Umpan Boiler

Air umpan boiler merupakan bahan baku pembuatan steam yang berfungsi sebagai media pemanas. Kebutuhan steam pada Pra Rancang Pabrik Dimetil Eter ini digunakan pada Heater (E-112), Reboiler (E-126), dan Reboiler (E-134) sebesar 3225,9718 kg/jam. Air umpan boiler disediakan berlebih sebesar 20% untuk mengganti steam yang hilang karena adanya kebocoran transmisi. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan *boiler*, yaitu :

- Kandungan yang dapat menimbulkan korosi  
Korosi yang terjadi didalam *boiler* disebabkan karena air mengandung larutan asam dan gas-gas yang terlarut
- Kandungan yang dapat menyebabkan kerak (*scale*)

Pembentukan kerak disebabkan karena adanya kesadahan dan suhu tinggi, biasanya berupa garam-garam karbonat dan silikat

- Kandungan yang dapat menyebabkan buih (*foaming*)

Air yang diambil dari proses pemanasan dapat menyebabkan *foaming* pada *boiler* dan alat penukar panas, karena adanya zat-zat organik, anorganik, dan zat-zat yang tidak terlarut dalam jumlah besar.

- Kandungan yang dapat menyebabkan *carry over*

*Carry over* terjadi karena adanya zat padat yang terkandung didalam air boiler terikut air atau steam keluar boiler dan mengendap pada pipa-pipa uap, valve, turbin atau mesin.

- Tidak boleh menimbulkan *priming*
- Tidak boleh menimbulkan *caustic imbrittlement*

Bahan-bahan yang dapat menyebabkan beberapa hal tersebut adalah kadar *soluble matter* yang tinggi, *suspended solid*, garam-garam Ca dan Mg, silica, sulfat, asam bebas dan oksida serta *organic matter*. Persyaratan yang diperlukan untuk air umpan boiler, sebagai berikut :

Tabel 8.1. Persyaratan kandungan bahan dalam air boiler, pada beberapa tekanan boiler:

Parameter	Tekanan Boiler (psig)			
	0-150	150-250	250-400	>400
<i>Turbidity</i>	20	10	5	1
<i>Color</i>	80	40	5	2
<i>Oxygen consumed</i>	15	10	4	3
<i>Dissolved oxygen (O<sub>2</sub>)</i>	1,5	0,1	0	0
<i>Hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S)</i>	5	3	0	0
<i>Total hardness (CaCO<sub>3</sub>)</i>	80	40	10	2
<i>Sulfide carbonate ratio (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)</i>	1:1	2:1	1:1	1:1
<i>Aluminium oxide (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)</i>	5	0,5	0,05	0,01
<i>Silica (SiO<sub>2</sub>)</i>	40	20	5	0
<i>Bicarbonate (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</i>	50	30	5	0
<i>Carbonate (CO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</i>	200	100	40	20
<i>Hydroxide (OH)</i>	50	40	30	15



<i>Total solid</i>	3000-500	2500-500	1500-100	50
<i>Minimum Ph</i>	8,0	8,4	8	9,6

Tabel 8.2. Persyaratan kandungan bahan dalam air boiler, pada beberapa tekanan boiler

Parameter	Tekanan (psia)						
	0-300	301-405	451-600	601-750	751-900	901-1001	1001-1500
Total Dissolved Solid (ppm)	3500	3000	2500	2000	1500	1250	-
Alkalinity (ppm)	700	600	500	400	300	250	200
Hardness (ppm)	0	0	0	0	0	0	0
Silika (ppm)	100-60	60-45	45-35	35-25	25-15	15-12	12-2
Turbidity (ppm)	175	150	125	100	75	63	50
Oil (ppm)	7	7	7	7	7	7	7
PO <sub>4</sub> residu (ppm)	140	120	100	80	60	50	40

Untuk memenuhi persyaratan tersebut dan untuk mencegah kerusakan pada boiler, maka air umpan boiler harus dikendalikan agar tidak menimbulkan masalah melalui :

#### 1. Pengendalian *priming*

*Priming* adalah keluarnya air dengan keras bersama-sama uap secara tiba-tiba dari boiler yang terjadi karena ketinggian air didalam boiler yang dapat merusak mesin atau turbin. Pada dasarnya *priming* dapat disebabkan oleh bahan kimia yang terkandung dalam air boiler dan masalah mekanis, yaitu :

- Ketinggian air didalam boiler yang terlalu tinggi

- Konsentrasi bahan kimia didalam air boiler yang terlalu tinggi
- Kotoran yang dapat menaikkan tegangan muka cairan
- Pembukaan *valve* uap yang terlalu cepat

Pencegahan *priming* yang disebabkan masalah mekanis, dapat dilakukan dengan cara :

- Design boiler yang tepat
- Menjaga ketinggian air di dalam boiler
- Membuat metode penyalaan yang tepat
- Menjaga jangan sampai terjadi *over loading*
- Menjaga perubahan kondisi boiler yang terlalu mencolok
- Menjaga steam storage diatas *water level* harus tepat
- Mengatur kecepatan steam sewaktu keluar dari boiler
- Jika *priming* yang terjadi disebabkan oleh kandungan bahan kimia, maka perlu dilakukan pengendalian kandungan solid yang ada di dalam air boiler tersebut

## 2. Pengendalian *carry over*

*Carry over* terjadi karena zat padat yang terkandung di dalam air boiler terikut air atau steam keluar boiler dan mengendap pada pipa-pipa uap, *valve*, mesin atau turbin. Padatan dapat merusak sudut-sudut turbin dan pelumas mesin. Selain itu akibat pemanasan, zat padat tadi akan timbul dan menempel pada metal dan adanya pemanasan lanjut akan menyebabkan lepas sehingga akan membawa sebagian dari besi yang ditemplei padatan tersebut. Penyebab terjadinya *carry over* bisa disebabkan persoalan mekanis, bisa disebabkan oleh *deficiency* pada *design boiler*, ketinggian air, penyalaan yang tidak benar, *over loading* dan perubahan kondisi boiler yang mencolok. Untuk mencegah hal tersebut *design boiler* harus tepat. Apabila terjadi masalah yang disebabkan oleh bahan kimia maka yang perlu diperhatikan adalah pengendalian kandungan bahan padat di dalam air boiler.

## 3. Pengendalian kerak atau endapan

Kerak atau endapan yang melekat atau berupa lumpur didalam boiler disebabkan karena adanya garam-garam  $\text{Ca}^{++}$  dan  $\text{Mg}^{++}$ , yang dapat menyebabkan terjadinya :

- Isolasi panas atau panas dari bahan bakar terhalang sehingga efisiensi panas pembakaran rendah

- Suatu saat kerak tersebut pecah sehingga air berhubungan langsung dengan dinding boiler yang dapat menimbulkan kebocoran akibat boiler mendapat tekanan yang kuat

Bentuk-bentuk kerak, antara lain :

- *Sludge* (lumpur), yaitu kerak yang tidak terlalu banyak mengganggu terhadap perpindahan panas, biasanya kerak ini dapat dikurangi dengan *blow-down*
- Kerak yang menempel kuat pada dinding boiler, yaitu kerak yang sukar dibersihkan. Ada 2 macam kerak, yaitu :
  - a. Kerak porous, yaitu kerak yang berlubang-lubang atau tidak masif. Kerak ini sangat merusak boiler disebabkan didalam kerak tersebut bisa mengurung steam, yang dapat menyebabkan terjadinya gelembung-gelembung yang akan merusak dinding boiler karena terjadi kelewat panas
  - b. Kerak padat (solid), yaitu kerak yang lebih padat dibandingkan dengan kerak porous. Dibandingkan dengan kerak porous, daya rusak kerak padat lebih kecil

#### 4. Pengendalian korosi

Air umpan boiler dapat menyebabkan korosi pada dinding ketel karena air umpan boiler yang masih bersifat asam atau mengandung bahan terlarut seperti bikarbonat, bahan organik atau minyak.

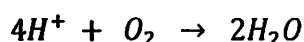
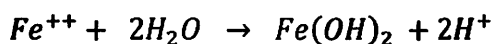
- Keasaman atau pH

Apabila air umpan boiler masih bersifat asam, maka ion hidrogen yang cukup besar akan melapisi permukaan metal sehingga akan menimbulkan gas yang akan meninggalkan permukaan metal yang dapat menyebabkan korosi

- Oksigen

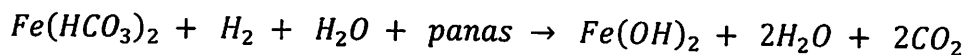
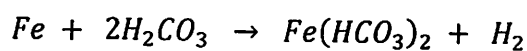
Adanya oksigen yang terlarut akan menyebabkan terjadinya korosi, dengan cara:

- Oksigen akan mengoksidasi ferrohidroksida ( $\text{Fe(OH)}_2$ ) menjadi ferrihidroksida ( $\text{Fe(OH)}_3$ ) yang akan larut di dalam air
- Oksigen akan bereaksi dengan hidrogen ion yang terjadi karena adanya reaksi  $\text{Fe}^{++}$  dengan air, dan akan melapisi permukaan metal sehingga terjadi korosi



- Bikarbonat

Adanya bikarbonat di dalam air umpan boiler akan menyebabkan terjadinya CO<sub>2</sub> karena pemanasan dan adanya tekanan. CO<sub>2</sub> yang terjadi bereaksi dengan air menjadi asam karbonat. Asam ini perlahan-lahan akan bereaksi dengan metal dan besi membentuk garam bikarbonat. Garam bikarbonat ini dengan pemanasan akan membentuk CO<sub>2</sub> kembali. Selanjutnya CO<sub>2</sub> akan bereaksi kembali dengan air membentuk asam. Kondisi ini akan berjalan terus sehingga membentuk sebuah siklus



- Gas

Gas H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub> dan NH<sub>3</sub> dapat menyebabkan korosi tetapi tidak separah yang disebabkan oleh gas O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub>

- Bahan organik

Bahan organik yang terkandung di dalam air umpan boiler yang berupa asam organik akan menyebabkan terjadinya korosi pada dinding ketel

- Oli dan gemuk

Oli dan gemuk di dalam air umpan boiler yang berasal dari minyak bumi, binatang, dan tumbuh-tumbuhan akan menghasilkan asam organik dan gliserin. Asam organik akan bereaksi dengan besi yang dapat membentuk CO<sub>2</sub> sehingga akan menyebabkan terjadinya korosi.

Beberapa cara yang dilakukan untuk mengendalikan korosi, yaitu :

- Pengaturan alkalinity dan pembentukan lapisan film dimana pH air umpan boiler diharapkan lebih besar dari 9,5 dan kandungan hidroksida alkalinity kecil. Alkalinity bisa diatur dengan penambahan soda ash (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), caustic soda (NaOH) dan trisodium fosfat.
- Untuk menghilangkan kandungan O<sub>2</sub> dapat dilakukan dengan aerasi, sedangkan untuk menghilangkan CO<sub>2</sub> dapat dilakukan dengan pemanasan pendahuluan secara terbuka pada air umpan boiler. Selain itu dapat juga dengan cara penambahan bahan kimia
- Memberikan perlindungan dengan pembentukan film dengan menggunakan tannin, turunan lignin, atau turunan glukosa

- Jika penyebab korosi disebabkan oleh kondensat, dapat dicegah dengan pemberian senyawa amine atau ammonia

#### 5. Pengendalian *caustic imbrittlement*

Salah satu penyebab kerapuhan dinding boiler adalah kandungan NaOH bebas di dalam air boiler yang terkonsentrasi pada titik kebocoran dan secara kimia akan menyerang metal. Hal ini dapat menyebabkan retakan yang tidak teratur, terutama pada metal yang terkena tekanan. Beberapa hal yang dapat mengurangi resiko *caustic imbrittlement*, yaitu :

- Mencegah kebocoran pada metal yang mengalami tekanan
- Menambah inhibitor
- Mengendalikan alkalinitas hidroksida yang rendah pada air boiler, dengan cara :
  - Mengendalikan pH dengan menggunakan fosfat, sehingga pH air umpan boiler dapat diketahui dengan melihat endapan trisodium fosfat
  - Menambahkan bahan kimia, pencegah *imbrittlement* yaitu lignin, tannin, dan sodium nitrat

#### 8.1.3 Air Sanitasi

Air sanitasi adalah air yang bebas dari *suspended solid* dan mikrobiologis. Air ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan air minum, laboratorium, kantor dan pertamanan. Sebelum digunakan air baik yang berasal dari air permukaan ataupun air tanah, perlu dilah terlebih dahulu. Kandungan mikrobiologis terutama jenis bakteri di dalam air akan mempengaruhi kualitas air sanitasi. Syarat kualitas air sebagai berikut :

##### a. Syarat fisika

- Suhu : dibawah suhu udara
- Warna : tidak berwarna (jernih)
- Rasa : tidak berasa
- Bau : tidak berbau
- Kekeruhan : lebih kecil dari 1mg SiO<sub>2</sub>/liter
- pH : netral

## b. Syarat kimia

Tabel 8.3 Syarat kimia air sanitasi

No.	Parameter	Maksimal Konsentrasi (ppm)
1	Zat terlarut	1000
2	Zat organik (angka KMNO <sub>4</sub> )	10
3	CO <sub>2</sub> agresif	-
4	H <sub>2</sub> S	-
5	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-
6	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	-
7	SO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	20
8	Cl <sup>-</sup>	250
9	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	250
10	Mg <sup>2+</sup>	125
11	Fe <sup>2+</sup>	0,2
12	Mn <sup>2+</sup>	0,1
13	Ag <sup>2+</sup>	0,05
14	Pb <sup>2+</sup>	3,0
15	Cu <sup>2+</sup>	3,0
16	Zn <sup>2+</sup>	5,0
17	F <sup>-</sup>	1 – 115
18	pH	6,5 – 9
19	Kesadahan	5 – 10 D <sup>0</sup>

## c. Syarat biologi

- Tidak mengandung kuman maupun bakteri, terutama bakteri patogen yang dapat merubah sifat-sifat fisik air
- Angka kuman 100/1mL
- Bakteri coli tidak ada dalam 100 ml

## A. Pengolahan Air

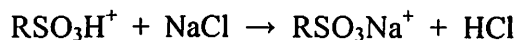
Kebutuhan air pabrik diperoleh dari air kawasan. Agar memenuhi persyaratan maka air kawasan harus diolah terlebih dahulu. Tahapan proses pengolahan air, sebagai berikut :

- **Pengolahan Air Sanitasi**

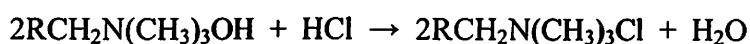
Air dari bak penampung air kawasan (F-212) dialirkan dengan pompa (L-251) menuju bak klorinasi (F-241) dan ditambahkan desinfektan Clor ( $\text{Cl}_2$ ) sebanyak 1 ppm yang diinjeksikan langsung ke dalam pipa. Dari bak klorinasi, air dialirkan menuju bak air sanitasi (F-252) dengan menggunakan pompa (L-253) dan siap untuk digunakan sebagai air sanitasi

- **Pelunakan Air Umpan Boiler**

Pelunakan air umpan boiler yang dilakukan dengan pertukaran ion dengan proses demineralisasi yang terdiri dari dua tangki, yaitu tangki kation exchanger (D-210 A) dan anion exchanger (D-210 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 penampung air kawasan (F-212) dialirkan dengan pompa (L-213) menuju kation exchanger (D-210 A). 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-210 B) 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 anion exchanger 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 air umpan boiler, air lunak ditampung dalam bak air lunak (F-214) yang selanjutnya dipompa (L-215) ke deaerator D-216) untuk menghilangkan gas-gas impurities pada air umpan boiler (Q-220) dengan pompa (L-222). Steam yang dihasilkan boiler didistribusikan ke peralatan dan kondensat yang dihasilkan di recycle.

- Pengolahan Air Pendingin

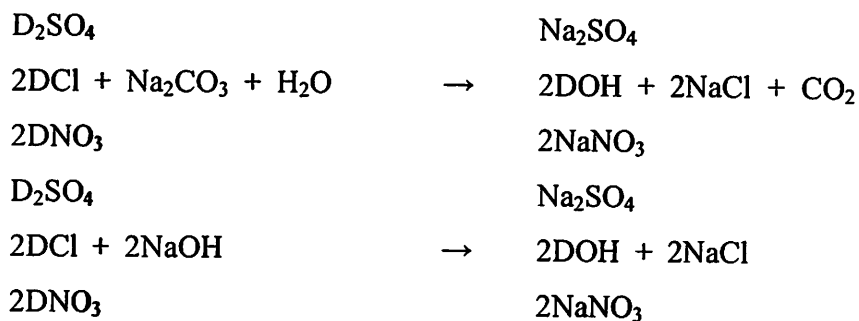
Untuk memenuhi kebutuhan air pendingin, dari bak air lunak dipoma ke bak air pendingin kemudian dialirkan ke peralatan dengan menggunakan pompa. Setelah digunakan air direcycle menuju cooling tower dan selanjutnya cooling tower, air direcycle kembali ke bak air pendingin.

- Pengolahan Air Pendingin Dowtherm A

Untuk memenuhi kebutuhan pendingin dowtherm A. Dari tangki *storage* dowtherm A (F-230) diumpankan menggunakan pompa (L-231) menuju cooler (E-232) yang kemudian dikontakkan dengan air dari bak air lunak (F-214) kemudian di pompa (L-226) menuju cooler. Dowtherm A yang telah dingin kemudian dipompa (L-233) menuju reaktor (R-110) dan cooler (E-117).

- Proses Regenerasi Resin

Pemakaian resin yang terus menerus menyebabkan resin tidak aktif lagi. Hal ini dapat diketahui dari pemeriksaan kesadahan air umpan boiler. Resin yang sudah tidak aktif menunjukkan resin sudah jenuh dan perlu diregenerasi. Regenerasi kation exchanger dilakukan dengan menggunakan asam sulfat atau asam klorida. Sedangkan regenerasi anion exchanger dengan menggunakan larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  atau  $\text{NaOH}$ . Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



## 8.2 Unit Pengolahan steam

Bahan baku pembuatan steam adalah air umpan boiler. Direncanakan steam yang digunakan adalah saturated steam :

- Suhu (T) = 200°C
- Tekanan (P) = 1554,9 KPa

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



- Kadar zat terlarut yang tinggi
- Zat padat terlarut
- Garam-gam kalsium dan magnesium
- Zat organik
- Silika, sulfat, asam bebas dan oksida

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh air umpan :

1. Tidak boleh berbuih (busa)

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

- Kesulitan pembacaan tinggi cairan dalam boiler
- Buih dapat menyebabkan percikan yang kuat dan mengakibatkan adanya solid-solid yang menempel sehingga menyebabkan terjadinya korosi dengan adanya pemanasan lebih lanjut.

Untuk mengatasi hal ini perlu adanya pengontrolan terhadap kandungan lumpur, kerak dan alkalinitas lebih lanjut.

2. Tidak boleh membentuk kerak dalam boiler

Kerak dalam boiler dapat menyebabkan:

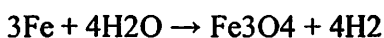
- Isolasi terhadap panas sehingga proses perpindahan panas terhambat
- Kerak yang terbentuk dapat pecah sewaktu-waktu sehingga dapat menimbulkan kebocoran karena boiler mendapat tekanan yang kuat.

3. Tidak boleh menyebabkan korosi pada pipa

Korosi pada pipa boiler disebabkan oleh keasaman (pH rendah), minyak, lemak, bikarbonat, bahan-bahan organik dan gas-gas H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> yang terlarut dalam air.

Pada ketel uap bertekanan tinggi bertekanan tinggi adanya gelembung-gelembung uap atau udara dapat menyebabkan pemanasan setempat. Dengan adanya gelembung-gelembung uap menempel pada dinding, pada suhu gas bakar 500-600°C.

Pada temperatur itu uap air bereaksi:



Jika air pengisi ketel tidak bebas dari udara, pada pemanasan, udara terpisah dan menempel pada dinding ketel. Oksigen dari udara itu menyebabkan korosi. Makin tinggi tekanan uap, makin tinggi temperatur air dan makin besar bahaya korosi.

### 8.3 Unit Pengadaan Listrik

Kebutuhan tenaga listrik pada pabrik dimetil eter ini dipenuhi oleh Pembangkit Listrik Kawasan Industri Gresik dan generator pabrik. Hal ini bertujuan agar pasokan tenaga listrik dapat berlangsung kontinyu meskipun terjadi gangguan pasokan dari PLN. Generator yang digunakan adalah generator arus bolak-balik dengan pertimbangan :

- Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar
- Tegangan dapat dinaikan atau diturunkan sesuai kebutuhan

Kebutuhan listrik di pabrik dimetil eter terdiri dari :

- Listrik untuk keperluan proses dan utilitas
- Listrik untuk penerangan
- Listrik untuk peralatan elektronik
- Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi

Listrik yang dibutuhkan pada Pra Rancang Pabrik Dimetil Eter ini adalah 133,7582 kWh.

### 8.4 Unit Pengadaan Bahan Bakar

Unit pengadaan bahan bakar bertugas untuk memenuhi kebutuhan boiler dan generator. Jenis bahan bakar yang digunakan adalah IDO (*industrial diesel oil*). IDO diperoleh dari Pertamina dan distributornya. Pemilihan IDO sebagai bahan bakar didasarkan pada :

- Mudah didapat
- Lebih ekonomis
- Mudah dalam penyimpanan

## **BAB IX**

### **TATA LETAK PABRIK**

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

Pembuatan tata letak pabrik merupakan hal penting yang perlu dipertimbangkan, karena tata letak pabrik ini merupakan faktor penentuan apakah proses dari suatu pabrik dapat berjalan dengan lancar atau tidak. Dalam penentuan tata letak pabrik harus diatur sedemikian rupa sehingga didapatkan :

- Sistem operasi yang baik dan pemeliharaan yang efisien
- Pengaturan peralatan dan bangunan yang fungsional
- Suasana pabrik yang dapat menimbulkan semangat kerja dan menjamin keselamatan kerja yang tinggi bagi karyawan.

Untuk mendapatkan tata letak pabrik yang optimum harus dipertimbangkan beberapa faktor yaitu :

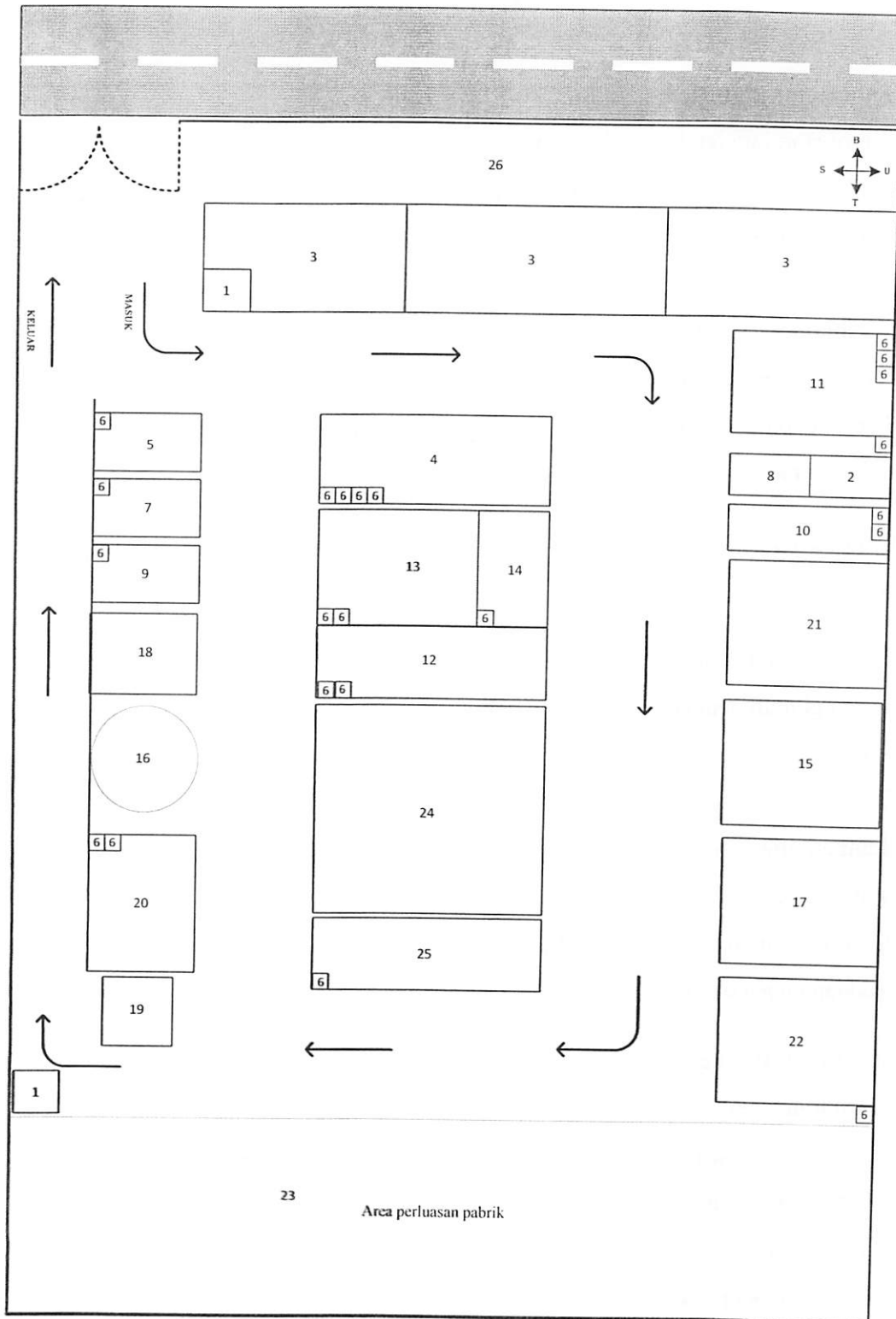
- Ketersediaan tanah
- Kemungkinan pengembangan pabrik dimasa mendatang
- Pengaturan terhadap penggunaan ruangan dan elevasi
- Keamanan terhadap kebakaran, gas beracun dan bentuk bangunan
- Memperhatikan pembuangan hasil – hasil produksi
- Tipe dan kualitas produk
- Distribusi bahan baku, bahan jadi, air listrik dan lain – lain
- Keadaan cuaca dan lingkungan.

#### **9.2. Tata Letak Bangunan Pabrik**

Pengaturan letak bangunan diatur sedemikian rupa, sehingga area pabrik dapat dimanfaatkan secara efisien. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengaturan letak bangunan pabrik meliputi :

- Letak bangunan pabrik sesuai dengan urutan proses
- Bahan baku dan produk dapat diangkut dengan mudah
- Letak bangunan proses dan perkantoran terpisah
- Menempatkan bahan-bahan yang berbahaya di daerah yang terisolasi
- Tersedianya lahan kosong untuk perluasan.

Rencana tata letak Pabrik Dimetil eter dapat dilihat pada gambar 9.1.



Skala 1: 1000

Gambar 9.1. Tata Letak Pabrik Dimetil Eter

**Tabel 9.1. Perincian Luasan Tanah Dan Bangunan Pabrik Dimetil Eter**

No.	Keterangan	Luas (m <sup>2</sup> )
1	Pos keamanan	40
2	Musholla	140
3	Parkir	250
4	Kantor pusat	520
5	Perpustakaan	70
6	Toilet	90
7	Dapur	30
8	Kantin	200
9	Koperasi	50
10	Poliklinik	40
11	Aula	175
12	Kantor penelitian dan pengembangan	80
13	Laboratorium	120
14	Gudang bahan baku	260
15	Storage Metanol	125
16	Gudang produk	260
17	Ruang boiler	50
18	Ruang servis dan bengkel	50
19	Pemadam kebakaran	70
20	Ruang bahan bakar dan generator	80
21	Power plant	300
22	Area pengolahan air	400
23	Area perluasan pabrik	1500
24	Area proses produksi	2200
25	Area perluasan proses produksi	710
26	Halaman, taman dan jalan	2950
	Total	10760

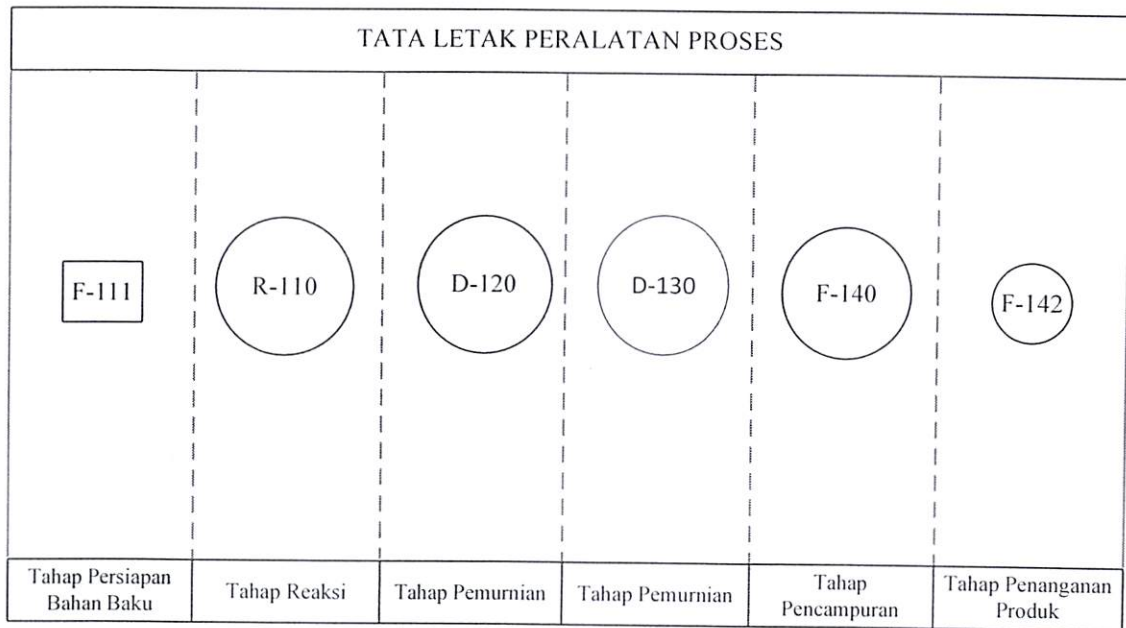
Jumlah luas tanah dan bangunan adalah 10.760 m<sup>2</sup>

### 9.3. Tata Letak Peralatan

Desain tata letak peralatan pabrik atau *equipment lay out* menjadi sangat penting karena berpengaruh pada efisiensi pabrik, yang berkaitan dengan ruang dan waktuoperasi maupun sistem perpipaanya. Tata ruang peralatan proses secara umumberorientasi pada keselamatan dan kenyamanan bekerja sehingga dapat meningkatkanproduktifitas kerja. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pengaturan ruangperalatan proses pabrik (*equipment lay out*), antara lain :

- Aliran bahan baku dan produk  
Pengaturan aliran bahan baku dan produk yang tepat dapat menunjang kelancaran dan keamanan produksi
- Aliran udara  
Aliran udara dan ventilasi disekitar area proses harus lancar agar tidak terjadi stagnasi (tiba – tiba berhenti) udara pada tempat yang dapat menyebabkan akumulasi bahan – bahan kimia berbahaya
- Pencahayaan  
Penerangan seluruh area pabrik terutama daerah proses harus memadai, apalagi pada tempat – tempat yang prosesnya berbahaya sangat membutuhkan penerangan khusus
- Lalu lintas manusia  
Dalam perencanaan proses lay out perlu memperhatikan ruang gerak pekerja agar dapat mencapai seluruh alat proses dengan mudah dan cepat sehingga penanganan khusus seperti kerusakan peralatan alat dapat segera teratasi
- Jarak antar alat proses  
Untuk alat proses bertekanan tinggi atau bersuhu tinggi sebaiknya berjauhan dari alat lainnya agar bila terjadi ledakan atau kebakaran tidak cepat merambat ke alat proses lainnya

Rencana tata letak peralatan pabrik dimetil eter dapat dilihat pada gambar 9.2



**Gambar 9.2. Tata Letak Alat Pabrik Dimetil Eter**

Keterangan :

1. F-111 : Storage metanol
2. R-110 : Reaktor
3. D-120 : Destilasi
4. D-130 : Destilasi
5. F-140 : Akumulator
6. F-142 : Storage dimetil eter



## **BAB X**

### **STRUKTUR DAN ORGANISASI PERUSAHAAN**

Kelancaran dan berlangsungnya 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 hubungannya struktural antar jabatan.

#### **10.1 Dasar Perusahaan**

Bentuk perusahaan : Perseroan Terbatas (PT)  
Lokasi pabrik : Kalimantan Timur, Bontang  
Kapasitas produksi : 200.000 ton/tahun  
Status perusahaan : Swasta  
Modal : Penanaman Modal Dalam Negeri

Dalam pengelolaan perusahaan agar mencapai sasaran secara efektif dan hasil produksi yang besar, maka harus diperhitungkan elemen dasar sebagai alat pelaksanaannya.

Elemen dasar itu adalah:

- Manusia (*man*)
- Uang (*money*)
- Bahan (*material*)
- Mesin (*machine*)
- Metode (*method*)
- Pasar (*market*)

Elemen dasar tersebut menjadi faktor utama untuk menjalankan suatu perusahaan mencapai tujuannya secara bersama-sama dalam organisasi perusahaan.

#### **10.2 Bentuk Perusahaan**

Pabrik dimetil eter direncanakan berstatus perusahaan swasta berskala nasional yang berbentuk Perseroan Terbatas (PT) bentuk ini digunakan dengan alasan:

- Modal menjadi besar karena berasal dari beberapa orang dan pinjaman dari bank.

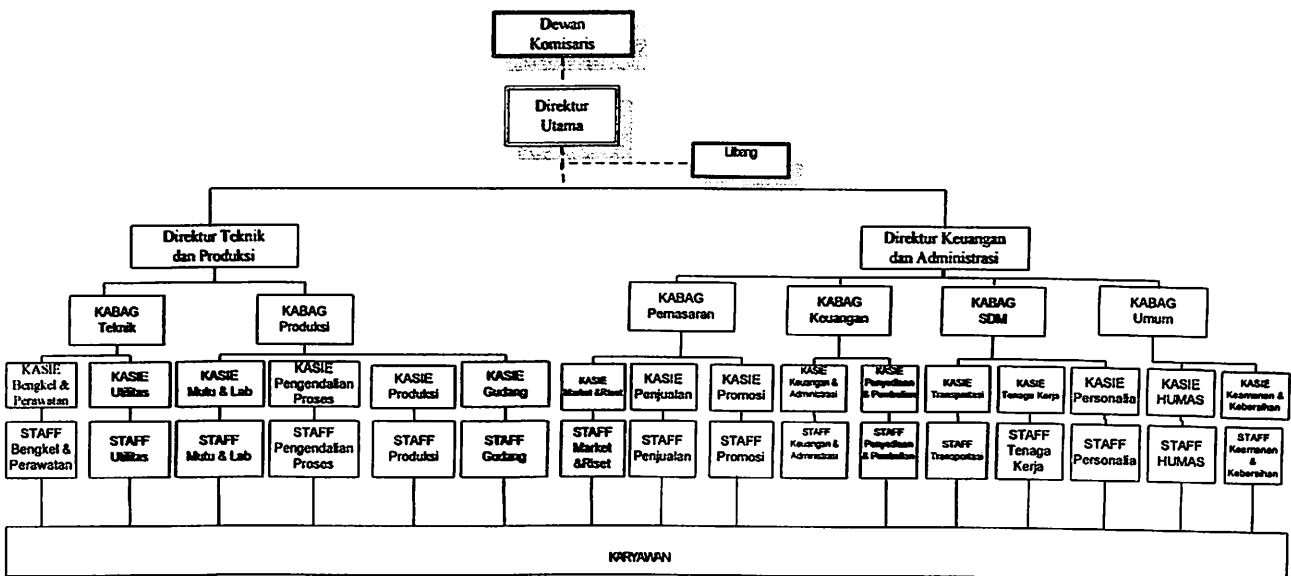


- Dari segi badan hukum mempunyai status hukum yang lebih kuat dan lebih diakui dibanding dengan badan hukum perusahaan lainnya sehingga mudah dalam peminjaman uang di bank.
- Apabila terjadi kerugian maka pemegang saham hanya mempertanggungjawabkan sebesar modal awalnya saja dan tidak sampai mengambil kekayaan pribadinya.
- Konflik sebesar apapun yang terjadi tidak akan mempengaruhi kegiatan pabrik karena masalah pribadi tidak akan mengganggu kegiatan pabrik.

### 10.3 Struktur Organisasi

Struktur organisasi yang digunakan adalah sistem organisasi garis dan staf, alasan pemakaian sistem ini adalah:

- Struktur organisasinya sederhana dan mudah dipahami
- Wewenang dan tanggung jawab untuk setiap posisi jelas
- Setiap karyawan hanya bertanggung jawab pada seorang pemimpin
- Disiplin yang tegas
- Keputusan dapat diberikan secepat mungkin
- Setiap karyawan melaksanakan perintah langsung dari pimpinan dengan bebas tanpa kritik sehingga menciptakan kondisi kerja yang harmonis.



Gambar 10.2. Struktur Organisasi Pra Rencana Pabrik Dimetil Eter

#### 10.4 Pembagian Kerja Dalam Organisasi

Pembagian kerja organisasi perusahaan merupakan pembagian tugas jabatan dan tanggung jawab antara satu pengurus dengan pengurus yang lain sesuai dengan strukturnya. Penjelasan dari setiap jabatan dalam organisasi perusahaan diterangkan sebagai berikut:

##### 1. Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan badan kekuasaan tertinggi dalam perusahaan yang bertindak sebagai wali pemegang saham yang diangkat menurut ketentuan yang ada dalam perjanjian dan dapat diberhentikan setiap waktu dalam Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS), apabila melakukan tindakan yang bertentangan dengan anggaran dasar perseroan. Tugas dewan komisaris antara lain:

- Menentukan kebijaksanaan perusahaan.
- Mengevaluasi dan mengawasi hasil yang diperoleh perusahaan.
- Memberikan nasihat kepada direktur bila direktur ingin mengadakan perubahan dalam perusahaan.
- Menyetujui atau menolak rencana yang diajukan direktur.

##### 2. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan eksekutif tertinggi di perusahaan dimana dalam menjalankan tugas sehari-hari dibantu oleh direktur produksi dan teknik serta direktur administrasi dan keuangan. Tugas dan wewenang direktur utama:

- Melaksanakan kebijakan perusahaan dan mempertanggung jawabkan kepada pemegang saham pada akhir masa jabatan.
- Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan membantu kontinuitas hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen, dan karyawan.
- Mengangkat dan memberhentikan Kepala Bagian dengan persetujuan RUPS.
- Bekerja sama dengan direktur produksi, direktur keuangan, dan administrasi dalam menjalankan perusahaan.

##### 3. Penelitian dan Pengembangan

Divisi penelitian dan pengembangan (LITBANG) bersifat independen. Divisi ini bertanggung jawab langsung kepada direktur utama. Tugas dan wewenang divisi LITBANG adalah:

- Mempelajari mutu produk.

- Memperbaiki proses dari pabrik atau perencanaan alat-alat pengembangan produksi.
- Mengadakan penelitian pemasaran produk ke suatu tempat.
- Mempertinggi efisiensi kerja.

4. **Direktur Produksi dan Teknik**

Direktur produksi dan teknik diangkat dan diberhentikan oleh direktur utama. Tugas direktur produksi dan teknik adalah:

- Bertanggung jawab pada direktur utama pada bidang produksi, teknik dan pemasaran.
- Mengkoordinir, mengatur serta mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

5. **Direktur Administrasi dan Keuangan**

Direktur administrasi dan keuangan memiliki ruang lingkup kerja yang lebih luar dari KABAG produksi dan teknik. Tugas direktur administrasi dan keuangan adalah:

- Bertanggung jawab kepada direktur utama dan bidang keuangan serta pelayanan umum.
- Mengkoordinir dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

6. **KABAG Produksi**

KABAG produksi bertanggung jawab atas jalannya proses produksi, mengawasi mutu produk dan merencanakan kebutuhan bahan baku. Agar target produksi terpenuhi KABAG produksi membawahi 3 divisi yaitu:

a. **Divisi Proses**

Divisi proses bertanggung jawab kepada KABAG Produksi atas kelancaran proses. Tugas divisi proses adalah:

- Mengawasi jalannya proses dan produksi
- Menjalankan tindakan seperlunya pada peralatan produksi yang mengalami kerusakan, sebelum diperbaiki oleh divisi yang berwenang.

b. **Divisi Mutu dan Laboratorium**

Divisi Mutu dan laboratorium bertanggung jawab kepada KABAG Produk atas pengawasan dan pengendalian kualitas bahan baku, produk utama, produk samping dan limbah. Tugas divisi quality control dan laboratorium adalah:

- Mengawasi dan menganalisa secara utuh serta bahan pembuatan.
- Mengawasi serta menganalisa mutu produksi.
- Mengawasi hal-hal yang berhubungan dengan bagian pabrik.
- Membuat laporan berkala kepada KABAG produksi.

c. Divisi Utilitas

Divisi utilitas bertanggung jawab kepada KABAG Produksi atas kelancaran proses utilitas dalam proses produksi. Tugas divisi utilitas adalah:

- Melaksanakan dan mengatur sarana utilitas untuk memenuhi kebutuhan proses, kebutuhan air, uap air dan tenaga listrik.

7. KABAG Teknik

KABAG teknik bertanggung jawab kepada direktur produksi dalam bidang peralatan. KABAG teknik membawahi satu divisi yaitu:

a. Divisi Bengkel dan Perawatan

Divisi bengkel dan perawatan bertanggung jawab kepada KABAG teknik atas perbaikan alat-alat atau instrumen yang rusak, peralatan utilitas dan bangunan. Divisi bengkel dan perawatan juga diharapkan dapat menciptakan alat-alat yang inovatif untuk menunjang kelancaran produksi.

8. KABAG Pemasaran

KABAG pemasaran bertanggung jawab kepada direktur produksi dalam bidang bahan baku dan pemasaran hasil produksi. KABAG pemasaran membawahi dua divisi yaitu:

a. Divisi Pembelian

Tugas divisi pembelian adalah:

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

b. Divisi Pemasaran

Tugas divisi pemasaran adalah:

- Merencanakan strategi hasil produksi.

- Mengatur distribusi hasil produksi dan gudang.

9. KABAG Keuangan dan Administrasi

KABAG keuangan dan administrasi bertanggung jawab mengatur, anggaran keuangan, akuntansi dan memimpin tata usaha dan keuangan untuk mencapai tujuan dan sasaran perusahaan yang telah ditetapkan. KABAG keuangan dan administrasi membawahi dua divisi yaitu:

a. Divisi Pembukuan (Akuntansi)

Divisi pembukuan bertugas membuat neraca keuangan dengan melakukan pencatatan dan pembukuan mengenai semua pemasukan dan pengeluaran keuangan perusahaan

b. Divisi Administrasi dan Keuangan

Divisi administrasi dan keuangan bertugas menjalankan administrasi perusahaan, mulai dari surat menyurat, absensi karyawan, pendataan sampai pendistribusian gaji.

10. KABAG Umum dan Sumber Daya Manusia

KABAG umum dan sumber daya manusia bertugas untuk merencanakan dan mengelola hal-hal yang bersifat umum dan ketenaga kerjaan. Departemen ini mengatur masalah keamanan dan keselamatan, lingkungan, logistik, dan hubungan antara perusahaan dengan pihak lain, baik dengan masyarakat, pemerintah maupun dengan perusahaan lain. Departemen ini membawahi tiga divisi, yaitu:

a. Divisi Humas dan Personalia

Divisi humas dan personalia bertugas untuk membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja yang sebaik mungkin antara pekerja dan lingkungannya supaya tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya, mengusahakan disiplin kerja yang tinggi untuk menciptakan kondisi kerja yang tenang dan dinamis serta mengadakan hubungan baik dengan masyarakat sekitar, perusahaan lain, maupun dengan pemerintah.

b. Divisi Keamanan dan Keselamatan

Divisi keamanan dan keselamatan bertugas untuk menjaga keamanan perusahaan, memberi ijin orang luar masuk perusahaan, mengontrol setiap kendaraan yang masuk perusahaan baik kendaraan, bahan baku, produk, tamu dan menjaga keamanan dan ketertiban di area pabrik

c. Divisi Transportasi

Divisi transportasi bertugas untuk mengatur penggunaan transportasi mulai dari penyediaan bahan baku, transportasi pemasaran produk dan masalah parkir kendaraan karyawan dan tamu.

## 10.5 Jaminan Sosial

Jaminan sosial adalah jaminan yang diterima oleh pihak karyawan jika terjadi suatu hal yang bukan karena kesalahannya menyebabkan karyawan tidak dapat melakukan pekerjaan. Jaminan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan adalah:

a. Tunjangan

- Tunjangan diluar gaji pokok, diberikan kepada tenaga kerja tetap berdasarkan prestasi yang telah dilakukan dan lama pengabdianya kepada perusahaan.
- Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja di luar jam kerja yang telah ditetapkan.

b. Fasilitas

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

c. Pengobatan

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. Insentif atau Bonus

Insentif diberikan dengan tujuan meningkatkan produktivitas dan merangsang gairah kerja karyawan. Besarnya insentif ini dibagi menurut golongan dan jabatan. Pemberian insentif untuk golongan pelaksana operasi diberikan setiap bulan

sedangkan untuk golongan di atasnya diberikan 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 tiga bulan bagi tenaga kerja wanita
- Cuti untuk keperluan dinas di atas perintah atasan berdasarkan kondisi tertentu perusahaan.

## 10.6 Jadwal dan Jam Kerja

Pabrik dimetil eter direncanakan akan beroperasi selama 335 hari dalam setahun dan 24 jam per hari sisa harinya digunakan untuk pembersihan serta perbaikan dan perawatan peralatan proses produksi, atau yang dikenal dengan istilah *shut down*.

a. Pegawai *non shift*

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

Ketentuan jam kerja adalah sebagai berikut:

- Senin – Kamis : 08.00 – 16.00 (istirahat : 12.00 – 13.00)
- Jumat : 08.00 – 16.00 (istirahat : 11.00 – 13.00)
- Sabtu : 08.00 – 16.00 (istirahat : 12.00 – 13.00)

b. 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* 1 : 07.00 – 15.00

- *Shift* 2 : 15.00 – 23.00
- *Shift* 3 : 23.00 – 07.00

Jadwal kerja dibagi dalam empat minggu dan empat 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 Jam Kerja Karyawan Pabrik

Regu	Hari											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L
II	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S
III	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M
IV	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P

Keterangan:

- P : Pagi
- S : Siang
- M : Malam
- L : Libur

Karena kemajuan suatu pabrik atau perusahaan tergantung pada kedisiplinan karyawan, maka salah satu cara untuk menciptakan kedisiplinan adalah dengan memberlakukan absensi dari mulai jajaran direksi hingga karyawan.

### 10.7 Status Karyawan dan Sistem Pengupahan

Pabrik dimetil eter 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 diatas, karyawan akan menerima gaji sesuai dengan status kepegawaiannya dimana status kepegawaiannya dimana statusnya terbagi menjadi tiga 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.

2. Karyawan Borongan

Karyawan borongan adalah perkerja yang dipergunakan oleh pabrik bila diperlukan saja, misalnya bongkar muat barang, dll. Pekerja ini menerima upah borongan untuk pekerjaan tersebut

3. Karyawan Harian

Karyawan harian adalah pekerja yang diangkat dan diberhentikan oleh KABAG pabrik berdasarkan nota persetujuan KABAG pabrik atas pengajuan kepala yang membawahinya dan menerima upah harian yang dibayarkan setiap akhir pekan.

### 10.8 Perincian Jumlah Karyawan Operasional

Perhitungan jumlah tenaga operasional didasarkan pada pembagian proses yang ada. Pada pra rencana pabrik dimetil eter, proses yang dilakukan terbagi dalam beberapa tahap, yaitu:

a. Proses Utama

1. Penyediaan bahan baku terdiri dari;

- *Storage tank*
- Transportasi

2. Tahap reaksi

3. Tahap pemisahan

4. Tahap penanganan produk

b. Tahap Tambahan atau Pembantu

1. Laboratorium

2. Utilitas terdiri dari;

- Pengolahan air
- Boiler

- Listrik
- Pemeliharaan

Sehingga jumlah proses keseluruhan yang membutuhkan tenaga kerja operasional adalah enam tahap.

Tahapan dalam proses	: 6 Tahap
Jumlah hari kerja dalam 1 tahun	: 330 hari kerja
Kapasitas produksi (P)	: 606,0606061

Berdasarkan Vilbrand and Dryden Fig. 6.35 halaman 235, didapatkan:

$$M = 24,4 P^{0,25} \quad (\text{average})$$

$$M = 121,065 \text{ orang.jam/hari}$$

$$= 122 \text{ orang.jam/hari}$$

Karena jumlah proses keseluruhan terbagi dalam 6 tahap, maka:

Karyawan

$$\begin{aligned} \text{proses} &= 122 \text{ orang.jam/hari} \quad \times \quad 6 \text{ tahap} \\ &= 20,3 \text{ orang.jam/hari} \end{aligned}$$

Karena setiap hari ada 3 shift yang bekerja selama 8 jam/hari, maka:

Jumlah karyawan

$$\begin{aligned} \text{proses} &= 500 \frac{\text{orang.jam}}{\text{Hari}} \quad \times \quad \frac{1}{3 \text{ shift/hari}} \quad \times \quad \frac{1}{8 \text{ jam}} \\ &= 20,8 \approx 21 \text{ orang/shift.hari} \end{aligned}$$

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

Karyawan

$$\begin{aligned} \text{shift} &= 21 \text{ orang/shift.hari} \quad \times \quad 4 \text{ shift} \\ &= 84 \text{ orang/hari} \end{aligned}$$

Tabel 10.2. Perincian Kebutuhan Tenaga Kerja Pabrik Dimetil Eter

No	Jabatan	SMP	SMA	D1-D3	S1/S2	S2/S3
1	Dewan Komisaris					3
2	Direktur Utama					1
3	Direktur Produksi dan Teknik					1
4	Direktur Keuangan dan Administrasi					1
5	Staff Litbang			3	2	
6	KABAG Produksi				1	
7	KABAG Teknik				1	
8	KABAG Umum				1	
9	KABAG SDA				1	
10	KABAG Keuangan				1	
11	KABAG Pemasaran				1	
12	Unit Promosi			3	2	
13	Unit Penjualan			2	2	
14	Unit Kas			2	2	
15	Unit Pengendalian Proses			21	1	
16	Unit Humas			5	1	
17	Unit Personalia			2	2	
19	Unit K3L			15	1	
20	Unit Administrasi dan Keuangan			3	1	
21	Unit Gudang			12	1	
22	Unit Keamanan		10		1	
23	Unit Produksi		10	30	1	
24	Unit Mutu dan Lab		20		1	
25	Unit Utilitas			15	1	
26	Transportasi		5			
27	Kebersihan	10				
28	Perpustakaan			3	1	
29	Dokter				1	

30	Parkir	3				
31	Sopir	4				
	Jumlah	17	45	116	27	6
	Total Karyawan	211				

## 10.9 Gaji Karyawan

**Tabel 10.3 Perincian Gaji Karyawan**

No	Jabatan	Jumlah	Gaji (Rp)	
			Per Orang	Jumlah
1	Dewan Komisaris	3	35.000.000	105000000
2	Direktur Utama	1	40.000.000	40000000
3	Direktur Produksi dan Teknik	1	30.000.000	30000000
4	Direktur Keuangan dan Administrasi	1	20.000.000	20000000
5	Kepala Litbang	2	20.000.000	40000000
6	Staff Litbang	3	10.000.000	30000000
7	KABAG Produksi	1	10.000.000	10000000
8	KABAG Teknik	1	10.000.000	10000000
9	KABAG Umum	1	10.000.000	10000000
10	KABAG SDA	1	10.000.000	10000000
11	KABAG Keuangan	1	10.000.000	10000000
12	KABAG Pemasaran	1	10.000.000	10000000
13	KASIE Promosi	2	7.000.000	14000000
14	Karyawan Promosi	2	4.500.000	9000000
15	KASIE Penjualan	2	7.000.000	14000000
16	Karyawan Penjualan	2	4.500.000	9000000
17	KASIE Kas	2	7.000.000	14000000
18	Karyawan Kas	2	4.500.000	9000000
19	KASIE Pengendalian Proses	1	7.000.000	7000000
20	Karyawan Pengendalian Proses	21	4.500.000	94500000
21	KASIE Humas	1	7.000.000	7000000
22	Karyawan Humas	5	4.500.000	22500000
23	KASIE Personalia	2	7.000.000	14000000
24	Karyawan Personalia	2	4.500.000	9000000
25	KASIE K3L	1	7.000.000	7000000
26	Karyawan K3L	15	4.500.000	67500000
27	KASIE Administrasi dan Keuangan	1	7.000.000	7000000
28	Karyawan Administrasi dan Keuangan	3	4.500.000	13500000

29	KASIE Gudang	1	7.000.000	7000000
30	Karyawan Gudang	12	4.500.000	54000000
31	KASIE Keamanan	1	7.000.000	7000000
32	Karyawan Keamanan	10	4.500.000	45000000
33	KASIE Produksi	1	7.000.000	7000000
34	Karyawan Produksi	40	4.500.000	180000000
35	KASIE Mutu dan Lab	1	7.000.000	7000000
36	Karyawan Mutu dan Lab	20	4.500.000	90000000
37	KASIE Utilitas	1	7.000.000	7000000
38	Karyawan Utilitas	15	4.500.000	67500000
39	Transportasi	5	3.500.000	17500000
40	Kebersihan	10	3.500.000	35000000
41	Perpustakaan	4	3.500.000	14000000
42	Dokter	1	1.000.000	1000000
43	Parkir	3	700.000	2100000
44	Sopir	4	1.000.000	4000000
Jumlah				1188100000

## **BAB XI**

### **ANALISA EKONOMI**

Pada pra rancangan Pabrik Dimetil eter ini dilakukan evaluasi atau penilaian investasi dengan maksud untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang dapat menguntungkan atau tidak. Yang terpenting dari pra rancangan ini adalah estimasi harga dari alat-alat, karena harga ini dipakai sebagai dasar untuk estimasi analisa ekonomi, sedangkan analisa ekonomi dipakai untuk estimasi kelayakan investasi modal dalam kegiatan produksi suatu pabrik, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas. Selain itu analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan atau tidak jika didirikan. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan untung rugi dalam mendirikan Pabrik Dimetil Eter 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. Penentuan 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. Penentuan harga alat

Faktor-Faktor Penentu

#### 11.1 Penaksiran Modal Investasi Total (TCI)

Modal Investasi Total (TCI) adalah modal atau biaya yang dibutuhkan untuk mendirikan suatu pabrik mulai dari awal sampai pabrik selesai dibangun dan siap beroperasi.

a. Modal Tetap (FCI)

Modal tetap (FCI) adalah modal yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik, FCI dibagi menjadi :

- Direct Cost

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

1. Harga peralatan
2. Instrumentasi dan alat kontrol
3. Isolasi
4. Perpipaan
5. Peralatan listrik
6. Angkutan kapal laut
7. Asuransi
8. Biaya angkut ke plant
9. Pemasangan alat
10. Bangunan
11. Service facilities
12. Tanah

- Indirect Cost

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

1. Engineering dan supervisi
2. Konstruksi

b. Modal Kerja (WCI)

Adalah 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 dibayarkan

- Perhitungan penerimaan dan pengeluaran
- Utilitas

Sehingga :  $TCI = FCI + WCI$

## 11.2 Penentuan Biaya Produksi

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

### a. Biaya pembuatan

Adalah semua biaya yang dikeluarkan untuk proses produksi yang meliputi

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

### b. Biaya pengeluaran umum

Adalah biaya yang tidak berhubungan dengan proses, meliputi :

- Biaya administrasi
- Biaya distribusi dan pemasaran
- Litbang

### c. Biaya tetap

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

- Bunga bank
- Asuransi
- Depresiasi
- Pajak, dll

### d. Biaya semi variabel (SVC)

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

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



### 11.3 Penaksiran Harga Alat

Harga suatu peralatan dapat berubah sesuai dengan keadaan kondisi. Karena perubahan kondisi tersebut, maka ada beberapa cara untuk mengkonversikan harga alat yang sama pada beberapa tahun lalu, sehingga didapatkan harga sekarang.

Harga peralatan pada pabrik Dimetil Eter didasarkan pada data alat yang diperoleh dari buku A guide to Chemical Engineering Process Design and Economics (Ulrich,1984).

#### **Penentuan Total Capital Investment (TCI)**

##### **a. Biaya Langsung (DC)**

1. Harga peralatan ( E )	= Rp. 26.455.504.781
2. Instrument dan alat kontrol 10% E	= Rp. 2.645.550.478
3. Isolasi 8% E	= Rp. 2.116.440.382
4. Perpipaian terpasang 30% E	= Rp. 7.936.651.434
5. Listrik terpasang 10% E	= Rp. 2.645.550.478
6. Harga FOB (jumlah 1-5) ( F )	= Rp. 41.799.697.554
7. Ongkos angkutan kapal laut 7 % F	= Rp. 2.925.978.829
8. Harga C dan F (jumlah 6-7) ( G )	= Rp. 44.725.676.383
9. Biaya asuransi 1% G	= Rp. 223.628.382
10. Harga CIF (jumlah 8-9) ( H )	= Rp. 44.949.304.765
11. Biaya angkut barang ke plant 12% H	= Rp. 5.393.916.572
12. Pemasangan alat 37% E	= Rp. 9.788.536.769
13. Bangunan pabrik 15% E	= Rp. 3.968.325.717
14. Service facilities 40% E	= Rp. 10.582.201.912
15. Tanah 4% E	= Rp. 1.058.220.191
16. Biaya langsung (DC)(jumlah10-15)	= Rp.108.007.041.699

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

17. Engineering dan Supervisi 5% DC	= Rp. 5.400.352.085
18. Kontruksi 7% DC	= Rp. 7.560.492.919
19. Biaya tidak terduga 5%	= Rp. 0,0500 × FCI

$$\begin{aligned} \text{Total biaya tidak langsung (jumlah 17-19)} &= \text{Rp. } 12.960.845.004 \\ &+ 0,050 \text{ FCI} \\ &= \text{Rp. } 19.327.575.883 \end{aligned}$$

c. Fixed Capital Investment (FCI)

$$\begin{aligned} \text{FCI} &= \text{DC} + \text{IC} \\ &= \text{Rp } 108.007.041.699 + (\text{Rp } 12.960.845.004 + 0,05 \text{ FCI}) \\ 0,95\text{FCI} &= \text{Rp } 120.967.886.702 \\ &= \text{Rp } 127.334.617.581 \end{aligned}$$

d. Working Capital Investment (WCI)

$$\begin{aligned} \text{WCI} &= 20\% \times \text{TCI} \\ &= 20\% \times 159.168.271.977 \\ &= \text{Rp } 31.833.654.395 \end{aligned}$$

e. Total Capital Investment (TCI)

$$\begin{aligned} \text{TCI} &= \text{FCI} + \text{WCI} \\ \text{TCI} &= 127.334.617.581 + (20\% \times \text{TCI}) \\ 80\%\text{TCI} &= 127.334.617.581 \\ \text{TCI} &= \text{Rp } 159.168.271.977 \end{aligned}$$

f. Modal Perusahaan

$$\begin{aligned} &\text{Modal sendiri (MS)} \\ 60\% \text{ TCI} &= \text{Rp } 95.500.963.186 \\ &\text{Modal Pinjaman (MP)} \\ 40\%\text{TCI} &= \text{Rp } 63.667.308.791 \end{aligned}$$

**Penentuan Total Capital Investment (TPC)**

a. Biaya Produksi Langsung (DPC)

- Bahan Baku	=Rp.1.247.423.655.005
- Tenaga Kerja (TK)	= Rp. 11.748.000.000
- Supervisi 35% TK	= Rp. 4.111.800.000
- Utilitas	= Rp. 137.499.970.740
- Pemeliharaan dan perbaikan ( PP ) 30% FCI	= Rp. 38.200.385.274
- Penyediaan operasi 30% PP	= Rp. 11.460.115.582
- Laboratorium 35% PP	= Rp. 4.111.800.000
- Patent dan Royalti 6% TPC	= Rp. 6% TPC

- Biaya Produksi Langsung = Rp. 1.454.555.726.602  
+ 0,06 TPC

**b. Biaya Tetap (FC)**

- Depresiasi alat 10% FCI = Rp. 12.733.461.758  
 - Depresiasi bangunan 2% FCI = Rp. 2.546.692.352  
 - Pajak kekayaan 2% FCI = Rp. 2.546.692.352  
 - Asuransi 0,4% FCI = Rp. 509.338.470  
 - Bunga bank 10,25% MP = Rp. 6.525.899.151  
 - Biaya Tetap (Fixed Cost/FC) = Rp. 24.862.084.083

**c. Biaya Overhead Pabrik**

- Biaya Overhead = 60% TK + PP = Rp. 29.969.031.165

**d. Biaya pengeluaran umum (GE)**

- Administrasi (15% PP) = Rp. 1.762.200.000  
 - Distribusi dan pemasaran (20% TPC) = Rp. 0,2 TPC  
 - Litbang (7% TPC) = Rp. 0,07 TPC

Biaya Pengeluaran Umum (GE) = Rp. 1.762.200.000  
+ 0,27 TPC

**e. Biaya Produksi Total (TPC)**

TPC = DPC + FC + Biaya Overhead + GE

TPC = Rp 1.454.555.726.602 + 0,06 TPC

TPC = Rp 2.255.446.331.119

Maka,

DPC = Rp 1.454.555.726.602 + 0,06  
= Rp 135.326.779.867

GE = Rp 1.762.200.000 + (0,27 x 2.255.446.331.119)  
= Rp 610.732.709.402

Royalti = Rp. 0,0600 × TPC  
= Rp. 0,0600 × Rp. 2.255.446.331.119  
= Rp. 135.326.779.867

## ANALISA PROFITABILITAS

Sesuai dengan Undang-Undang Pajak Penghasilan tahun 1984 (UU no. 7/1983)

Dan Undang-undang ketentuan umum dan tata cara perpajakan (UU no.6/1983) :

- 10% untuk laba sampai Rp. 50.000.000,-
- 15% untuk laba sampai Rp. 50.000.000,- sampai Rp. 100.000.000,-
- 30% Untuk laba > Rp. 100.000.000

Asumsi yang diambil adalah :

- a. Bunga kredit sebesar 10,25% per tahun
- b. Pengembalian pinjaman dalam waktu 10 tahun
- c. Umur pabrik 10 tahun
- d. Kapasitas produksi :

Tahun I : 60% produksi total

Tahun II : 80% produksi total

Tahun III : 100% produksi total

### 1. Laba Perusahaan

Laba Perusahaan, yaitu keuntungan yang diperoleh dari penjualan produk.

Total penjualan per tahun = Rp 2.281.388.144.062

$$\begin{aligned} \text{Laba kotor} &= \text{Harga jual} - \text{Biaya produksi} \\ &= \text{Rp } 2.281.388.144.062 - \text{Rp } 2.239.036.176.088 \\ &= \text{Rp } 42.351.967.974 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pajak penghasilan} &= 30\% \times \text{Laba kotor} \\ &= 30\% \times \text{Rp } 42.351.967.974 \\ &= \text{Rp } 12.705.590.392 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Laba Bersih} &= \text{Laba kotor} - \text{Pajak penghasilan} \\ &= \text{Rp } 42.351.967.974 - \text{Rp } 12.705.590.392 \\ &= \text{Rp } 29.646.377.582 \end{aligned}$$

Nilai penerimaan Cash Flow sebelum pajak ( $C_{Abt}$ ) :

$$\begin{aligned} C_{Abt} &= \text{Laba kotor} + \text{Depresiasi alat} \\ &= \text{Rp } 42.351.967.974 + \text{Rp } 12.733.461.758 \\ &= \text{Rp } 55.085.429.732 \end{aligned}$$

Nilai penerimaan Cash Flow setelah pajak ( $C_{Aat}$ ) :

$$C_{Aat} = \text{Laba bersih} + \text{Depresiasi alat}$$

$$= \text{Rp } 29.646.377.582 + \text{Rp } 12.733.461.758$$

$$= \text{Rp } 42.379.839.339,94$$

2. Laju Pengembalian Modal (ROI)

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

a. ROI sebelum pajak

$$\text{ROI}_{\text{BT}} = \frac{\text{Laba kotor}}{\text{Modal tetap}} \times 100\%$$

$$= 33,2604\%$$

b. ROI setelah pajak

$$\text{ROI}_{\text{AT}} = \frac{\text{Laba bersih}}{\text{Modal tetap}} \times 100\%$$

$$= 23,2823\% \text{ dari modal investasi}$$

$$= \text{Rp. } 37.057.971.977$$

3. Lama Pengembalian Modal (POT)

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

$$\text{POT}_{\text{BT}} = \frac{\text{Modal tetap}}{\text{Cash flow sebelum pajak}} \times 1 \text{ tahun}$$

$$= 2,316 \text{ tahun}$$

$$\text{POT}_{\text{AT}} = \frac{\text{Modal tetap}}{\text{Cash flow sebelum pajak}} \times 1 \text{ tahun}$$

$$= 3,004 \text{ tahun}$$

4. Break Event Point (BEP)

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

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

a. Biaya Tetap (FC)

$$\text{FC} = \text{Rp } 24.862.084.083$$

b. Biaya Variabel (VC)

Bahan Baku pertahun	= Rp 1.247.423.655.005
Biaya Utilitas pertahun	= Rp 137.499.970.740
Total Biaya Variabel (VC)	= Rp 1.384.923.625.746

c. Biaya Semi Variabel (SVC)

Biaya Umum (GE)	= Rp 610.732.709.402
Biaya Overhead	= Rp 29.969.031.165
Penyediaan operasi	= Rp 11.460.115.582
Biaya laboratorium	= Rp 4.111.800.000
Gaji karyawan langsung	= Rp 11.748.000.000
Supervisi	= Rp 4.111.800.000
Perawatan dan Pemeliharaan	= Rp 38.200.385.274
Royalti	= Rp 135.326.779.867
Total Biaya Semi Variable	= Rp 845.660.621.291

d. Harga Penjualan (S)

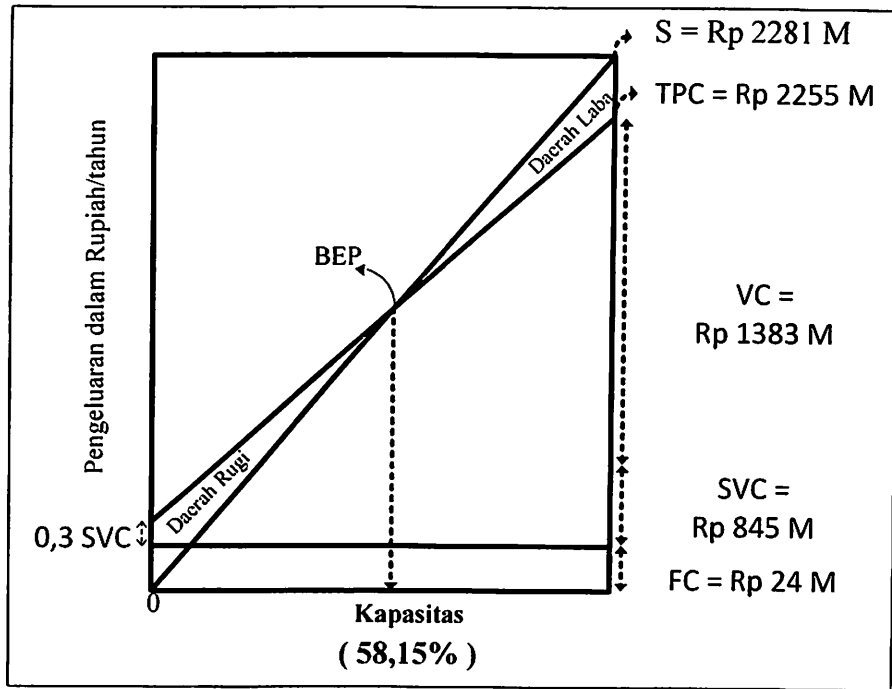
S = Rp 2.281.388.144.062

Maka,

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

$$= 58,15 \%$$

Titik BEP terjadi pada kapasitas = 58,15 % × 200.000 ton/tahun. Nilai BEP untuk Pabrik Dimetil eter berada diantara nilai 30-60 % sehingga nilai BEP diatas memadai.



Grafik 5.1. Kapasitas pada Keadaan BEP

Untuk produksi tahun pertama kapasitas 60 % dari kapasitas yang sebenarnya, sehingga keuntungan adalah :

$$\frac{PBi}{PB} = \frac{[100 - BEP] - \{100\% - \text{kapasitas}\}}{[100 - BEP]}$$

Dimana :

PBi = keuntungan pada % kapasitas yang tercapai (dibawah 100%)

PB = keuntungan pada kapasitas 100 %

% kapasitas = % kapasitas yang tercapai

$$\frac{PBi}{Rp. 29,646,377,582} = \frac{[100 - 58,15\%] - \{100\% - 60\% \}}{[100 - 58,15\%]}$$

PBi = Rp. 5.503.897

Sehingga cash flow setelah pajak untuk tahun pertama :

$$\begin{aligned} C_A &= \text{Laba bersih tahun pertama} + \text{Depresiasi alat} \\ &= Rp 5.503.897 + Rp. 12.733.461.758 \\ &= Rp 12.738.965.655 \end{aligned}$$

Untuk produksi tahun kedua kapasitas 80 % dari kapasitas sebenarnya, sehingga keuntungan adalah :

$$\frac{PBi}{PB} = \frac{[100 - BEP] - \{100\% - \text{kapasitas}\}}{[100 - BEP]}$$

Dimana :

PBi = keuntungan pada % kapasitas yang tercapai (dibawah 100%)

PB = keuntungan pada kapasitas 100 %

% kapasitas = % kapasitas yang tercapai

$$\frac{PBi}{Rp\ 2.9646.377.581} = \frac{[100 - 58,15\%] - \{100\% - 80\%\}}{[100 - 58,15\%]}$$

PBi = Rp. 65.143.482

$C_A$  = Laba bersih tahun pertama + Depresiasi alat

= Rp. 65.143.482 + Rp. 12.733.461.758

= Rp. 12.798.605.240

- **Shut Down Point (SDP)**

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

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

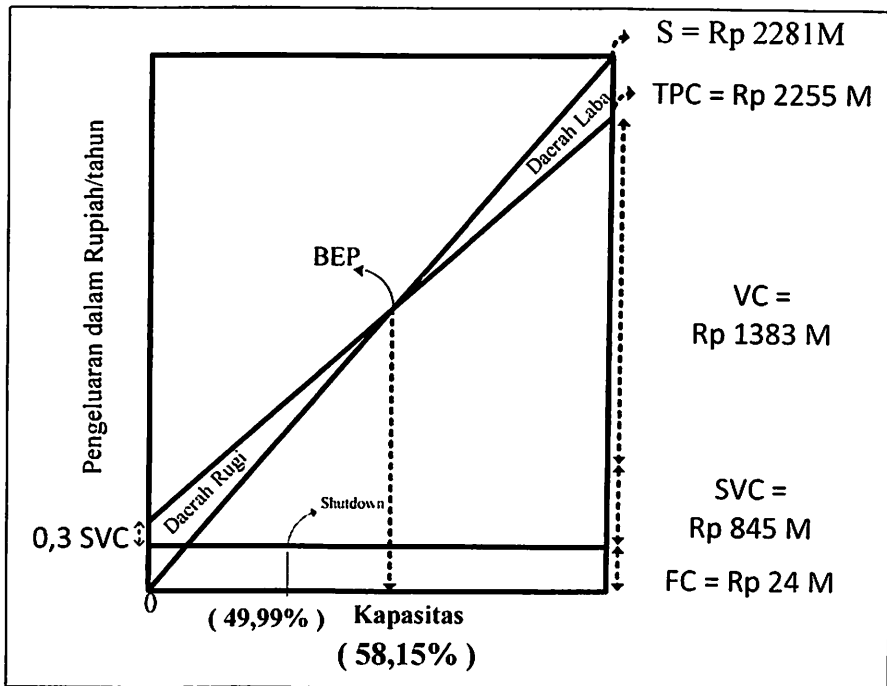
$$= 49,989\%$$

Titik Shut Down Point terjadi pada kapasitas penjualan,

= 49,989 % × Rp. 2.281.388.144.062

= Rp. 1.140.453.348.836





Grafik 5.2. Kapasitas pada Keadaan Shut Down Rate

- **Net Present Value (NPV)**

Metode ini digunakan untuk menghitung selisih dari nilai penerimaan kas bersih dengan nilai investasi sekarang. Diasumsikan masa konstruksi selama 2 tahun, Tahun ke-1 = 40% dan tahun ke-2 = 60%

$$\begin{aligned}
 C_{A-2} &= 40 \% \times FCI \times (1+i)^2 \\
 &= 40\% \times \text{Rp. } 127.334.617.581 \times 1,21551 \\
 &= \text{Rp. } 61.910.409.405
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{A-1} &= 60 \% \times FCI \times (1+i)^2 \\
 &= 60\% \times \text{Rp. } 127.334.617.581 \times 1,21551 \\
 &= \text{Rp. } 84.231.849.530
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{A-2} &= -C_{A1} - C_{A2} \\
 &= - \text{Rp. } 84.231.849.530 - \text{Rp. } 61.910.409.405 \\
 &= - \text{Rp. } 146.142.258.935
 \end{aligned}$$

Menghitung NPV tiap tahun

$$NPV = C_A \times F_d$$

$$F_d = \frac{1}{(1+i)^n}$$

- Dimana : Fd = Faktor diskon  
 CA = Cash Flow setelah pajak  
 i = tingkat bunga bank  
 n = tahun ke-n

Tabel 5.1. Cash Flow untuk NPV selama 10 tahun

Tahun ke-	Cash Flow (Ca) (Rp)	Fd	NPV (Rp)
0	-146.142.258.935	1	-146.142.258.935
1	12.738.965.655	0,9070	11.554.617.374
2	12.798.605.240	0,8227	10.529.444.205
3	42.379.839.340	0,7462	31.624.488.622
4	42.379.839.340	0,6768	28.684.343.422
5	42.379.839.340	0,6139	26.017.545.054
6	42.379.839.340	0,5568	23.598.680.321
7	42.379.839.340	0,5051	21.404.698.704
8	42.379.839.340	0,4581	19.414.692.702
9	42.379.839.340	0,4155	17.609.698.596
10	42.379.839.340	0,3769	15.972.515.733
WCI			31.833.654.395
Total			92.102.120.193

Karena NPV = (+) maka pabrik layak untuk didirikan

• **IRR (Internan Rate of Return)**

Tabel 5.2. Cash Flow untuk IRR selama 10 tahun

Tahun ke-	Cash Flow (Ca) (Rp)	NPV1 (Rp) i=0,23	NPV (Rp) i=0,24
0	-146.142.258.935	-146.142.258.935	-
1	12.738.965.655	10.356.882.646	10.273.359.399
2	12.798.605.240	8.459.650.499	8.323.754.709
3	42.379.839.340	22.774.244.124	22.227.685.868
4	42.379.839.340	18.515.645.629	17.925.553.119
5	42.379.839.340	15.053.370.430	14.456.091.225
6	42.379.839.340	12.238.512.545	11.658.138.085
7	42.379.839.340	9.950.010.199	9.401.724.262
8	42.379.839.340	8.089.439.186	7.582.035.695
9	42.379.839.340	6.576.779.826	6.114.544.915
10	42.379.839.340	5.346.975.468	4.931.084.609
WCI		31.833.654.395	31.833.654.395
Total		1.638.273.361	-1.414.632.653

$$\text{IRR} = i_1 \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \times (i_1 - i_2)$$

Dimana :

$i_1$  = bunga pinjaman ke-1 yang ditrial

$i_2$  = bunga pinjaman ke-2 yang ditrial

Sehingga :

$$\text{IRR} = 23,5\%$$

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh nilai 23,5 % per tahun, karena harga IRR lebih besar dari bunga bank (10,25%), maka pabrik Dimetil Eter ini layak didirikan.

## BAB XII

### KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan Pra Rencana Pabrik Dimetil Eter dari Metanol dengan Proses Dehidrasi Metanol dapat disimpulkan bahwa rencana pendirian pabrik ini layak didirikan dan cukup menguntungkan dengan memperhitungkan beberapa aspek

1. Dari Segi Proses

Proses dehidrasi metanol dengan metanol menguntungkan karena waktu proses cepat sehingga konsentrasi yang dihasilkan lebih tinggi.

2. Dari Segi Sosial

3. Pendirian pabrik ini dinilai menguntungkan, karena:

- Menciptakan lapangan kerja baru
- Mengurangi pengangguran

4. Dari Segi Lokasi

-Sarana penunjang untuk memperoleh bahan baku sangat memadai karena dekat dengan pabrik bahan baku

-Sarana penunjang utilitas sangat memadai.

5. 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.

6. Dari Segi Perhitungan Ekonomi

Setelah dilakukan analisa ekonomi terhadap pra rencana pabrik Dimetil Eter, dinilai cukup menguntungkan dengan berdasarkan data-data sebagai berikut:

- a.  $ROI_{BT}$  = 33,26%
- b.  $ROI_{AT}$  = 23,28%
- c. Pay Out Time ( POT ) = 3 tahun
- d. Break Event Point (BEP ) = 58,15 %
- e. Internal Rate of Return ( IRR ) = 23,7 %.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Indonesia*. 2014. Data: Impor Dimethyl Ether Menurut Komoditi 2009-2013, diakses tanggal 09 Maret 2015.
- Brownell E. Lloyd, " *Process Equipment Design*", John Willey and Sons Inc, New Delhi, India, 1959.
- ESDM. 2012. [www.esdm.go.id](http://www.esdm.go.id). *Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral*, diakses tanggal 30 Maret 2015.
- Geankoplis, Christie, " *Transport Processes and Unit Operations*", 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.
- Kern D.Q, " *Process Heat Transfer*", 2<sup>nd</sup> Edition, McGraw-Hill Inc, Singapore, 1988.
- Kusnarjo, " *Desain Alat Pemindah Panas*", Surabaya, 2010
- Kusnarjo, " *Ekonomi Teknik*", Surabaya, 2010
- Kusnarjo, " *Utilitas Pabrik Kimia*", Surabaya, 2012
- Meyers, A. 1982. *Obligate methylotrophy: Evaluation of dimethyl ether as a C1 compound*. *J. Bacteriol.* 150: 966-968.
- Othmer, D.F., Kirk, R.E. 1998. *Encyclopedia of Chemical Tecnologi*, vol 16, 4th edition, Jhon Willey and Sons Ibc, New York.
- Perry R. H, and Green, D. W, " *Perry's Chemical Handbook* ", 7th Edition, Mc. Graw Hill Kogakusha Company, Ltd, Tokyo, 1999
- Ullmann. ' *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*', 7th Edition, Wiley-VCH, 2015
- Sam K.K. 2012. " *Dimethyl Ether Fuel Additive Production from Methanol Dehydration*". Inclusive Science and Engineering.
- Ohno, Y., Yagi, H., Inoue, N., Okuyama, K., Aoki, S. 2005. " *Slurry Phase DME Direct Synthesis Technology-100 tons/day Demonstration Plant Operation and Scale up Study*". Elsevier B.V./Ltd. All rights reserved. Japan.
- United Nation. 2014. "Peta Indonesia". Department of Peacekeeping Operations Cartographic Section.
- Peter S. and Timmerhause, " *Plant Design and Economic for Chemical Engineering*", 4<sup>th</sup> edition, McGraw-Hill, Singapore, 1991.
- 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.
- [www.advance.material.us](http://www.advance.material.us). diakses pada tanggal 5 Mei 2015