

**PRA RENCANA PABRIK**

**DIMETIL ETER DARI METANOL DENGAN  
PROSES DEHIDRASI METANOL  
KAPASITAS PRODUKSI 160.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA  
REAKTOR *FIXED BED* MULTITUBULAR**

**SKRIPSI**

**Disusun Oleh :**

**INDRA IRAWAN**

**1314905**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2016**

1944

REPUBLIC OF THE PHILIPPINES  
DEPARTMENT OF AGRICULTURE  
BUREAU OF PLANT INDUSTRY

DIOSCOREA  
CAYENNE

DIOSCOREA

DIOSCOREA  
CAYENNE

DIOSCOREA  
CAYENNE

DIOSCOREA

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**PRA RENCANA PABRIK**

**DIMETIL ETER DARI METANOL DENGAN  
PROSES DEHIDRASI METANOL  
KAPASITAS PRODUKSI 160.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA  
REAKTOR *FIXED BED* MULTITUBULAR**

**SKRIPSI**

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

**Disusun Oleh :**

**INDRA IRAWAN 1314905**

Malang, 17 Februari 2016

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia**



**M. Istnaeny Hudha, ST, MT**  
NIP. P. 1030400400

**Menyetujui,  
Dosen Pembimbing**



**Elvianto Dwi D, ST, MT**  
NIP. P. 1030000351

REVISI

REVISI

KAPASITAS PROSES 10000 TON/TAHUN  
PROSES PEMBUATAN  
DIMERIT TER DARI METALLOID DAN

REVISI  
REVISI

REVISI

Di bagian belakang gambar terdapat 11  
gambar yang menunjukkan 11  
gambar yang menunjukkan 11

Revisi

REVISI

Revisi

Revisi

Revisi

Revisi

Revisi

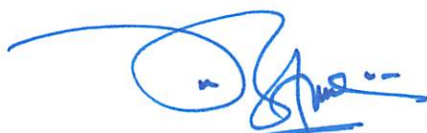
**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : INDRA IRAWAN  
NIM : 1314905  
Jurusan/Program Studi : TEKNIK KIMIA  
Judul Skripsi : PRA RENCANA PABRIK DIMETIL ETER DARI  
METHANOL DENGAN PROSES DEHIDRASI  
METHANOL.

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

Hari : Kamis  
Tanggal : 11 Februari 2016  
Nilai : B

Ketua,



M. Istnaeny Hudha, ST, MT  
NIP P 1030400400

Sekretaris,



Elvianto Dwi Daryono, ST, MT  
NIP P 1030000351

Anggota Penguji,

Penguji Pertama,



Rini Kartika Dewi, ST, MT  
NIP P 1030100370

Penguji Kedua,



Ir. Muyassaroh, MT  
NIP P 1039700306

## **PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Sayayang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : INDRA IRAWAN  
NIM : 1314905  
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 160.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA  
REAKTOR FIXED BED MULTITUBULAR**

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, 17 Februari 2016

Yang membuat pernyataan,



INDRA IRAWAN  
NIM. 1314905

**PRA RENCANA PABRIK**  
**DIMETIL ETER DARI METANOL DENGAN PROSES DEHIDRASI**  
**METANOL**

**Disusun oleh:**

Indra Irawan

Deni Eka Shobirin

NIM 1314905

NIM 1314912

**Dosen Pembimbing:**

Elvianto Dwi D. ST, MT.

---

**ABSTRAK**

Dimetil eter ( $C_2H_6O$ ) adalah salah satu produk yang dapat dihasilkan dari bahan baku metanol ( $C_2H_6O$ ) dengan batuan katalis  $\gamma$  alumina dan yang sangat cocok dikembangkan oleh industri kimia di Indonesia. Dimetil eter ( $C_2H_6O$ ) memiliki banyak kegunaan dalam industri kimia, di antaranya yaitu sebagai sistem pendingin, propellant, dan saat ini DME diproyeksikan untuk dijadikan salah satu sumber bahan alternatif, ramah lingkungan yang nantinya akan menggantikan LPG, LNG, dan bahan bakar diesel. Proses yang digunakan adalah proses dehidrasi metanol ( $C_2H_6O$ ) dengan bantuan katalis  $\gamma$  alumina pada kondisi operasi 16,8 atm, suhu  $300^\circ C$ .

Berdasarkan beberapa pertimbangan dipilih lokasi pabrik Dimetil eter ( $C_2H_6O$ ) didirikan di Jalan Kota Industri Gresik, Gresik, Jawa Timur. Pabrik Dimetil eter ( $C_2H_6O$ ) di rencanakan kapasitas produksi 160.000 ton/tahun dan mulai beroperasi pada tahun 2019. Model operasi yang diterapkan adalah sistem kontinue dengan waktu operasi 330 hari/tahun dan 24 jam/hari. Utilitas yang digunakan meliputi air, steam, listrik. Bentuk perusahaan ini adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi garis dan staf. Dari hasil perhitungan analisa ekonomi didapatkan TCI = Rp. 119,473,506,857, Rate Of Return ( $ROI_{AT}$ ) = 31,02%; Pay Out Time ( $POT_{at}$ ) = 2,43 tahun; Break Event Point ( $BEP$ ) = 45,28 %; Internal Rate of Return ( $IRR$ ) = 24,8 %. Karena  $IRR$  lebih besar dari bunga bank BCA (10,5%) maka dapat disimpulkan bahwa pabrik Dimetil eter ( $C_2H_6O$ ) ini layak untuk didirikan.

**Kata Kunci : Metanol, Dimetil eter, Dehidrasi**

## **KATA PENGANTAR**

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pra Rencana Pabrik Dimetil Eter dari Metanol dengan Proses Dehidrasi Metanol Kapasitas Produksi 160.000 Ton/Tahun”** dengan baik.

Skripsi ini diajukan sebagai syarat guna mencapai gelar Sarjana Jenjang Strata 1 (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Nasional Malang. Pada kesempatan ini, penyusun mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang
2. Bapak Ir. Anang Subardi, MT, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang
3. Bapak M Istnaeny Hudha, ST, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Nasional Malang
4. Bapak Elvianto Dwi D. ST, MT, selaku Dosen Pembimbing Skripsi
5. Kedua orang tua kami yang telah memberikan dukungan serta doa kepada kami
6. Bapak/Ibudosen, 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, 9 Februari 2016

**Penyusun**



## INTISARI

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

- Kapasitas produksi : 160.000 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 : 243 orang
- Analisa ekonomi
  - ✓ TCI : Rp. 119,473,506,857
  - ✓ ROI<sub>AT</sub> : 31,02 %
  - ✓ POT : 2,43 tahun
  - ✓ BEP : 45,28 %
  - ✓ IRR : 24,8 %

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-5
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-12
Tabel 11.2.	Cash Flow untuk IRR.....	XI-13

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Peta Lokasi Pabrik Dimetil Eter.....	I-8
Gambar 2.1.	Diagram Alir Pembuatan Dimetil Eter Proses Dehidrasi.....	II-1
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 Letak Alat Pabrik Dimetil Eter .....	IX-5
Gambar 10.1.	Struktur Organisasi Pra Rencana Pabrik Dimetil Eter .....	X-2
Gambar 11.1.	Grafik Break Even Point.....	XI-9
Gambar 11.2.	Grafik BEP pada Keadaan Shut Down Rate.....	XI-11

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dimetil Eter (DME) adalah eter yang paling sederhana dengan rumus kimia  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ , dengan nama sistematisnya adalah methoxymethane atau metil eter. DME adalah gas tidak berwarna pada kondisi ambient, memiliki sifat fisik yang mirip dengan propana dan butana, yang merupakan konstituen utama LPG. DME memiliki keunggulan dibandingkan dengan methanol jika ditinjau dari tiga factor, yaitu temperature pengapian, bilangan setana, dan nilai kalor bersih. Dapat disimpulkan bahwa sebagai bahan mesin diesel, DME lebih unggul dari segi energy jika dibandingkan dengan lainnya.

Sebagai bahan bakar pengganti LPG, DME termasuk senyawa yang ramah, tidak menghasilkan volatile organic carbon, CO dan  $\text{CO}_2$ . 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 (kerosin) ke LPG (ESDM, 2012).

Dikarenakan 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  $\text{SO}_x$ ,

NO<sub>x</sub>, 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

Bahan baku utama

### 1.2.1 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°C, 1 atm, (kJ/mol)	: -201,17
ΔG <sub>f</sub> pada 25°C, 1 atm, (kJ/mol)	: -162,151

Sifat kimia:

- Cairan yang ringan, mudah menguap.
- Tidak berwarna, Mempunyai bau yang khas.
- Mudah terbakar, Beracun.

(Perry,1999)

## 1.2.2 Bahan pembantu

## Katalisator

Jenis :  $\gamma$  Alumina (zeolit)

Bentuk : Granular

Luas permukaan : 70-100 m<sup>2</sup>/gram

Density : 3,659 /cm<sup>3</sup>

Titik Leleh : 2045°C

Titik didih : 2980°C

Masa Aktivasi : 6 bulan

## Sifat kimia:

- Non korosif
- Tidak membentuk senyawa peroksida

(www.advance material.us)

## 1.2.3 Produk utama

Rumus molekul : CH<sub>3</sub>OCH<sub>3</sub>

Berat molekul : 46,07 g/mol

Titik didih : -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 x 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)

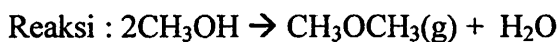
### 1.3 Kegunaan Produk

Dimethyl Eter dikenal sebagai *propellant* dalam bentuk *aerosol* yang banyak digunakan sebagai salah satu bahan pendorong dalam industri parfum, obat pembasmi nyamuk, *foam* (sabun pencukur kumis bagi pria), pengharum ruangan, *colognes*, *hair sprays*, *personal care mousses*, *antiperspirants*, *room air fresheners*.

Dan industri *coating* dan otomotif. Sekarang ini DME sedang diproyeksikan untuk dijadikan salah satu sumber bahan bakar alternatif ramah lingkungan yang nantinya akan menggantikan LPG, LNG, dan bahan bakar diesel (Anonim, 2008).

### 1.4 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

**EP = Produk - Reaktan**

$$= [1 \times 46,07 \times 1500] - [2 \times 32,042 \times 350]$$

$$= \$ 46,676 / \text{ton mol CH}_3\text{OCH}_3$$

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

### 1.5 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	749,345	
2010	2754,722	267,62%
2011	1138,255	-58,68%
2012	3591,404	215,52%
2013	3306,987	-7,92%

Sumber: Badan Pusat Statistik Tahun 2015

Dari data-data impor dimetil eter didapat persen kenaikan rata-rata sebesar 104.13%. Maka dapat diprediksi kapasitas pendirian dimetil eter pada tahun 2018 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

$$\begin{aligned} M &= 3306,987 (1 + 1,0413)^5 \\ &= 117.222 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Diketahui :

Peluang impor dimetil eter pada tahun 2018 sebesar 117.222 ton/tahun.

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

$$\begin{aligned} \text{Ekspor} &= 40\% \times \text{peluang impor} \\ &= 40\% \times 117.222 \text{ ton/tahun} \\ &= 46.888 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas} &= \text{impor} + \text{ekspor} \\ &= 117.222 + 46.888 \\ &= 164.111 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, kapasitas pabrik dimetil eter yang akan didirikan pada tahun 2019 sebesar 160.000 ton/tahun.

## **1.6 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 :

### **1.6.1 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.Molindo Raya Industrial dan PTPN 7.

#### **b. Pemasaran Produk**

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

#### **c. Transportasi**

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

#### **d. Penyediaan Utilitas**

Karena berada dikawasan industry maka segala kebutuhan utilitas baik air dll sudah terpenuhi.

#### **e. Tersedianya Tenaga Kerja**

Untuk tenaga kerja yang digunakan adalah tenaga kerja berkualitas dan berpotensi yang dapat dipenuhi dari alumni Universitas seluruh Indonesia, sedangkan untuk tenaga kerja operator kebawah dapat dipenuhi dari daerah sekitar pabrik.

### 1.6.2 Faktor Penunjang Lain

Gresik 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 Gresik layak untuk dijadikan lokasi pabrik dimetil eter di Indonesia.

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tersebut di atas, maka pabrik dimetil eter akan didirikan di Jalan Kota Industri Gresik, Gresik, Jawa Timur.

Gambar 1.1 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.

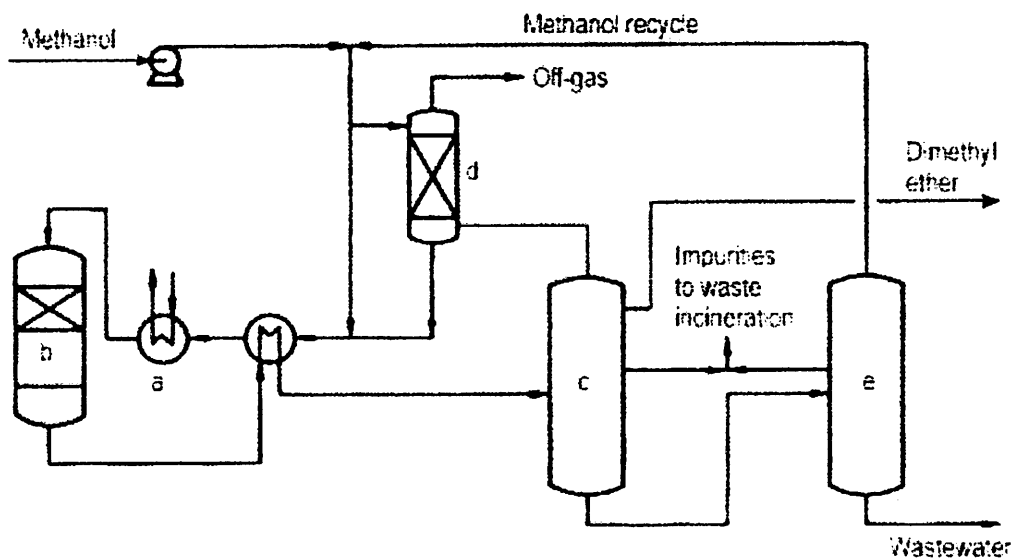
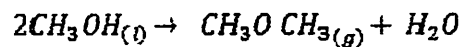
##### 2.1.1 Indirect proses (Dehidrasi Methanol)

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

Methanol menuju ke fixed bed reactor (di dalam fixed bed reaktor menggunakan katalis zeolit), menggunakan penukar panas untuk memperoleh suhu hingga 300°C dan tekanan dibentuk menjadi 16,8 atm. Karena produk reaksi eksotermis mencapai suhu sekitar 360°C. Uap dimetil eter didinginkan dan diberi tekanan 10 atm. DME yang terbentuk dalam reaktor di destilasi dan fraksi yang tidak bereaksi metanol didaur ulang ke dalam reaktor.

(Sam, 2012)

Reaksi:



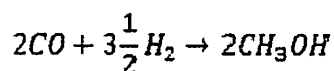
a) Vaporizer; b) Reaktor; c) Kolom dimetil eter; d) Scruber; e) Kolom metanol

Gambar 1.4. Pembuatan Dimetil Eter dengan Proses Dehidrasi

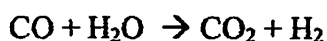
(Ullman, 2003)

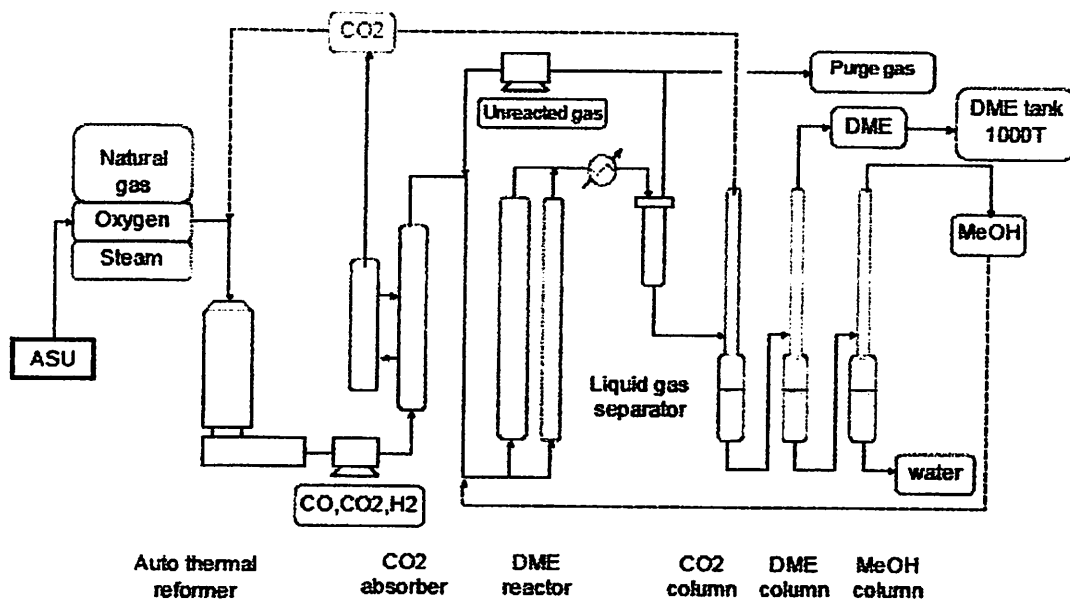
### 2.1.2 Direct proses

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. Gas alam di reformer di dalam auto thermal reformer pada kondisi temperature 1000-1200°C dalam tekanan 2,3 MPa dengan oksigen, uap dan karbon dioksida di daur ulang. Dari karbon dioksida yang terbuang dan dimurnikan untuk menjadi gas sintesis. Gas sintesis didinginkan, dikompresi dan di suplai ke dalam reaktor sintesis DME. Ada dua reaktor secara paralel; reaktor utama adalah 2.3 m dengan diameter dalam dan mempunyai tinggi 22 m , reaktor kecil 0.65 m dengan diameter dalam dan mempunyai tingi 28 m . Reaktor kecil dilengkapi untuk mendapatkan berbagai data engineering dengan kondisi kecepatan gas yang lebih tinggi. Reaksi panas dipindahkan oleh kumparan penukar panas internal untuk menghasilkan uap. Standar Kondisi reaksi suhu 260°C dan tekanan 5MPa. DME dimurnikan dalam dua kolom distilasi dan disimpan dalam tangki bertekanan (1,000tons). Diproduksi oleh-metanol didaur ulang ke reaktor sintesis DME setelah (1,000tons). Sisa metanol yang diproduksi di daur ulang ke reaktor sintesis DME setelah menghilangkan air untuk dikonversi menjadi DME. 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**

Tabel 2.1 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

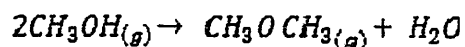
#### 2.3.1 Tahap persiapan bahan baku

Metanol cair dengan kemurnian 99,8% yang berasal dari tangki penyimpanan (F-111) dialirkan menuju Vaporizer (V-112). Keluaran dari vaporizer (V-112) berupa uap metanol dengan suhu 65,2°C.

#### 2.3.2 Tahap reaksi

Uap metanol dengan suhu 65,2°C yang dikeluarkan dari vaporizer (V-112) dinaikan tekanannya dengan menggunakan kompresor (G-113) menjadi 16,8 atm dan merubah suhu menjadi 304,8°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 304,8°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 berupa methanol dan air. Produk atas distilasi 1 yang berupa uap dimetil eter akan dikondensasikan oleh kondensor (E-123) kemudian masuk ke tangki penampung dimetil eter (F-142).



Sedangkan hasil bawah yang berupa methanol dan air dari distilasi I dialirkan menuju kolom distilasi II (D-130). Pada kolom distilasi (D-130) methanol akan dipisahkan dari air. Produk atas berupa methanol akan dikondensasikan di kondensor (E-131) kemudian dialirkan ke tangki penampung methanol (F-141). Methanol hasil destilasi II akan didistribusikan dan dijual kembali pada pabrik cat, tiner dan lain sebagainya.

#### **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.

### BAB III NERACA MASSA

Hasil perhitungan neraca massa pada Pra-Peancangan Pabrik Dimetil Eter dengan kapasitas 160.000 ton/tahun sebagai berikut :

- Pabrik : Dimetil Eter
- Kapasitas Produksi : 160.000 ton/tahun
- Waktu Operasi : 330 hari/tahun  
: 24 jam/hari
- Basis Operasi : 28101,81 kg/jam CH<sub>3</sub>OH

#### 1. Reaktor R-110

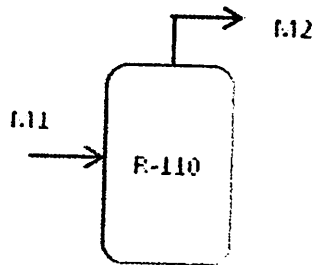
Fungsi : Sebagai tempat reaksi antara metanol menjadi dimetil eter dengan bantuan katalis gamma alumina

Neraca massa total :  $M_1 = M_2$

Keterangan :

$M_1$  : Aliran metanol masuk reaktor

$M_2$  : Aliran keluar reaktor



Neraca Massa Reaktor R-110			
Masuk		Keluar	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
$M_1$ dari F-111		$M_2$ menuju R-110	
CH <sub>3</sub> OH	27820,7892	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	17999,8820
H <sub>2</sub> O	281,018	CH <sub>3</sub> OH	2782,0789
Jumlah	28101,8072	H <sub>2</sub> O	7319,8463

<b>Total</b>	<b>28101,8072</b>	<b>Total</b>	<b>28101,8072</b>

2. Destilasi D-120

Fungsi : Untuk memisahkan dimetil eter dari methanol dan air.

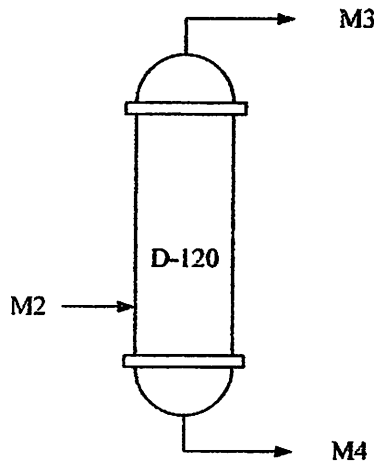
Neraca massa total :  $M_2 = M_3 + M_4$

Keterangan :

$M_2$  : Aliran bahan masuk destilasi

$M_3$  : Aliran produk atas

$M_4$  : Aliran produk bawah



Neraca Massa Destilasi (D-120)			
Masuk		Keluar	
$M_2$ dari R-110		$M_3$ menuju F-140	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	17999,882	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	17998,0375
CH <sub>3</sub> OH	2782,079	CH <sub>3</sub> OH	0,6989
H <sub>2</sub> O	7319,846	H <sub>2</sub> O	0.0013
Jumlah	28101,807	Jumlah	17998,7376
		$M_4$ menuju D-130	
		Komponen	kg/jam
		CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	1,8156
		CH <sub>3</sub> OH	2781,3751
		H <sub>2</sub> O	7319,8347
		Jumlah	10103,0255
<b>Total</b>	<b>28101,807</b>	<b>Total</b>	<b>28101,807</b>

## 3. Kolom Destilasi D-130

Fungsi : Untuk memisahkan methanol dan air.

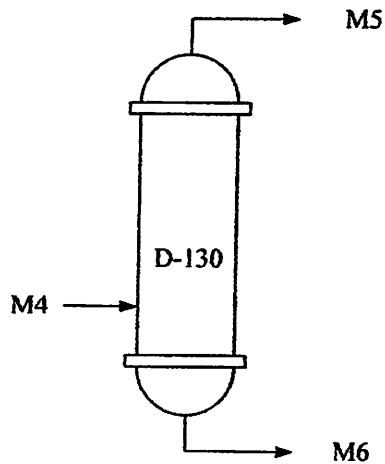
Neraca massa total :  $M_4 = M_5 + M_6$

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>			
<b>Masuk</b>		<b>Keluar</b>	
<b>Komponen</b>	<b>kg/jam</b>	<b>Komponen</b>	<b>kg/jam</b>
<b>M<sub>4</sub></b>		<b>M<sub>5</sub></b>	
CH <sub>3</sub> OH	2781,375	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	0
CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	0	CH <sub>3</sub> OH	2725,9242
H <sub>2</sub> O	7319,835	H <sub>2</sub> O	0.0340
<b>Jumlah</b>	<b>10101,210</b>	<b>Jumlah</b>	<b>2725,9582</b>
		<b>M<sub>6</sub></b>	
		CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	0
		CH <sub>3</sub> OH	55.6275
		H <sub>2</sub> O	7319,8022
		<b>Jumlah</b>	<b>7375,4297</b>
<b>Total</b>	<b>10101,210</b>	<b>Total</b>	<b>10101,210</b>

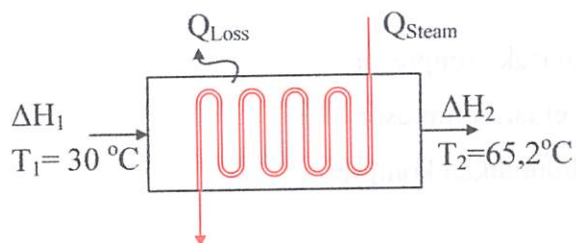
## BAB IV NERACA PANAS

Hasil perhitungan neraca panas pada Pra Rencana Pabrik Dimetil Eter dengan kapasitas 160.000 ton/tahun sebagai berikut :

Pabrik	: Dimetil Eter
Kapasitas Produksi	: 160.000 ton/tahun
Waktu Operasi	: 330 hari/tahun
	: 24 jam/hari
Basis Operasi	: 28101,81 kg/jam CH <sub>3</sub> OH

### 1. Vaporizer V-112

Fungsi : Untuk memanaskan metanol dari suhu 30°C ke suhu 65,2°C dan menjadikan berupa gas.



Neraca panas Overall:

$$\Delta H_1 + Q_{\text{steam}} = \Delta H_2 + Q_{\text{loss}}$$

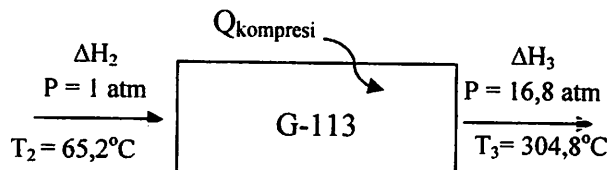
Keterangan :

- $\Delta H_1$  : Panas bahan masuk vaporizer
- $\Delta H_2$  : Panas bahan keluar vaporizer
- $Q_{\text{steam}}$  : Panas steam yang dibutuhkan
- $Q_{\text{loss}}$  : Panas yang hilang

Neraca Panas Heater (E-112)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	kcal/jam	Komponen	kcal/jam
$\Delta H_1$	47161,6708	$\Delta H_2$	391185,252
$Q_{\text{Steam}}$	344495,1979	$Q_{\text{Loss}}$	471,6167
<b>Total</b>	<b>391656,8687</b>	<b>Total</b>	<b>391656,8687</b>

## 2. Kompresor G-113

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



$$\text{Neraca panas overall : } \Delta H_2 + Q_{\text{kompresi}} = \Delta H_3$$

Keterangan :

$\Delta H_2$  : Panas bahan masuk kompresor

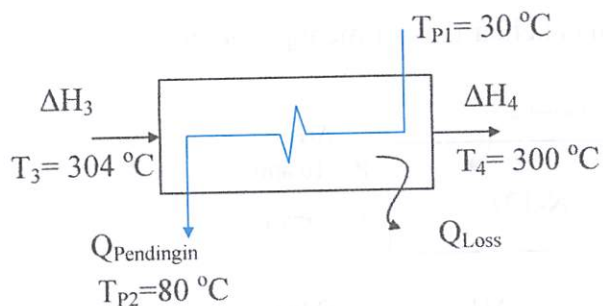
$\Delta H_3$  : Panas bahan keluar kompresor

$Q_{\text{kompresi}}$  : Energi yang dibutuhkan kompresor

Neraca Panas Kompresor (G-113)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi (kcal/jam)	Komponen	Energi (kcal/jam)
$\Delta H_2$	18867142397	$\Delta H_3$	19539291246,4814
$Q_{\text{kompresi}}$	672148849,1		
<b>Total</b>	<b>19539291246,4814</b>	<b>Total</b>	<b>19539291246,4814</b>

### 3. Reaktor R-110

Fungsi : Untuk mereaksikan metanol dengan bantuan katalis zeolit



Neraca Panas Overall :

$$\Delta H_3 + Q_1 = \Delta H_4 + \Delta H \text{ reaksi} + Q_{\text{Loss}}$$

Keterangan :

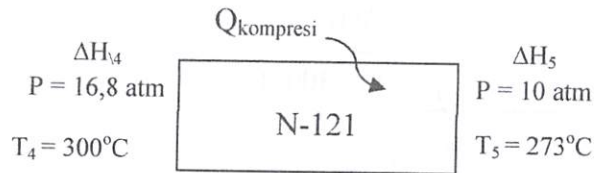
- $\Delta H_3$  : Panas bahan masuk reaktor
- $\Delta H_4$  : Panas bahan keluar reaktor
- $\Delta H_{\text{rxn}}$  : Panas reaksi
- $Q_{\text{pendingin}}$  : Panas yang diserap pendingin
- $Q_{\text{loss}}$  : Panas yang hilang

Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kcal/jam	Komponen	Energi kcal/jam
$\Delta H_3$	2749326038.91	$\Delta H_4$	1243735831.8236
$\Delta H_{\text{rxn}}$	1545380857	$Q_{\text{Loss}}$	152548553.2108
		$Q_{\text{Pendingin}}$	2898422511.0055
Total	<b>4294706896</b>	Total	<b>4294706896</b>



#### 4. Ekspander N-121

Fungsi : Menurunkan tekanan keluar reaktor menuju cooler



Neraca Panas Overall :  $\Delta H_4 = \Delta H_5 + Q \text{ lepas}$

Keterangan :

$\Delta H_4$  : Panas bahan masuk ekspander

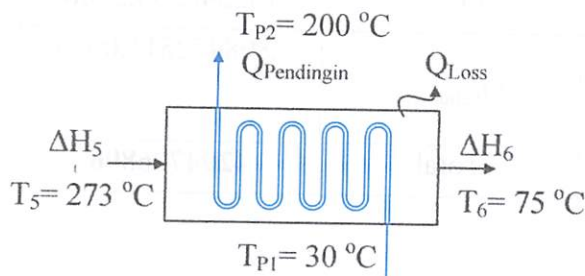
$\Delta H_5$  : Panas bahan keluar ekspander

$Q_{\text{lepas}}$  : Energi yang dikeluarkan ekspander

Neraca Panas Ekspander (N-121)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi (kkal/jam)	Komponen	Energi (kkal/jam)
$\Delta H_4$	7562416799	$\Delta H_5$	7578531818,6147
		Q lepas	-16115019,9737
<b>Total</b>	<b>7562416799</b>	<b>Total</b>	<b>7562416799</b>

#### 5. Cooler E-122

Fungsi : Menurunkan suhu keluar ekspander menuju destilasi



Neraca panas Overall:

$$\Delta H_5 + Q_{\text{pendingin}} = \Delta H_6 + Q_{\text{loss}}$$

Keterangan :

$\Delta H_5$  : Panas bahan masuk cooler

$\Delta H_6$  : Panas bahan keluar cooler

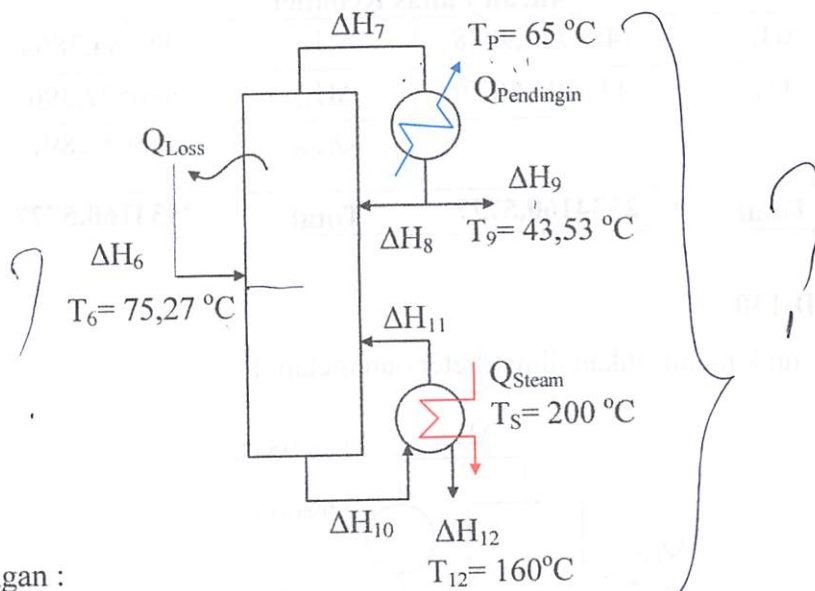
$Q_{\text{pendingin}}$  : Panas yang diserap air pendingin

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

Neraca Panas Cooler (E-122)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi (kkal/jam)	Komponen	Energi (kkal/jam)
$\Delta H_5$	297871,97	$\Delta H_6$	532313,9908
		$Q_{\text{loss}}$	26615,6955
		$Q_{\text{pendingin}}$	2415942,275
<b>Total</b>	<b>297871,97</b>	<b>Total</b>	<b>297871,97</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

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

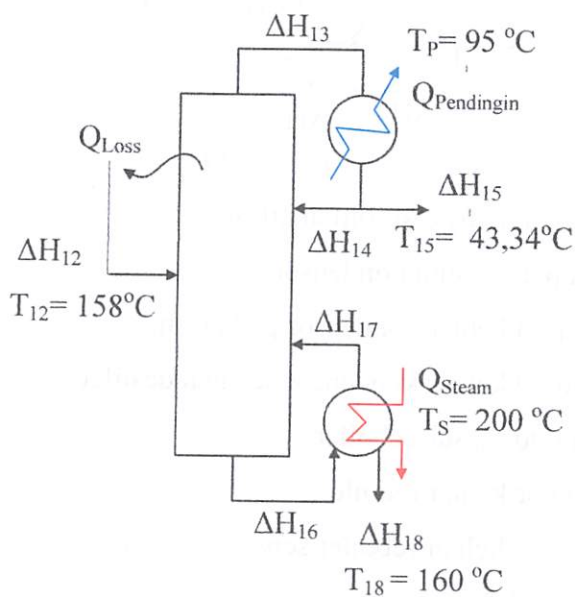
$Q_s$  : Panas yang terkandung pada steam

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

Neraca Panas Kolom Destilasi (D-120)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kkal/jam	Komponen	Energi kkal/jam
$\Delta H_6$	538594,7413	$\Delta H_9$	109508,2001
$Q_R$	207929,889	$\Delta H_{12}$	636527,396
		$Q_C$	489,0342
<b>Jumlah</b>	<b>746524,6302</b>	<b>Jumlah</b>	<b>746524,6302</b>
Aliran Panas Kondensor			
$\Delta H_7$	185218,576	$\Delta H_8$	75221,3417
		$\Delta H_9$	109508,2001
		$Q_C$	489,0342
<b>Jumlah</b>	<b>185218,576</b>	<b>Jumlah</b>	<b>185218,576</b>
Aliran Panas Reboiler			
$\Delta H_{10}$	1484722,9088	$\Delta H_{11}$	889584,3864
$Q_R$	117694,4627	$\Delta H_{12}$	636527,396
		$Q_{\text{Loss}}$	76305,5891
<b>Total</b>	<b>2534160,5777</b>	<b>Total</b>	<b>2534160,5777</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  
 $Q_{\text{loss}}$  : Panas yang hilang  
 $Q_s$  : Panas yang terkandung pada steam  
 $Q_{\text{pendingin}}$  : 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>
$\Delta H_{12}$	624362,0969	$\Delta H_{15}$	110609,5971
$Q_R$	59719,8331	$\Delta H_{18}$	517489,1797
		$Q_C$	55983,153
<b>Jumlah</b>	<b>684081,93</b>	<b>Jumlah</b>	<b>684081,93</b>
<b>Aliran Panas Kondensor</b>			
$\Delta H_{13}$	324177,1264	$\Delta H_{14}$	157584,3761
		$\Delta H_{15}$	110609,5971
		$Q_C$	55983,1531
<b>Jumlah</b>	<b>324177,1264</b>	<b>Jumlah</b>	<b>324177,1264</b>
<b>Aliran Panas Reboiler</b>			
$\Delta H_{16}$	727436,1112	$\Delta H_{17}$	210221,2644
$Q_R$	36659,8552	$\Delta H_{18}$	517489,1797
		$Q_{\text{Loss}}$	36385,522
<b>Total</b>	<b>1772355,0228</b>	<b>Total</b>	<b>1772355,0228</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	- $d_i = 166,5 \text{ in}$ - $d_o = 168 \text{ in}$ - $t_s = 12/16$ - $t_{ha} = 20/16$ - $h_a = 28 \text{ in}$ - Volume tangki= $46876,6937 \text{ ft}^2$ - Tinggi storage= $277,8885 \text{ in}$ - Tekanan design= $108,27 \text{ in}$	Carbon Steel	4

3	Vaporizer	V-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 = 61953,244 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 = 4,2866 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 = 62792,034</li> </ul>	Stainless steel SA 240 Grade M Type 316	1

				lb/jam		
8	Kondensor	E-123	Shell and tube	Tube : - OD = 1 in - Panjang = 12 ft Shell : - ID = 19 ¼ in - B = 16 in - Kapasitas = 61953,2442 lb/jam	Carbon Ceramics	1
9	Pompa	L-125	Centrifugal pump	- Di = 5,047 in - Do = 5,563 in - A = 0,139 ft <sup>2</sup> - P = 5 Hp - Kapasitas = 1657,7 ft <sup>3</sup> /jam	Carbon Stell	1
10	Reboiler	E-126	Double pipe heat exchanger	- ID = 2,07 in - OD = 2,38 in - L = 15 ft - A = 63,8033 ft <sup>2</sup> - Kapasitas = 61953,2442 lb/jam	Carbon steel 240 SA grade M type 316	1
11	Kolom destilasi II	D-130	Silinder tegak	- di = 25,625 in - do = 26 in	Stainless steel SA 240 Grade	1

				<ul style="list-style-type: none"> <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>	M Type 316	
12	Kondensor	E-131	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 = 8 in</li> <li>- B = 16 in</li> <li>- Kapasitas = 22269,1271 lb/jam</li> </ul>	Carbon Ceramics	1
13	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 = 1017,905 ft<sup>3</sup>/jam</li> </ul>	Carbon Stell	1
14	Reboiler	E-134	Double pipe heat	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ID = 2,07 in</li> <li>- OD = 2,38 in</li> </ul>	Carbon steel 240	1



			exchanger	- L = 12 ft - A = 63,8033 ft <sup>2</sup> - Kapasitas = 22269,1271 lb/jam	SA grade M type 316	
15	Storage Dimetil Eter	F-142	Tangki berbentuk spherical	- Diameter tangki = 3800 in - ts = 4 3/8 in - Volume tangki= 1003,387ft <sup>2</sup>  - Tekanan design= 18,453 psig	Stainless Steel SA 240 Grade M Type 316	1
16	Storage Methanol	F-141	Tangki berbentuk spherical	- Diameter tangki = 3800 in - ts = 2/16 in - Volume tangki= 151,9688 ft <sup>2</sup>  - Tekanan design= 16,54 psig	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)	= 20 hari
Volume fluida	= 80% storage
Suhu operasi	= 27°C
Tekanan operasi	= 1 atm = 14,7 psia

## 2. Vaporizer (V-112)

Fungsi	= Untuk memanaskan metanol untuk bahan masuk reaktor
Type	= Double Pipe Heat Exchanger
Suhu bahan masuk ( $t_1$ )	= 30°C
Suhu bahan keluar ( $t_2$ )	= 65,2°C
Suhu steam masuk	= 200

## 3. Kompresor (G-113)

Fungsi	= Menaikan tekanan bahan masuk
Type	= Singlestage Reciprocating Compressor
Bahan	= Carbon Steel
Suhu awal ( $T_1$ )	= 65,2°C
Suhu akhir ( $T_2$ )	= 304,8°C
Tekanan awal ( $P_1$ )	= 1 atm
Tekanan akhir ( $P_2$ )	= 16,8 atm

## 4. Reaktor (R-110)

(Perancangan alat utama oleh Indra Irawan 1314905)

## 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 Deni Eka Shobirin 1314912)

#### 8. Kondensor (E-123)

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

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. Pompa (L-125)

Fungsi = Untuk mengalirkan produk bawah dari destilasi I menuju reboiler

Type = Pompa sentrifugal

Bahan konstruksi = Carbon steel

Jumlah = 1 buah

Daya = 5 Hp

#### 10. Reboiler (E-126)

Fungsi = Menguapkan dan memanaskan kembali bottom product dari kolom destilasi I

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 ( $t_2$ )	= 168,72 °C
Suhu steam masuk ( $T_1$ )	= 200 °C
Suhu steam kondensat ( $T_2$ )	= 200 °C

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

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

### 12. 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 ( $t_1$ )	= 27 °C
Suhu air pendingin keluar ( $t_2$ )	= 95 °C

### 13. 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

#### 14. 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 ( $t_1$ ) = 168,75 °C

Suhu bahan keluar ( $t_2$ ) = 180 °C

Suhu steam masuk ( $T_1$ ) = 120 °C

Suhu steam kondensat ( $T_2$ ) = 120 °C

#### 15. Storage Dimetil Eter (F-142)

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

#### 16. Storage Methanol (F-141)

Fungsi = Untuk menyimpan methanol dari destilasi II

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) = 1 hari

Volume fluida = 80% storage

Suhu operasi = 27 °C

Tekanan operasi = 1 atm = 14,7 psia.

## BAB VI PERANCANGAN ALAT UTAMA

Nama alat : Reaktor  
 Kode alat : R-110  
 Jenis : Fixed - Bed Multitube Reaktor  
 Fungsi : Sebagai tempat reaksi metanol menjadi dimetil eter dengan menggunakan katalis  $\gamma$  alumina  
 Bentuk : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk standar dished dan tutup bawah berbentuk standar dished

### Kondisi operasi:

- Tekanan = 16.80 atm = 246.89 psi = 232.1968 psi  
                   = 35552.6316 lbf/ft<sup>2</sup>  
 - R = 1545.3 ft.lbf/lbmol.<sup>o</sup>R  
           = 82.06 cm<sup>3</sup>.atm/mol.K  
 - Temperatur = 300 <sup>o</sup>C = 573.15 K = 1032.00 <sup>o</sup>R  
 - Rate masuk Reaktor = 28101.8072 kg/jam  
                                   = 61953.2442 lb/jam  
                                   = 17.2092 lb/detik

### Direncanakan :

- Bahan konstruksi = Stainless Steel SA-240 Grade M Tipe 316 (18 Cr-10 Ni-2 Mo)  
 - allowable stress (f) = 17900  
 - Pengelasan = double welded but joint,  
 - E = 0.8  
 - Faktor korosi (C) =  $\frac{1}{16}$

### 1 Komponen keluar dan masuk reaktor

Komponen	BM	Masuk		Keluar	
		kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
CH <sub>3</sub> OH	32.0419	27820.79	868.2628	2782.0789	86.8263
H <sub>2</sub> O	18.0151	281.01807	15.5990	7038.8283	390.7182
CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	46.0691			17999.8820	390.7151
H <sub>2</sub> O	18.0151			281.01800	15.5990
Jumlah	114.1412	28101.8072	883.8618	28101.8072	883.8587

### 2 Menentukan densitas campuran

$$\rho \text{ campuran} = \frac{M \times P}{R \times T}$$

dimana:  $\sum \text{massa}$  = Jumlah massa gas masuk reaktor  
 $\sum n$  = Jumlah mol gas masuk reaktor

$P$  = Tekanan operasi (lbf/ft<sup>2</sup>)  
 $R$  = Konstanta gas ideal (1545.3 ft.lbf/lbmol.°R)  
 $T$  = Suhu operasi (°R)

Komponen	BM	Massa (kg/jam)	$x_i$	Massa (lb/jam)	$n$ (lbmol)
CH <sub>3</sub> OH	32.0419	27820.7892	0.99	61333.7118	1914.1721
H <sub>2</sub> O	18.0151	281.0181	0.01	619.5324	34.3896
Total	50.0570	28101.8072	1	61953.2442	1948.5617

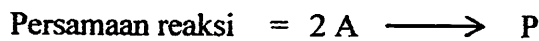
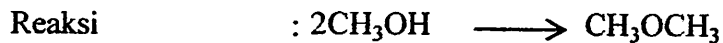
$$\rho \text{ campuran} = \frac{\sum M \times P}{\sum n \times R \times T}$$

$$\rho \text{ campuran} = 0.7088 \text{ kg/m}^3 = 0.044249 \text{ lb/ft}^3$$

### 3 Menentukan waktu reaksi

Waktu kontak didalam reaktor = 0.1 detik United State Patent, 2007

### 4 Menentukan konstanta kecepatan reaksi



- Menghitung  $C_{AO}$  (hal 75: Levenspiel edisi 3)

$$\begin{aligned}
 C_{AO} = \frac{P}{R \cdot T} &= \frac{35552.63}{1545.30 \times 1032.00} \\
 &= 0.0120668 \text{ mol/cm}^3 \\
 &= 12.0668 \text{ mol/L} \\
 &= 0.34169 \text{ kmol/ft}^3
 \end{aligned}$$

- Konversi reaksi ( $X_A$ ) = 0.90

- Menghitung  $\epsilon_A$

	$2 \text{ CH}_3\text{OH}$	$\longrightarrow$	$\text{CH}_3\text{OCH}_3 +$	$\text{H}_2\text{O}$
	$V_{XA=1}$		$V_{XA=0}$	
CH <sub>3</sub> OH :	0.0000		12.0668	
CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub> :	10.8601		0.0000	
H <sub>2</sub> O :	10.8601		0.0000	
Jumlah	21.7202		12.0668	

$$\begin{aligned}
 \epsilon &= \frac{V_{XA=1} - V_{XA=0}}{V_{XA=0}} \quad (\text{hal 68: Levenspiel edisi 3}) \\
 &= \frac{9.653}{12.0668} = 0.80
 \end{aligned}$$

$$-r_A = -\frac{1}{V} \times \frac{dN_A}{dt} \times k \cdot C_A^2 \quad (\text{hal 71: Levenspiel edisi 3})$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{V_o(1 + \epsilon_A \cdot X_A)} \times \frac{d[N_{AO} - N_{AO} \cdot X_A]}{dt} = k \cdot C_A^2 \\
&= \frac{1}{V_o(1 + \epsilon_A \cdot X_A)} \times \frac{dX_A}{dt} = k \cdot C_A^2 \\
&= \frac{C_{AO}}{(1 + \epsilon_A \cdot X_A)} \times \frac{dX_A}{dt} = k \cdot C_{AO}^2 \left[ \frac{(1 - X_A)^2}{(1 + \epsilon_A \cdot X_A)} \right] \\
&= \int \frac{(1 + \epsilon_A \cdot X_A)}{(1 - X_A)^2} + dX_A = k \cdot C_{AO} \int dt \\
&= \frac{(1 + \epsilon_A)X_A}{(1 - X_A)} + \epsilon_A \cdot \ln(1 - X_A) = k \cdot C_{AO} \cdot t \\
&= \left[ \frac{1 + 0.8}{1 - 0.90} \right] \times 0.9 + 0.8 \ln 1 - 0.90 = k \times 12.067 \times 0. \\
&= 16.2 + -1.84 = k \cdot 1.2067 \\
&= 14.36 = k \cdot 1.2067 \\
&= 11.8987 \text{ L/mol.detik} \\
&k = 0.0119 \text{ L/kmol.detik} \\
&= 0.0004 \text{ ft}^3/\text{kmol.detik}
\end{aligned}$$

##### 5 Menentukan volume actual reaktor

- Menghitung rate volumetrik

$$V_o = \text{rate masuk reaktor}$$

$\rho$  campuran

$$= \frac{17.2092 \text{ lb/detik}}{0.0442 \text{ lb/ft}^3}$$

$$= 388.9178 \text{ ft}^3/\text{detik}$$

- Menghitung volume actual reaktor

$$\tau = C_{AO} \int \frac{dX_A}{-r_A} \quad (\text{pers. 23, hal 112:Levenspiel edisi 3})$$

$$\frac{V}{V_o} = C_{AO} \int \frac{dX_A}{C_{AO}^2 \times \left[ \frac{(1 - X_A)}{(1 + \epsilon_A \cdot X_A)} \right]^2}$$

$$\frac{V}{V_o} = \frac{C_{AO}}{k \cdot C_{AO}^2} \int \left[ \frac{dX_A}{(1 - X_A)(1 + \epsilon_A \cdot X_A)} \right]^2$$

$$\frac{V}{V_o} = \frac{C_{AO}}{k \cdot C_{AO}^2} \int \left[ \frac{(1 - \epsilon_A \cdot X_A)}{(1 - X_A)} \right]^2$$



$$\frac{V}{V_0} = \frac{2\varepsilon_A(1 + \varepsilon_A) \cdot \ln(1 - X_A) + \varepsilon_A^2 \cdot X_A + (\varepsilon_A + 1)^2 \frac{X_A}{1 - X_A}}{k \cdot C_{A0}}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{2 \times 1,22(1,22) \times \ln(1 - 0,9) + (1,22^2 \times 0,9) + (1,22 + 1)^2 \left( \frac{0,99}{1 - 0,99} \right)}{4,065736}$$

$$\frac{V}{V_0} = 0,1609$$

$$\frac{V}{388,9178} = 0,1609 \quad \text{ft}^3 = 2,2101 \quad \text{L}$$

$$V = 24340,0383$$

$$\text{Volume ruang kosong} = 10\% V_T$$

$$\text{Volume total} \quad V_{\text{total}} = \text{Volume gas} + \text{Volume ruang kosong}$$

$$V_{\text{total}} = 24340,0383 + 10\% V_T$$

$$90\% V_{\text{total}} = 24340,0383 \quad \text{ft}^3$$

$$V_{\text{total}} = 27044,4870 \quad \text{ft}^3$$

$$= 765818,7372 \quad \text{L}$$

## 6 Menentukan kebutuhan katalis

$$W = \frac{F_{A0}}{k \cdot C_{A0}} \left[ (1 + \varepsilon_A) \ln \frac{1}{1 - X_A} - \varepsilon_A \cdot X_A \right]$$

(hal 414: Levenspiel edisi 3)

$$\text{- Densitas} = 3,65 \text{ g/cm}^3 = 227,8621 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{- Berat molekul} = 101,96 \text{ kg/kmol}$$

$$\begin{aligned} W &= \frac{883,8618}{143,57932} \times 1 + 0,80 \ln \frac{1}{0,10} - 0,80 \times 0, \\ &= 18,0158 \times 3,42 \\ &= 61,6980 \text{ kmol} \\ &= 6290,7255 \text{ kg} \\ &= 6,2907 \text{ ton} \\ &= 13868,53354 \text{ lb} \end{aligned}$$

## 7 Menentukan panjang tube yang terisi katalis

$$Z = \frac{4 \times W}{\pi \times ID^2 \times \rho_{\text{katalis}}}$$

Dimana:

**Z** = tinggi tumpukan katalis (ft)

$$\begin{aligned} W &= \text{volume katalis dalam tube (lb)} \\ \rho_{\text{katalis}} &= \text{densitas katalis (lb/ft}^3\text{)} \\ ID &= \text{diameter dalam tube (ft)} \end{aligned}$$

Dimana digunakan pipa dengan ketentuan ukuran nominal 2 sch. 40 (Appendiks K, Brownell and Young, hal 388) didapatkan:

$$\begin{aligned} ID &= 2.067 \text{ in} = 0.17225 \text{ ft} = 0.052502 \text{ m} \\ OD &= 2.375 \text{ in} = 0.197917 \text{ ft} = 0.060325 \text{ m} \\ A &= 1.074 \text{ in} = 0.0075 \text{ ft}^2 = 0.002273 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z &= \frac{4 \times 13868.53}{\pi \times 0.02967 \times 227.8621} \\ &= 2613.1865 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\text{Dipilih tinggi tube standart} = 24 \text{ ft} = 7.3152 \text{ m}$$

Sehingga didapatkan tinggi tumpukan katalis

$$\begin{aligned} Z &= 80 \% \text{ dari tinggi tube yang dipilih} \\ &= 80\% \times 24 \text{ ft} \\ Z &= 19.2 \text{ ft} = 5.8522 \text{ m} \end{aligned}$$

## 8 Menentukan jumlah tube

$$\begin{aligned} N_t &= \frac{\text{tinggi katalis keseluruhan}}{\text{tinggi katalis per tube}} \\ &= \frac{2613.1865}{19.2} = 136.1035 = 137 \text{ buah} \end{aligned}$$

## 9 Menentukan Susunan Pipa

Susunan pipa yang digunakan adalah triangular pitch (segitiga sama sisi) dengan tujuan agar memberikan turbulensi yang lebih baik, sehingga akan memperbesar koefisien transfer panas konveksi ( $h_o$ ). Sehingga transfer panasnya lebih baik daripada square pitch (Kern, 1983).

Jarak antar pusat pipa ( $P_T$ )

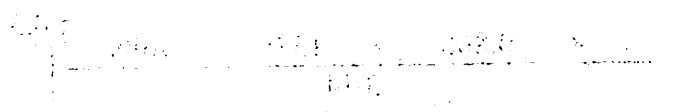
$$\begin{aligned} P_T &= OD + \frac{1}{4} OD \\ &= 2.375 + (\frac{1}{4} \times 2.375) \\ &= 2.9688 \text{ in} \\ &= 0.075 \text{ m} \end{aligned}$$

Jarak antar pipa (Clearance)

$$\begin{aligned} C' &= P_T - OD \\ &= 2.9688 - 2.3750 \end{aligned}$$

= 0.5938 in

The first part of the document discusses the...  
 The second part of the document discusses the...  
 The third part of the document discusses the...  
 The fourth part of the document discusses the...  
 The fifth part of the document discusses the...  
 The sixth part of the document discusses the...  
 The seventh part of the document discusses the...  
 The eighth part of the document discusses the...  
 The ninth part of the document discusses the...  
 The tenth part of the document discusses the...  
 The eleventh part of the document discusses the...  
 The twelfth part of the document discusses the...  
 The thirteenth part of the document discusses the...  
 The fourteenth part of the document discusses the...  
 The fifteenth part of the document discusses the...  
 The sixteenth part of the document discusses the...  
 The seventeenth part of the document discusses the...  
 The eighteenth part of the document discusses the...  
 The nineteenth part of the document discusses the...  
 The twentieth part of the document discusses the...  
 The twenty-first part of the document discusses the...  
 The twenty-second part of the document discusses the...  
 The twenty-third part of the document discusses the...  
 The twenty-fourth part of the document discusses the...  
 The twenty-fifth part of the document discusses the...  
 The twenty-sixth part of the document discusses the...  
 The twenty-seventh part of the document discusses the...  
 The twenty-eighth part of the document discusses the...  
 The twenty-ninth part of the document discusses the...  
 The thirtieth part of the document discusses the...  
 The thirty-first part of the document discusses the...  
 The thirty-second part of the document discusses the...  
 The thirty-third part of the document discusses the...  
 The thirty-fourth part of the document discusses the...  
 The thirty-fifth part of the document discusses the...  
 The thirty-sixth part of the document discusses the...  
 The thirty-seventh part of the document discusses the...  
 The thirty-eighth part of the document discusses the...  
 The thirty-ninth part of the document discusses the...  
 The fortieth part of the document discusses the...  
 The forty-first part of the document discusses the...  
 The forty-second part of the document discusses the...  
 The forty-third part of the document discusses the...  
 The forty-fourth part of the document discusses the...  
 The forty-fifth part of the document discusses the...  
 The forty-sixth part of the document discusses the...  
 The forty-seventh part of the document discusses the...  
 The forty-eighth part of the document discusses the...  
 The forty-ninth part of the document discusses the...  
 The fiftieth part of the document discusses the...



The diagram illustrates the...  
 The first point is...  
 The second point is...  
 The third point is...  
 The fourth point is...  
 The fifth point is...  
 The sixth point is...  
 The seventh point is...  
 The eighth point is...  
 The ninth point is...  
 The tenth point is...  
 The diagram shows the...  
 The length of the...  
 The distance between...  
 The total length of...  
 The diagram is...  
 The points are...  
 The segments are...  
 The diagram is...  
 The points are...  
 The segments are...  
 The diagram is...  
 The points are...  
 The segments are...

$$\text{Luasan triangular pitch} = P_T \sin 60^\circ$$

$$\begin{aligned} - \text{ Tinggi segitiga} = t &= 2.9688 \sin 60^\circ \\ &= 2.9688 \times 1 \\ &= 2.5709 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas satu pipa (A)} &= 0.5 \times P_T \times t \\ &= 0.5 \times 2.9688 \times 2.571 \\ &= 3.8162 \text{ in}^2 \\ &= 0.0265 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Tube side atau Bundle crossflow (at)

$$\begin{aligned} at &= Nt \times at' \\ &= 137 \text{ ft}^2 \times ((\pi \times ID^2)/4) \\ &= 3.191 \end{aligned}$$

Mass velocity ( $G_t$ )

$$\begin{aligned} G_t &= \frac{W_t}{a_t} = \frac{61953.244}{3.1909} \\ &= 19415.804 \text{ lb/jam.ft}^2 \end{aligned}$$

### 10. Menghitung Shell

$$\begin{aligned} ID_s &= \left( \frac{4.0,866 \cdot N_t \cdot P_T^2}{\pi} \right)^{0.5} \\ - &= \left( \frac{4 \times 0.866 \times 137 \times 2.9688^2}{3.14} \right)^{0.5} \\ &= 36.4971 \text{ in} \end{aligned}$$

Jarak Baffle

$$\begin{aligned} B_s &= ID_s \times 0.95 \\ &= 36.4971 \times 0.95 \\ - &= 34.6722 \text{ in} \end{aligned}$$

Shell Side atau Bundle Crossflow Area ( $a_s$ )

$$\begin{aligned} a_s &= \frac{C' \times ID_s \times B_s}{P_T} \\ - &= \frac{0.5938 \times 36.4971 \times 34.6722}{2.9688} \\ &= 253.0869 \text{ in}^2 \\ &= 1.7575 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Mass Velocity ( $G_s$ )

$$G_s = \frac{W}{a_s}$$

$$= \frac{51298984.42}{253.08689}$$

$$= 202693.2 \text{ lb/jam.in}^2$$

Equivalent Diameter (De)

$$De = \frac{(4 \times (0,5 \cdot P_T \times 0,866 \cdot P_T - 0,5 \cdot \pi \cdot OD^2)/4)}{0,5 \times \pi \times OD}$$

$$= \frac{4 \times (1,4844 \times 2,5709 - 3,7288^2)/4}{3,72875}$$

$$= 0,3651 \text{ in}^2$$

- Reynold number (Re)

$$Re = \frac{De \times G_s}{\mu_{\text{pendingin}} \times 2,42} = \frac{0,3651 \times 202693,168}{3,262 \times 2,42}$$

$$= 9374,5634$$

- Pressure drop di shell

$$\Delta P_s = \frac{f \times G_s^2 \times ID_s \times (N+1)}{5,22 \cdot 10^0 \times de \times sg \times \phi}$$

Dimana:

$D_s$  = diameter shell (IDs)

$G_s$  = mass velocity

-  $D_e$  = equivalent diameter

$\phi$  = corrected coefficient s = 1 (hal 121 Kern, 1950)

$$(N+1) = \frac{12 L}{B} = \frac{240}{7,299414} = 32,8793$$

s = specific gravity = 1 (Fig.29 Kern, 1950)

f = shell side friction factc = 0,006

$$\Delta P_s = \frac{0,006 \times 202693,168^2 \times 36,4971 \times (32,879)}{5,22 \times 10^{10} \times 0,3651 \times 1 \times 1}$$

$$= 15,52133058 \text{ psi}$$

## 11. Menentukan P design (Pi)

$$\text{Tekanan dalam reaktor} = 16,8 \text{ atm}$$

$$= 246,893 \text{ psi}$$

$$P_{\text{hidrostatik}} = \frac{\rho_{\text{feed campuran}} \times (H - 1)}{144}$$

$$= 0,044249 \times (24 - 1)$$

$$= 1,0177 \text{ ---}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{design}} (P_i) &= (P_{\text{hidrostatik}} + P_{\text{operasi}}) \\
 &= (1.0177 + 246.893) \\
 &= 247.9105 \text{ psi} \\
 &= 233.2145 \text{ psig}
 \end{aligned}$$

## 12. Menentukan Tebal Silinder

$$\begin{aligned}
 t_s &= \frac{P_i \cdot d_i}{2 (f \cdot E - 0,6 \cdot P_i)} + c \\
 &= \frac{233.215 \times 36.4971}{2 \times (17900 \times 0.8 - 0.6 \times 233.215)} + \frac{1}{16} \\
 &= \frac{8511.6475}{28360.14257} + \frac{1}{16} \\
 &= 0.362627105 \times \frac{16}{16} \\
 &= \frac{6}{16} = \frac{3}{8} \text{ in}
 \end{aligned}$$

Standarisasi do:

$$\begin{aligned}
 d_o &= d_i + 2t_s \\
 &= 36.4971 + 2 \times (3/8) \\
 &= 37.2471
 \end{aligned}$$

Dari Brownell & Young, tabel 5.7, hal. 90, diperoleh:

$$\begin{aligned}
 t &= 3/8 \text{ in} \\
 d_o \text{ baru} &= 40 \text{ in} \\
 r &= 40 \\
 i_{cr} &= d_o \text{ baru} \\
 d_i \text{ baru} &= d_o \text{ baru} - 2 t_s \\
 &= 40 - 2 \cdot 3/8 \\
 &= 39.25 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Tebal shell setelah di standarisasi:

$$\begin{aligned}
 t_s &= \frac{P_i \cdot d_i}{2 (f \cdot E - 0,6 \cdot P_i)} + c \\
 &= \frac{233.215 \times 39.2500}{2 \times (17900 \times 0.8 - 0.6 \times 233.215)} + \frac{1}{16} \\
 &= \frac{9153.6702}{28360.14257} + \frac{1}{16} \\
 &= 0.3853 \times \frac{16}{16}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{6.1642}{16} = \frac{7}{16}$$

### 13. Menentukan Tebal Tutup Reaktor

Menghitung dimensi tutup atas dan tutup bawah (standart dished) berdasarkan tabel 5.7 halaman 89 buku Brownell,

$$r = d_i$$

$$th_a = \frac{0,885 \text{ Pi} \cdot d}{(f \cdot E - 0,1 \text{ Pi})} + c$$

$$= \frac{0.885 \times 233.215 \times 39.2500}{17900 \times 0.8 - 0.1 \times 233.215} + \frac{1}{16}$$

$$= \frac{8101.00}{14296.7} + \frac{1}{16}$$

$$= 0.623 \times \frac{16}{16}$$

$$\frac{9.968}{16} = \frac{10}{16} \text{ in} = \frac{5}{8} \text{ in}$$

$$th_a = th_b = \frac{5}{8} \text{ in}$$

### 14. Menentukan Tinggi Tutup Reaktor.

Dari Brownell & Young, tabel 5.6, hal. 88 untuk  $th_a/th_b = 5/8$  in, diperoleh:

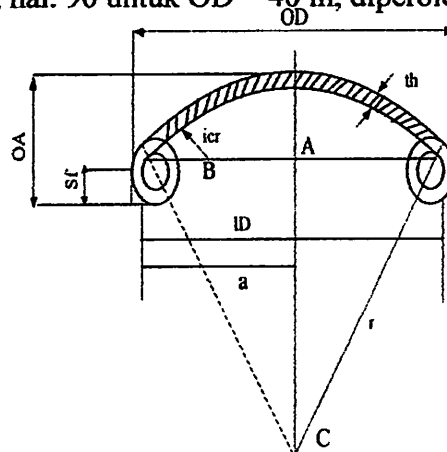
$$S_f = 1\frac{1}{2} - 3 \text{ in} = 3 \text{ in}$$

$$i_{cr} = 1\frac{5}{16} \text{ in}$$

Dari Brownell & Young, tabel 5.7, hal. 90 untuk  $OD = 40$  in, diperoleh:

$$r = 36 \text{ in}$$

$$i_{cr} = 2\frac{1}{2} \text{ in}$$



$$a = \frac{1}{2} ID_s$$

$$= \frac{1}{2} \times 36.4971$$

$$= 18.2485 \text{ in}$$

$$AB = \frac{1}{2} ID_s - i_{cr} \quad (\text{hal 87, Brownell and Young, 1959})$$

$$= \frac{1}{2} \times 36.4971 - 2\frac{1}{2}$$



$$\begin{aligned}
 &= 15.74854 \text{ in} \\
 BC &= r - icr \\
 &= 36.00 - 2 \frac{1}{2} \\
 &= 33.5000 \text{ in} \\
 AC &= \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2} \\
 &= 29.5674 \\
 b &= r - \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2} \\
 &= 36 - 29.5674 \\
 &= 6.4326 \\
 OA &= th + b + sf \\
 &= \frac{5}{8} + 6.4326 + 3 \\
 &= 10.0576 \text{ in}
 \end{aligned}$$

### 15. Menentukan Tinggi Reaktor

Dari hasil perhitungan diatas, maka tinggi reactor ( L ) adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi shell} &= \text{Tinggi pipa standart yang digunakan} \\
 &= 24 \text{ ft} = 288 \text{ in} \\
 &= 7.315 \text{ m} \\
 L &= (2 \times \text{tinggi tutup}) + \text{tinggi pipa} \\
 &= (2 \times 10.058) + 288 \text{ in} \\
 &= 308.1151 \text{ in} \\
 &= 7.826124 \text{ m} \\
 &= 25.6763 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

### 16. Menentukan Volume Reaktor

a. Volume atas dan bawah =

$$\begin{aligned}
 V_{hb} &= 2 \times (\text{volume tutup tanpa sf} + \text{volume tutup pada sf}) \\
 &= 2 \times (0,000049 \times ID_s^3 + \pi/4 ID_s^2 \times sf) \\
 &= 6278.65523 \text{ in}^3 \\
 &= 3.6353 \text{ ft}^3 \\
 &= 102.9419618 \text{ ltr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. Volume shell} &= V_s = \pi/4 \times ID_s^2 \times L_s \\
 &= 301146.764 \text{ in}^3 \\
 &= 174.3639764 \text{ ft}^3 = 4937.46472 \text{ ltr}
 \end{aligned}$$

### Kesimpulan Dimensi Reaktor

## a. Bagian tube

Bahan	=	Stainless Stell SA-240 Grade M Type 316 (18 Cr-10 Ni-2 Mo)
- Ukuran	=	2 sch 40
- Susunan pipa	=	triangular pitch
- ID	=	2.067 in
- OD	=	2.375 in
- Nt	=	137 buah
- P <sub>T</sub>	=	2.9688 in
- C'	=	0.5938 in
- A	=	0.0265 in <sup>2</sup>

## b. Bagian silinder (shell)

Bahan	=	Stainless Stell SA-240 Grade M Type 316 (18 Cr-10 Ni-2 Mo)
- di	=	39.25 in
- do	=	40 in
- ts	=	7/16 in

## c. Bagian tutup reaktor

- Tutup	=	standard dished head
- tha	=	5/8 in
- thb	=	5/8 in
- ha	=	10.058 in
- hb	=	10.058 in

## 17. Perhitungan Sparger

## Dasar Perancangan:

Rate gas	=	28101.8072 kg/jam	=	61953.2442 lb/
Densitas umpan	=	0.0442 lb/ft <sup>3</sup>		
Suhu	=	300 °C	=	572 °F
P gas	=	246.8928 psia	=	232.1968 psig

## Perhitungan:

## Menghitung luas area sparger

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{61953.2442 \text{ lb/jam}}{0.0442 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 1400103.92 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 23335.0653 \text{ ft}^3/\text{menit} \end{aligned}$$

$$\text{FPM} = 150$$

$$\text{ACFM} = \text{Rate volumetri k gas} \times \frac{14,7}{\dots} \times \frac{(460 + T)}{\dots}$$

$$\text{ACFM} = 2602 \text{ ft}^3/\text{menit} \quad (14,7 + P) \quad 520$$

$$\begin{aligned} \text{Luas area sparger (A)} &= \frac{\text{ACFM}}{\text{FPM}} \\ &= 17.3494 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

(www.Mott Corporation.com-sparger design guide)

$$\begin{aligned} A &= 1/4 \pi D^2 \\ 17.3494 &= 0.7850 D^2 \\ D^2 &= 22.1012 \text{ ft}^2 \\ D &= 4.7012 \text{ ft} = 56.4143 \text{ in} \end{aligned}$$

**Trial jarak lubang agar harga At perhitungan sama dengan harga trial**

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar lubang } P_T &= 1 \text{ in} \\ \text{Luas satu segitiga} &= 1/2(P_T \times \sin 60) \times P_T \\ &= 0.433 \end{aligned}$$

**Luas lubang sparger**

$$\text{Luas lubang sparger (A)} = \frac{17.3494}{540000} = 0.00003213$$

$$\begin{aligned} A &= 1/4 \pi D^2 \\ 0.00003213 &= 0.785 D^2 \\ D^2 &= 0.0000 \text{ ft}^2 \\ D &= 0.0064 \text{ ft} = 0.0768 \text{ in} \end{aligned}$$

**Menentukan jumlah lubang**

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lubang} &= \frac{17.3494}{0.4330} \\ &= 40.0680 \approx 41 \text{ buah} \end{aligned}$$

**18. Menentukan Ukuran Nozzle**

Dalam perancangan reaktor ini nozzle-nozzle yang digunakan adalah:

- Nozzle pemasukan umpan
- Nozzle pengeluaran umpan
- Nozzle pemasukan pendingin
- Nozzle pengeluaran pendingin

**1. Nozzle pemasukan umpan**

Komposisi	BM	Kg/jam	wi	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	wi/ $\rho$	wi x BM
CH <sub>3</sub> OH	32.04	27820.7892	0.99	61.575	0.01608	31.7215

H2O	18.02	281.0181	0.01	0.3842	0.02603	0.1802
total		28101.8072	1	2.1146	0.4729	31.9016

Komposisi	$\mu$ (lb/ft jam)	$\mu \times w_i$
CH3OH	0.447530	0.443
H2O	0.047172	0.000472
total	0.494702	0.444

$$\text{Rate umpan} = 28101.8072 \text{ kg/jam} = 61953.24 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Suhu (T)} = 300 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\rho = 0.0442 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu \text{ campuran} = 0.4435 \text{ lb/ft.jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetric(Q)} &= \frac{\text{Rate umpan}}{\mu} \\ &= \frac{61953.2442 \text{ lb/jam}}{0.0442 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 35002.598 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 9.7229 \text{ ft}^3/\text{menit} \end{aligned}$$

Aliran turbulen

Dari Peters Timmerhaus pers. 15. hal.496 didapatkan Di optimal

$$\text{Di optimal} = 3,9 (Q)^{0,45} \cdot (\rho)^{0,13}$$

Dimana: Di = diameter dalam pipa, in

Q = kecepatan aliran massa fluida, ft<sup>3</sup>/s

$\rho$  = densitas fluida, lb/ft<sup>3</sup> )<sup>0,45</sup>

$$\begin{aligned} \text{Di optimal} &= 3,9 (Q)^{0,45} \cdot (\rho)^{0,13} \\ &= 3.9 \times ( 9.7229 )^{0,45} \times ( 0.044 )^{0,13} \\ &= 7.236709 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari tabel 11 (Kern, 1965) hal 844. maka dipilih pipa 10 in Sch. 40.

$$\text{OD} = 10.750 \text{ in} = 1 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 10.02 \text{ in} = 0.835 \text{ ft}$$

$$a' = 78.800 \text{ in}^2 = 0.547222 \text{ ft}^2$$

Cek harga  $N_{Re}$  aliran turbulen

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{G \times \text{ID}}{\mu \times a'} \\ &= \frac{61953.244 \text{ lb/jam} \times 0.835 \text{ ft}}{0.4435 \text{ lb/ft.jam} \times 0.547222 \text{ ft}^2} \end{aligned}$$

$$= 213141.1518$$

Maka anggapan menggunakan aliran turbulen adalah benar.

Spesifikasi nozzle standar (Brownel and Young, 1959, App. F item 1 dan 2, hal.34)

Size	= 10	in
OD of pipe	= 10 3/4	in
Flange Nozzle thickness (n)	= 0.5	in
Diameter of hole in reinforcing plate (DR)	= 10 7/8	in
Length of side of reinforcing plate, L	= 24 1/2	in
Width of reinforcing plate, W	= 30 1/8	in
Distance, shell to flange face, outside, J	= 10	in
Distance, shell to flange face, inside, K	= 8	in
Distance from Bottom of tank to center of nozzle		
Regular, Type H	= 15	in
Low, Type C	= 12 1/4	in

## 2. Nozzle pengeluaran produk

Komposisi	BM	Kg/jam	wi	$\mu$ (lb/ft jam)	$\mu \times wi$	wi x BM
CH3OH	32.04	2782.0789	0.099	0.044753	0.00443	3.1721
H2O	18.02	7038.8283	0.250476	0.047172	0.01182	4.5124
CH3OCH3	46.07	17999.8820	0.640524	0.020046	0.01284	29.5083
H2O	18.02	281.0180	0.01	0.047172	0.00047	37.1928
Total		28101.8072	1		0.02956	

$$\mu \text{ CH}_3\text{OH} = 0.0185 \text{ cP} = 0.044753 \text{ ft jam}$$

$$\mu \text{ H}_2\text{O} = 0.0195 \text{ cP} = 0 \text{ lb/ft jam}$$

(Berdasarkan figure A.32, Geankoplis edisi 2, hal 814)

$$\mu \text{ CH}_3\text{OCH}_3 = 0.0083 \text{ cP} = 0.02 \text{ lb/ft jam}$$

$$\rho \text{ CH}_3\text{OCH}_3 = 2.3622 \text{ kg/m}^3 \text{ (www.encyclopedia.airliquide.cor)}$$

Komposisi	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho$ (lb/ft <sup>3</sup> )	wi x $\rho$
CH3OH	61.575	3.843962	0.380552
H2O	0.3842	0.023985	0.006008
CH3OCH3	2.3622	0.147466	0.094455
Total			0.481015

$$\text{Rate produk} = 28101.8072 \text{ kg/jam} = 61953.24 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Sut campuran} = 300 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\rho \text{ campuran} = 0.4810 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu = \text{lb/ft.jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetric(Q)} &= \frac{\text{Rate produk}}{\rho \text{ produk}} \\ &= \frac{61953.2442 \text{ lb/jam}}{0.4810 \text{ lb/ft}^3} \end{aligned}$$

$$= 51518.745 \quad \text{ft}^3/\text{jam}$$

$$= 14.3107624 \quad \text{ft}^3/\text{menit}$$

Aliran turbulen

Dari Peters Timmerhauss pers. 15. hal.496 didapatkan Di optimal

$$Di \text{ optimal} = 3,9 (Q)^{0,45} \cdot (\rho)^{0,13}$$

Dimana: Di = diameter dalam pipa, in

Q = kecepatan aliran massa fluida, ft<sup>3</sup>/s

ρ = densitas fluida, lb/ft<sup>3</sup> )<sup>0,45</sup>

$$Di \text{ optimal} = 3,9 (Q)^{0,45} \cdot (\rho)^{0,13}$$

$$= 4 \times (14.3)^{0,45} \times (0.481)^{0,13}$$

$$= 11.74339 \text{ in}$$

Dari tabel 11 (Kern, 1965) hal 844. maka dipilih pipa 14 in Sch. 30.

$$OD = 14.000 \quad \text{in} = 1.166667 \text{ ft}$$

$$ID = 13.25 \quad \text{in} = 1.104167 \text{ ft}$$

$$a' = 138.000 \quad \text{in}^2 = 0.958333 \text{ ft}^2$$

Cek harga  $N_{Re}$  aliran turbulen

$$N_{Re} = \frac{G \times ID}{\mu \times a'}$$

$$= \frac{61953.244 \text{ lb/jam} \times 1.104167 \text{ ft}}{0.0296 \text{ lb/ft.jam} \times 0.958333 \text{ ft}^2}$$

$$= 2414965.5570$$

Maka anggapan menggunakan aliran turbulen adalah benar.

Spesifikasi nozzle standar (Brownel and Young, 1959, App. F item 1 dan 2, hal.349)

Size	= 14	in
OD of pipe	= 14	in
Flange Nozzle thickness (n)	= 1/2	in
Diameter of hole in reinforcing plate (DR)	= 14 1/8	in
Length of side of reinforcing plate, L	= 31	in
Width of reinforcing plate, W	= 38	in
Distance, shell to flange face, outside, J	= 10	in
Distance, shell to flange face, inside, K	= 8	in
Distance from Bottom of tank to cente lb/ft <sup>3</sup>		
Regular, Type H	= 18	in
Low, Type C	= 15 1/2	in

### 3. Nozzle pemasukan pendingin dan pengeluaran pendingin

$$\begin{aligned} \text{dow therm} &= 23269066.6885 \text{ kg/jam} = 51299496.341 \text{ lb/} \\ \rho \text{ dow therm} &= 65.658 \text{ lb/ft}^3 \\ \mu \text{ larutan} &= 7.891104 \text{ lb/ft.jam} \quad (\text{www.dow.com}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (Q)} &= \frac{51299496.3409}{65.658} \frac{\text{lb/jam}}{\text{lb/ft}^3} \\ &= 78131.37217 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 21.70316 \text{ ft}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Di optimal} &= 3,9 (Q)^{0,45} \cdot (\rho)^{0,13} \\ &= 4 \times 21.70316 \times 1.72285 \\ &= 12.15217 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari tabel 11 (Kern, 1965) hal 844. maka dipilih pipa 14 in Sch. 30.

$$\begin{aligned} \text{OD} &= 14 \text{ in} = 1.167 \text{ ft} \\ \text{ID} &= 13.25 \text{ in} = 1 \text{ ft} \\ a' &= 138.000 \text{ in}^2 = 0.958333 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

#### Cek harga $N_{Re}$ aliran turbulen

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{G \times \text{ID}}{\mu \times a'} \\ &= \frac{51299496.34 \text{ lb/jam} \times 1.104167 \text{ ft}}{7.8911 \text{ lb/ft.jam} \times 0.958333 \text{ ft}^2} \\ &= 7490199.0822 \end{aligned}$$

Maka anggapan menggunakan aliran turbulen adalah benar.

Spesifikasi nozzle standar (Brownel and Young, 1959, App. F item 1 dan 2, hal.349)

Size	= 14	in
OD of pipe	= 14	in
Flange Nozzle thickness (n)	= 1/2	in
Diameter of hole in reinforcing plate (DR)	= 14 1/8	in
Length of side of reinforcing plate, L	= 31	in
Width of reinforcing plate, W	= 38	in
Distance, shell to flange face, outside, J	= 10	in
Distance, shell to flange face, inside, K	= 8	in
Distance from Bottom of tank to center of nozzle		
Regular, Type H	= 18	in
Low, Type C	= 15 1/2	in

Dari Brownel & Young tabel 12.2 halaman 221 diperoleh dimensi flange untuk semua nozzle, dipilih flange standart type welding neck dgn dimensi nozzle:

- Nozzle A = Nozzle untuk pemasangan umpan

- Nozzle B = Nozzle untuk pengeluaran produk
- Nozzle C = Nozzle untuk pemasukan pendingin
- Nozzle D = Nozzle untuk pengeluaran pendingin
- NPS = ukuran pipa nominal, in
- A = Diameter luar flange, in
- T = Ketebalan minimum flange, in
- R = diameter luar bagian yang menonjol, in
- E = Diameter hubungan atas, in
- K = Diameter hubungan pada titik pengelasan, in
- L = panjang julakan, in
- B = diameter dalam flange, in

Nozzle	NPS	A	T	R	E	K	L	B
A	10	16	1 3/16	12 3/4	12	10.75	4	10.02
B	14	21	1 3/8	16 1/4	15 3/4	14	5	13.25
C	14	21	1 3/8	16 1/4	15 3/4	14	5	13.25
D	14	21	1 3/8	16 1/4	15 3/4	14	5	13.25

19. Grid support dirancang untuk menyangga katalisator untuk mencegah kelebihan pressure drop. Yang biasa digunakan adalah piringan yang berlubang-lubang (perforated plate) atau piringan yang bergelombang (slatted plate). Grid support ini biasanya dibuat dari bahan yang anti korosi seperti carbon steel, alloy steel, cast iron, atau cast ceramics (Rase, 1977).

Penyangga katalis berupa perforated plate dengan ketebalan tertentu. Tebal plate dihitung dengan persamaan (13.27 Brownell & Young, 1959)

$$t = d \sqrt{C' \left( \frac{P}{f} \right)}$$

dimana:

t = tebal minimum plate, inchi

d = diameter plate, inchi

P = tekanan desain, psi

f = maksimum allowable stress, = 17,900

Stainless Steel SA-240 Grade M Type 316(18 Cr-10 Ni- 2 Mo)

C' = konstanta dari app H, C' = 0.75 (Brownell & Young)

$$t = 39.25 \sqrt{0,75 \times (233,2145/17.900)}$$

$$= 3.88 \text{ in}$$

## 20. Inert Ballast

Alat ini digunakan untuk melindungi permukaan katalisator dari pengaruh langsung aliran fluida dan meratakan aliran fluida umpan (Rase-Barrow, 1957).

Inert ballast berupa bola-bola keramik dengan tebal tumpukan 0 – 6 inchi,



digunakan tinggi tumpukan 6 inchi.

## 21. Perhitungan Penguat

Untuk menentukan lubang maksimum tanpa penguat, dapat menggunakan persamaan Hesse dan Rouston, pers.10.29, hal. 280:

$$K = \frac{P \cdot Do}{2 \cdot t \cdot F}$$

$$P = \text{tekanan design} = 233.2 \text{ psig}$$

$$do = \text{diameter luar dinding shell} = 40 \text{ in}$$

$$ts = \text{tebal shell} = \frac{5}{8}$$

$$f = \text{stress yang diijinkan} = 17,900 \text{ psi}$$

Maka :

$$K = \frac{233.2145 \times 40}{2 \times \frac{5}{16} \times 17900} = 0.83384 \text{ psia}$$

$$do \times t = 40 \times \frac{5}{16} = 12.5 \text{ in}$$

Dari Hesse, fig. 10.27, diperoleh bahwa lubang ( diameter maksimum ) = 5 in sehingga setiap lubang yang lebih besar dari 5 in memerlukan penguat.

## 22. Sambungan Tutup (Heat) dengan dinding (Shell) reaktor

untuk mempermudah perbaikan dan perawatan dari reaktor, maka tutup bejana dihubungkan dengan bagain bejana shell secara sistem flange dan bolting.

### a. Flange

bahan : Stainless Stell SA-240 Grade M Type 316  
(18 Cr-10 Ni-2 Mo)

tensile strength minimum : 75000 psi

allowable stress : 17,900 psi

type flange : ring flange

(APP D, Brownell & young hal 342)

### b. Bolting

bahan : Carbon steel SA 261V grade BO

tensile strength minimum : 100000 psi

allowable stress : 14166 psi

(Tabel 13-1 brownell & young hal 252)

### c. Gasket

bahan : Solid flat metal

$$\begin{aligned} \text{gasket faktor (m)} & : 6.50 \\ \text{tebal} & : \frac{1}{16} \text{ in} = 0.0625 \text{ in} \\ \text{minimum design steating stress (y)} & : 26000 \text{ psi} \\ & \text{(Fig. 12-11 brownell \& young hal 228)} \end{aligned}$$

**a. Gasket**

Menentukan lebar Gasket

Penentuan lebar gasket dengan menggunakan pers. 12.2, hal. 226, Brownell & Young didapatkan:

$$\frac{d_o}{d_i} = \frac{\sqrt{(y - (p \times m))}}{(y - p(m+1))}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} d_o & : \text{diameter luas gasket, in} \\ d_i & : \text{diameter dalam gasket, in} \\ P & : \text{tekanan design} = 233.2145 \text{ psig} \\ m & : \text{gasket faktor} = 6.50 \\ y & : \text{yield stress- } 26000 \text{ lb/in} = 26000 \text{ psia} \end{aligned}$$

$$\frac{d_o}{d_i} = \frac{\sqrt{(26000 - (233,2145 \times 6,5))}}{(26000 - 14.7050(6,5+1))}$$

$$\frac{d_o}{d_i} = 1.009617$$

$$\text{Dengan, } d_i = d_o \text{ shell} = 40 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} d_o & = d_i \times 1.0096 \\ & = 40 \times 1.0096 \\ & = 40.3847 \text{ in} \end{aligned}$$

Lebar gasket minimum (n)

$$\begin{aligned} n & = \frac{d_o - d_i}{2} \\ & = \frac{40.385 - 40}{2} \\ & = 0.192335 \times \frac{16}{16} \\ & = 3.077357 = \frac{4}{16} = 0.2500 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter rata-rata gasket (G)} & = d_i + \text{lebar} \\ & = 40 + 4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{40.2500}{16} \text{ in} \\
 &= 3.3542 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

### b. Perhitungan beban baut

$$Wm_2 = Hy = \pi \times b \times G \times y \quad (\text{pers.12.88 brownell \& young, hal.240})$$

Dimana:

$b$  = lebar efektif gasket (in)

$y$  = yield (lb/in<sup>2</sup>)

$G$  = diameter rata-rata gasket = 40.2500 in

Dari fig.12.12 brownell & young, hal.229 didapat:

$$\text{Lebar seating gasket, } b_o = \frac{n}{2} = \frac{0.2500}{2} = 0.125$$

untuk  $b_o = \leq 0.25$  in maka  $b = b_o = 0.125$  in sehingga :

$$\begin{aligned}
 Wm_2 &= Hy = \pi \times b \times G \times y \\
 &= \pi \times 0.125 \times 40.250 \times 26000 \\
 &= 410751.2500 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{1}{4} \times \pi \times G^2 \times P \\
 &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times [40.250^2] \times 233.2145 \\
 &= 296590.3217 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

Beban baut agar tidak bocor (Hp)

$$\begin{aligned}
 Hp &= 2 \times b_o \times \pi \times G \times m \times p \quad (\text{pers.12.90 brownell \& young, hal.240}) \\
 &= 2 \times 0.125 \times 40.2500 \times 6.50 \times 233.2145 \\
 &= 15253.6859 \text{ in}
 \end{aligned}$$

jadi berat beban:

$$\begin{aligned}
 Wm_1 &= H + Hp \\
 &= 296590.3217 + 15253.6859 \\
 &= 311844.0076 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

karena  $Wm_2 > Wm_1$  sehingga yang mengontrol adalah  $Wm_2$

### c. Baut

Perhitungan luas minimum botling (baut) area

Dengan menggunakan pers. 12.92, hal. 240, Brownell & Young,

$$- A_{m1} = \frac{Wm_1}{\dots}$$

$$\begin{aligned}
 & \frac{\quad}{fb} \\
 & = \frac{311844.0076}{14166} \\
 & = 22.0136 \text{ in}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan luas ukuran baut optimal (optimum bolting area) dari tabel 10.4 brownell & young hal.188 diperoleh:

direncanakan ukuran bolt = 1 1/2 in, maka didapatkan bolt area = 1.405 in<sup>2</sup> maka jumlah bolting optimum adalah :

$$\begin{aligned}
 \frac{A_{m1}}{\text{Root Area}} & = \frac{22.0136}{1.405} \\
 & = 15.6680 \\
 & = 16 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

ukuran nominal baut	=	2 1/2	in
root area	=	1.405	in
bolting spacing	=	3 1/4	in
jarak radial minimum (R)	=	2	in
jarak dari tepi (E)	=	1 1/2	in

- Bolt area diameter (C)

$$C = \text{IDs} + 2 [1.415 \times \text{go} + R]$$

$$\text{IDs} = 36.4971 \text{ in}$$

$$\text{go} = \text{tebal shell} = 5/8 \text{ in}$$

sehinga:

$$\begin{aligned}
 C & = 36.49707 + 2 [ 1.42 \times 5/8 + 2 ] \\
 & = 41.0277 \text{ in}
 \end{aligned}$$

- Diameter luas flange (A) :

$$A = \text{OD} = \text{bolt area diameter} + 2.E$$

$$= C + 2.E$$

$$= 41.0277 + 2 [ 1 1/2 ]$$

$$= 42.0277 \text{ in}$$

- Lebar Flange

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar Flange} & = \frac{OD_{flange} - OD_{Vessel}}{2} \\
 & = \frac{42.0277 - 40}{2} \\
 & = 1.0138 \text{ in}
 \end{aligned}$$

- Cek lebar gasket

$$A_b \text{ aktual} = \text{jumlah baut} \times \text{root area}$$

$$= 16 \times 1.405$$

$$= 22.4800$$

lebar gasket minimum

$$W = \frac{A_b \text{ aktual} \times f}{2 \times \pi \times y \times G}$$

$$= \frac{22.4800 \times 14166}{2 \times \pi \times 26000 \times 40.250}$$

$$= 0.048456 \text{ in}$$

Karena  $W = 0.048456 \text{ in} < 0.2500$  yg telah ditetapkan (memenuhi)

#### d. Perhitungan Moment

Untuk keadaan bolting up ( tanpa tekanan dalam )

$$W = \frac{A_{m1} + A_b \times f}{2} \quad (\text{pers.12.94 brownell \& young, hal.242})$$

$$= \frac{22.0136 + 22.4800 \times 14166}{2}$$

$$= 471069.8476 \text{ lb}$$

Keterangan:

- W = berat beban (lb)
- $A_{m1}$  = luas baut minimum ( $\text{in}^2$ )
- $A_b$  = luas aktual baut ( $\text{in}^2$ )
- fa = allowable stress (psi)

- Jarak radial dari beban gasket yang bereaksi terhadap bolt circle ( $h_G$ ) dari Persamaan 12.101 hal 243, Brownell & Young (1959) :

$$h_G = \frac{1}{2} (C-G)$$

$$= \frac{1}{2} [ 41.0277 - 40.250 ]$$

$$= 0.3888 \text{ in}$$

Keterangan:

- $h_G$  = tahanan radial circle bolt (in)
- C = bolt circle diameter (in)
- G = diameter gasket rata-rata (in)

- Flange moment adalah sebagai berikut (B & Y, 1959, Tabel 12.4) :  
Moment flange ( $M_a$ )

$$M_a = W \times h_G$$

$$= 471069.8476 \times 0.3888$$

$$= 183174.8803 \text{ lb.in}$$

- Untuk keadaan moment pada kondisi operasi

$$W = W_{m1} = W_{m1} \text{ lb}$$

Gaya hidrostatis pada daerah dalam flange ( $H_D$ )

$$H_D = 0.785 \times B^2 \times P \quad (\text{pers.12.96 brownell \& young, hal.242})$$

Dimana :

$$B = \text{do shell} = 40 \text{ in}$$

$$P = \text{tekanan design} = 233.2 \text{ psig}$$

Maka :

$$\begin{aligned} H_D &= 0.785 \times 40^2 \times 233.2145 \\ &= 292917.4120 \text{ lb} \end{aligned}$$

Jarak jari-jari bolt circle pada  $H_D$  ( $h_D$ ) :

- Radial distance dari bolt circle ( $h_G$ ) pada  $H_D$  adalah : (persamaan 12.100 Brownell & Young)

$$\begin{aligned} h_D &= 0.5 (C-B) \\ &= 0.5 \times [41.0277 - 40] \\ &= 0.5138 \text{ in} \end{aligned}$$

- Moment komponen ( $M_D$ ) (persamaan 12.96 Brownell & Young) :

$$\begin{aligned} M_D &= H_D \times h_D \\ &= 292917.4120 \times 0.5138 \\ &= 150515.220 \text{ lb.in} \end{aligned}$$

- Untuk keadaan moment pada kondisi operasi

$$W = W_{m1} = 311844.0076 \text{ lb}$$

Gaya hidrostatik pada daerah dalam flange ( $H_D$ )

$$H_D = 0.785 \times B^2 \times P \quad (\text{pers.12.96 brownell \& young, hal.242})$$

Dimana :

$$B = \text{do shell} = 40 \text{ in}$$

$$P = \text{tekanan design} = 233.2 \text{ psig}$$

Maka :

$$\begin{aligned} H_D &= 0.785 \times 40^2 \times 233.2145 \\ &= 292917.4120 \text{ lb} \end{aligned}$$

Jarak jari-jari bolt circle pada  $H_D$  ( $h_D$ ) :

- Radial distance dari bolt circle ( $h_G$ ) pada  $H_D$  adalah : (persamaan 12.100 Brownell & Young)

$$\begin{aligned} h_D &= 0.5 (C-B) \\ &= 0.5 \times [41.0277 - 40] \\ &= 0.5138 \text{ in} \end{aligned}$$

- Moment komponen ( $M_D$ ) (persamaan 12.96 Brownell & Young) :

$$M_D = H_D \times h_D$$

$$\begin{aligned}
 &= 292917.4120 \times 0.5138 \\
 &= 150515.220 \text{ lb.in}
 \end{aligned}$$

- Perbedaan antara beban baut flange dengan gaya hidrostatik total ( $H_G$ )

$$\begin{aligned}
 H_G &= W - H = Wm_1 - H \\
 &= 311844.0076 - 296590.3217 \\
 &= 15253.6859 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

- Momen komponen ( $M_G$ )

$$\begin{aligned}
 M_G &= H_G \times h_G \quad (\text{pers.12.98 brownell \& young, hal.242}) \\
 &= 15253.6859 \times 0.3888 \\
 &= 5931.3754 \text{ lb.in}
 \end{aligned}$$

- perbedaan antara gaya hidrostatik total dengan gaya hidrostatik dalam area flange :

$$\begin{aligned}
 H_T &= H - H_D \quad (\text{pers.12.97 brownell \& young, hal.242}) \\
 &= 296590.3217 - 292917.4120 \\
 &= 3672.9097 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

- Hubungan lever arm,  $h_T$

$$\begin{aligned}
 h_T &= 0.5 \times (h_D + Hg) \quad (\text{pers.12.102 brownell \& young, hal.242}) \\
 &= 0.5 \times [ 0.5138 + 0.3888 ] \\
 &= 0.4513
 \end{aligned}$$

- Momen komponen ( $M_T$ )

$$\begin{aligned}
 M_T &= H_T \times h_T \quad (\text{pers.12.97 brownell \& young, hal.242}) \\
 &= 3672.9097 \times 0.4513 \\
 &= 1657.7629 \text{ lb.in}
 \end{aligned}$$

- Jumlah total moment pada keadaan operasi ( $M_o$ )

(pers.12.97 brownell & young, hal.242)

$$\begin{aligned}
 M_o &= M_D + M_G + M_T \\
 &= 150515.220 + 5931.3754 + 1657.7629 \\
 &= 158104.3587 \text{ lb.in}
 \end{aligned}$$

$$M_{\max} = 158104.3587 \text{ lb.in}$$

$$\text{Karena } M_a > M_o, \text{ maka } M_{\max} = M_a = 150515.2204 \text{ lb-in}$$

#### e. Flange

- Perhitungan tebal flange

$$tf = \left( \frac{y \times M_o}{f \times B} \right)^{0.5} \quad (\text{pers.12.85 brownell \& young, hal.239})$$

Dimana :

$f$  = stress yang diijinkan untuk bahan flange = 17,900 psi

$B$  = diameter luar reaktor = 40 in

$A$  = diameter luar flange = 42.0277 in

Maka :

$$K = \frac{A}{B} = \frac{42.0277}{40} = 1.0507$$

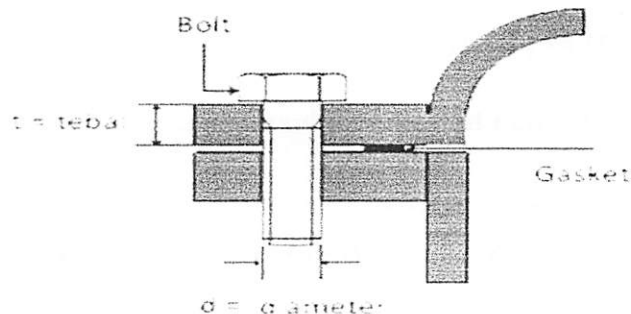
Dari fig. 12.22 brownell & young, hal 238 diperoleh harga  $y = 40$

Maka:

$$t_f = \left( \frac{40 \times 158104.359}{17,900 \times 40} \right)^{0,5}$$

$$= 2.9720 \text{ in}$$

jadi digunakan tebal flange = 3 in



Gambar. Detail untuk Flange and bolt pada Head Reaktor

**Dari hasil perhitungan diatas dapat disimpulkan:**

- a. Bagian Flange
  - Bahan = Stainless Stell SA-240 Grade M Type 316
  - Tebal = 3 in
  - OD = 42.0277 in
  - Type flange = ring flange
- b. Bagian Bolting
  - Bahan = Carbon steel SA 261V grade BO
  - Ukuran = 1 1/2 in
- b. Jumlah = 16 buah
  - Bolt circle diameter (C) = 41.0277 in
  - Jarak dari tepi = 1 1/2 in
  - jarak radial minimum = 2 in
- c. Bagian Gasket
  - Bahan = Solid flat metal
  - Tebal = 1 1/2 in
  - Lebar = 0.2500 in



### 23. Menghitung Berat Reaktor

Berat reaktor terdiri dari:

#### a. Berat shell reaktor

Rumus :

$$W_s = \pi/4 (d_o^2 - d_i^2) H \cdot \rho \quad (\text{Hesse, pers. 4-16 hal. 92})$$

Dimana :

$W_s$  = berat shell reaktor, lb

$d_o$  = diameter luar shell = 40 in = 3.3333 ft

$d_i$  = diameter dalam shell = 39.2500 in = 3.2708 ft

$H$  = tinggi shell reaktor (Lr) = 308.115 in = 25.7 ft

$\rho$  = densitas dari bahan konstruksi = 493.75 lb/ft<sup>3</sup>

(Perry, edisi 7 tabel 2-118 hal. 2-119, stell cold drawn)

Berat shell reaktor :

$$\begin{aligned} W_s &= 3,14/4 \times (40^2 - 39.2500^2) \times 25.7 \times 493.75 \\ &= 4107.7742 \text{ lb} \\ &= 1863.2742 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### b. Berat tutup atas dan bawah standart dishead

Rumus :

$$W_d = A \cdot t \cdot \rho$$

$$A = 6,28 \cdot L \cdot h \quad (\text{Hesse, pers. 4-16 hal. 92})$$

Dimana :

$W_d$  = berat tutup atas dan bawah reaktor, lb

$A$  = luas tutup atas dan bawah standart dishead, ft<sup>2</sup>

$t$  = tebal tutup = 10/16 in = 0.0521 ft

$\rho$  =  $\rho$  bahan konstruksi = 493.75 lb/ft<sup>3</sup> = 0.2875 lb/in<sup>3</sup>

(Perry, edisi 7 tabel 2-118 hal. 2-119, stell cold drawn)

$L$  = crown radius (r) = 36 in = 3.0000 ft

$h$  = tinggi tutup reaktor = 10.0576 in = 0.8381 ft

Luas tutup atas dan bawah :

$$\begin{aligned} A &= 6.28 \times 36 \times 10.0576 \\ &= 2273.8128 \text{ in}^2 \\ &= 15.79037 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Berat tutup atas dan tutup bawah:

$$W_d = 15.7904 \times 0.0521 \times 493.75$$

$$W_d = 406.0674 \text{ lb} \times 2 \text{ buah}$$

$$= 812.1347 \text{ lb}$$

$$= 368.3819 \text{ kg}$$

#### c. Berat tube

Dari tabel 10, kern hal 843 didapatkan:

$$d_i = 2.07 \text{ in}$$

$$d_o = 2.38 \text{ in}$$

$$L = 24 \text{ ft} = 288 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bahan tube} &= \frac{\pi}{4} (d_o^2 - d_i^2) \times L \\ &= \frac{\pi}{4} (2.38^2 - 2.07^2) \times 288 \\ &= 309.3082 \text{ in}^3 \end{aligned}$$

Volume total tube adalah :

$$\begin{aligned} V &= V_{\text{bahan}} \times \text{jumlah tube} \\ &= 309.3082 \times 137 \\ &= 42375.222 \text{ in}^3 \end{aligned}$$

Berat tube ( $W_t$ )

$$\begin{aligned} W_t &= \text{Volume tube} \times \rho \\ &= 42375.222 \text{ in}^3 \times 0.2875 \text{ lb/in}^3 \\ &= 12182.87621 \text{ lb} \\ &= 5526.1164 \text{ kg} \end{aligned}$$

**d. Baffle**

$$\text{Tinggi tube} = 24 \text{ ft} = 288 \text{ in}$$

$$\text{Ids} = 36.4971 \text{ in}$$

$$\text{Bs} = 34.6722 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baffle} &= \frac{\text{tinggi tube}}{\text{Bs}} \\ &= \frac{288}{34.6722} \\ &= 8.306362 \\ &= 9 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal baffle} = 3/16 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas dari baffle} &= \frac{\pi}{4} (75\% \times \text{Ids})^2 \\ &= \frac{\pi}{4} (75\% \times 36.4971)^2 \\ &= 21.4877 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume baffle} &= \text{Luas baffle} \times t \\ &= 21.48765 \times 3/16 \\ &= 4.0289 \text{ in}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat baffle } (W_b) &= \text{Volume baffle} \times \rho \\ &= 4.0289 \text{ in}^3 \times 0.2875 \text{ lb/in}^3 \end{aligned}$$

$$= 1.1583 \text{ lb}$$

$$= 0.5254 \text{ kg}$$

## e. Tube sheet

$$\text{Luas baffle} = 21.4877 \text{ in}$$

$$\text{Tebal baffle} = 3/16 \text{ in}$$

$$\text{Luas dari baffle} = 75\% \times \text{luas tube sheet}$$

$$\text{Luas tube sheet (Lts)} = \frac{\text{Luas baffle}}{75\%}$$

$$= \frac{21.4877}{75\%}$$

$$= 28.6502 \text{ in}^2$$

$$\text{Berat tube sheet}(W_{ts}) = 2 \times \text{Lts} \times \text{Tebal baffle} \times \rho_{\text{bahan}}$$

$$= 2 \times 28.6502 \times \frac{3}{16} \times 0.2875$$

$$= 3.08885 \text{ lb}$$

$$= 1.401093 \text{ kg}$$

## Berat bahan dalam Reaktor

## - Berat bahan baku

$$W_{bb} = m$$

$$= 61953.2442 \text{ lb}$$

$$= 28101.8072 \text{ kg}$$

## - Berat pendingin

$$W_p = \text{flow area shell (As)} \times H \times \rho_{\text{pendingin}}$$

$$= 1.7575 \times 24.000 \times 65.658$$

$$= 2769.5281 \text{ lb}$$

$$= 1256.2497 \text{ kg}$$

$$\text{Maka berat total} = \sum W + \text{katalis}$$

$$\sum W = W_s + W_d + W_t + W_b + W_{ts} + W_{bb} + W_p$$

$$= 81829.805 \text{ lb} + 13868.53354 \text{ lb}$$

$$= 95698.338 \text{ lb}$$

$$= 43471.58092 \text{ kg}$$

$$\text{Berat total} = 10\% \times 95698.338 \text{ lb}$$

$$= 9569.8338 \text{ lb}$$

$$= 4340.8481 \text{ kg}$$

## 24. Perancangan Kolom Penyangga

## a. Lug (peyangga)

$$P = \frac{4 \times P_w \times (H - L)}{n \times D_{hc}} + \frac{\sum W}{n} \quad (\text{pers. 10-76 hal 197 brownell \& young})$$

Dimana:

- Pw = total beban permukaan karena angin, lb  
 H = tinggi vessel dari pondasi, ft  
 L = jarak antara level dengan dasar pondasi, ft  
 Dhc = diameter, ft  
 n = jumlah support  
 $\Sigma W$  = berat total, lb  
 P = beban kompresi total maksimum untuk tiap lug, lb

Reaktor terletak didalam ruangan, sehingga tekanan angin tidak dikontrol

$$P = \frac{\sum W}{n}$$

$$= \frac{4340.8481}{4}$$

$$= 1085.2120 \text{ lb}$$

**b. Tekanan kolom support**

Beban tiap kolom = 1085.2120 lb

Tinggi reaktor total (H) = 25.6763 ft

- Menentukan tinggi kolom (L)

$$L = \left( \frac{1}{2} H \right) + 2,5$$

Dimana :

H = tinggi reaktor = 25.6763 ft

L = 0.5 × 25.6763 + 3

$$= 15.33813 \text{ ft}$$

$$= 184.0576 \text{ in}$$

Jadi tinggi lug = 15.33813 ft = 4.6751 m

- Trial ukuran I-beam

Untuk memilih I-beam ditetapkan 12 in ukuran 12×5 in, berat 31,8 lb dengan cara pemasangan I-beam dengan beban eksentrik

(terhadap sumbu) Dari App.G brownell and young hal 355 diperoleh:

h = 12 in

b = 5 in

Ay = 6.71 in<sup>2</sup>

r<sub>1-1</sub> = 4.83 in

Maka,

$$\frac{L}{r} = \frac{184.0576}{4.83}$$

$$= 38.1072 \text{ in}$$

$$= 38.1072 \text{ in}$$

Untuk  $(L/r) \leq 120$  maka memenuhi

- Stress kompresif yang diizinkan (fc):

(Pers. 4.21, hal 67: brownell and Young, 1959)

$$= \frac{18000}{1 + \left[ \frac{184.0576}{18000 \times 4.83^2} \right]}$$

$$= 14533.149 \text{ lb/in}^2$$

$f_c < 15.000 \text{ lb/in}^2$ , memenuhi (Brownell and Young, pers. 4.21 hal 201)

- Luas (A) yang dibutuhkan :

$$\frac{P}{f_c} = \frac{1085.2120}{14533.149}$$

$$= 0.0747 \text{ in}^2$$

#### Kesimpulan I-beam:

Ukuran = 12 in

Berat = 31.8 lb

Pelekat dengan beban eksentrik

#### c. Perencanaan base plate

Dibuat base plate dengan toleransi panjang 5% dan toleransi lebar 20%

(herman C.Hess, hal 163)

Bahan base plate = concrete (beton), maka:

tabel 7.7 Herman C. H ess, hal 162

$$f_{bp} = 600 \text{ lb/in}^2$$

- Menentukan luas base plate

$$A_{bp} = \frac{P}{f_{bp}} \quad (\text{pers. 10.35, Brownell and young hal 190})$$

Dimana:

$$A_{bp} = \text{luas base plate, in}^2$$

$$P = \text{beban tiap beton}$$

$$= 1085.2120 + \{ 184.1 \times 31.8 \}$$

$$= 6938.2424 \text{ lb}$$

$$f_{bp} = 600 \text{ lb/in}^2$$

Sehingga:

$$A_{bp} = \frac{6938.2424 \text{ lb}}{600 \text{ lb/in}^2}$$

$$= 18.2304 \text{ in}^2$$

- Menentukan panjang dan lebar base plate

$$A_{bp} = l \times p$$

Diman:

$$p = \text{panjang base plate} = 2n + 0,95 h$$

$$l = \text{lebar base plate} = 2m + 0,8 b$$

Dengan I-beam 12 × 5 diperoleh:

$$h = 12 \text{ in}$$

$$b = 5 \text{ in}$$

Dengan mengamsumsikan  $m = n$ , maka:

$$\begin{aligned} A_{bp} &= (2n + 0,95 h) \times (2m + 0,8 b) \\ 18.2304 &= (2n + 0,95 \times 12) \times (2m + 0,8 \times 5) \\ &= (2n + 11,4) \times (2m + 4) \\ &= 4 m^2 + 22,8 m + 15.400 \\ 0 &= 4 m^2 (+ 22,8 m) + -2.8304 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan rumus abc, maka:

$$\begin{aligned} m_{1,2} &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\ &= \frac{-22,8 \pm \sqrt{22,8^2 - (4 \times 4 \times -2.8304)}}{2 \times 4} \\ &= \frac{-22,8 \pm 23,77239}{8} \end{aligned}$$

$$m_1 = 0.121549$$

$$m_2 = -5.82155$$

Sehingga:

Dengan menggunakan rumus abc diambil  $m = 0.12155$  in

$m = n = 0.121549$ , maka:

$$\begin{aligned} - \text{ Panjang base plate} &= 2n + 0,95 h \\ &= (2 \times 0.121549) + (0,95 \times 12) \\ &= 11.6431 \text{ in} \\ p &= 12 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ lebar base plate} &= 2m + 0,8 b \\ &= (2 \times 0.121549) + (0,8 \times 5) \\ &= 4.243097 \text{ in} \\ l &= 5 \text{ in} \end{aligned}$$

Jadi, ukuran base plate adalah= 12 × 5 in

luas base plate (A) adalah = 12 × 5  
= 60 in<sup>2</sup>

- Beban yang ditahan :

$$\begin{aligned} F &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{6938.2424 \text{ lb}}{60 \text{ in}^2} \end{aligned}$$

$$= 115.6374 \text{ lb/in}^2 < 600 \text{ lb/in}^2 \text{ (memenuhi)}$$

cek harga m dan n :

- Panjang base plate

$$P = 2n + 0.95 h$$

$$12 = 2n + [ 0.95 \times 12 ]$$

$$n = 0.3000 \text{ in}$$

- lebar base plate

$$I = 2m + 0.8 b$$

$$5 = 2m + [ 0.8 \times 5 ]$$

$$m = 0.50 \text{ in}$$

Karena  $n < m$  maka m dijadikan acuan

- Menentukan tebal base plate:

$$A \text{ baru} = 60 \text{ in}^2$$

$$P \text{ baru} = A \text{ baru} \times f_{bp}$$

$$= 60 \text{ in}^2 \times 600 \text{ lb/in}^2$$

$$= 36000 \text{ lb}$$

$$t_{bp} = (1,5 \times 10^{-4} \times p \times m^2)^{0,5} \quad (\text{pers.7-12 Herman C.Hess hal163})$$

$$= [1,5 \times 10^{-4} \times 36000 \times [0.5]^2]^{0,5}$$

$$= 1.1619 \text{ in}$$

$$= 2 \text{ in}$$

- Menentukan ukuran baut :

$$\text{Beban baut (p)} = 6938.2424 \text{ lb}$$

$$\text{Jumlah baut yang digunakan (n)} = 4 \text{ buah}$$

$$\text{Beban tiap baut} = \frac{p}{n} = \frac{6938.2424}{4}$$

$$= 1734.5606 \text{ lb}$$

$$= 786.7915 \text{ kg}$$

- Menentukan luas baut:

$$A_b = \frac{P_b}{f_s}$$

Dimana:

$A_b$  = luas baut

$P_b$  = beban tiap baut

$f_s$  = stress tiap baut maksimal  
sehingga:

$$A_b = \frac{1734.5606 \text{ lb}}{f_s}$$

$$\frac{14166 \text{ lb/in}^2}{\dots} = 0.122445334 \text{ in}^2$$

Dari tabel 10-4 brownell and young hal 188 didapatkan baut 1 in dengan dimensi:

- Ukuran baut = 0.5 in
- Root area = 0.126 in
- Bolt spacing min = 1 1/4 in
- Min radial distance = 13/16 in
- Edge distance (E) = 5/8 in
- Nut dimension = 7/8 in
- Max filled radius = 1/4 in

**d. Menentukan dimensi lug dan gusset Digunakan 2 plate horizontal (lug) dan 2 plate vertikal (gusset) dari fig. 10.6 brownell and young hal 193:**

a. Lebar Lug

$$\begin{aligned} A = \text{lebar lug} &= \text{ukuran baut} + 9 \text{ in} \\ &= 0.5 \text{ in} + 9 \\ &= 9.5 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B = \text{jarak antara gusset} &= \text{ukuran baut} + 8 \text{ in} \\ &= 0.5 \text{ in} + 8 \text{ in} \\ &= 8.5 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L = \text{lebar gusset} &= 2(\text{lebar kolom} - 0,5 \times \text{ukuran baut}) \\ &= 2(5 - 0.5 \times 0.5) \\ &= 9.5 \text{ in} \end{aligned}$$

b. Lebar Gusset

$$\begin{aligned} \text{Lebar lug atas} = a &= 0.5 (L + \text{ukuran baut}) \\ &= 0.5 (9.5 + 0.5) \\ &= 5 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\text{Perbandingan tebal base plate} = \frac{B}{L} = \frac{8.5}{9.5} = 0.8947$$

Dari tabel 10.6 brownell and young hal 192 didapatkan  $\gamma_1 = 0.6615$

$$\begin{aligned} e &= 0.5 \times \text{nut dimension} \\ &= 0.5 \times 7/8 \\ &= 0.4375 \text{ in} \end{aligned}$$

c. Tebal Plate Horizontal (Lug)

Menentukan maksimum bending moment sepanjang sumbu radial dari pers. 10-40, brownell and young hal 192:

$$M_y = \left( \frac{P}{A} \right) \left[ (1 + \mu) \times \ln \frac{2L}{\dots} + (1 - \gamma_1) \right]$$



$$\left( \frac{47L}{L} \right) \quad \mu \times e \quad \left. \right]$$

Dimana :

$$\begin{aligned} P &= \text{beban tiap baut} = 1734.5606 \text{ lb} \\ \mu &= \text{poisson's ratio} = 0.33 \text{ (untuk shell)} \\ L &= \text{panjang horizontal plate bawah} = 5 \text{ in} \\ e &= \text{nut dimension} = 7/8 \text{ in} \\ \gamma_1 &= 0.6615 \\ D_o &= 0.303 \end{aligned}$$

$$\text{Jadi : } \left( \frac{1778.4696}{4 \times \pi} \right) \left[ (1 + 0.33) \times \ln \frac{2 \times 9}{\pi \times 8} + (1 - 0.6615) \right]$$

$$\begin{aligned} M_y &= \frac{1734.5606}{\pi \cdot 4} \\ &= 8.6017 \text{ lb} \end{aligned}$$

$M_y$  disubstitusikan ke persamaan 10.41, hal 193, Brownell diperoleh :

$$\begin{aligned} \text{thp} &= \sqrt{\frac{6 \times M_y}{f}} \\ &= 0.2933 \text{ in} \end{aligned}$$

Maka digunakan plate dengan tebal = 0.293 in = 1 in

d. Tebal Plate Vertikal (Gusset)

Dari Brownell & Young, fig. 10.6, hal. 191 pers 10.47 hal 194 diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{gusset min} &= \frac{3}{8} \times \text{thp} \\ &= \frac{3}{8} \times 1.0000 \\ &= 0.3750 \text{ in} \end{aligned}$$

e. Tinggi Gusset

$$\begin{aligned} \text{hg} &= A + \text{ukuran baut} \\ &= 9.50 + 1/2 \\ &= 12.000 \text{ in} \end{aligned}$$

f. Tinggi Lug

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Lug} &= \text{hg} + 2 \text{ thp} \\ &= 12.000 + 2 \times 1.0000 \\ &= 14.0000 \text{ in} \end{aligned}$$

**Kesimpulan perencanaan lug dan gusset :**

$$\begin{aligned} \text{a. Lug} \\ \text{- Lebar} &= 9.500 \text{ in} \end{aligned}$$

- Tebal = 1.000 in
- Tinggi = 14.000 in
- b. Gusset
  - Lebar = 9.5 in
  - Tebal = 0.3750 in
  - Tinggi = 12 in

## 25. Dimensi Pondasi

### Perencanaan :

- Beban total yang harus ditahan pondasi :
  - Berat reaktor total
  - Berat kolom penyangga
  - Berat base plate
- Ditentukan :
  - Masing-masing penyangga diberi pondasi
  - Spesifik untuk semua penyangga sama

### Dasar Perhitungan :

#### a. Berat total reaktor

$$W = 4340.8481 \text{ kg} = 9569.8338 \text{ lb}$$

#### b. Beban yang harus ditanggung tiap kolom

Rumus :

$$W_{bp} = p \cdot l \cdot t \cdot \rho$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 p &= \text{panjang base plate} &= 12 \text{ in} &= 1.0000 \text{ ft} \\
 l &= \text{lebar base plate} &= 5 \text{ in} &= 0.4167 \text{ ft} \\
 t &= \text{tebal base plate} &= 1.1619 \text{ in} &= 0.0968 \text{ ft} \\
 \rho &= \text{densitas dari bahan konstruksi} &= 493.75 \text{ lb/ft}^3
 \end{aligned}$$

Beban yang ditanggung tiap kolom :

$$\begin{aligned}
 W_{bp} &= 1.0000 \times 0.4167 \times 0.0968 \times 493.75 \\
 &= 19.9196 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

#### c. Beban tiap penyangga

Rumus :

$$W_p = L \cdot A \cdot F \cdot \rho$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 L &= \text{tinggi kolom} &= 15.3381 \text{ ft} \\
 A &= \text{luas kolom I beam} &= 0.0747 \text{ in}^2 = 0.0005 \text{ ft}^2 \\
 F &= \text{faktor koreksi} &= 3.4 \\
 \rho &= \text{densitas dari bahan konstruksi} &= 493.75 \text{ lb/ft}^3
 \end{aligned}$$

Beban tiap penyangga :

$$\begin{aligned}
 W_p &= 15.3381 \times 0.0005 \times 3.4 \times 493.75 \\
 &= 13.3521 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

**d. Beban total**

$$\begin{aligned} W_{\text{total}} &= W + W_{\text{bp}} + W_{\text{p}} \\ &= 9605.0916 \quad \text{lb} \end{aligned}$$

Dianggap hanya ada gaya vertikal dan berat kolom itu sendiri bekerja pada pondasi, maka diambil :

- Luas atas = 40 × 40 in
- Luas bawah = 60 × 60 in
- Tinggi = 75 in
- Luas permukaan tanah rata-rata :

$$A = 60 \times 60 = 3600 \quad \text{in}^2$$

Volume pondasi :

$$\begin{aligned} V &= A \times t \\ &= 3600 \times 75 \\ &= 270000 \quad \text{in}^3 = 156.2490 \quad \text{ft}^3 \end{aligned}$$

- Berat pondasi :

$$W = V \times \rho$$

Dimana :

$$\rho = \text{densitas semen} = 144 \quad \text{lb/ft}^3$$

Maka :

$$\begin{aligned} W &= 156.2490 \times 144 \\ &= 22499.856 \quad \text{lb} \\ &= 10205.86773 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

- Tekanan tanah :

Pondasi didirikan diatas semen sand dan gravel, dengan :

- Save bearing minimum = 5 ton/ft<sup>2</sup>
- Save bearing maximum = 10 ton/ft<sup>2</sup>

Kemampuan tekanan tanah sebesar :

$$\begin{aligned} P &= 5 \text{ ton/ft}^2 \times \frac{2240 \text{ lb} \times 1 \text{ ft}}{1 \text{ ton} \times 144 \text{ in}^2} \\ &= 77.7778 \quad \text{lb/in}^2 \end{aligned}$$

Tekanan pada tanah :

$$P = \frac{W}{A}$$

Dimana :

- W = berat beban total + berat pondasi
- A = luas bawah pondasi = (60 x 60) in<sup>2</sup> = 3600 in<sup>2</sup>

Sehingga :

$$P = \frac{9605.0916 + 22499.8560}{3600}$$

$$P = 8.9180 \text{ lb/in}^2 < 77.7778 \text{ lb/in}^2$$

Karena tekanan yang diberikan tanah lebih kecil daripada kemampuan tanah menahan pondasi, maka pondasi dengan ukuran (40 x 40) in untuk luas atas dan (60 x 60) in untuk luas bawah dengan tinggi pondasi 75 in dapat digunakan.

## Dimensi Peralatan :

### 1. Dimensi Reaktor

#### a. Bagian tube

- Bahan	=	Stainless Stell SA-240 Grade M Type 316 (18 Cr-10 Ni-2 Mo)
- Ukuran	=	2 sch 40
- Susunan pipa	=	triangular pitch
- ID	=	2.067 in
- OD	=	2.375 in
- Nt	=	137 buah
- P <sub>T</sub>	=	2.9688 in
- C'	=	0.5938 in
- A	=	0.0265 in <sup>2</sup>

#### b. Bagian silinder (shell)

- Bahan	=	Stainless Stell SA-240 Grade M Type 316 (18 Cr-10 Ni-2 Mo)
- di	=	39.25 in
- do	=	40 in
- ts	=	4/9 in

#### c. Bagian tutup reaktor

- Tutup	=	standard dished head
- tha	=	5/8 in
- thb	=	5/8 in
- ha	=	10.058 in
- hb	=	10.058 in

### 2. Dimensi Nozzle

#### a. Nozzle pemasukan umpan metanol

Size	=	
OD of pipe	=	10 in
Flange Nozzle thickness (n)	=	10 3/4 in
Diameter of hole in reinforcing plate (DR)	=	0.5 in
Length of side of reinforcing plate, L	=	10 7/8 in
Width of reinforcing plate, W	=	24 1/2 in

Distance, shell to flange face, outside, J	= 30 1/8	in
Distance, shell to flange face, inside, K	= 10	in
Distance from Bottom of tank to center of nozzle	8	
* Regular, Type H	= 15	in
* Low, Type C	= 12 1/4	in

**b. Nozzle pengeluaran produk**

Size	= 14	
OD of pipe	= 14	in
Flange Nozzle thickness (n)	= 1/2	in
Diameter of hole in reinforcing plate (DR)	= 14 1/8	in
Length of side of reinforcing plate, L	= 31	in
Width of reinforcing plate, W	= 38	in
Distance, shell to flange face, outside, J	= 10	in
Distance, shell to flange face, inside, K	= 8	in
Distance from Bottom of tank to center of nozzle		
* Regular, Type H	= 18	in
* Low, Type C	= 15 1/2	in

**c. Nozzle pemasukan pendingin dan pengeluaran pendingin**

Size	= 14	
OD of pipe	= 14	in
Flange Nozzle thickness (n)	= 1/2	in
Diameter of hole in reinforcing plate (DR)	= 14 1/8	in
Length of side of reinforcing plate, L	= 31	in
Width of reinforcing plate, W	= 38	in
Distance, shell to flange face, outside, J	= 10	in
Distance, shell to flange face, inside, K	= 8	in
Distance from Bottom of tank to center of nozzle		
* Regular, Type H	= 18	in
* Low, Type C	= 15 1/2	in

Nozzle	NPS	A	T	R	E	K	L	B
A	10	16	1 3/16	12 3/4	12	10.75	4	10.02
B	14	21	1 3/8	16 1/4	15 3/4	14	5	13.25
C	14	21	1 3/8	16 1/4	15 3/4	14	5	13.25
D	14	21	1 3/8	16 1/4	15 3/4	14	5	13.25

**3. Flange, Bolt dan Gasket dari Vessel**

**a. Bagian Flange**

Bahan	= Stainless Steel SA-240 Grade M Type 316 (18 Cr-10 Ni-2 Mo)
Tebal	= 3 in

OD = 42.0277 in  
 Type flange = ring flange

**b. Bagian Bolting**

Bahan = Carbon steel SA 261V grade BO  
 Ukuran = 1 1/2 in  
 Jumlah = 16 buah  
 Bolt circle diameter (C) = 41.0278 in  
 Jarak dari tepi = 1 1/2 in  
 jarak radial minimum = 2 in

**c. Bagian Gasket**

Bahan = Solid Flat Metal  
 Tebal = 1 1/2 in  
 Lebar = 0.2500 in

**4. Sistem Penyangga**

- Jenis = Kolom I beam  
 - Jumlah = 4 buah  
 - Panjang (L) = 184.0576 in  
 - Ukuran I beam = 5 x 12 in<sup>2</sup>  
 - Area of section (Ay) = 6.71 in<sup>2</sup>  
 - Depth of beam (h) = 5 in  
 - Width of flange (b) = 5 in  
 - Axis (r) = 4.83 in

**5. Base Plate**

- Panjang (p) = 12 in  
 - Lebar (l) = 5 in  
 - Tebal (t) = 2 in  
 - Bahan = Cast iron  
 - Root area = 0.126 in  
 - Ukuran baut = 0.5 in  
 - Bolt spacing min = 1 1/4 in  
 - Min radial distance = 3/16 in  
 - Edge distance (E) = 5/8 in  
 - Nut dimension = 7/8 in  
 - Max filled radius = 1/4 in

**6. Lug dan Gusset**

**a. Lug**

- Lebar = 9.500 in  
 - Tebal = 1.000 in

- Tinggi = 14 in

**b. Gusset**

- Lebar = 9.500 in

- Tebal = 0.375 in

- Tinggi = 12.00 in

**7. Sistem Pondasi**

- Luas atas = 40 × 40 in

- Luas bawah = 60 × 60 in

- Tinggi = 75 in

- Bahan = Sement Sand dan Gravel

- Luas permukaan tanah rata-rata = 3600 in<sup>2</sup>

## **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	V-122	Vaporizer	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 distilasi
10	F-123	Kondensor	TC	Mengatur suhu aliran kondensor
11	F-124	Akumulator	RC	Mengatur perbandingan aliran dari accumulator menuju kolom distilasi
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 hydrand* 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 pengakut 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 mempermudahnya. 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 Gresik, Jawa 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) dan Kondenser (E-131) sebesar 9059.4424 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 Vaporizer (V-112), Reboiler (E-126), dan Reboiler (E-134) sebesar 1226.4256 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.

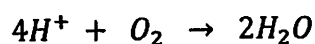
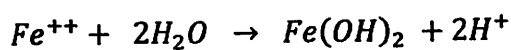
- Keasaman atau pH

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

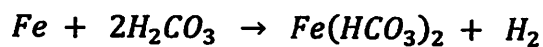
Adanya oksigen yang terlarut akan menyebabkan terjadinya korosi, dengan cara:

- Oksigen akan mengoksidasi ferrohidroksida ( $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ) menjadi ferrihidroksida ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) 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 imbritlement*

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 imbritlement*, 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 *imbritlement* 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>o</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

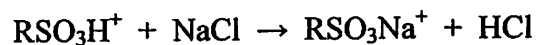
Kebutuhan air pabrik diperoleh dari air kawasan. Agar memenuhi persyaratan maka air kawasan harus diolah terlebih dahulu. Tahapan proses pengolahan air, sebagai berikut :

- Pengolahan Air Sanitasi

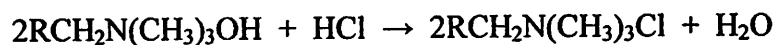
Air dari bak penampung air kawasan (F-212) dialirkan dengan pompa (L-251) menuju bak klorinasi (F-241) dan ditambahkan desinfektan Clor ( $\text{Cl}_2$ ) sebanyak 1 ppm yang diinjeksikan langsung ke dalam pipa. Dari bak klorinasi, air dialirkan menuju bak air sanitasi (F-252) dengan menggunakan pompa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

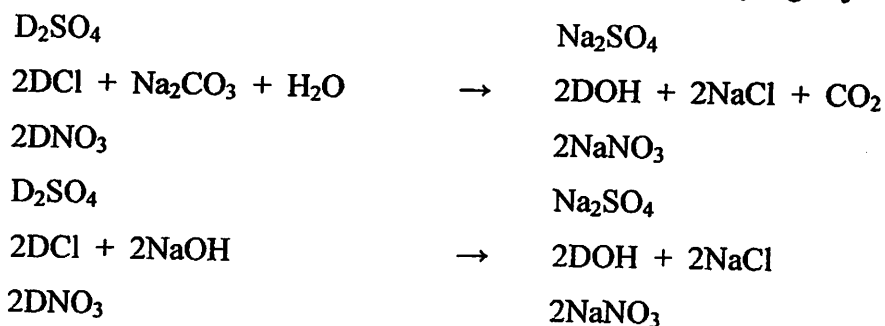
Untuk memenuhi kebutuhan air pendingin, dari bak air lunak dipompa ke bak air pendingin kemudian dialirkan ke peralatan dengan menggunakan pompa. Setelah digunakan air direcycle menuju cooling tower dan selanjutnya cooling tower, air direcycle kembali ke bak air pendingin.

- 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. Sedangkan regenerasi anion exchanger dengan menggunakan larutan 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

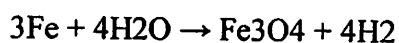
Kerak dalam boiler dapat menyebabkan:

- 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 142.7066 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 :

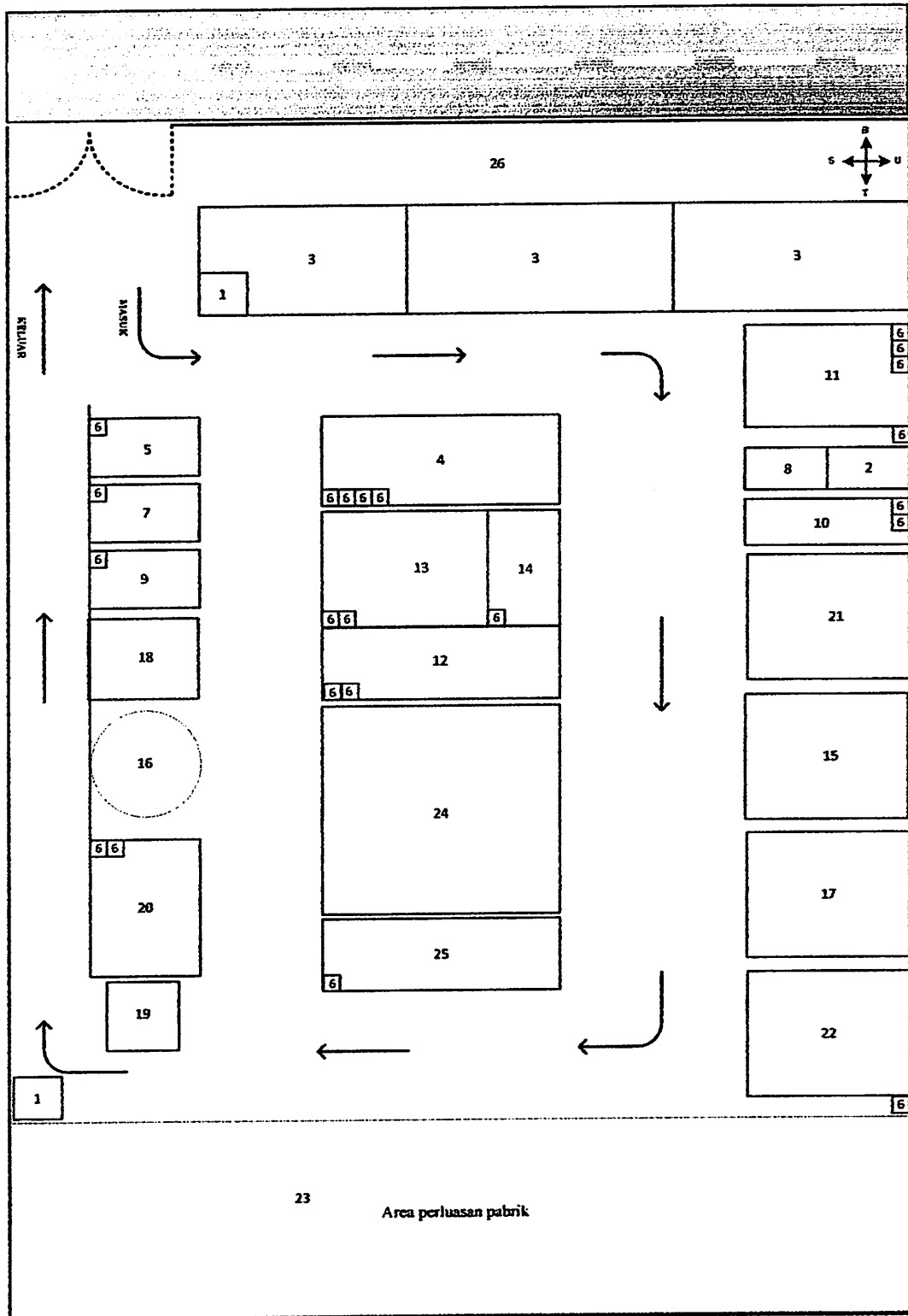
- Ketersediaan tanah
- Kemungkinan pengembangan pabrik dimasa mendatang
- Pengaturan terhadap penggunaan ruangan dan elevasi
- Keamanan terhadap kebakaran, gas beracun dan bentuk bangunan
- Memperhatikan pembuangan hasil – hasil produksi
- Tipe dan kualitas produk
- Distribusi bahan baku, bahan jadi, 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 dan taman	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 waktu operasi maupun sistem perpipanya. Tata ruang peralatan proses secara umum berorientasi pada keselamatan dan kenyamanan bekerja sehingga dapat

meningkatkan produktifitas kerja. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pengaturan ruang peralatan 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

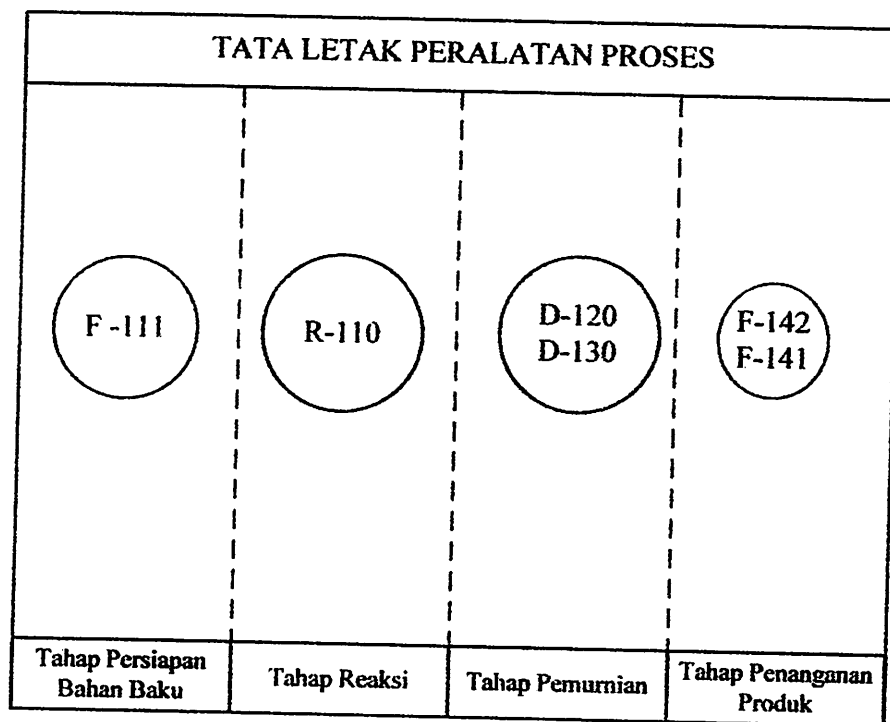
Dalam perencanaan proses lay out perlu memperhatikan ruang gerak pekerja agar dapat mencapai seluruh alat proses dengan mudah dan cepat sehingga penanganan khusus seperti kerusakan peralatan alat dapat segera teratasi

- 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-142 : Storage dimetil eter
6. F-141 : Storage Methanol

## **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 : Gresik, Jawa Timur  
Kapabilitas produksi : 160.000 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:

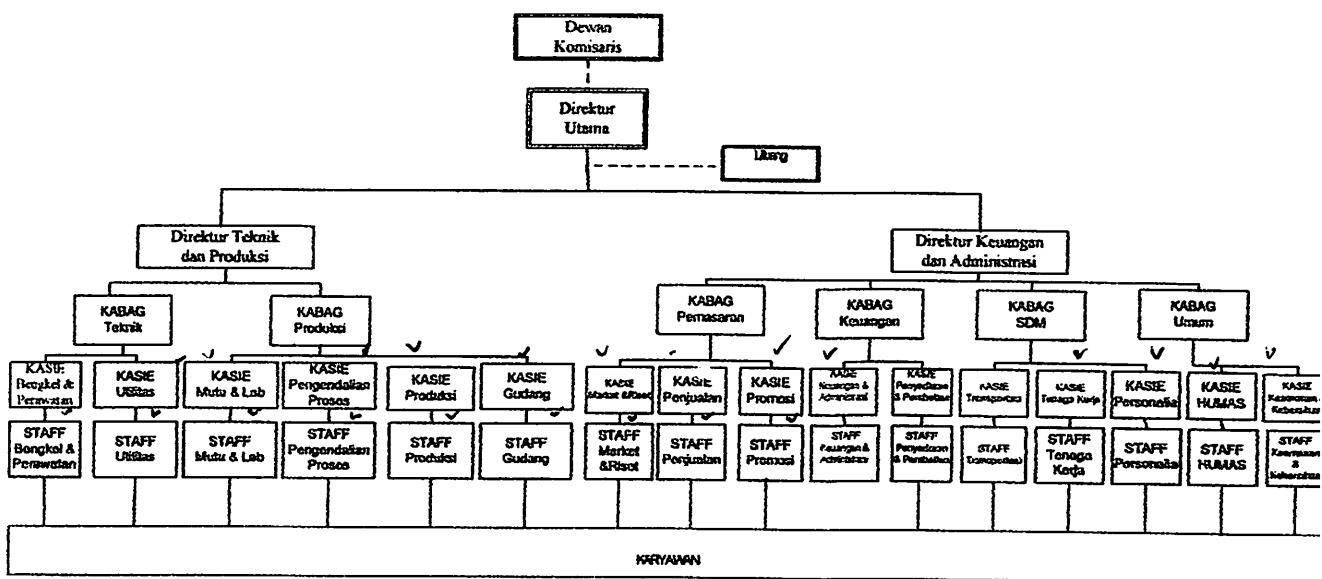
- Modal menjadi besar karena berasal dari beberapa orang dan pinjaman dari bank.

- 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 10.1 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, kacamata 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 diatas perintah atasan berdasarkan kondisi tertentu perusahaan.

## 10.6 Jadwal dan Jam Kerja

Pabrik dimetil eter direncanakan akan beroperasi selama 330 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 membawahnya 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 dan pemurnian

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 ton/hari

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

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

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	243				

## 10.9 Gaji Karyawan

**Tabel 10.3 Perincian Gaji Karyawan**

UMR Kota Gresik = 2707500

**Tabel 5.1. Daftar Gaji Pegawai**

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji (Rp)	
			per orang	Total
1	Dewan Komisaris	3	30,000,000.00	90,000,000
2	Direktur Utama	1	40,000,000.00	40,000,000
3	Litbang	1	7,500,000.00	7,500,000
4	Direktur	2	25,000,000.00	50,000,000
5	Kepala Bagian	5	7,000,000.00	35,000,000
6	Kasie Bengkel	1	5,000,000.00	5,000,000
7	Kasie Utilitas	1	5,000,000.00	5,000,000
8	Kasie Mutu & Lab	1	5,000,000.00	5,000,000
9	Kasie dalpros	1	5,000,000.00	5,000,000
10	Kasie Produksi	1	5,000,000.00	5,000,000
11	Kasie Market & riset	1	5,000,000.00	5,000,000
12	Kasie Penjualan	1	5,000,000.00	5,000,000
13	Kasie Gudang	1	5,000,000.00	5,000,000
14	Kasie administrasi	1	5,000,000.00	5,000,000
15	Kasie Penyediaan	1	5,000,000.00	5,000,000
16	Kasie Kemanan	1	5,000,000.00	5,000,000
17	Kasie Tenaga Kerja	1	5,000,000.00	5,000,000
18	Kasie Pesonalia	1	5,000,000.00	5,000,000
19	Kasie HUMAS	1	5,000,000.00	5,000,000
20	Unit produksi (shift)	100	3,500,000.00	350,000,000
21	Pegawai	15	4,000,000.00	60,000,000
22	Dokter	1	4,500,000.00	4,500,000
23	Unit perawatan	4	3,700,000.00	14,800,000
24	Unit produksi	25	3,700,000.00	92,500,000
25	Unit utilitas	10	3,700,000.00	37,000,000
26	Unit pemasaran	10	3,700,000.00	37,000,000
27	Unit SDM	12	3,700,000.00	44,400,000

28	Sopir	10	2,710,000.00	27,100,000
29	Satpam	10	2,710,000.00	27,100,000
30	Kebersihan	10	2,710,000.00	27,100,000
31	Taman	6	2,710,000.00	16,260,000
32	Parkir	4	2,710,000.00	10,840,000
Total jumlah upah/bulan		243	Total	1,041,100,000

## **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. Perpipaian
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)**

Penentuan Total Capital Investment (TCI)

a. Biaya Langsung (DC)

1.	Harga peralatan		E	=	Rp.	19,857,801,386
2.	Instrument dan alat kontrol	10%	E	=	Rp.	1,985,780,139
3.	Isolasi	8%	E	=	Rp.	1,588,624,111
4.	Perpipaan Terpasang	30%	E	=	Rp.	5,957,340,416
5.	Perlistrikan terpasang	10%	E	=	Rp.	1,985,780,139
6.	Harga FOB (jumlah 1-5)		F	=	Rp.	31,375,326,190
7.	Ongkos angkutan Kapal laut	7%	F	=	Rp.	2,196,272,833
8.	Harga C dan F (jumlah 6-7)		G	=	Rp.	33,571,599,023
9.	Biaya asuransi	1%	G	=	Rp.	167,857,995
10.	Harga CIF (jumlah 8-9)		H	=	Rp.	33,739,457,018
11.	Biaya angkut barang ke plant	12%	H	=	Rp.	4,048,734,842
12.	Pemasangan alat	37%	E	=	Rp.	7,347,386,513
13.	Bangunan pabrik	15%	E	=	Rp.	2,978,670,208
14.	Servis fasilitas	40%	E	=	Rp.	7,943,120,554
15.	Tanah	4%	E	=	Rp.	794,312,055
16.	Biaya langsung (jumlah 10-15) (DC)			=	Rp.	81,071,308,225

b. Biaya Tak Langsung (IC)

17.	Engenering dan supervisi	5%	(DC)	=	Rp.	4,053,565,411
18.	Konstruksi	7%	(DC)	=	Rp.	5,674,991,576
19.	Biaya tidak terduga	5%	(TCI)	=	Rp.	0.0500 × FCI
	Total biaya tidak langsung (jumlah 17-19)			=	Rp.	9,728,556,987
						+ 0.050 FCI
				=	Rp.	14,507,497,261

c. Fixed Capital Investment (FCI)

$$\begin{aligned} \text{FCI} &= \text{DC} + \text{IC} \\ \text{FCI} &= 81,071,308,225 + (9,728,556,987 + 0.05 \text{ FCI}) \\ 0.95 \text{ FCI} &= 90,799,865,211 \\ \text{FCI} &= \text{Rp } 95,578,805,486 \end{aligned}$$

d. Working Capital Investment (WCI)

$$\begin{aligned} \text{WCI} &= 20\% \times \text{TCI} \\ &= 20\% \times 119,473,506,857 \\ &= \text{Rp } 23,894,701,371 \end{aligned}$$

e. Total Capital Investment (TCI)

$$\begin{aligned} \text{TCI} &= \text{FCI} + \text{WCI} \\ \text{TCI} &= 95,578,805,486 + (20\% \times \text{TCI}) \\ 80\% \text{ TCI} &= 95,578,805,486 \\ \text{TCI} &= \text{Rp } 119,473,506,857 \end{aligned}$$

**Penentuan Total Production Cost (TPC)**

a. Biaya Produksi Langsung (Direct Production Cost/DPC)

Bahan Baku	E	=	Rp.	1,458,861,652,583
Tenaga Kerja	(TK)	=	Rp.	12,823,200,000
Supervisi	35% TK	=	Rp.	4,488,120,000
Utilitas		=	Rp.	16,744,954,158
Pemeliharaan dan perbaikan (PP)	30% FCI	=	Rp.	28,673,641,646
Penyediaan operasi	30% PP	=	Rp.	8,602,092,494
Laboratorium	35% PP	=	Rp.	4,488,120,000
Patent dan royalti	6% TPC	=	Rp.	6% TPC
Biaya Produksi Langsung		=	Rp.	1,534,681,780,880
				+ 0.06 TPC

b. Biaya Tetap (Fixed Cost/FC)

- Depresiasi alat	10%	FCI	=	Rp.	9,557,880,549
- Depresiasi bangunan	2%	FCI	=	Rp.	1,911,576,110
- Pajak kekayaan	2%	FCI	=	Rp.	1,911,576,110
- Asuransi	0.40%	FCI	=	Rp.	382,315,222
- Bunga bank	10.25%	MP	=	Rp.	4,898,413,781
Biaya Tetap (Fixed Cost/FC)			=	Rp.	18,661,761,771

c. Biaya Overhead Pabrik			
- Biaya Overhead	60%	TK+PP =	Rp. 24,898,104,987
d. Biaya Pengeluaran Umum (General Expenses/GE)			
- Biaya administrasi	15%	PP =	Rp. 1,923,480,000
- Biaya distribusi dan pemasaran	20%	TPC =	Rp. 0.2000 TPC
- Biaya LITBANG	7%	TPC =	Rp. 0.0700 TPC
Biaya Pengeluaran Umum (GE)		=	Rp. 1,923,480,000 0.2700 TPC

e. Biaya Produksi Total (TPC)

$$\begin{aligned}
 \text{TPC} &= \text{DPC} + \text{FC} + \text{Biaya overhead} + \text{GE} \\
 \text{TPC} &= ( 1,534,681,780,880 + 18,661,761,771 + 24,898,104,987 ) + \\
 &\quad ( 1,923,480,000 + 0.27 \text{ TPC} ) \\
 \text{TPC} &= 1,580,165,127,638 + 0.33 \text{ TPC} \\
 0.67 \text{ TPC} &= 1,580,165,127,638 \\
 \text{TPC} &= \text{Rp. } 2,358,455,414,386
 \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 \text{DPC} &= \text{Rp. } 1,534,681,780,880 + ( 0.06 \times \\
 &\quad 2,358,455,414,386 \\
 &= \text{Rp. } 1,676,189,105,743 \\
 \text{GE} &= \text{Rp. } 1,923,480,000 + (0,27 \times 2,358,455,414,386 ) \\
 &= \text{Rp. } 638,706,441,884 \\
 \text{Royalti} &= \text{Rp. } 0.0600 \times \text{TPC} \\
 &= \text{Rp. } 0.0600 \times \text{Rp. } 2,358,455,414,386 \\
 &= \text{Rp. } 141,507,324,863
 \end{aligned}$$

## 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

Labanya Perusahaan, yaitu keuntungan dari penjualan produk.

Total penjualan per tahun = Rp. 2,464,000,000,000

Labanya kotor = Harga Jual - Biaya Produksi  
 = Rp. 2,464,000,000,000 - 2,421,648,032,026  
 = Rp. 42,351,967,974

Pajak Penghasilan = 30% × 42,351,967,974  
 = Rp. 12,705,590,392

Labanya bersih = Labanya kotor - Pajak penghasilan  
 = Rp. 42,351,967,974 - 12,705,590,392  
 = Rp. 29,646,377,582

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

$C_{Abt}$  = Labanya kotor + Depresiasi alat  
 = Rp. 42,351,967,974 + 9,557,880,549  
 = Rp. 51,909,848,523

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

$C_{Aat}$  = Labanya bersih + Depresiasi alat  
 = Rp. 29,646,377,582 + 9,557,880,549  
 = Rp. 39,204,258,130.37

**2. Laju Pengembalian Modal (ROI)**

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

a. ROI sebelum pajak

$$\begin{aligned} ROI_{BT} &= \frac{\text{Laba kotor}}{\text{Modal tetap}} \times 100\% \\ &= \frac{42,351,967,974}{95,578,805,486} \times 100\% \\ &= 44.3110\% \end{aligned}$$

b. ROI setelah pajak

$$\begin{aligned} ROI_{AT} &= \frac{\text{Laba bersih}}{\text{Modal tetap}} \times 100\% \\ &= \frac{29,646,377,582}{95,578,805,486} \times 100\% \\ &= 31.0177\% \text{ dari modal} \\ &= 31.0177\% \times \text{Rp. } 119,473,506,857 \\ &= \text{Rp. } 37,057,971,977 \end{aligned}$$

**3. Lama Pengembalian Modal (POT)**

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

a. POT sebelum pajak

$$\begin{aligned} POT_{bt} &= \frac{\text{Modal tetap}}{\text{Cash flow sebelum pajak}} \times 1 \text{ tahun} \\ &= \frac{95,578,805,486}{51,909,848,523} \times 1 \text{ tahun} \\ &= 1.8412 \text{ tahun} \end{aligned}$$

b. POT setelah pajak

$$\begin{aligned} POT_{at} &= \frac{\text{Modal tetap}}{\text{Cash flow setelah pajak}} \times 1 \text{ tahun} \\ &= \frac{95,578,805,486}{39,204,258,130} \times 1 \text{ tahun} \\ &= 2.4380 \text{ tahun} \end{aligned}$$

**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.

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

a. Biaya tetap (FC)  
FC

$$= \text{Rp. } 18,661,761,771$$

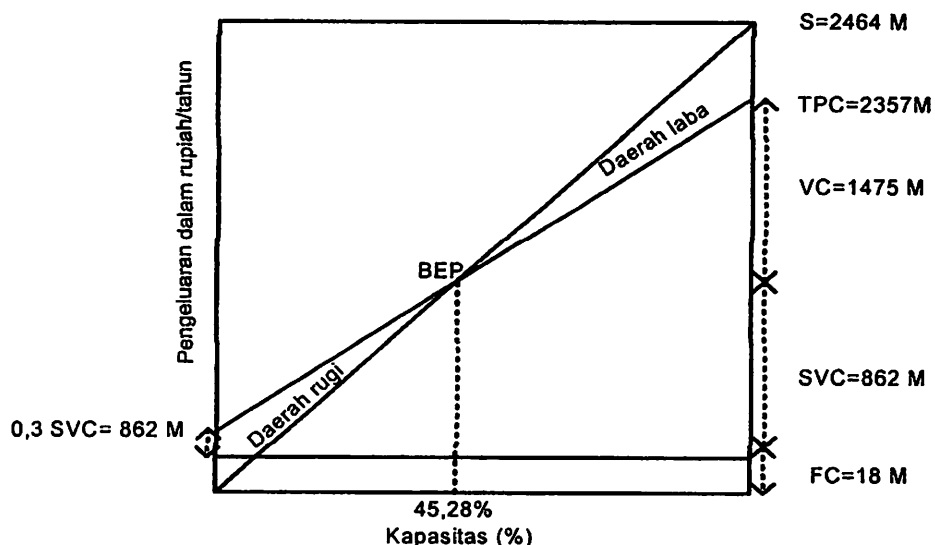
b.	Biaya Variabel (VC)		
	Bahan baku pertahun	=	Rp. 1,458,861,652,583
	Biaya utilitas pertahun	=	Rp. 16,745,040,369
	Total biaya variabel	=	Rp. 1,475,606,692,952
c.	Biaya Semi Variabel (SVC)		
	Biaya Umum (GE)	=	Rp. 638,331,163,193
	Biaya Overhead	=	Rp. 24,700,104,987
	Penyediaan operasi	=	Rp. 8,602,092,494
	Biaya Laboratorium	=	Rp. 4,372,620,000
	Gaji karyawan langsung	=	Rp. 12,493,200,000
	Supervisi	=	Rp. 4,372,620,000
	Perawatan, pemeliharaan	=	Rp. 28,673,641,646
	Royalti	=	Rp. 141,434,929,599
	Total SVC	=	Rp. 862,980,371,919
d.	Harga Penjualan (S)		
	Harga Penjualan (S)	=	Rp. 2,464,000,000,000

$$\begin{aligned}
 \text{BEP} &= \frac{FC + (0,3 \text{SVC})}{S - 0,7 \text{SVC} - VC} \times 100\% \\
 &= \frac{18,661,761,771 + (0,3 \times 862,980,371,919)}{2,464,000,000,000 - 1 \times 862,980,371,919 - 1,475,606,692,952} \times 100\%
 \end{aligned}$$

BEP = 45.28%

Titik BEP terjadi pada kapasitas = 45.28% × 200000 ton/tahun  
 = 90551.67227 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 :

$$\begin{aligned} \text{PBi} &= (100 - \text{BEP}) - (100 - \% \text{ kapasitas}) \\ \text{PB} &= (100 - \text{BEP}) \end{aligned}$$

Dimana :

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

PB = keuntungan pada kapasitas 100 %

% = % kapasitas yang tercapai

kapasitas

$$\begin{aligned} \text{PBi} &= (100 - \text{BEP}) - (100 - \% \text{ kapasitas}) \\ \text{PB} &= (100 - \text{BEP}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{PBi} &= (100 - 45.43\%) - (100 - 60\%) \\ 29,646,377,582 &= (100 - 45.43\%) \end{aligned}$$

$$\text{PBi} = \text{Rp. } 43,385,361$$

Sehingga cash flow setelah pajak untuk tahun pertama :

$$\begin{aligned} \text{Ca} &= \text{Laba bersih tahun pertama} + \text{Depresiasi alat} \\ \text{Ca} &= \text{Rp. } 43,385,361 + 9,557,880,549 \\ \text{Ca} &= \text{Rp. } 9,601,265,909 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{PBi} &= (100 - \text{BEP}) - (100 - \% \text{ kapasitas}) \\ \text{PB} &= (100 - \text{BEP}) \end{aligned}$$

Dimana :

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

PB = keuntungan pada kapasitas 100 %

% = % kapasitas yang tercapai

kapasitas

$$\begin{aligned} \text{PBi} &= (100 - \text{BEP}) - (100 - \% \text{ kapasitas}) \\ \text{PB} &= (100 - \text{BEP}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{PBi} &= (100 - 45.43\%) - (100 - 80\%) \\ 29646377581.800 &= (100 - 45.43\%) \end{aligned}$$

$$\text{PBi} = \text{Rp. } 102,948,726$$

Sehingga cash flow setelah pajak untuk tahun kedua :

$$\begin{aligned} \text{Ca} &= \text{Laba bersih tahun kedua} + \text{Depresiasi alat} \\ \text{Ca} &= \text{Rp. } 102,948,726 + 9,557,880,549 \\ \text{Ca} &= \text{Rp. } 9,660,829,274 \end{aligned}$$

### 5. Shut Down Point (SDP)

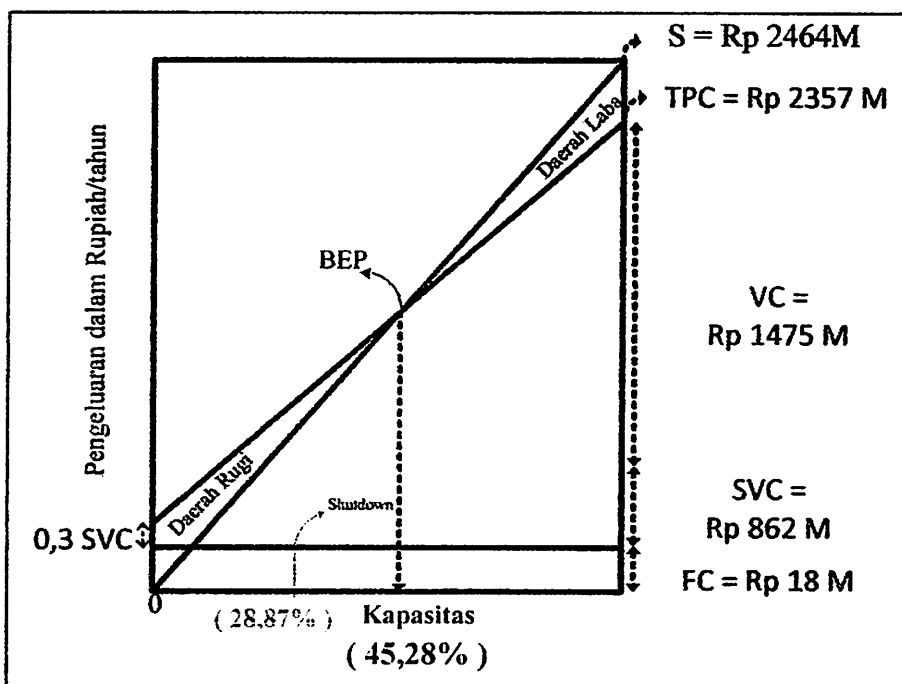
Shut Down Point (SDP) adalah suatu titik yang merupakan kapasitas minimal pabrik masih boleh beroperasi.

$$\text{SDP} = 0,3\text{SVC} \times 100\%$$

$$= \frac{S - 0,7SVC - VC}{2,464,000,000,000 - 1 \times 862,980,371,919 - 1,475,606,692,952} \times 0,3 \times 862,980,371,919 \times 100\%$$

$$= 28.871\%$$

Titik Shut Down Point terjadi pada kapasitas penjualan,  
 = 28.87% × Rp. 2,464,000,000,000  
 = Rp. 711,389,978,841



Grafik 5.2. Kapasitas pada Keadaan Shut Down Rate

6. Net Present Value (NPV)

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

Diasumsikan masa konstruksi selama 2 tahun,

Tahun ke-1 = 40%

Tahun ke-2 = 60%

$$CA_2 = 40\% \times FCI \times (1 + i^2)$$

$$= 40\% \times FCI \times (1 + 10\%)^2$$

$$= 40\% \times 95,578,805,486 \times 1.21551$$

$$= Rp. 46,470,654,174$$

$$\begin{aligned}
 CA_1 &= 60\% \times FCI \times (1 + i) \\
 &= 60\% \times FCI \times (1 + 10\%) \\
 &= 60\% \times 95,578,805,486 \times 1.1025 \\
 &= \text{Rp. } 63,225,379,829 \\
 Cao &= CA_1 - CA_2 \\
 &= -63,225,379,829 \qquad -46,470,654,174 \\
 &= \text{Rp. } -109,696,034,003
 \end{aligned}$$

Menghitung NPV tiap tahun

$$\begin{aligned}
 NPV &= Ca \times Fd \\
 Fd &= \frac{1}{(1+i)^n}
 \end{aligned}$$

Dimana :

- Fd = Faktor diskon
- Ca = cash flow setelah pajak
- i = tingkat bunga bank = 10%
- n = tahun ke-n

Tabel E.1. Cash Flow untuk NPV selama 10 tahun

Tahun ke-	Cash Flow (Ca) (Rp)	Fd	NPV (Rp)
0	-109,696,034,003	1	-109,696,034,003
1	9,601,730,897	0.9070	8,709,052,968
2	9,661,293,326	0.8227	7,948,369,929
3	39,204,258,130	0.7462	29,254,821,031
4	39,204,258,130	0.6768	26,534,985,062
5	39,204,258,130	0.6139	24,068,013,661
6	39,204,258,130	0.5568	21,830,397,879
7	39,204,258,130	0.5051	19,800,814,403
8	39,204,258,130	0.4581	17,959,922,361
9	39,204,258,130	0.4155	16,290,179,012
10	39,204,258,130	0.3769	14,775,672,573
WCI			23,894,701,371
Total			101,370,896,246

Karena NPV = (+) maka pabrik layak untuk 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. $ROI_{BT}$                    | = 44,31%     |
| b. $ROI_{AT}$                    | = 31,02%     |
| c. $POT_{bt}$ (sebelum pajak)    | = 1,84 tahun |
| d. $POT_{at}$ (setelah pajak)    | = 2,43 tahun |
| e. Break Event Point (BEP)       | = 45,28 %    |
| f. Internal Rate of Return (IRR) | = 24,8 %     |