

**PRA RENCANA PABRIK DIMETIL FORMAMIDA  
DARI DIMETIL AMINA DAN METIL FORMAT  
DENGAN PROSES NON KATALISASI  
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN**

**Disusun Oleh :**

**Agus Salim Farhan**

**05.14.006**

**Ida Fitrotun Nurma**

**05.14.019**



**MILIK  
PERPUSTAKAAN  
ITN MALANG**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2010**

2010

REPUBLICAN LEADERSHIP CONFERENCE  
NATIONAL LEADERSHIP CONFERENCE  
SPEECH LEADERSHIP CONFERENCE



THE LEADERSHIP CONFERENCE  
ON THE LEADERSHIP CONFERENCE  
CONFERENCE ON THE LEADERSHIP CONFERENCE

CONFERENCE ON THE LEADERSHIP CONFERENCE  
CONFERENCE ON THE LEADERSHIP CONFERENCE  
CONFERENCE ON THE LEADERSHIP CONFERENCE  
CONFERENCE ON THE LEADERSHIP CONFERENCE



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

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : AGUS SALIM FARHAN  
Nim : 05.14.006  
Nilai : B+  
Jurusan/Prog. Studi : Teknik Kimia / Teknik Kimia (S-1)  
Fakultas : Teknologi Industri  
Judul Skripsi : Pra Rencana Pabrik Dimetil Formamida dari  
Dimetil Amina dan Metil Format dengan  
Proses Non Katalisasi

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

Hari : Kamis  
Tanggal : 18 Februari 2010



**Ir. Sidik Noertjahjono, MT.**  
NIP.Y.102. 8700. 063

Penguji I

**Ir. Muyassaroh, MT.**  
NIP.Y.103. 9700. 306

Sekretaris

**Ir. Muyassaroh, MT.**  
NIP.Y.103. 9700. 306

Anggota Penguji

Penguji II

**Jimmy, ST, MT.**  
NIP.Y.1039900330

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

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **LEA TROTUN NURMA**  
Nim : **05.14.019**  
Nilai : **B**  
Jurusan/Prog. Studi : **Teknik Kimia / Teknik Kimia (S-1)**  
Fakultas : **Teknologi Industri**  
Judul Skripsi : **Pra Rencana Pabrik Dimetil Formamida dari  
Dimetil Amina dan Metil Format dengan  
Proses Non Katalisasi**


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

Hari : **Kamis**  
Tanggal : **18 Februari 2010**



**Ir. Sidik Noertjahjono, MT.**  
NIP.Y.102. 8700. 063

Penguji I




**Ir. Muyassaroh, MT.**  
NIP.Y.103. 9700. 306

Sekretaris



**Ir. Muyassaroh, MT.**  
NIP.Y.103. 9700. 306

Penguji II



**Jimmy, ST, MT.**  
NIP.Y.1039900330

## **PERNYATAAN KEASLIAN ISI TUGAS AKHIR**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : AGUS SALIM FARHAN

Nim : 05.14.006

Jurusan/Prog. Studi : Teknik Kimia / Teknik Kimia (S-1)

Fakultas : Teknologi Industri

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

**“PRA-RENCANA PABRIK DIMETIL FORMAMIDA DARI  
DIMETIL AMINA DAN METIL FORMAT DENGAN  
PROSES NON KATALISASI”**

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

Malang, April 2010

Yang membuat pernyataan,

**AGUS SALIM FARHAN**

## **PERNYATAAN KEASLIAN ISI TUGAS AKHIR**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : IDA FITROTUN NURMA

Nim : 05.14.019

Jurusan/Prog. Studi : Teknik Kimia / Teknik Kimia (S-1)

Fakultas : Teknologi Industri

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

**“PRA-RENCANA PABRIK DIMETIL FORMAMIDA DARI  
DIMETIL AMINA DAN METIL FORMAT DENGAN  
PROSES NON KATALISASI“**

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

Malang, April 2010

Yang membuat pernyataan,

**IDA FITROTUN NURMA**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya, maka penyusun dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Pra Rencana Pabrik Dimetil Formamida dari Dimetil Amina dan Metil Format dengan Proses Non Katalisasi dengan kapasitas 50.000 ton/tahun”**.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi tugas akhir mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang, sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana (Strata – 1) Teknik Kimia.

Pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini, terutama pada :

1. Bapak Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE, selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Sidik Noertjahjono, MT. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri.
3. Ibu Ir. Muyassaroh, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia.
4. Ibu Ir. Harimbi Setyawati, MT. selaku Dosen Pembimbing 1.
5. Ibu Nanik Astuti Rahman, ST. MT. selaku Dosen Pembimbing 2.
6. Rekan-rekan yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penyusun menyadari Laporan Tugas Akhir ini masih kurang sempurna, untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dan semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, April 2010

Penyusun



## DAFTAR ISI

	Hlm
LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN ISI TUGAS AKHIR.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	viii
ABSTRAKSI.....	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 ALAT.....	V – 1
BAB VI PERANCANGAN ALAT UTAMA .....	VI – 1
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA .....	VII – 1
BAB VIII UTILITAS .....	VIII – 1
BAB IX LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK .....	IX – 1
BAB X STRUKTUR DAN ORGANISASI PERUSAHAAN.....	X – 1
BAB XI ANALISA EKONOMI .....	XI – 1
BAB XII KESIMPULAN .....	XII – 1

DAFTAR PUSTAKA

APPENDIKS A .....	APP.A – 1
APPENDIKS B .....	APP.B – 1
APPENDIKS C .....	APP.C – 1
APPENDIKS D .....	APP.D – 1
APPENDIKS E .....	APP.E – 1

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.4.1.	Data Kebutuhan Dimetil Formamida di Indonesia.....	I-4
Tabel 2.2.1.	Seleksi Proses Produksi Dimetil Formamida .....	II-3
Tabel 7.1.1.	Instrumentasi Pabrik Dimetil Formamida .....	VII-4
Tabel 7.2.3.1.	Alat Keselamatankerja Pabrik Dimetil Formamida .....	VII-11
Tabel 8.1.	Data Kebutuhan Steam.....	VIII-6
Tabel 8.2.	Kebutuhan Air pendingin untuk Proses .....	VIII-7
Tabel 8.3.	Kebutuhan Air Sanitasi .....	VIII-9
Tabel 8.4.	Kebutuhan Total Air.....	VIII-9
Tabel 9.1.	Perincian Luas Tanah Bangunan Pabrik .....	IX-5
Tabel 10.1.	Jadwal Kerja Karyawan Shift.....	X-15
Tabel 10.7.1.	Perincian Kebutuhan Tenaga Kerja.....	X-19
Tabel 10.9.1.	Daftar Upah Karyawan.....	X-23

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.1.1. Blok diagram proses katalisasi .....	II-2
Gambar 2.1.2.1. Blok diagram proses non katalisasi .....	II-3
Gambar 9.1.6.1. Peta Indonesia.....	IX-4
Gambar 9.1.6.2. Peta Lokasi Pabrik Dimetil Formamida .....	IX-5
Gambar 9.2.1. Tata Letak Bangunan Pabrik Dimetil Formamida .....	IX-6
Gambar 11.1. Break Event Point Pra Rencana Pabrik Dimetil Formamida	XI13

## ABSTRAKSI

Dimetilformamida adalah suatu senyawa kimia organik yang berfungsi sebagai pelarut yang secara umum digunakan untuk reaksi kimia. Senyawa ini memiliki rumus kimia  $\text{HCON}(\text{CH}_3)_2$  dengan nama IUPAC yaitu N,N-dimetilmetanamida dan mempunyai nama dagang antara lain adalah DMF, dimetilformamida, N,N-dimetilformamida dan DMFA. Dimetilformamida merupakan senyawa yang tak berwarna dan memiliki bau yang khas. Senyawa ini terlarut sempurna dengan air dan berbagai senyawa organik lainnya kecuali dengan hidrokarbon alifatik. Karena sifat-sifat itulah, maka salah satu kegunaan dari dimetilformamida adalah untuk melarutkan zat warna, sebagai pelarut gas dan sebagai bahan baku dari produsen fiber akrilik dan plastik. Dengan berdirinya pabrik ini maka diharapkan agar Indonesia mampu untuk mengantisipasi kebutuhan dimetilformamida dan ketergantungan terhadap produk luar negeri dimasa yang akan datang. Selain itu juga diharapkan akan menambah lapangan kerja baru dan dampak selanjutnya pengangguran akan berkurang. Hal ini membuka peluang yang sangat besar untuk mendirikan pabrik dimetilformamida di Indonesia sebagai salah satu upaya untuk mengurangi jumlah impor dimetilformamida. Pabrik Dimetilformamida ini direncanakan didirikan di Cilegon Banten dengan Kapasitas produksi 50.000 ton/tahun. Utilitas yang digunakan meliputi air, steam listrik, dan bahan bakar. Bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi garis dan staf. Dari hasil ekonomi didapatkan  $\text{IRR} = 37,69\%$  ,  $\text{ROI}_{\text{AT}} = 28\%$  ,  $\text{ROI}_{\text{BT}} = 35\%$ ,  $\text{POT} = 2,31$  tahun ,  $\text{BEP} = 46,91\%$  . Dari analisa ekonomi tersebut dapat disimpulkan bahwa pabrik Dimetilformamida layak untuk didirikan.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Dimetilformamida adalah suatu senyawa kimia organik yang berfungsi sebagai pelarut yang secara umum digunakan untuk reaksi kimia. Senyawa ini memiliki rumus kimia  $\text{HCON}(\text{CH}_3)_2$  dengan nama IUPAC yaitu N,N-dimetilmetanamida dan mempunyai nama dagang antara lain adalah DMF, dimetilformamida, N,N-dimetilformamida dan DMFA.<sup>[3]</sup> Dimetilformamida merupakan senyawa yang tak berwarna dan memiliki bau yang khas. Senyawa ini terlarut sempurna dengan air dan berbagai senyawa organik lainnya kecuali dengan hidrokarbon alifatik. Karena sifat-sifat itulah, maka salah satu kegunaan dari dimetilformamida adalah untuk melarutkan zat warna, sebagai pelarut gas dan sebagai bahan baku dari produsen fiber akrilik dan plastik.<sup>[7]</sup>

Industri penghasil dimetilformamida sangat dibutuhkan, karena produk dari industri ini akan banyak dibutuhkan dalam industri penghasil zat warna (tinta), industri gas, industri cat, dan sebagian besar dibutuhkan sebagai bahan baku dari industri plastik. Akan tetapi sampai saat ini belum ada perusahaan di Indonesia yang memproduksinya. Sedangkan selama ini, kebutuhan bahan tersebut masih diimpor dari luar negeri seperti negara China, India, Korea Selatan, Latvia dan Amerika.<sup>[8]</sup>

Untuk mengatasi peningkatan secara pesat baik secara kualitatif maupun kuantitatif yang terjadi dalam industri kimia, diharapkan Indonesia mampu untuk bersaing dengan negara-negara maju lainnya. Disamping itu, diharapkan Indonesia mampu untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.

Dengan berdirinya pabrik ini maka diharapkan agar Indonesia mampu untuk mengantisipasi kebutuhan dimetilformamida dan ketergantungan terhadap produk luar negeri dimasa yang akan datang. Selain itu juga

diharapkan akan menambah lapangan kerja baru dan dampak selanjutnya pengangguran akan berkurang. Hal ini membuka peluang yang sangat besar untuk mendirikan pabrik dimetilformamida di Indonesia sebagai salah satu upaya untuk mengurangi jumlah impor dimetilformamida.

## 1.2. Sejarah Perkembangan Industri Dimetilformamida

Dimetilformamida ( $\text{HCON}(\text{CH}_3)_2$ ) merupakan bahan kimia yang digunakan sebagai pelarut. Dimetilformamida pertama kali disintesis pada tahun 1893. Tetapi baru digunakan untuk skala yang besar pada tahun 1950 sebagai pelarut untuk proses pada fiber akrilik. Sejak saat itu, dimetilformamida mulai banyak ditemukan kegunaannya, antara lain adalah sebagai pelarut poliuretan, pelapisan poliamida dan sebagainya. Kapasitas produksi dunia pada saat itu adalah 225.000 ton dengan harga antara \$ 0,9 sampai 1,10/kg (1979).

Proses yang paling umum untuk menghasilkan dimetilformamida pada saat itu adalah dengan proses katalisasi dan proses non katalisasi. Proses katalisasi menggunakan bahan baku dimetilamina dan karbonmonoksida dalam metanol dengan bantuan katalis. Sedangkan untuk proses non katalisasi digunakanlah bahan baku yaitu dimetilamina dan metil format.<sup>[7]</sup>

## 1.3. Kegunaan Dimetilformamida

Dimetilformamida mempunyai peranan yang sangat penting dalam berbagai industri kimia, antara lain digunakan untuk:

- Sangat berperan dalam industri gas
- Pelarut fiber akrilik
- Pelarut poliuretan dan pelapisan poliamida
- Pelarut untuk pewarna dan sebagai pembersih serta penghilang tinta
- Pelarut elektrolit dalam proses pencucian secara galvanisasi
- Sebagai media kristalisasi untuk vitamin, hormon dan sulfonamida
- Sebagai adsorben selektif pada proses ekstraksi.<sup>[7]</sup>

#### 1.4. Perkiraan Kapasitas Produksi

Dalam perencanaan pendirian suatu pabrik dibutuhkan suatu prediksi kapasitas agar produksi yang akan dihasilkan dapat memenuhi kebutuhan, terutama kebutuhan dalam negeri. Perkiraan kapasitas pabrik dapat ditentukan menurut nilai konsumsi setiap tahun dengan melihat perkembangan industri dalam kurun waktu berikutnya.

Berikut ini adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung perkiraan kapasitas produksi:

$$F = P_0 (1 + i)^n$$

Dimana :

F = jumlah yang diperkirakan

$P_0$  = data tahun terakhir

i = tingkat pertumbuhan (%)

n = jangka waktu pabrik berdiri

Untuk mengetahui data kebutuhan dimetilformamida di Indonesia, dapat dilihat pada tabel 1.4.1. berikut ini:

TAHUN	IMPORT (Kg)	Tingkat Pertumbuhan (%)
2004	4.874.827	0
2005	5.162.264	5,5680
2006	6.211.415	16,8907
2007	7.056.404	11,9748
2008	7.083.718	0,3856
Rata-rata	6.378.450,25	8,7048

$$F = P_0 (1 + i)^n$$

$$F = 7.083.718 (1 + 0,3856)^5$$

$$= 36.178.506 \text{ kg/tahun}$$

$$= 36.178,506 \text{ ton/tahun}$$



Dengan mengetahui jumlah impor pada tahun 2013, maka untuk memperbesar peluang kapasitas dapat dilakukan dengan mengekspor produk dari pabrik yang akan didirikan. Diasumsikan bahwa eksportnya adalah 40% dari produk impor, maka peluang kapasitas sebesar:

$$\text{Kapasitas pabrik baru} = \text{impor} + \text{ekspor}$$

$$\text{Kapasitas pabrik baru} = \text{impor} + (40\% \text{ impor})$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas pabrik baru} &= 36.178,506 + (40\% \times 36.178,506) \\ &= 50.649,91 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Jadi kapasitas pabrik baru yang didirikan pada tahun 2010 adalah 50.649,91 ton/tahun  $\approx$  50.000 ton/tahun.

## 1.5. Sifat Bahan Baku dan Produk

### 1.5.1. Bahan Baku

#### 1. Dimetilamina <sup>[1]</sup>

##### *Sifat Kimia*

Rumus molekul :  $\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$

Berat molekul : 45,08 kg/kmol

Kelarutan : Sangat larut dalam air, alkohol dan eter

##### *Sifat Fisika*

Fase : gas

Titik didih :  $7^\circ\text{C}$

Titik beku :  $-92,2^\circ\text{C}$

Tekanan kritis : 52,69 atm

Suhu kritis :  $164,05^\circ\text{C}$

Kapasitas panas : 2,0448 kkal/kg  $^\circ\text{C}$

Densitas :  $1,883 \text{ kg/m}^3$  pada 1 atm dan  $21^\circ\text{C}$

#### 2. Bahan Pembantu Metilformat <sup>[5]</sup>

##### *Sifat Kimia*

Rumus molekul :  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$

Berat molekul : 60,05 kg/kmol

Kelarutan : Larutan terbatas dalam air dan tak terbatas dalam alkohol

*Sifat Fisika*

Fase : cair  
 Titik didih : 32 °C  
 Titik beku : -99,8 °C  
 Tekanan kritis : 59,18 atm  
 Suhu kritis : 214,05 °C  
 Kapasitas panas : 1,7453 kkal/kg °C  
 Densitas : 0,95-0,98 g/cm<sup>3</sup> pada 20 °C

**3. Produk Dimetilformamida <sup>[3]</sup>**

*Sifat Kimia*

Rumus molekul : C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>NO  
 Berat molekul: : 73,09 kg/kgmol  
 Kelarutan : Larut tak terbatas dalam air

*Sifat Fisika*

Fase : cair  
 Titik didih : 153 °C  
 Titik beku : -61 °C  
 Tekanan kritis : 43,61 atm  
 Suhu kritis : 376,45 °C  
 Kapasitas panas : 6,3158 kkal/kg °C  
 Densitas : 0,944 g/cm<sup>3</sup> <sup>[3]</sup>

**4. Produk samping Metanol <sup>[4]</sup>**

*Sifat Kimia*

Rumus molekul : CH<sub>4</sub>O  
 Berat molekul : 32,042 kg/kgmol  
 Kelarutan : Larut tak terbatas dalam air, alkohol dan eter

*Sifat Fisika*

Fase : cair

Titik didih	:	64,5 °C
Titik beku	:	-97,8 °C
Tekanan kritis	:	79,89 atm
Suhu kritis	:	239,49 °C
Kapasitas panas	:	2,2361 kkal/kg °C
Densitas	:	0,7924 g/cm <sup>3</sup>

## BAB II

### SELEKSI DAN URAIAN PROSES

#### 2.1. Pertimbangan Pemilihan Proses

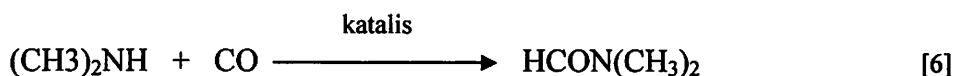
Proses umum yang biasanya digunakan dalam pembuatan dimetilformamida ada 2 macam, antara lain adalah:

1. Proses katalisasi
2. Proses non katalisasi

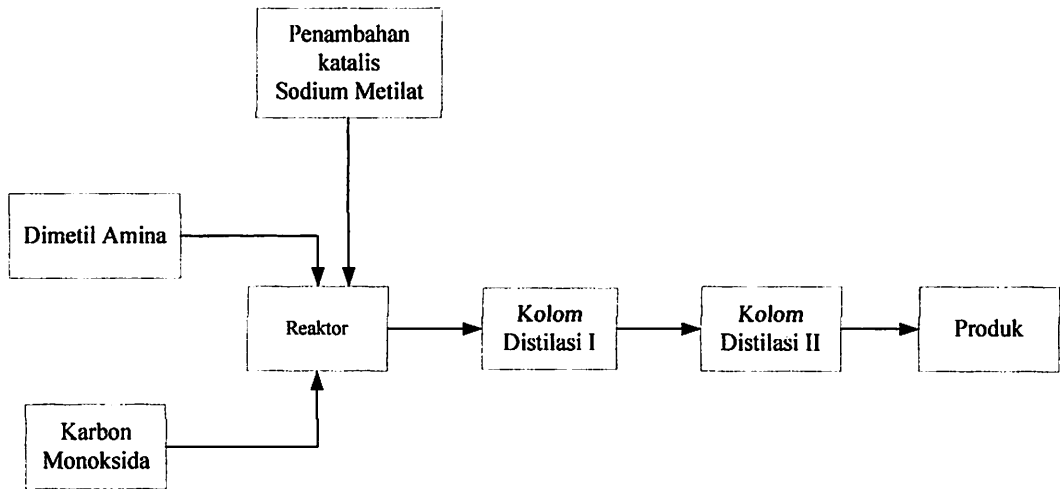
Uraian singkat mengenai dua macam pembuatan dimetilformamida tersebut adalah sebagai berikut:

##### 2.1.1. Proses Katalisasi

Proses katalisasi adalah proses pereaksian bahan baku tertentu menggunakan bantuan katalis untuk mempercepat reaksi. Dalam pembuatan dimetilformamida ini, bahan baku yang digunakan yaitu dimetilamina dan karbon monoksida. Bahan baku tersebut direaksikan dalam sebuah reaktor dengan kondisi operasi yaitu pada suhu 110-150 °C dan tekanan antara 14,8–24,7 atm. Pada proses ini ditambahkan pula katalis berupa sodium metilat atau metal karbonil, persamaan reaksi yang terjadi adalah:

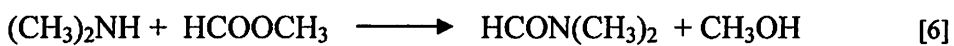


Produk yang dihasilkan dari reaksi katalisasi diatas akan dimurnikan dengan proses distilasi. Berikut ini adalah blok diagram proses katalisasi dimetilamina dengan karbon monoksida menggunakan katalis pada pembuatan dimetilformamida:

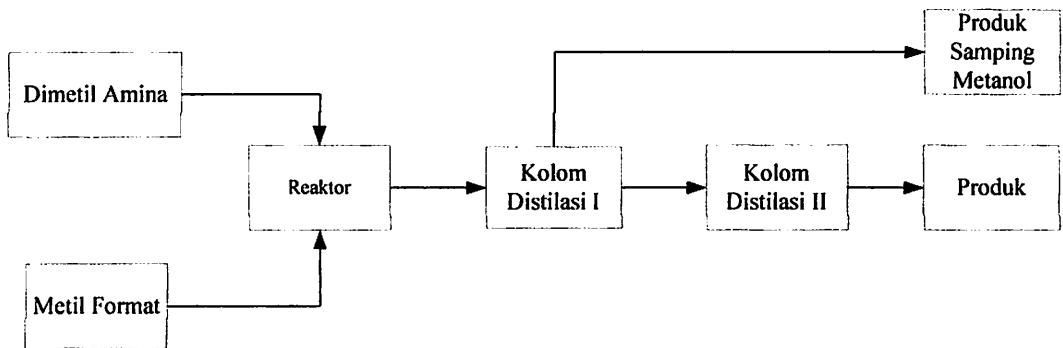


### 2.1.2. Proses Non Katalisasi

Proses non katalisasi adalah proses pereaksian bahan baku tertentu tanpa menggunakan katalis. Pembuatan dimetilformamida dengan cara ini menggunakan bahan baku yaitu dimetilamina dan metil format. Bahan baku tersebut direaksikan dalam sebuah reaktor dengan kondisi operasi yaitu pada suhu 80-100 °C dan tekanan rendah. Sejumlah dimetilamina dan metil format dengan perbandingan stoikiometris bereaksi membentuk dimetilformamida menurut reaksi :



Reaksi pembuatan dimetilformamida diatas merupakan reaksi searah dan tidak diperlukan katalis. Selanjutnya, produk yang dihasilkan akan dimurnikan dengan proses distilasi. Berikut ini adalah blok diagram proses non katalisasi dimetilamina dengan metil format tanpa penggunaan katalis pada pembuatan dimetilformamida:



## 2.2. Seleksi Proses

Sebelum menentukan pemilihan proses yang tepat, maka perlu adanya studi perbandingan dari alternatif proses yang ada, baik secara aspek teknis maupun aspek ekonomis sehingga didapatkan suatu proses produksi yang efektif dan efisien. Kedua proses diatas dibandingkan untuk mendapatkan proses manakah yang paling baik dilakukan dalam perancangan pabrik suatu industri. Oleh karena itu dibuat tabel perbandingan antara proses katalisasi dan proses non katalisasi seperti pada tabel 2.2.1. sebagai berikut:

Tabel 2.2.1. Seleksi proses produksi dimetilformamida

No.	Parameter	Proses Katalisasi	Proses Non Katalisasi
<b>1</b>	<b>Aspek Teknis</b>		
	Bahan baku	Dimetilamina dan Karbon monoksida	Dimetilamina dan Metil format
<b>2</b>	<b>Kondisi Operasi</b>		
	Suhu reaksi	110-150 °C	80-110 °C
	Tekanan	14,8-24,7 atm	4,4 atm
	Katalis	Sodium metilat atau Metal karbonil	-
<b>3</b>	<b>Aspek Ekonomi</b>		
	Keuntungan	Kurang menguntungkan karena tekanan dan suhu	Lebih menguntungkan karena tekanan dan

		besar	suhu kecil
--	--	-------	------------

Dari uraian tersebut di atas, dapat diketahui kelebihan dan kekurangan masing-masing proses. Dalam seleksi ini, pertimbangan didasarkan pada segala aspek keseluruhan yang lebih menguntungkan. Maka pada proses pembuatan dimetilformamida ini dipilih proses non katalisasi, dengan pertimbangan:

1. Proses yang dipergunakan lebih mudah karena tidak menggunakan katalis.
2. Proses pemurnian produk lebih mudah.
3. Kondisi operasi reaksi yang relatif rendah sehingga memperingan biaya produksi
4. Keuntungan lebih besar dari pada proses katalisasi.

### 2.2.1. Uraian Proses

Pabrik dimetilformamida dari dimetilamina dan metil format dilaksanakan dalam lima tahap, yaitu unit penyiapan bahan baku, unit reaksi dan unit pemisahan, unit pemurnian hasil dan unit penanganan produk.

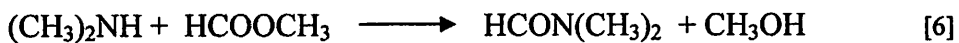
#### 1. Unit Penyiapan Bahan Baku

Sebagai bahan baku digunakan dimetilamina dan metil format. Dimetilamina yang berupa gas disimpan dalam tangki penyimpan berbentuk silinder horisontal (F-112) pada suhu 25 °C dan tekanan 1,2 atm. Gas tersebut dialirkan melalui kompresor (G-111) untuk dinaikkan tekanannya menjadi 4,4 atm. Sedangkan metil format cair disimpan dalam tangki penyimpan berbentuk silinder vertikal (F-116) pada suhu 25 °C dan tekanan 1 atm. Bahan tersebut kemudian dipompakan (L-115) menuju vaporizer (V-114) untuk diubah fasenya dari cair menjadi gas dengan kondisi operasi suhu 50°C dan tekanan 2 atm. Gas tersebut dialirkan melalui kompresor (G-113) untuk dinaikkan tekanannya menjadi 4,4 atm. Setelah tekanan dan suhu yang diinginkan tercapai kedua bahan tersebut

dialirkan kedalam reaktor multi tube (R-110) untuk mengalami proses pereaksian.

## 2. Unit Reaksi

Semua bahan baku baik direaksikan dalam satu reaktor dengan menggunakan reaktor multi tube (R-110). Reaksi berlangsung pada suhu 110 °C dan tekanan 4,4 atm. Reaksi yang terjadi adalah:



Konversi reaksi dari proses ini adalah 90%. Selanjutnya, setelah proses reaksi selesai, maka hasil dari reaksi ini akan dipompa ke menara distilasi 1 (D-120).

## 3. Unit Pemisahan Hasil

Keluar dari reaktor (R-110) bahan dipompa masuk ke dalam expander (G-122) untuk diturunkan suhunya menjadi 93,29°C dan tekanannya menjadi 3,72 atm. Setelah mengalami penurunan suhu dan tekanan gas langsung dialirkan kedalam kondensor (E-121) untuk dirubah fasenya dari gas menjadi cair. Produk yang keluar dari kondensor (E-121) dialirkan menuju kolom distilasi (D-120) dengan suhu operasi tekanan 3,72 atm dan suhu 93,29°C Hasil atas kolom distilasi (D-120) yang berupa campuran antara dimetilamina sisa, metil format sisa dan metanol hasil samping reaksi, akan diturunkan suhunya pada bagian kondensor (E-123) menjadi 76,11°C. Setelah itu akan ditampung diakumulator (F-134) kemudian sebagian lagi dikembalikan sebagai reflux ke kolom distilasi (D-120) dan sebagian lagi akan di keluarkan dan di tampung. Hasil bawah dari menara distilasi (D120) dialirkan melalui pompa (L-132) akan diumpankan menuju heater (E-131) untuk dipanaskan dari suhu 118,05°C menjadi 150,66°C, setelah itu dialirkan menuju kolom distilasi (D-130) untuk memurnikan produk dimetilformamida.



#### 4. Unit Pemurnian Hasil

Hasil bawah dari kolom distilasi 1 (D-120) dengan kondisi operasi 118,05°C dan tekanan 1 atm akan dimurnikan dari kandungan air yang masih terbawa oleh umpan. Unit pemurnian ini dilakukan pada kolom distilasi ke dua (D-130) dengan suhu 150,66 °C dan tekanan 1 atm. Air yang merupakan impuritis yang masih terbawa oleh produk akan diuapkan, sehingga air yang terkandung dalam produk dimetilformamida akan menjadi produk atas dan dimetilformamida murni akan keluar sebagai hasil bawah. Selanjutnya, setelah proses pemurnian berlangsung, maka produk akan dialirkan melalui pompa (L-136) dan didinginkan dalam cooler (E-137) dari suhu 153,27°C menjadi 35°C dan disimpan dalam tangki penyimpan untuk diproses lebih lanjut.

#### 5. Unit Penanganan Produk

Produk yang berupa dimetilformamida disimpan dalam tangki (F-138) berupa drum maupun tangki *container* untuk dipasarkan. Produk dimetilformamida juga disimpan dalam drum dengan berat bersih 200 liter. Selanjutnya, produk ini akan dipasarkan baik ke dalam maupun ke luar negeri.

## BAB III

### NERACA MASSA

Kapasitas Produksi = 50.000 ton/tahun

Waktu Operasi = 330 hari/tahun

= 24 jam/hari

Satuan Operasi =  $\frac{50.000 \text{ ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$

= 6313,1313 kg/jam

Basis Perhitungan = 5916,9001 kg/jam

#### 1. Reaktor Multi Tube (R-110)

Fungsi : Untuk mereaksikan gas  $C_2H_7N$  dan uap  $HCOOCH_3$



Neraca massa total :  $M_3 = M_1 + M_2$

Dimana :  $M_1$  = massa gas dimetilamina masuk reaktor

$M_2$  = massa uap metil format masuk reaktor

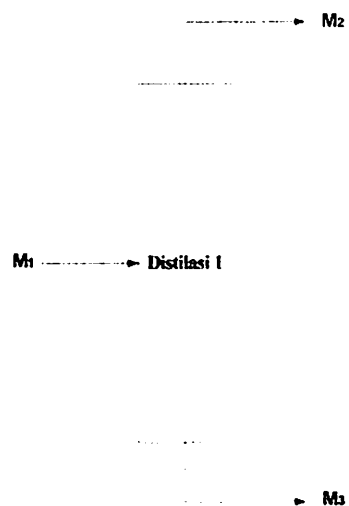
$M_3$  = massa uap dimetilformamida keluar menuju distilasi I

## NERACA MASSA REAKTOR

Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
Aliran M <sub>1</sub> dari kompresor C <sub>2</sub> H <sub>7</sub> N		Aliran M <sub>3</sub> menuju kolom distilasi I	
C <sub>2</sub> H <sub>7</sub> N	5857,7311	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> NO	6319,3418
H <sub>2</sub> O	59,1690	C <sub>2</sub> H <sub>7</sub> N	1959,6941
Aliran M <sub>2</sub> dari vaporizer HCOOCH <sub>3</sub>		H <sub>2</sub> O	59,1109
HCOOCH <sub>3</sub>	5768,9776	HCOOCH <sub>3</sub>	576,8978
CH <sub>3</sub> OH	147,9225	CH <sub>3</sub> OH	2918,0923
<b>Total</b>	<b>11833,1949</b>	<b>Total</b>	<b>11833,1949</b>

## 2. Kolom Distilasi 1 (D-120)

Fungsi : Untuk memisahkan dimetilformamida (C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>NO) dari campurannya



Neraca massa total :  $M_3 = M_1 + M_2$

Dimana :  $M_1$  = massa gas campuran masuk kolom distilasi

$M_2$  = massa larutan produk keluar pada bagian atas distilasi

$M_3$  = massa larutan produk keluar pada bagian bawah distilasi

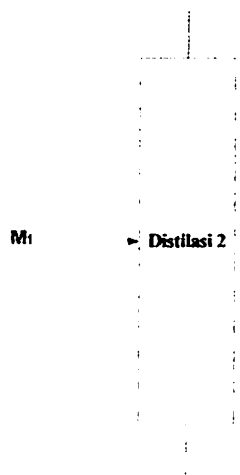
## Neraca Massa Distilasi 1

Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
Umpan ( $M_1$ )		Distilat ( $M_2$ )	
$C_3H_7NO$	6319,3418	$C_3H_7NO$	6,3193
$C_2H_7N$	1959,6941	$C_2H_7N$	1957,7344
$H_2O$	59,1690	$H_2O$	44,3768
$HCOOCH_3$	576,8978	$HCOOCH_3$	576,3209
$CH_3OH$	2918,0923	$CH_3OH$	2915,1742
		Bottom ( $M_3$ )	
		$C_3H_7NO$	6313,0225
		$C_2H_7N$	1,9597
		$H_2O$	14,7923
		$HCOOCH_3$	0,5769
		$CH_3OH$	2,9181
<b>Total</b>	<b>11833,1949</b>	<b>Total</b>	<b>11833,1949</b>

## 3. Kolom Distilasi 2 (D-130)

Fungsi : Untuk memurnikan dimetilformamida ( $C_3H_7NO$ ) dari campurannya

►  $M_2$



►  $M_b$

Persamaan Neraca Massa :

Neraca massa total :  $M_3 = M_1 + M_2$

Dimana :  $M_1$  = massa larutan campuran masuk kolom distilasi 2

$M_2$  = massa larutan produk keluar pada bagian atas distilasi

$M_3$  = massa larutan produk keluar pada bagian bawah distilasi

### Neraca Massa Distilasi 2

Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
Umpan ( $M_1$ )		Distilat ( $M_2$ )	
C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> NO	6313,0225	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> NO	0,6313
C <sub>2</sub> H <sub>7</sub> N	1,9597	C <sub>2</sub> H <sub>7</sub> N	1,9595
H <sub>2</sub> O	14,7923	H <sub>2</sub> O	14,0526
HCOOCH <sub>3</sub>	0,5769	HCOOCH <sub>3</sub>	0,5768
CH <sub>3</sub> OH	2,9181	CH <sub>3</sub> OH	2,9178
		<b>Jumlah</b>	<b>20,1381</b>
		<b>Bottom (<math>M_3</math>)</b>	
		C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> NO	6312,3912
		C <sub>2</sub> H <sub>7</sub> N	0,0002
		H <sub>2</sub> O	0,7396
		HCOOCH <sub>3</sub>	0,0001
		CH <sub>3</sub> OH	0,0003
		<b>Jumlah</b>	<b>6313,1313</b>
<b>Total</b>	<b>6333,2694</b>	<b>Total</b>	<b>6333,2694</b>

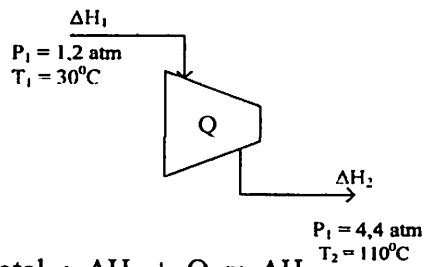
## BAB IV

### NERACA PANAS

Kapasitas Produksi = 50.000 ton/tahun  
                           = 6313,1313 kg/jam  
 Waktu Operasi      = 330 hari/tahun  
                           = 24 jam/hari  
 Suhu referensi      = 25 °C

#### 1. KOMPRESOR DIMETILAMINA (G-113)

Fungsi : Untuk menaikkan tekanan gas  $C_2H_7N$  dari 1,2 atm menjadi 4,4 atm.



Neraca panas total :  $\Delta H_1 + Q = \Delta H_2$

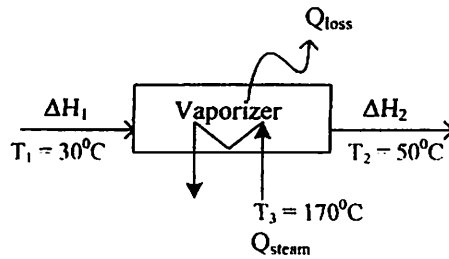
Dimana :  $\Delta H_1$  = panas yang terkandung dalam gas masuk kompresor  
 $\Delta H_2$  = panas yang terkandung dalam gas keluar kompresor  
 $Q$  = panas yang terjadi pada kompresor

#### NERACA PANAS KOMPRESOR $C_2H_7N$

Masuk (kkal/jam)		Keluar (kkal/jam)	
Panas $C_2H_7N$ masuk ( $\Delta H_1$ )	806,6781	Panas $C_2H_7N$ keluar ( $\Delta H_2$ )	41784,5658
Panas yang terjadi pada kompresor ( $Q$ )	40977,8877		
<b>Total</b>	<b>41784,5658</b>	<b>Total</b>	<b>41784,5658</b>

## 2. VAPORIZER METIL FORMAT (V-114)

Fungsi : Untuk mengubah fase metil format dari cair menjadi gas



$$\text{Neraca panas total : } \Delta H_1 + Q_{\text{steam}} = \Delta H_2 + Q_{\text{loss}}$$

Dimana :  $\Delta H_1$  = Panas yang terkandung dalam metil format masuk

$\Delta H_2$  = Panas yang terkandung dalam metil format keluar

$Q_{\text{steam}}$  = Panas yang terkandung dalam steam

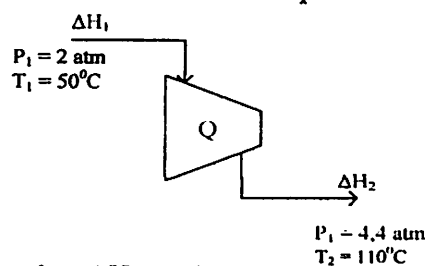
$Q_{\text{loss}}$  = Panas yang hilang

### NERACA PANAS VAPORIZER HCOOCH<sub>3</sub>

Masuk (kkal/jam)		Keluar (kkal/jam)	
$\Delta H_1$	14191,8072	$\Delta H_2$	83606,6665
$Q_{\text{steam}}$	71558,6201	$Q_{\text{loss}}$	2143,76068
<b>Total</b>	<b>85750,4272</b>	<b>Total</b>	<b>85750,4272</b>

## 3. KOMPRESOR METIL FORMAT (G-113)

Fungsi : Untuk menaikkan tekanan uap dari 2 atm menjadi 4,4 atm.



$$\text{Neraca panas total : } \Delta H_1 + Q = \Delta H_2$$

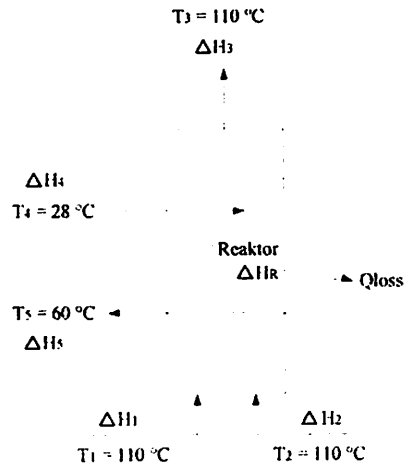
Dimana :  $\Delta H_1$  = panas yang terkandung dalam gas masuk kompresor

$\Delta H_2$  = panas yang terkandung dalam gas keluar kompresor

$Q$  = panas yang terjadi pada kompresor

#### 4. REAKTOR MULTI TUBE (R-110)

Fungsi : Untuk mereaksikan gas  $C_2H_7N$  dan gas  $HCOOCH_3$



$$\text{Neraca Panas Total : } \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_R + \Delta H_4 = \Delta H_3 + \Delta H_5 + Q_{\text{loss}}$$

Keterangan :

$\Delta H_1$  = Panas yang terkandung dalam dimetilamina masuk

$\Delta H_2$  = Panas yang terkandung dalam metil format masuk

$\Delta H_3$  = Panas yang terkandung dalam produk keluar

$\Delta H_4$  = Panas yang terkandung dalam air pendingin masuk

$\Delta H_5$  = Panas yang terkandung dalam air pendingin keluar

$\Delta H_R$  = Panas reaksi yang terjadi dalam reaktor

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

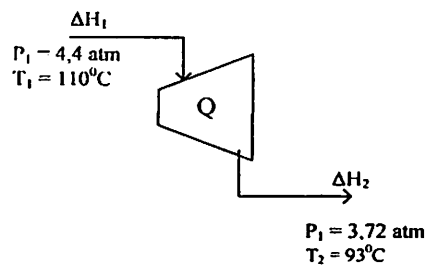
#### NERACA PANAS REAKTOR

Masuk (kkal/jam)		Keluar (kkal/jam)	
$\Delta H_1$	41784,5658	$\Delta H_1$	41784,5658
$\Delta H_2$	26563,6855	$\Delta H_2$	26563,6855
$\Delta H_R$	18966,0595	$\Delta H_R$	18966,0595
<b>Total</b>	<b>87314,3108</b>	<b>Total</b>	<b>87314,3108</b>



### 5. EKSPANDER (G-122)

Fungsi : Untuk menurunkan tekanan uap dari 4,4 atm menjadi 2 atm.



Neraca panas total :  $\Delta H_1 + Q = \Delta H_2$

Dimana :  $\Delta H_1$  = panas yang terkandung dalam gas masuk ekspander

$\Delta H_2$  = panas yang terkandung dalam gas keluar ekspander

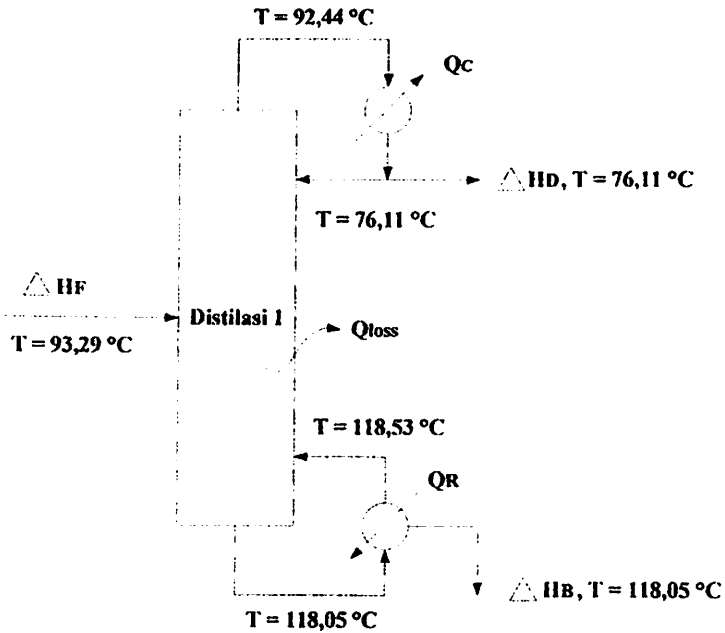
$Q$  = panas yang turun pada ekspander

#### NERACA PANAS EKSPANDER

Masuk (kkal/jam)		Keluar (kkal/jam)	
Panas C <sub>2</sub> H <sub>7</sub> N masuk (ΔH <sub>1</sub> )	81403,3816	Panas C <sub>2</sub> H <sub>7</sub> N keluar (ΔH <sub>2</sub> )	74393,0859
Panas yang turun pada ekspander (Q)	-7010,2956		
<b>Total</b>	<b>74393,0859</b>	<b>Total</b>	<b>74393,0859</b>

## 6. MENARA DISTILASI 1 (D-120)

Fungsi : Untuk memisahkan dimetilformamida ( $C_3H_7NO$ ) dari campurannya



$$\text{Neraca panas total : } \Delta H_F + Q_R = \Delta H_B + \Delta H_D + Q_C + Q_{\text{loss}}$$

Dimana :

$\Delta H_F$  = Panas yang terkandung dalam bahan masuk kolom distilasi

$\Delta H_D$  = Panas yang terbawa produk keluar kondensor

$\Delta H_B$  = Panas yang terbawa liquida keluar reboiler

$Q_C$  = Panas yang diserap oleh pendingin

$Q_R$  = Panas yang diberikan oleh steam

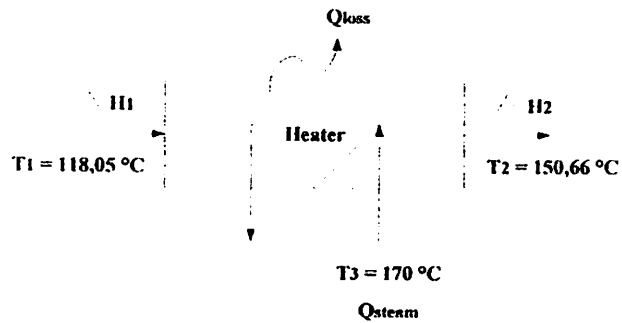
$Q_{\text{loss}}$  = Panas yang hilang

### NERACA PANAS DISTILASI 1 (D-120)

Masuk (kkal/jam)		Keluar (kkal/jam)	
$\Delta H_F$	74813,7272	$\Delta H_D$	33112,5958
$Q_R$	19680,0074	$\Delta H_B$	44450,9820
		$Q_C$	14625,4316
		$Q_{\text{loss}}$	2304,7252
<b>Total</b>	<b>94493,7346</b>	<b>Total</b>	<b>94493,7346</b>

## 7. HEATER (E-131)

Fungsi : Untuk menaikkan suhu produk bawah kolom distilasi 1 dari suhu 118,05 °C menjadi 150,66 °C



$$\text{Neraca panas total : } \Delta H_1 + Q_{\text{steam}} = \Delta H_2 + Q_{\text{loss}}$$

Dimana :  $\Delta H_1$  = Panas yang terkandung dalam bahan masuk heater

$\Delta H_2$  = Panas yang terkandung dalam bahan keluar heater

$Q_{\text{steam}}$  = Panas yang terkandung dalam steam

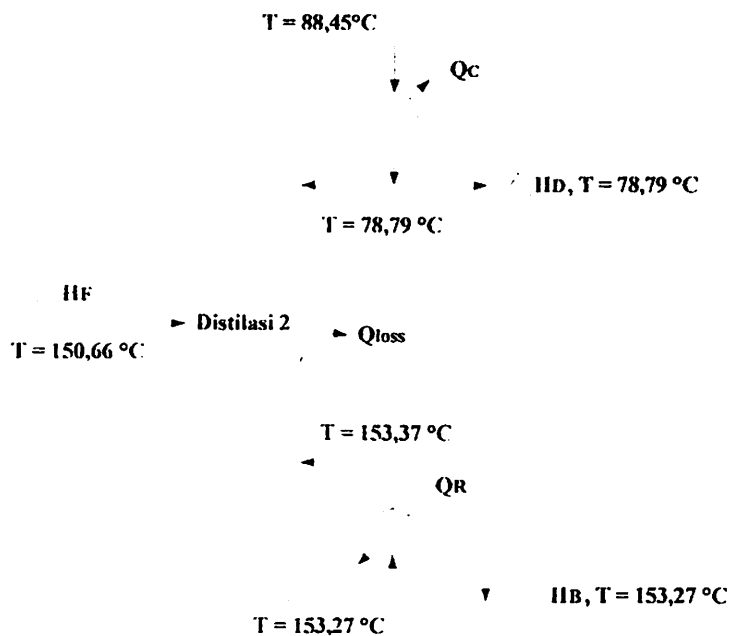
$Q_{\text{loss}}$  = Panas yang hilang

### NERACA PANAS HEATER

Masuk (kkal/jam)		Keluar (kkal/jam)	
$\Delta H_1$	44450,9820	$\Delta H_2$	71685,8427
$Q_{\text{steam}}$	29072,9592	$Q_{\text{loss}}$	1838,0985
<b>Total</b>	<b>73523,9412</b>	<b>Total</b>	<b>73523,9412</b>

### 8. MENARA DISTILASI 2 (D-130)

Fungsi : Untuk memurnikan dimetilformamida ( $C_3H_7NO$ ) dari campurannya



$$\text{Neraca panas total : } \Delta H_F + Q_R = \Delta H_B + \Delta H_D + Q_C + Q_{\text{loss}}$$

Dimana :

$\Delta H_F$  = Panas yang terkandung dalam bahan masuk kolom distilasi

$\Delta H_D$  = Panas yang terbawa produk keluar kondensor

$\Delta H_B$  = Panas yang terbawa liquida keluar reboiler

$Q_C$  = Panas yang diserap oleh pendingin

$Q_R$  = Panas yang diberikan oleh steam

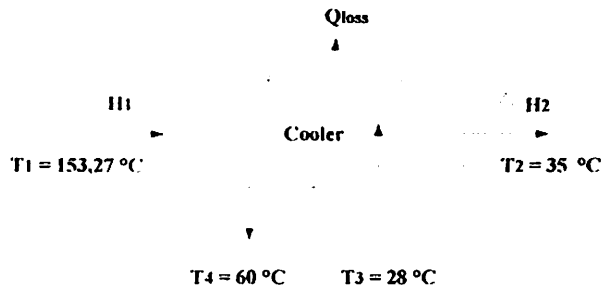
$Q_{\text{loss}}$  = Panas yang hilang

#### NERACA PANAS DISTILASI 2

Masuk (kkal/jam)		Keluar (kkal/jam)	
$\Delta H_F$	71685,8427	$\Delta H_D$	360,3624
$Q_R$	5129,3948	$\Delta H_B$	73227,4405
		$Q_C$	1353,8922
		$Q_{\text{loss}}$	1873,5424
<b>Total</b>	<b>76815,2375</b>	<b>Total</b>	<b>76815,2375</b>

### 9. COOLER (E-137)

Fungsi : Untuk menurunkan suhu produk bawah kolom distilasi 2 dari suhu 153,37 °C menjadi 28 °C



Neraca panas total :  $\Delta H_1 = \Delta H_2 + Q_{\text{water}} + Q_{\text{loss}}$

Dimana :  $\Delta H_1$  = Panas yang terkandung dalam bahan masuk cooler

$\Delta H_2$  = Panas yang terkandung dalam bahan keluar cooler

$Q_{\text{water}}$  = Panas yang terkandung dalam cooling water

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

#### NERACA PANAS COOLER (E-137)

Masuk (kkal/jam)		Keluar (kkal/jam)	
$\Delta H_1$	73227,4405	$\Delta H_2$	2234,4705
		$Q_{\text{loss}}$	1830,6860
		$Q_{\text{water}}$	69162,2840
<b>Total</b>	<b>73227,4405</b>	<b>Total</b>	<b>73227,4405</b>

## BAB V

### SPEKIFIKASI ALAT

#### 1. STORAGE DIMETIL AMINA (F-112)

Fungsi	: Menyimpan Dimetil Amina ( $C_2H_7N$ ) selama 30 hari
Tipe	: <i>spherical tank</i>
Bahan konstruksi	: Stainless Steel SA – 167 Grade 3 type 304
Bahan konstruksi	: Stainless Steel SA – 167 Grade 3 type 304
Ukuran	: di = 61,2428 ft
	Pi = 17,8207 psia
	ts = 1/16

#### 2. STORAGE METIL FORMAT (F-116)

Fungsi	: Menyimpan Metil Format ( $HCOOCH_3$ ) yang berasal dari supplier untuk persediaan produksi selama 30 hari.
Tipe	: Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk standartt dish dan tutup bawah berbentuk datar.
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA- 240 gradeM tipe 316</i>
Volume tangki ( $V_T$ )	: 43580,2140 ft <sup>3</sup>
Tebal tangki (ts)	: 5/16 in
Diameter dalam tangki (di)	: 331460,9846 in
Diameter luar tangki (do)	: 144 in
Tinggi silinder (ts)	: 2135,0625 in
Tebal tutup atas (tha)	: 3/16
Tinggi tutup atas (ha)	: 24,2938 in
Tinggi tangki	: 239,9188 in
Jumlah	: 1 buah

**3. KOMPRESOR (G – 111)**

Fungsi : Untuk menaikkan gas dari storage menuju reaktor  
 Type : Sentrifugal  
 Bahan Konstruksi : Carbon steel SA 240 Grade M type 316  
 Rate volumetrik : 0,2723 m<sup>3</sup>/detik  
 Power motor : 1 HP  
 Jumlah : 1 buah

**4. POMPA (L-115)**

Fungsi : Mengalirkan bahan baku metil format dari storage menuju vaporizer  
 Tipe : Pompa sentrifugal  
 Bahan konstruksi : *Commercial Steel*  
 Type : Sentrifugal  
 Bahan Konstruksi : Carbon steel SA 240 Grade M type 316  
 Rate volumetrik : 0,2723 m<sup>3</sup>/detik  
 Power motor : 1 HP  
 Jumlah : 1 buah

**5. VAPORIZER (V – 114)**

Fungsi : Menguapkan cairan Metil Format dari suhu 30°C sampai menjadi uap jenuh pada suhu 110°C  
 Type : Shell and tube  
 Bahan : High alloy steel SA – 240 grade M tipe 316  
 Kapasitas : 5795,1079 kg/jam

**6. KOMPRESSOR (G-113)**

Fungsi : Untuk menaikkan gas dari storage menuju reaktor  
 Type : Sentrifugal  
 Bahan Konstruksi : Carbon steel SA 240 Grade M type 316  
 Rate volumetrik : 0,2056 m<sup>3</sup>/detik  
 Power motor : 1 HP  
 Jumlah : 1 buah

**7. REAKTOR MULTI TUBE (R-110)****(Alat Utama oleh Ida Fitrotun Nurma)****8. EKSPANDER (G-122)**

Type	: Multi stage reciprocating expander
Fungsi	: Untuk mengalirkan uap feed ke kondensor
Bahan	: Carbon steel
Kapasitas	: 26205,8923 lb/jam
Jumlah	: 1 buah

**9. KONDENSOR (E-121)**

Fungsi : Mengubah fase gas dari reaktor menjadi fase cair menuju kolom distilasi

Tipe : DPHE

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-240 grade M type 316*

Bagian anulus : -  $a_{an} = 1,19 \text{ in}^2$

-  $d_e = 0,915 \text{ in}$

-  $d_e' = 0,40 \text{ in}$

Bagian pipa : -  $d_o = 1,66 \text{ in}$

-  $d_i = 1.380 \text{ in}$

-  $a'' = 0,435 \text{ ft}^2/\text{ft}$

-  $a_p = 1,50 \text{ in}^2$

Jumlah : 1 buah

**10. KOLOM DISTILASI (D-120)****1. Silinder**

- Diameter dalam = 35,6250 in

- Diameter luar = 36 in

- Tinggi = 696 in

- Tebal = 3/16 in

- Bahan konstruksi = *Carbon Steel SA 240 Grade M type 316*

**2. Tutup Atas dan Tutup Bawah**

- Crown radius = 36 in

- Tinggi = 5,9549 in



- Tebal = 4/16 in
- Bahan konstruksi = *Carbon Steel SA 240 Grade M type 316*

### 3. Tray

- Jumlah tray = 32 tray
- Tray spacing = 18 in
- Susunan pitch = Segitiga
- Bahan konstruksi = *Carbon Steel SA 240 Grade M type 316*

### 4. Downcomer

- Lebar (Wd) = 2,9951 in
- Luas = 6,4975 ft<sup>2</sup> = 935,64 in<sup>2</sup>
- Bahan konstruksi = *Carbon Steel SA 240 Grade M type 316*

### 5. Nozzle

- Diameter Nozzle feed masuk = ¼ in
- Diameter Top Kolom = 2 in
- Diameter Refluks Kondensor = 1 ¼ in
- Diameter Uap Reboiler = 2 in
- Diameter Bottom Kolom = 1 ¼ in

### 6. Flange dan Gasket

- Diameter Flange = 39,0310 in
- Tebal Flange = 1,75 in
- Bahan Konstruksi = *High Alloy Steel SA 336 Grade F8 type 304*
- Lebar Gasket = 1/16 in
- Diameter Gasket = 36,0625 in
- Bahan konstruksi = *Solid Flat Metal Iron*

### 7. Baut

- Ukuran Baut = ½ in
- Bolting minimal = 34 buah
- Diameter Bolt Circle = 37,7810 in
- Bahan kontruksi = *High Alloy Steel SA-193 Grade B8 type 304*

### 8. Skirt Support

- Tinggi = 180 in

- Tebal = 7,0821 in
- Bahan konstruksi = *High Alloy Steel SA 240 grade M type 316*

### 9. Bearing Plate

- Type = *Single Ring Bearing plate with Gussets*
- Diameter dalam = 36 in
- Tebal bearing plate =  $\frac{3}{4}$  in
- Jumlah gusset = 24 buah
- Tebal gusset =  $\frac{5}{16}$  in
- Bahan konstruksi = *High Alloy Steel SA-193 Grade B8 type 304*

### 10. Anchor Bolt

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

### 11. Pondasi

- Luas pondasi atas =  $40 \times 40 = 1600$  in<sup>2</sup>
- Luas pondasi bawah =  $60 \times 60 = 3600$  in<sup>2</sup>
- Tinggi Pondasi = 24 in
- Bahan konstruksi = *Cement, Sand dan Gravel*

### 11. KONDENSOR DISTILASI 01 (E-123)

Fungsi : Mengubah fase uap dari top distilasi menjadi fase cair sebagai umpan refluks dan distilat

Tipe : DPHE

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-240 grade M type 316*

Bagian anulus : -  $a_{an} = 1,19$  in<sup>2</sup>  
 -  $d_e = 0,915$  in  
 -  $d_e^2 = 0,40$  in

Bagian pipa : -  $d_o = 1,66$  in  
 -  $d_i = 1,380$  in  
 -  $a'' = 0,435$  ft<sup>2</sup>/ft  
 -  $a_p = 1,50$  in<sup>2</sup>

Jumlah : 1 buah

**12. AKUMULATOR (F-124)**

- Fungsi : Menampung destilat yang keluar dari kondensor
- Tipe : Horizontal tank (bejana panjang) dengan tutup kanan dan kiri berbentuk standard dishead
- Bahan : Carbon steel SA – 167 Grade 3 tipe 304
- Kapasitas : 3694,9345 ft<sup>3</sup>
- Dimensi vessel : - di = 13,6250 in  
 - do = 14 in  
 - tha = 3/16 in  
 - thb = 3/16 in  
 - ha = 2,3026 in  
 - H = 29,0427 in

**13. REBOILER DISTILASI 01 (E-125)**

- Fungsi : Menguapkan kembali hasil bawah destilasi 01 untuk masuk kembali ke dalam kolom destilasi (D-120)
- Tipe : DPHE
- Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-240 grade M type 316*
- Bagian anulus : - a<sub>an</sub> = 2,98 in<sup>2</sup>  
 - de = 4,57 in  
 - de' = 0,69 in
- Bagian pipa : - do = 2,38 in  
 - di = 2,067 in  
 - a<sup>''</sup> = 0,622 ft<sup>2</sup>/ft  
 - a<sub>p</sub> = 3,35 in<sup>2</sup>
- Jumlah : 1 buah

**14. POMPA (L-132)**

- Fungsi : Mengalirkan bahan menuju kolom distilasi 02
- Tipe : Pompa sentrifugal
- Bahan konstruksi : *Commercial Steel*
- Ukuran pipa : 1 1/2 in Sch 40
- ID : 1,622 in

OD	: 1,900 in
A	: 0,01414 ft <sup>2</sup>
Kecepatan aliran (V)	: 2,9945 ft/det
Panjang ekivalen (Le)	: 154,4552 ft
Daya motor	: 1, Hp
Jumlah	: 1 buah

### 15. HEATER (E-131)

Fungsi	: Memanaskan suhu produk bawah kolom distilasi 01
Tipe	: DPHE
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-240 grade M type 316</i>
Bagian anulus	: - $a_{an} = 3,140 \text{ in}^2$ - $d_e = 1,140 \text{ in}$ - $d_e' = 0,530 \text{ in}$
Bagian pipa	: - $d_o = 3,500 \text{ in}$ - $d_i = 3,068 \text{ in}$ - $a'' = 0,917 \text{ ft}^2/\text{ft}$ - $a_p = 7,380 \text{ in}^2$
Jumlah	: 1 buah

### 16. KOLOM DISTILASI (D-130)

(Alat Utama oleh Agus Salim Farhan)

### 17. KONDENSOR (E-133)

Fungsi	: Mengubah fase gas dari reaktor menjadi fase cair menuju kolom distilasi
Tipe	: DPHE
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-240 grade M type 316</i>
Bagian anulus	: - $a_{an} = 1,19 \text{ in}^2$ - $d_e = 0,915 \text{ in}$ - $d_e' = 0,40 \text{ in}$
Bagian pipa	: - $d_o = 1,66 \text{ in}$ - $d_i = 1,380 \text{ in}$ - $a'' = 0,435 \text{ ft}^2/\text{ft}$

$$- a_p = 1,50 \text{ in}^2$$

Jumlah : 1 buah

### 18. AKUMULATOR (F-134)

Fungsi : Menampung destilat yang keluar dari kondensor

Tipe : Horizontal tank (bejana panjang) dengan tutup kanan dan kiri berbentuk standard dishead

Bahan : Carbon steel SA – 167 Grade 3 tipe 304

Kapasitas : 45,2390 ft<sup>3</sup>

Dimensi vessel :

- di = 39,6250 in
- do = 40 in
- tha = 2/16 in
- thb = 2/16 in
- ha = 6.6966 in
- H = 6,5693 in

### 19. REBOILER DISTILASI 02 (E-135)

Fungsi : Menguapkan kembali hasil bawah destilasi 01 untuk masuk kembali ke dalam kolom destilasi (D-130)

Tipe : DPHE

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-240 grade M type 316*

Bagian anulus :

- a<sub>an</sub> = 2,98 in<sup>2</sup>
- de = 4,57 in
- de' = 0,69 in

Bagian pipa :

- do = 2,38 in
- di = 2,067 in
- a'' = 0,622 ft<sup>2</sup>/ft
- a<sub>p</sub> = 3,35 in<sup>2</sup>

Jumlah : 1 buah

### 20. POMPA (L-136)

Fungsi : Mengalirkan bahan menuju kolom distilasi 02

Tipe : Pompa sentrifugal

Bahan konstruksi : *Commercial Steel*

Ukuran pipa	: 1 in Sch 40
ID	: 1,610 in
OD	: 1,900 in
A	: 0,01414 ft <sup>2</sup>
Kecepatan aliran (V)	: 2,9628 ft/det
Panjang ekivalen (Le)	: 154,4225 ft
Daya motor	: 1 Hp
Jumlah	: 1 buah

### 21. COOLER (E-137)

Fungsi	: Menurunkan suhu produk bawah kolom distilasi 02
Tipe	: DPHE
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-240 grade M type 316</i>
Bagian anulus	: - $a_{an} = 3,140 \text{ in}^2$ - $de = 1,140 \text{ in}$ - $de' = 0,530 \text{ in}$
Bagian pipa	: - $do = 3,500 \text{ in}$ - $di = 3,068 \text{ in}$ - $a'' = 0,917 \text{ ft}^2/\text{ft}$ - $a_p = 7,380 \text{ in}^2$
Jumlah	: 1 buah

### 22. STORAGE PRODUK DIMETILFORMAMIDA (F-138)

Fungsi	: Menyimpan produk Dimetilformamida selama 7 hari
Tipe	: Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk standartt dished dan tutup bawah berbentuk datar.
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA- 240 gradeM tipe 316</i>
Volume tangki ( $V_T$ )	: 58157,9595 ft <sup>3</sup>
Tebal tangki ( $t_s$ )	: 1/16 in
Diameter dalam tangki ( $d_i$ )	: 230383,2970 in
Diameter luar tangki ( $d_o$ )	: 144 in
Tinggi silinder ( $L_s$ )	: 215,8125 in
Tebal tutup atas ( $t_{ha}$ )	: 1/16

Tinggi tutup atas (ha)	: 24,3149 in
Tinggi tangki	: 240,1274 in
Jumlah	: 1 buah

## BAB VI

### PERANCANGAN ALAT UTAMA

- Nama alat** : Reaktor  
**Kode alat** : R – 110  
**Type** : *Fixed Bed Multitubular Reaktor*  
**Fungsi** : Sebagai tempat berlangsungnya reaksi antara Metil Format (HCOOCH<sub>3</sub>) dengan Dimetil Amina (C<sub>2</sub>H<sub>7</sub>N)  
Reaksi sebagai berikut :  
$$(CH_3)_2NH + HCOOCH_3 \rightarrow HCON(CH_3)_2 + CH_3OH$$
  
**Bentuk** : Silinder tegak dengan tutup atas dan tutup bawah *standard dished* dilengkapi dengan *tube*.

#### Dasar perancangan

Pada reaktor ini, Metil Format yang masuk ke dalam reaktor dengan konsentrasi 97,2% merupakan fase gas dan Dimetil Amina (C<sub>2</sub>H<sub>7</sub>N) dengan konsentrasi 99,2 % fase gas, maka dapat dipilih jenis reaktor pipa alir (*Plug Flow*) untuk memudahkan dan mempercepat kontak reaksi. Disamping efisiensi kontak, ditinjau dari aliran fluida yang masuk reaktor tidak mengalami pencampuran, akan tetapi langsung bereaksi, tanpa ada kesempatan untuk terkontaminasi dengan bahan-bahan yang lain.

Reaktor pipa alir (*Plug Flow*) ini berupa silinder tegak dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk *standard dished head* yang dilengkapi dengan *tube*. Umpan masuk dari tutup atas reaktor, sedangkan media pendingin berupa air pendingin dialirkan melalui shell untuk menjaga suhu dalam reaktor agar tetap konstan.

Produk dikeluarkan setelah mencapai waktu reaksi yang ditentukan. Untuk mengontrol kondisi operasi, maka perlu dipasang alat – alat instrumentasi yang meliputi *temperature control*.

Kondisi operasi : - Temperatur : 110 °C = 230 °F = 649,67 °R



- Tekanan : 4,4 atm = 64,7 psia
- Fase : Gas
- Waktu tinggal : 1 jam = 3600 detik
- Bahan konstruksi : *High Alloy Steel SA 240 Grade M type 316*
- Allowable stress* (f) : 18750 (Brownell & Young, App. D hal 342)
- Jenis pengelasan : *Double Welded Butt Joint*
- E : 0,8 (Brownell & Young, tabel 13.2, hal 254)
- Faktor korosi (C) : 1/16 in

### **Tahapan perancangan reaktor**

#### 6.1. Perancangan dimensi reaktor

##### A. Menentukan Volume Reaktor

##### B. Menentukan Dimensi Reaktor

- Menentukan volume total gas
- Menentukan dimensi tangki
- Menentukan tekanan design
- Menentukan tebal reaktor
- Menentukan tebal tutup atas (tha) dan tebal tutup bawah (thb)
- Menentukan tinggi tutup atas (tha) dan tinggi tutup bawah (thb)
- Menentukan tinggi reaktor total

##### C. Menentukan Perhitungan Tube

- Menentukan panjang tube yang terisi bahan
- Menentukan volume tube
- Menentukan jumlah tube
- Menentukan luas tube

#### 6.2. Perancangan *Nozzle*

- a. *Nozzle* pada tutup atas
  - *Nozzle* untuk pemasukan bahan baku
- b. *Nozzle* pada silinder
  - *Nozzle* untuk *man hole*
- c. *Nozzle* pada tutup bawah
  - *Nozzle* untuk pengeluaran bahan baku

6.3. Perancangan Penguat (*Reinforcement*)6.4. Perancangan dimensi *Gasket*, *Bolting* dan *Flange* tangki reaktorA. Perancangan *Gasket*B. Perancangan *Bolting*C. Perancangan *Flange*

## 6.5. Perancangan sistem penyangga reaktor

A. Menentukan berat bejana total

B. Menentukan kolom penyangga

## 6.6. Perancangan Base Plate

A. Menentukan luas base plate

B. Menentukan panjang dan lebar base plate

C. Peninjauan terhadap bearing capacity

D. Peninjauan terhadap m dan n

E. Menentukan tebal base plate

F. Menentukan ukuran baut

## 6.7. Perancangan Lug dan Gusset

## 6.8. Perancangan Pondasi

**Perhitungan Perancangan Reaktor****6.1. Perancangan Dimensi Raktor****A. Menentukan Volume Reaktor****Komposisi bahan masuk Reaktor :**

Bahan	Kg/jam	Kmol/jam	lb/jam
C <sub>2</sub> H <sub>7</sub> N	5884,2634	130,5149	12972,58
H <sub>2</sub> O	59,4370	3,3021	131,04
HCOOCH <sub>3</sub>	5795,1079	96,5015	12776,03
CH <sub>3</sub> OH	148,5925	4,6377	327,59
<b>TOTAL</b>	<b>11887,4008</b>	<b>234,9562</b>	<b>26207,23</b>

Dengan rumus :

$$V_{\text{gas}} = \frac{n \cdot R \cdot T}{P}$$

Dimana :  $R = 10,731 \text{ ft}^3 \cdot \text{lb}_f/\text{in}^2 \cdot \text{lb.mol.}^\circ\text{R}$

$$n = 234.9562 \text{ Kgmol/jam} = 26207,23 \text{ lbmol/jam}$$

maka :

$$\begin{aligned} V_{\text{gas}} &= \frac{26207,23 \text{ lbmol/jam} \times 10,731 \text{ ft}^3 \cdot \text{lb}_f/\text{in}^2 \cdot \text{lbmol.}^\circ\text{R} \times 1662^\circ\text{R}}{14,692 \text{ lb}_f/\text{in}^2} \\ &= 31804841,5469 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 8834,6782 \text{ ft}^3/\text{detik} \times 0,5 \text{ jam} \\ &= 4417,3391 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Direncanakan reaktor sebanyak 1 buah sehingga:

$$V_{\text{gas}} = 4417,3391 \text{ ft}^3$$

$V_{\text{gas}} = 80\%$  Volume tangki, sehingga :

$$\begin{aligned} V_{\text{total}} &= V_{\text{gas}} + V_{\text{ruang kosong}} \\ &= 4417,3391 \text{ ft}^3 + 20\% V_{\text{total}} \end{aligned}$$

$$0,8 V_{\text{total}} = 4417,3391 \text{ ft}^3$$

$$V_{\text{total}} = \frac{4417,3391}{0,8} = 5521,6739 \text{ ft}^3$$

## B. Menentukan Dimensi Reaktor

### 1. Menentukan dimensi tangki

Ditetapkan  $L_s = 1,5 \text{ di}$

$$V_{\text{total}} = V_{\text{silinder}} + V_{\text{tutup atas}} + V_{\text{tutup bawah}}$$

$$5521,6739 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} \cdot \text{di}^2 \cdot L_s + 0,0847 \text{ di}^3 + 0,0847 \text{ di}^3$$

$$5521,6739 \text{ ft}^3 = \frac{3,14}{4} \cdot \text{di}^2 \cdot 1,5 \text{ di} + 0,0847 \text{ di}^3 + 0,0847 \text{ di}^3$$

$$5521,6739 \text{ ft}^3 = 1,1775 \text{ di}^3 + 0,0847 \text{ di}^3 + 0,0847 \text{ di}^3$$

$$5521,6739 \text{ ft}^3 = 1,3469 \text{ di}^3$$

$$\text{di}^3 = 4099,5426 \text{ ft}^3$$

$$\text{di} = 16,0046 \text{ ft} = 192,0553 \text{ in}$$

$$L_s = 1,5 \text{ di} = 1,5 \times 16,0046 = 24,0069 \text{ ft}$$

$$h_g = L_s = 24,0069 \text{ ft}$$

## 2. Menentukan tekanan design

$$\rho_{\text{campuran}} = 92,2822 \text{ lb/ft}^3$$

$$P_d = P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}}$$

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

$$= \frac{92,2822 \text{ lb/ft}^3 \times (24,0069 - 1) \text{ ft}}{144 \text{ in}^2/\text{ft}^2} = 14,7439 \text{ psia}$$

$$P_d = (64.662 + 14.7439)$$

$$= 79.4059 \text{ psia} = 64,7059 \text{ psig}$$

## 3. Menentukan tebal tangki

$$t_s = \frac{P_i \times d_i}{2(f \times E - 0.6 \times P_i)} + C$$

$$= \frac{14,7439 \text{ psi} \times 192.0053 \text{ in}}{2(18750 \times 0.8 - 0.6 \times 14,7439)} + \frac{1}{16}$$

$$= \frac{0.7261}{16} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

Standarisasi di :

$$d_o = d_i + 2 \cdot t_s$$

$$= 192.0553 \text{ in} + 2 \cdot \frac{3}{16}$$

$$= 192.4303 \text{ in}$$

$$= 16,0359 \text{ ft}$$

Dari tabel 5.7 *Brownell & Young* hal.91 didapat :  $d_o$  standart = 192 in = 16 ft

$$d_i_{\text{baru}} = d_o - 2 \cdot t_s$$

$$= 192 \text{ in} - 2 \cdot \frac{3}{16}$$

$$= 191,625 \text{ in}$$

$$= 15,9687 \text{ ft}$$

$$L.S_{\text{standard}} = 1,5 d_i_{\text{baru}}$$

$$= 1,5 \times 191,625 \text{ in}$$

$$= 287,437 \text{ in} = 23,9531 \text{ ft}$$

**Cek hubungan Ls dengan di :**

$$V_{\text{total}} = V_{\text{silinder}} + V_{\text{tutup atas}} + V_{\text{tutup bawah}}$$

$$5521,6739 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} \cdot di^2 \cdot Ls + 0,0847 di^3 + 0,0847 di^3$$

$$5521,6739 = \frac{3,14}{4} \cdot (15,9678)^2 \cdot Ls + 0,0847 \cdot (15,9678)^3 + 0,0847 \cdot (15,9678)^3$$

$$5521,6739 \text{ ft}^3 = 200,1745 \cdot Ls + 344,8991 + 344,8991$$

$$5521,6739 \text{ ft}^3 = 200,1745 \cdot Ls + 345,0231$$

$$200,1745 Ls = 5176,6508$$

$$Ls = 25,8607 \text{ ft}$$

$$\frac{Ls}{di} = \frac{25,8607}{15,9687} = 1,4195 < 1,5 \text{ (memenuhi)}$$

**C. Menentukan dimensi tutup****1. Menentukan tebal tutup atas (tha) dan tebal tutup bawah (thb)**

Direncanakan tutup atas dan tutup bawah berbentuk standart dishead

$$r = di = 191,625 \text{ in} = 16,3021 \text{ ft}$$

$$t_{ha} = t_{hb} = \frac{0,885 \times \text{Pi} \times r}{(f \times E - 0,1 \times \text{Pi})} + C \quad (\text{pers. 13-12 hal. 258 Brownell \& Young})$$

$$= \frac{0,885 \times 14,7439 \times 192,625}{(18750 \times 0,8) - (0,1 \times 14,7439)} + \frac{1}{16}$$

$$= 0,1676 \text{ in} \times \frac{16}{16}$$

$$= \frac{2,6813}{16} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

**2. Menentukan tinggi tutup atas (ha) dan tinggi tutup bawah (hb)**

$$di = r = 191,625 \text{ in} = 5,5 \text{ in}$$

Dari tabel 5.6 *Brownell & Young* hal.88 untuk  $t_s = \frac{3}{16}$  in diperoleh :

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

Dari tabel 5.7 *Brownell & Young* hal.90 didapat :

$$r = 84 \text{ in}$$

Dari *Brownell and Young*, fig 5-8, hal 87, diperoleh :

$$a = \frac{di}{2}$$

$$b = r - \sqrt{(BC^2 - AB^2)}$$

$$AB = \frac{di}{2} - icr$$

$$BC = r - icr$$

$$AC = \sqrt{(BC^2 - AB^2)}$$

$$ha = t_h + b + sf$$

Dimana :

$$di = \text{diameter dalam} = 192,625 \text{ in}$$

$$t_s = \text{tebal silinder} = \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$t_h = \text{tebal tutup} = \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$r = di = 191,625 \text{ in}$$

$$icr = \text{knuckle radius} = 5,5 \text{ in}$$

sehingga :

$$a = \frac{1}{2} di = \frac{1}{2} (191,625 \text{ in}) = 96,3125 \text{ in}$$

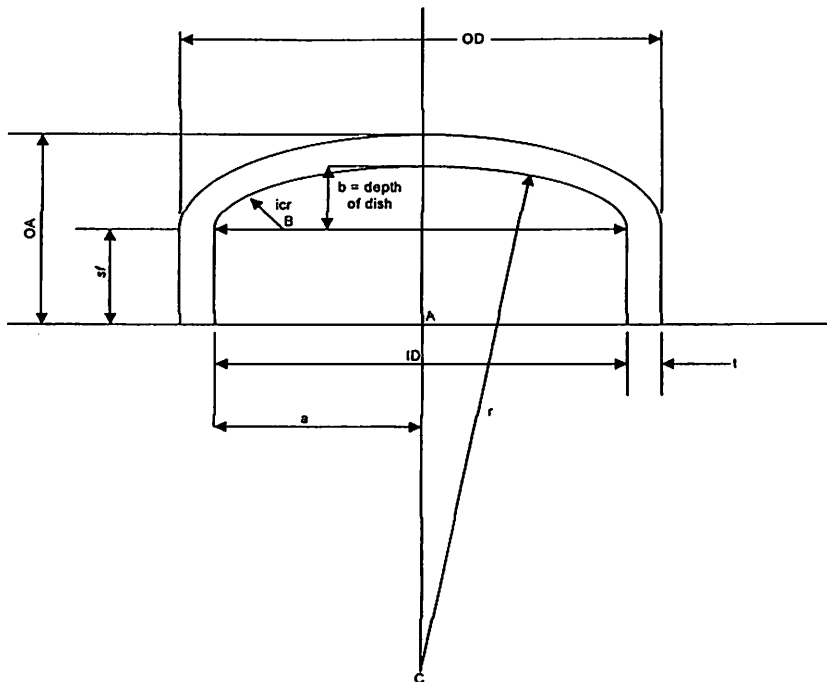
$$AB = a - icr = 96,3125 - 5,5 = 90,8125 \text{ in}$$

$$BC = r - icr = 191,625 - 5,5 = 187,125 \text{ in}$$

$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2} = \sqrt{(187,125)^2 - (90,8125)^2} = 163,6119 \text{ in}$$

$$b = r - AC = 191,625 - 163,6119 = 29,0131 \text{ in}$$

$$ha = hb = t_h + b + sf = \frac{2}{16} + 29,0131 + 2 = 31,1381 \text{ in} = 2,5949 \text{ ft}$$



Gambar 6.1

Penampang tutup atas Reaktor

### 3. Menentukan Tinggi Reaktor Total

Tinggi reaktor = Tinggi tutup atas + Tinggi silinder + Tinggi tutup bawah

$$\begin{aligned}
 &= h_a + L_s + h_b \\
 &= 31,1381 + 287,437 + 31,1381 \\
 &= 349,7135 \text{ in} = 29,1428 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas maka diperoleh dimensi reaktor :

$$D_i = 191,625 \text{ in} \quad t_{ha} = \frac{2}{16} \text{ in}$$

$$D_o = 192 \text{ in} \quad t_{hb} = \frac{2}{16} \text{ in}$$

$$L_s = 287,437 \text{ in} \quad t_s = \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$H = 158,3842 \text{ in}$$

## D. Menentukan Perhitungan Tube

### 1. Menentukan panjang tube yang bahan

Katalis yang digunakan adalah katalis copper (Cu).

Dari table 4-22 *Ulrich* hal.217 ditetapkan porosity ( $\epsilon$ )

Porosity ( $\epsilon$ ) = 0,60 diambil  $\epsilon = 0,60$

$$\begin{aligned} V_{\text{bahan}} &= 0,60 \times V_{\text{gas}} \\ &= 0,60 \times 4417,3391 \text{ ft}^3 = 2650,4035 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{bahan}} = 328,0572 \text{ lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned} M_{\text{bahan}} &= \rho_{\text{bahan}} \times V_{\text{bahan}} \\ &= 328,0572 \text{ lb/ft}^3 \times 2650,4035 \text{ ft}^3 = 7067,7426 \text{ lb} \end{aligned}$$

### 2. Menentukan volume tube

$$\begin{aligned} V_{\text{tube}} &= V_{\text{bahan}} + V_{\text{gas}} \\ &= 2650,4035 \text{ ft}^3 + 4417,3391 \text{ ft}^3 = 7067,7426 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$V_{\text{tube}} = \frac{\pi}{4} \times d_i^2 \times L$$

$$L = \frac{V_{\text{tube}}}{\frac{\pi}{4} \times d_i^2} = \frac{V_{\text{tube}}}{\text{flow area}}$$

Direncanakan :

Pipa yang dipakai 3 in, OD Sch 40, 16 BWG, L = 20 ft

Dari data table 11 *Kern*, hal.844 diperoleh :  $a' = 7,38 \text{ in}^2 = 0,0513 \text{ ft}^2$

$$L = \frac{7067,7426 \text{ ft}^3}{0,0513 \text{ ft}^2} = 13772,7602 \text{ ft}$$

### 3. Menentukan jumlah tube

$$\begin{aligned} N_t &= \frac{L}{\text{panjang tube standart}} \\ &= \frac{13772,7602 \text{ ft}}{20 \text{ ft}} = 688,6380 \approx \text{buah} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Kec. gas} &= \frac{V_{\text{act}}}{\text{waktu reaksi}} = \frac{4417,3391}{3600} \\ &= 1,2270 \text{ ft}^3/\text{detik} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Rate tiap 1 pipa} &= \frac{\text{kecepatan gas}}{N_t} \\ &= \frac{1,2270 \text{ ft}^3/\text{detik}}{688} = 0,00178 \text{ ft}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Volume tiap panjang tube yang terisi bahan (ft) =  $a' \times L \times \varepsilon$

Dimana :  $a'$  = flow area (ft<sup>2</sup>)

$L$  = panjang tube yan berisi bahan (ft)

$\varepsilon$  = porositas

Sehingga :

$$V = 0,0513 \text{ ft}^2 \times 20 \text{ ft} \times 0,6 = 0.6156 \text{ ft}^3$$

#### 4. Menentukan luas tube

Direncanakan susunan pipa berbentuk segitiga (triangular pitch) dengan sudut 60°. Dari *tabel 9, Kern*, hal 842 diperoleh :

$$OD = \frac{3}{4} \text{ in} \quad ; \quad P_T = 1 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas 1 pipa : } t &= P_T \times \sin 60^\circ \\ &= \frac{3}{4} \text{ in} \times \sin 60^\circ = 0,866 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas triangular pitch} &= 0,5 \times P_T \times t \\ &= 0,5 \times 1 \times 0,866 \\ &= 1,433 \text{ in}^2 = 0,003 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Dengan  $N_t = 388$  buah, maka :

$$\begin{aligned} \text{Luas pipa} &= N_t \times \text{luas segitiga} \\ &= 688 \times 0,003 = 2,064 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Asumsi : Luas pipa = 90 % × luas total

$$\begin{aligned} \text{Luas total} &= \frac{\text{Luas pipa}}{0,9} \\ &= \frac{2,064 \text{ ft}^2}{0,9} = 2,2933 \text{ ft}^2 = 330,2352 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

#### Kesimpulan perancangan tube :

$$d_o = 192 \text{ in} \quad d_i = 191,625 \text{ in} \quad N_t = 688 \text{ buah}$$

$$t_s = 3/16 \text{ in} \quad t_h = 3/16 \text{ in} \quad L = 20 \text{ ft}$$

$$H_{\text{reaktor}} = 330,2352 \text{ in}$$

Pipa 3 in, OD Sch 40, 16 BWG

## 6.2. Menentukan ukuran nozzle

Pada reaktor terdapat beberapa nozzle yang terbagi dalam 3 tempat, yaitu :

- a. Nozzle pada tutup bawah
  - Nozzle untuk memasukkan bahan baku
- b. Nozzle pada slinder
  - Nozzle hand hole
- c. Nozzle pada tutup atas
  - Nozzle untuk pengeluaran bahan baku

### a. Nozzle pada tutup bawah

- Nozzle untuk pemasukan bahan baku Dimetil Amina

$$\text{Rate bahan masuk} = 5943,7004 \text{ kg/jam} = 13103,62 \text{ lb/jam}$$

$$\rho \text{ campuran} = 66,1237 \text{ lb/ft}^3$$

Komponen	Kg/jam	BM	Kmol/jam	Fraksi mol	Viskositas
C <sub>2</sub> H <sub>7</sub> N	5884,2634	45	130,7614	0,9754	0,008
H <sub>2</sub> O	59,4370	18	3,3021	0,0246	0,97
<b>TOTAL</b>	<b>5943,7004</b>	<b>63</b>	<b>134,0635</b>	<b>1</b>	<b>0,978</b>

Maka didapatkan viskositas campuran = 0,978 cp

$$= 0,01838 \text{ lb/ft.jam}$$

$$= 0,0000051 \text{ lb/ft.detik}$$

$$\text{Rate volumetrik (} Q_f) = \frac{m}{\rho} = \frac{13103,62 \text{ lb/jam}}{66,1237 \text{ lb/ft}^3} = 198,1683 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,0550 \text{ ft}^3/\text{detik}$$

Pemilihan diameter nozzle berdasarkan diameter pipa :

$$\text{ID optimal} = 3,9 (Q_f)^{0,45} \cdot (\rho)^{0,13} \quad (\text{Peter hal. 496})$$

$$= 3,9 \cdot (0,0550)^{0,45} \cdot (66,1237)^{0,13}$$

$$= 1,8241 \text{ in} \approx 2 \text{ in (standarisasi)}$$

Dipilih pipa standard (*App. A.5 Geankoplis*) diperoleh :

$$D_{\text{nominal}} = 2 \text{ in sch 40}$$

$$\text{OD} = 2,375 \text{ in}$$

$$ID = 2,067 \text{ in} = 0,1723 \text{ ft}$$

Asumsi aliran turbulen

Checking asumsi

$$N_{Re} = \frac{ID \times v \times \rho}{\mu}$$

$$\text{Dimana laju alir (v)} = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\lambda/4(ID)^2}$$

$$V = \frac{0,0550}{3,14/4(0,1723)} = 2,3621 \text{ ft/detik}$$

$$N_{Re} = \frac{0,1723 \times 2,3621 \times 66,1237}{0,000616}$$

$$= 5276714,03 > 2100 \text{ (memenuhi)}$$

- Nozzle untuk pemasukan bahan baku Metil Format

$$\text{Rate bahan masuk} = 5943,7004 \text{ kg/jam} = 13103,62 \text{ lb/jam}$$

$$\rho \text{ campuran} = 26,1010 \text{ lb/ft}^3$$

Komponen	Kg/jam	BM	Kmol/jam	Fraksi mol	Viskositas
HCOOCH <sub>3</sub>	5795,1079	60	96,5015	0,9541	0,327
CH <sub>3</sub> OH	148,5925	32	4,6377	0,0459	0,59
<b>TOTAL</b>	<b>5943,7004</b>	<b>92</b>	<b>101,1392</b>	<b>1</b>	<b>0,917</b>

Maka didapatkan viskositas campuran = 0,917cp

$$= 2,2183 \text{ lb/ft.jam}$$

$$= 0,000616 \text{ lb/ft.detik}$$

$$\text{Rate volumetrik (Q}_f) = \frac{m}{\rho} = \frac{13103,62 \text{ lb/jam}}{26,1010 \text{ lb/ft}^3} = 502,0342 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,1395 \text{ ft}^3/\text{detik}$$

Pemilihan diameter nozzle berdasarkan diameter pipa :

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

(Peter hal. 496)

$$= 3,9 \cdot (0,1395)^{0,45} \cdot (26,1010)^{0,13}$$

$$= 2,4560 \text{ in} \approx 2 \text{ in (standarisasi)}$$

Dipilih pipa standard (App. A.5 Geankoplis) diperoleh :

$$D_{\text{nominal}} = 2 \text{ in sch 40}$$

$$\text{OD} = 2,375 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 2,067 \text{ in} = 0,1723 \text{ ft}$$

Asumsi aliran turbulen

Checking asumsi

$$N_{\text{Re}} = \frac{ID \times v \times \rho}{\mu}$$

$$\text{Dimana laju alir (v)} = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\lambda/4(ID)^2}$$

$$V = \frac{0,1395}{3,14/4(0,1723)} = 5,9840 \text{ ft/detik}$$

$$N_{\text{Re}} = \frac{0,1723 \times 5,9840 \times 26,1010}{0,000616}$$

$$= 43687,08046 > 2100 \text{ (memenuhi)}$$

#### b. Nozzle pada slinder

- Nozzle untuk hand hole

Diambil diameter 10 in, sehingga dari *Brownell and young, App K, hal 387*, didapatkan :

Ukuran pipa normal (NPS) sch : 10 in 40

Diameter dalam (ID) : 10,020 in

Diameter luar (OD) : 10,750 in

Tebal pipa : 0,365 in

#### c. Nozzle pada tutup atas

- Nozzle untuk pengeluaran bahan baku

$$\text{Rate bahan masuk} = 11887,4008 \text{ kg/jam} = 26207,23 \text{ lb/jam}$$

$$\rho \text{ campuran} = 114,0251 \text{ lb/ft}^3$$

Komponen	Kg/jam	BM	Kmol/jam	Fraksi mol	Viskositas
C <sub>2</sub> H <sub>7</sub> N	1968,5704	45	130,5149	0,5555	0,008
H <sub>2</sub> O	59,1109	18	3,3021	0,0141	0,97
HCOOCH <sub>3</sub>	579,5108	60	96,5015	0,4107	0,327
CH <sub>3</sub> OH	2931,3097	32	4,6377	0,0197	0,59

C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> NO	6347,9649	73	86,9584	0,3701	0,92
<b>TOTAL</b>	<b>11886,7928</b>	<b>228</b>	<b>234,9562</b>	<b>1</b>	<b>2,815</b>

Maka didapatkan viskositas campuran = 2,815 cp

$$= 6,8097 \text{ lb/ft.jam} = 0,001894 \text{ lb/ft.detik}$$

$$\text{Rate volumetrik (Q}_r\text{)} = \frac{m}{\rho} = \frac{26207,23 \text{ lb/jam}}{114,0251 \text{ lb/ft}^3} = 114,9187 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,0319 \text{ ft}^3/\text{detik}$$

Asumsi aliran turbulen

Pemilihan diameter nozzle berdasarkan diameter pipa :

$$\text{ID optimal} = 3,9 (Q_r)^{0,45} \cdot (\rho)^{0,13} \quad (\text{Peter hal. 496})$$

$$= 3,9 \cdot (0,0319)^{0,45} \cdot (114,0251)^{0,13}$$

$$= 1,5322 \text{ in} \approx 1 \text{ in}$$

Dipilih pipa standard (*App. A.5 Geankoplis*) diperoleh :

$$D_{\text{nominal}} = 1 \text{ in sch 40}$$

$$\text{OD} = 1,049 \text{ in} ; \text{ID} = 1,315 \text{ in} = 0,1095 \text{ ft}$$

Asumsi aliran turbulen

Checking asumsi

$$N_{\text{Re}} = \frac{\text{ID} \times v \times \rho}{\mu}$$

$$\text{Dimana laju alir (v)} = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\lambda/4(\text{ID})^2}$$

$$V = \frac{0,0319}{3,14/4(0,1095)^2} = 0,6220 \text{ ft/detik}$$

$$N_{\text{Re}} = \frac{0,1095 \times 0,6220 \times 114,0251}{0,001894}$$

$$= 4100,0741 > 2100 \text{ (memenuhi)}$$

### Kesimpulan Perancangan Nozzle

a. Nozzle pemasukan bahan baku Dimetil Amina

Ukuran: 2 in

Sch : 40

ID : 2,067

b. Nozzle pemasukan bahan baku Metil Format

Ukuran: 2 in

Sch : 40

ID : 2,067

c. Nozzle pengeluaran bahan baku

Ukuran: 1 in

Sch : 40

ID : 1,315

Flange yang digunakan pada keempat nozzle tersebut adalah flange standart type Welding Neck

Dari fig. 12-2 Brownell & Young, hal. 221 diperoleh dimensi flange sebagai berikut :

Nozzle	NPS	A	T	R	E	K	L	B
A	2	6	3/4	3 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	2,38	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2,07
B	2	6	3/4	3 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	2,38	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2,07
C	1	4 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	9/16	2	1 <sup>15</sup> / <sub>16</sub>	1,66	2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1,38

**Keterangan :**

A	:	Nozzle pemasukan bahan baku Metil Format
B	:	Nozzle pemasukan bahan baku Dimetil Amina
C	:	Nozzle pengeluaran bahan baku
NPS	:	Ukuran pipa nominal, in
A	:	Diameter luar flange, in
T	:	Ketebalan flange minimum, in
R	:	Diameter luar bagian yang menonjol, in
E	:	Diameter hub pada dasar, in
K	:	Diameter hub pada titik pengelasan, in
L	:	Panjang melewati hub, in
B	:	Diameter dalam pipa, in

#### 6.4. Perhitungan *Reinforcement* (Penguat)

Menentukan lubang maksimum tanpa penguat :

$$K = \frac{P d_o}{2 t s f} \quad (\text{Pers. 10-29, Herman C. Hesse, hal 280})$$

Dimana :

P	=	Tekanan design	=	64,7059 psig
Do	=	Diameter luar dinding shell	=	192 in
ts	=	Tebal shell	=	3/16 in
F	=	Strees yang diijinkan	=	18750 psi

Maka :

$$K = \frac{64,7095 \times 192}{2 \times \frac{3}{16} \times 18750} = 0,1472$$

$$d_o \times t = 192 \times \frac{3}{16} = 36 \text{ in (lubang maksimum)}$$

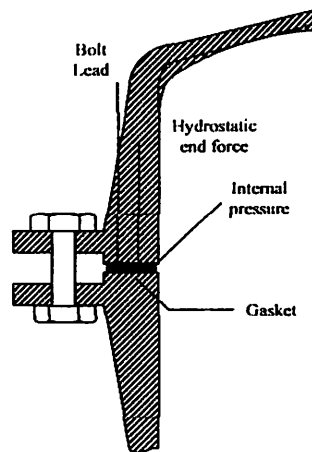
Dari perhitungan mencari diameter lubang nozzle disimpulkan :

- ID optimal Nozzle tutup bawah bahan masuk 2 in
- ID optimal Nozzle tutup atas bahan keluar 3 in

Dikarenakan lubang maksimum yang diizinkan adalah 36 in, maka setiap lubang yang lebih besar dari 36 in diperlukan penguat, dari perhitungan diatas untuk mencari diameter lubang nozzle **maka tidak diperlukan penguat.**

#### 6.4. Sambungan Tutup (*Head*) dengan Dinding (*Shell*) Reaktor

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



Gambar 6.4.1. Dimensi gasket dan bolting

(Brownell & Young, App. D, hal. 342)

A. Flange

Bahan	: High alloy steel SA – 240, Grade M, type 316
Tensile stress min	: 75000 psi
Allowable stress	: 15000 psi
Flange type	: Ring Flange Loose Type

(Brownell & Young, App. D, hal. 342)

B. Bolting

Bahan	: Low alloy Steel SA 193 Grade B8c Type 34
Tensile stress min	: 75000 psi
Allowable stress	: 15000 psi

(Brownell & Young, App. D, hal. 344)

C. Gasket

Bahan	: Flat metal, jacketed, asbestos filled
Gasket reactor (m)	: 3,75
Minimum design seating stress (y)	: 9000 psi

(Fig. 12-11 Brownell & Young hal. 228)

1. Gasket

- Menentukan Lebar Gasket

Penentuan lebar gasket dengan menggunakan rumus dari *Brownell & Young, pers. 12.2, hal. 226*



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

(Pers. 12.2 *Brownell & Young* hal. 226)

Dimana :

do : diameter luar gasket, in

di : diameter dalam gasket, in

P : tekanan design = 64,7095 psig

m : gasket factor = 3,75

y : yield stress = 9000 lb/in<sup>2</sup> = 9000 psia

$$\frac{d_o}{d_i} = \sqrt{\frac{9000 - 64,7095 \times 3,75}{9000 - 64,7095(3,75 + 1)}} = 1,00371$$

Dengan, di = do shell = 192 in

$$\begin{aligned} d_o &= d_i \times 1,00371 \\ &= 192 \times 1,00371 = 192,7123 \text{ in} \end{aligned}$$

Lebar gasket minimum (n) :

$$\begin{aligned} n &= \frac{d_o - d_i}{2} = \frac{192,7123 - 192}{2} \\ &= 0,3561 \text{ in} \times \frac{16}{16} \\ &= \frac{1}{16} = 0,0625 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\text{Diameter rata-rata gasket (G)} = d_i + \text{lebar gasket} = 192 + \frac{1}{16} = 192,0625 \text{ in}$$

**- Perhitungan Beban Gasket**

$$W_{m2} = H_{\gamma} = b \times \pi \times G \times y \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.88, hal. 240})$$

Dimana : b = lebar efektif gasket (in)

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

G = diameter rata-rata gasket = 192,0625 in

Dari fig. 12.12, *Brownell & Young* hal. 229 didapat :

$$\text{Lebar seating gasket, } b_o = \frac{n}{2} = \frac{0,0625}{2} = 0,03125 \text{ in}$$

untuk  $b_o \leq 0,25$ ,  $b = b_o = 0,03125 \text{ in}$

sehingga :

$$W_{m_2} = H_y = 0,03125 \times 3,14 \times 192,0625 \times 9000 = 169615,1953 \text{ lb}$$

Beban karena tekanan dalam (H) :

$$H = \frac{\pi \times G^2 \times p}{4} \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.89, hal.240})$$

$$= \frac{\pi \times (192,0625)^2 \times 60,7095}{4} = 169615,1953 \text{ lb}$$

Beban baut agar tidak bocor (Hp) :

$$H_p = 2 \times b \times \pi \times G \times m \times p \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.90, hal.240})$$

$$H_p = 2 \times 0,03125 \times 3,14 \times 192,0625,0625 \times 3,75 \times 60,7095$$

$$= 9145,9263 \text{ lb}$$

Jadi berat beban :

$$W_{m_1} = H + H_p \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.91, hal.240})$$

$$= 169615,1953 + 9145,9263 = 1882841,3663 \text{ lb}$$

Karena  $W_{m_1} > W_{m_2}$  maka yang mengontrol adalah  $W_{m_1}$ .

## 2. Baut (*Bolting*)

Perhitungan luas bolting minimum bolting (baut) area

$$A_{m_1} = \frac{W_{m_1}}{f_b} \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.92, hal. 240})$$

$$= \frac{169615,1953}{15000} = 125,52276 \text{ in}^2$$

- Ukuran baut optimum (optimum bolting area)

Berdasarkan *Brownell & Young, tabel 10.4, hal. 188* diperoleh :

Dicoba ukuran baut = 1,5 in

$$\text{Root area} = 1,294 \text{ in}^2$$

$$N = \frac{A_{m_1}}{\text{Root area}} = \frac{125,5227}{1,294} = 9,700 = 10 \text{ buah}$$

Dari tabel 10.4, *Brownell & Young* hal. 188 diperoleh :

- ukuran nominal baut = 1,5 in
- root area (A) = 1,294 in
- bolting spacing = 3,25 in

- jarak radial minimum (R) = 2 in
- jarak dari tepi (E) = 1 1/2 in
- bolt area diameter (C)

$$C = ID \text{ Shell} + 2 (1,4159 \times g_o + R)$$

$$ID_s = 192,625 \text{ in}$$

$$g_o = \text{tebal shell} = 3/16 \text{ in}$$

Sehingga :

$$C = 192,625 + 2 \left( 1,4159 \times \frac{3}{16} + 2 \right) = 197,7222 \text{ in}$$

Diameter luar flange (A) :

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

$$= C + 2 E$$

$$= 197,7222 + 2 \left( 1 \frac{1}{2} \right) = 200,2222 \text{ in}$$

Cek lebar gasket :

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

$$= 10 \times 1,294 = 12,94$$

Lebar gasket minimum :

$$W = \frac{Ab \text{ aktual} \times F}{2 \times \pi \times Y \times G}$$

$$= \frac{12,94 \times 1500}{2\pi \times 9000 \times 192,0625} = 0,03032 < 0,1875 \text{ in (memenuhi)}$$

Karena  $W = 0,03032 <$  dari lebar gasket yang ditetapkan  $= 0,1875 \text{ in}$ , maka lebar gasket memenuhi

- Perhitungan Moment

Untuk keadaan bolting up (tanpa tekanan dalam)

$$W = \frac{(Ab + Am_1) \times Fa}{2} \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.94, hal. 242})$$

$$= \frac{(12,94 + 9,700) \times 15000}{2} = 237300 \text{ lb}$$

Jarak radial dari beban gasket yang bereaksi terhadap bolt circle ( $h_G$ ) adalah

$$h_G = \frac{1}{2}(C - G) \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.101, hal. 242})$$

$$= \frac{1}{2}(197,7222 - 192,0625) = 2,8298 \text{ in}$$

Moment Flange ( $M_a$ ) :

$$M_a = h_G \times W$$

$$= 2,8298 \times 237300 = 671523,405 \text{ lb.in}$$

Untuk keadaan moment pada kondisi operasi :

$$W = W_{m1} = 87270,4368 \text{ lb}$$

Gaya hydrostatic pada daerah dalam flange ( $H_D$ ) :

$$H_D = 0,785 \times B^2 \times P \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.96, hal. 242})$$

Dimana :

$$B = \text{do shell} = 192 \text{ in}$$

$$P = \text{tekanan design} = 14,7439 \text{ psi}$$

Maka :

$$H_D = 0,785 \times (192)^2 \times 14,7439 = 254077,7472 \text{ lb}$$

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

$$\begin{aligned} h_D &= 0,5 (C - B) \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.100, hal. 242}) \\ &= 0,5 (197,7222 - 192) = 2,8611 \text{ in} \end{aligned}$$

Moment komponen ( $M_D$ )

$$M_D = h_D \times H_D \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.96, hal. 242})$$

$$= 2,8611 \times 254077,7472 = 726941,8425 \text{ lb.in}$$

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

$$H_G = W - H = W_{m1} - H \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.98, hal. 242})$$

$$= 87270,4368 - 169615,1953 = 82344,7584 \text{ lb}$$

Moment komponen ( $M_G$ )

$$M_G = H_G \times h_G \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.98, hal. 242})$$

$$= 82344,7584 \times 2,8298 = 29099,1443 \text{ lb.in.}$$

Perbedaan antara gaya hidrostatis total dengan gaya hidrostatis dalam area flange :

$$H_T = H - H_D \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.97, hal. 242})$$

$$= 169615,1953 - 254077,7472 = 84462,5519 \text{ lb}$$

$$h_T = 0,5 \times (h_D + h_g) \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.102, hal. 242})$$

$$= 0,5 \times (2,8611 + 2,8298) = 2,8454 \text{ lb}$$

Moment komponen ( $M_T$ )

$$M_T = H_T \times h_T \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.97, hal. 242})$$

$$= 84462,5519 \times 2,8457 = 240355,0839 \text{ lb.in}$$

Total moment pada keadaan operasi ( $M_o$ )

$$M_o = M_D + M_G + M_T \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.97, hal. 242})$$

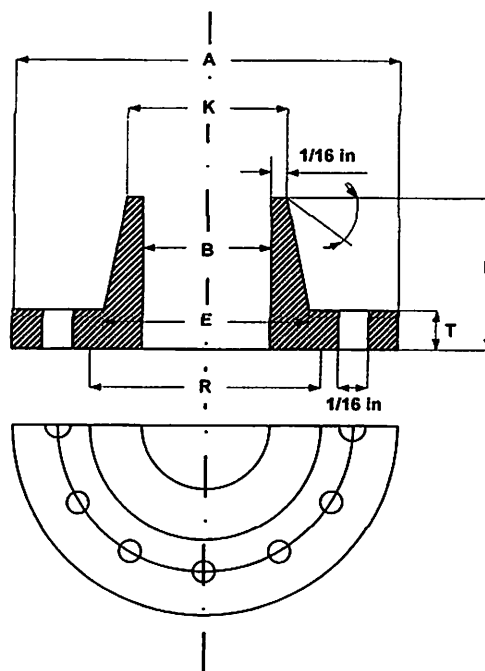
$$= 726941,8425 + 29099,1443 + 240355,0839 = 996393,0704 \text{ lb.in}$$

$$M \text{ max} = 996393,0704 \text{ lb.in}$$

### 3. Flange

Kondisi operasi reaktor berlangsung pada suhu 320°F dan tekanan 4,4 atm untuk itu dipilih standard *flange* :

150 lb *steel welding neck flanges* (168)



Gambar 6.3. Dimensi *Flange* pada *Nozzle*

(Brownell & Young hal 221)

Dari Brownell & Young tabel, 12.2 hal. 221 diperoleh dimensi flange untuk semua nozzle, dipilih flange standard type 150 lb *steel welding*

*neck flanges* (168) dengan dimensi nozzle sebagai berikut :

- Nozzle A = Nozzle untuk feed
- Nozzle B = Nozzle untuk pengeluaran produk
- Nozzle C = Nozzle untuk pemasukan panas furnace
- NPS = ukuran pipa nominal, in
- A = diameter luar *flange*, in
- T = ketebalan *flange* minimum, in
- R = diameter luar bagian yang menonjol, in
- E = diameter *hub* dasar, in
- K = diameter *hub* pada titik pengelasan, in
- L = panjang *hub*, in
- B = diameter dalam dari dinding pipa standard, in
- Perhitungan Tebal Flange

$$t_r = \left( \frac{y \times M_{\max}}{f \times B} \right)^{0.5} \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.85, hal. 239})$$

Dimana :

f = stress yang diijinkan untuk bahan flange = 18750 psi

B = diameter luar reaktor = 192 in

A = diameter luar flange = 200,2222 in

Maka :

$$K = \frac{A}{B} = \frac{200,2222}{192} = 1,0428$$

Dari fig. 12-22, Brownell & Young hal. 238 diperoleh harga y = 25

Maka :

$$t_r = \left( \sqrt{\frac{25 \times 996393,0704}{18750 \times 192}} \right)^{0.5} = 2,2773 \text{ in} \approx 2 \text{ in}$$

- Perhitungan Las Nozzle Terhadap Dinding Flange  
Dari App. K, *Brownell & Young*, hal. 386 didapat :  
Pipa 2 in IPS Sch 40 dengan tebal (n) = 0,154 in

$$\text{Tebal shell (ts)} = \frac{3}{16} \text{ in}$$

Untuk  $t$  dan  $n \leq 0,258$  in dan  $n > t$ , maka :

$$(t_1 + t_2)_{\min} = 1,2 t + 0,1 n$$

$$= (1,2 \times \frac{3}{16}) + (0,1 \times 0,154) = 0,2404 \text{ in}$$

Jadi ditetapkan tebal las  $t_1$  dan  $t_2 = 2$  in

### Kesimpulan Perancangan :

#### - Flange

Bahan = High Alloy Steel SA 240 grade M type 316

Stress = 18750 psi

Tebal = 2 in

OD = 200,2222 in

Type = Ring flange Loose Type

#### - Bolting

Bahan = Low alloy Steel SA 193 grade B8c Type 347

Stress = 11750 psi

Ukuran = 1,5 in

Jumlah = 10 buah

Bolting area diameter (C) = 197,7222 in

Edge distance (E) =  $1 \frac{1}{2}$  in

Minimum radial (R) = 2 in

#### - Gasket

Bahan = Flat metal, Jacketed, asbestos filled

Stress minimum = 9000 psi

Tebal =  $\frac{1}{16}$  in

Lebar =  $\frac{1}{16}$  in

### 6.5. Sistem Penyangga (*Support*)

#### a. Menentukan Berat Bejana Total

Dari perancangan silinder reaktor dapat diketahui data sebagai berikut :

- o Bahan konstruksi = Carbon Steel SA 283 grade C

- o Tebal silinder ( $t_s$ ) =  $\frac{3}{16}$  in
- o Diameter dalam silinder ( $d_i$ ) = 192,0553 in = 16,0046 ft
- o Diameter luar silinder ( $d_o$ ) = 192 in = 16 ft
- o Tekanan internal tangki ( $P_i$ ) = 14,8534 psia

### Perhitungan

- Berat Tutup Reaktor ( $W_1$ )

Data :

$$\text{OD silinder} = 192 \text{ in} = 16 \text{ ft}$$

$$\text{ID silinder} = 192,625 \text{ in} = 16,0521 \text{ ft}$$

$$\text{Tebal tutup} = \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$\rho \text{ bahan} = 493,75 \text{ lb/ft}^3 = 0,2857 \text{ lb/in}^3.$$

Dari tabel 5.6 *Brownell & Young hal 88*, didapat :

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

$$i_{cr} = 5,0175 \text{ in}$$

Dengan persamaan 5.12 *Brownell & Young, hal. 88* :

$$\begin{aligned} D &= \text{OD} - \frac{\text{OD}}{42} + 2s_f + \frac{2}{3}i_{cr} \\ &= 192 - \frac{192}{42} + 2(2) + \frac{2}{3}(5,0175) = 867,7350 \text{ in} = 7,2311 \text{ ft} \end{aligned}$$

Berat tutup bawah dan atas ( $W_1$ ) :

$$\begin{aligned} W_1 &= \frac{\pi}{4} D^2 \times t_h \times \rho \\ &= \frac{\pi}{4} \times (867,7350 \text{ in})^2 \times \frac{3}{16} \text{ in} \times 0,2857 \text{ lb/in}^3 \\ &= 1553,7965 \text{ lb} \end{aligned}$$

Karena dimensi tutup atas dan bawah sama, maka total berat tutup atas dan bawah adalah :

$$W_1 = 2 \times 1553,7965 \text{ lb} = 3107,5929 \text{ lb}$$

- Berat Dinding Reaktor



Data :

Tinggi shell (H) = 24,0069 ft = 288,083 in

Volume bahan (dinding reaktor) adalah :

$$\begin{aligned} V &= \frac{\pi}{4} (do^2 - di^2) \times L \\ &= \frac{\pi}{4} (192^2 - 192,625^2) \times 288,083 \\ &= 54363,1751 \text{ in}^3 \end{aligned}$$

Berat dinding reaktor ( $W_2$ ) adalah :

$$\begin{aligned} W_2 &= \rho \times V_{\text{bahan}} \\ &= 0,2857 \text{ lb/in}^3 \times 54363,1751 \text{ in}^3 = 15531,5591 \text{ lb} \end{aligned}$$

- Berat Isi Reaktor

- **Tube**

Pipa yang dipakai = 3 in

Dari tabel 11, Kern hal. 844 didapat :

$di = 3,068 \text{ in}$

$do = 3,5 \text{ in}$

$L = 6 \text{ meter} = 19,685 \text{ ft} = 236,221 \text{ in}$

$$\begin{aligned} \text{Volume bahan tube} &= \frac{1}{4} \pi (do^2 - di^2) L \\ &= \frac{1}{4} \pi \times (3,5^2 - 3,068^2) \times 236,221 = 526,1445 \text{ in}^3. \end{aligned}$$

Volume total tube :

$$\begin{aligned} V &= \text{Vol. Bahan} \times \text{jml tube} \\ &= 526,1445 \times 668 = 351464,526 \text{ in}^3. \end{aligned}$$

Berat tube ( $W_3$ ) :

$$\begin{aligned} W_3 &= V_{\text{total tube}} \times \rho \\ &= 351464,526 \text{ in}^3 \times 0,2857 \text{ lb/in}^3 = 100413,4151 \text{ lb}. \end{aligned}$$

- **Baffle**

Data :

Tinggi tube = 20 ft = 240 in

IDs = 192,625 in

$$\text{Baffle spacing (B)} = 0,5 \text{ IDs} = 96,3125 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baffle} &= \frac{\text{tinggi tube}}{\text{baffle spacing}} \\ &= \frac{240}{96,3125} = 2,4918 \approx 2 \text{ buah.} \end{aligned}$$

$$\text{tebal baffle} = \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas dari baffle} &= 75\% \times \text{IDs} && (\text{Kern, hal. 130}) \\ &= \frac{\pi}{4} (0,75 \times 195,625) = 115,1742 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume baffle} &= \text{luas baffle} \times t \\ &= 115,1742 \times \frac{3}{16} = 21,5951 \text{ in}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat baffle (W}_4) &= \text{volume baffle} \times \rho \\ &= 21,5951 \times 0,2875 \frac{\text{lb}}{\text{in}^3} = 6,2086 \text{ lb} \end{aligned}$$

- **Tube Sheet**

$$\text{Luas baffle} : 115,1742 \text{ in}^2$$

$$\text{Tebal} : \frac{3}{16} \text{ in}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Luas tube sheet} &= \frac{\text{luas baffle}}{75\%} \\ &= \frac{115,1742}{0,75} = 153,5656 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat tube sheet (W}_5) &= 2 \times \text{luas tube sheet} \times \text{tebal baffle} \times \rho_{\text{bahan}} \\ &= 2 \times 153,5656 \times \frac{3}{16} \times 0,2857 = 16,4526 \text{ lb.} \end{aligned}$$

- **Attachment**

Berat attachment meliputi seluruh perlengkapan seperti nozzle dan sebagainya.

$$W_a = 18 \% \times W_s \quad (\text{Brownell And Young, hal 157})$$

Dimana :

$W_a$  = berat attachment (lb)

$W_s$  = berat silinder tangki = 15531,5591 lb

$W_a = 18\% \times 15531,5591 \text{ lb} = 2795,6806 \text{ lb}$

$$\begin{aligned} W_{\text{reaktor}} &= W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_a \\ &= 3107,5929 + 15531,5591 + 100413,4151 + 6,2086 + \\ &\quad 2795,6806 \\ &= 121854,4563 \text{ lb} \end{aligned}$$

Untuk faktor keamanan (factor safety) 20% maka berat total :

$$\Sigma W = 1,2 \times 121854,4563 \text{ lb} = 146225,3476 \text{ lb}$$

Sebagai penyangga digunakan sistem lug, sehingga :

$$P = \frac{4 \times P_w \times (H - L)}{n \times D_{bc}} + \frac{\Sigma W}{n}$$

*(Brownell & Young, pers. 10.76, hal. 197)*

Dimana :

$P$  = beban kompresi total maksimum untuk tiap lug (lb)

$P_w$  = total beban permukaan karena angin (lb)

$H$  = tinggi vessel dari pondasi (ft)

$L$  = jarak antara level dengan dasar pondasi (ft)

$D_{bc}$  = diameter (ft)

$n$  = jumlah support

$\Sigma W$  = berat total (lb)

Reaktor furnace terletak dalam ruangan, sehingga tekanan angin tidak dikontrol, sehingga berlaku rumus :

$$P = \frac{146225,3476}{4} = 36556,3368 \text{ lb}$$

- **Penyangga:**

- $W_{\text{total}} = 121854,4563 \text{ lb}$

- Berat yang ditahan = 36556,3368 lb

## b. Menentukan Kolom Support

Rencana :

Kolom Penyangga = 4 buah

Jenis kolom = I - Beam

Data :

Beban tiap kolom = 36556,3368 lb

Tinggi total (H) = 24,0069 ft

Menentukan Tinggi Kolom (L)

Ditentukan jarak reaktor dengan lantai = 5 ft

$$L = \frac{1}{2} H + 5 \text{ ft}$$

$$= \frac{1}{2} (24,0069 \text{ ft}) + 5 \text{ ft}$$

$$= 17,0034 \text{ ft} = 204,041 \text{ in}$$

Jadi tinggi leg = 17,0034 ft = 204,041 in.

- Trial Ukuran I Beam

Untuk pemilihan I beam, dicoba 8" ukuran berat 5 × 3, berat 10 lb, dengan cara pemasangan I beam dengan eksentrik (terhadap sumbu).

Dari App. G *Brownell & Young*, hal. 355 diperoleh :

$$b = 3 \text{ in}$$

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

$$A_y = 2,87 \text{ in}^2$$

$$r_{1-1} = 2,05 \text{ in}$$

Maka :

$$\frac{L}{r} = \frac{201,041}{2,05} = 99,5321 \text{ in}$$

untuk  $L/r < 120$ , maka :

$$f_c \text{ aman} = 17000 - 0,485 (L/r)^2$$

$$= 17000 - 0,485 (99,5321)^2 = 12195,2801$$

$$\text{Luas (A) yang dibutuhkan} = \frac{P}{f_c \text{ aman}} = \frac{36556,3368}{12195,2801} = 2,9975 \text{ in}^2$$

Karena A yang dibutuhkan < dari A yang disediakan, maka I - beam dengan ukuran 5 in, 5 × 3, berat 10 lb, telah memenuhi.

**Kesimpulan I – Beam :**

- Ukuran: 5", 5 × 3"

- Berat : 10 lb
- Peletakan beban dengan beban eksentrik.

### 6.6. Base Plate

Bahan base plate = concrete (beton), maka :

$$f_{bp} = 600 \text{ lb/in}^2. \quad (\text{H. C. Hesse, tabel 7.7, hal. 162})$$

Dimana :

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

$P$  = beban dari tiap base plate

$F_{bp}$  = stress yang diterima oleh pondasi yang terbuat dari beton  
 $= 600 \text{ lb/in}^2$  (tabel 7-7 hal. 162, Hesse)

Sehingga :

$$A_{hp} = \frac{36556,3368 \text{ lb}}{600 \text{ lb/in}^2} = 60,9272 \text{ in}^2$$

#### - Menentukan Panjang dan Lebar Base Plate

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

Dimana :

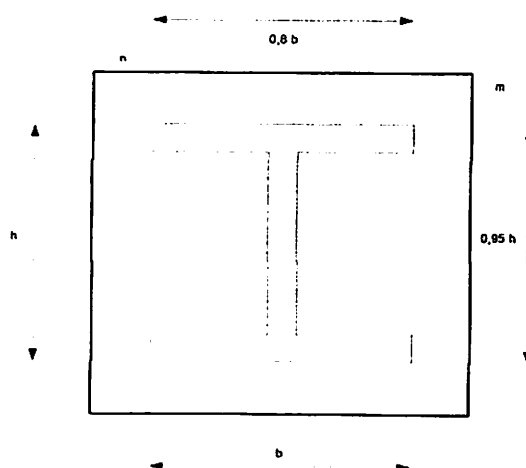
$$l = \text{lebar base plate} = 2n + 0,80 b$$

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

Dengan I beam  $5 \times 3$ , diperoleh :

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

$$b = 3 \text{ in}$$



Dengan mengasumsikan  $m = n$ , maka :

$$\begin{aligned} \text{Abp} &= (2m + 0,95d) \times (2n + 0,80b) \\ 99,5321 \text{ in}^2 &= [2m + (0,95 \times 5)] \times [2m + (0,8 \times 3)] \\ 99,5321 \text{ in}^2 &= (2m + 4,75) \times (2m + 2,4) \\ 99,5321 \text{ in}^2 &= 4m^2 + 14,3 m + 11,4 \\ 4m^2 + 14,3 m - 88,1321 &= 0 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan rumus ABC diperoleh :

$$x_{1,2} = \frac{-14,3 \pm \sqrt{14,3^2 - [4 \times 4 \times (-88,1321)]}}{2 \times 4}$$

$$x_1 = 3,1626 \text{ in} ; \quad x_2 = -6,7376 \text{ in}$$

Diambil : harga  $x$  positif = 3,1626 in

Karena  $m = n = 3,1626 \text{ in}$ , maka :

$$\begin{aligned} L &= 2n + 0,8 b \\ &= (2 \times 3,1626) + (0,8 \times 3) = 8,7252 \approx 9 \text{ in.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= 2m + 0,95 d \\ &= (2 \times 3,1626) + (0,95 \times 5) = 11,0752 \approx 11 \text{ in.} \end{aligned}$$

Ditetapkan ukuran base plate  $11 \times 9 \text{ in}$  dengan luas =  $99 \text{ in}^2$ .

Beban yang harus ditahan :

$$\begin{aligned} f &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{36556,3368}{99} \\ &= 369,255 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} < 600 \text{ psia (memenuhi)} \end{aligned}$$

Kesimpulan :

Base plate dengan ukuran  $5 \times 3$  ini dapat digunakan dengan aman karena beban yang harus ditahan  $369,255 \text{ lb/in}^2 < 600 \text{ lb/in}^2$  (harga stress maksimum).

Cek harga  $m$  dan  $n$  :

- Panjang base plate  
 $11 = 2m + (0,95 \times 5)$

$$m = 3,125 \text{ in}$$

- Lebar base plate

$$9 = 2n + (0,8 \times 3)$$

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

Dari nilai m dan n tersebut, maka yang mengontrol dalam pemilihan tebal base plate adalah nilai n karena  $n > m$ .

- **Menentukan Tebal Base Plate**

$$tbp = \sqrt{1,5 \cdot 10^4 \times p \times n^2} \quad (H. C. Hess, pers. 7.12, hal. 163)$$

Dengan :

tbp = tebal base plate, in

p = actual unit pressure yang terjadi pada base plate = 369,255 psi

n = 3,3 in

$$\begin{aligned} tbp &= \sqrt{1,5 \cdot 10^4 \times p \times n^2} \\ &= \sqrt{1,5 \cdot 10^4 \times 369,255 \times 3,3^2} = 0,7766 \text{ in} \approx 1 \text{ in} \end{aligned}$$

- **Menentukan Ukuran Baut**

Data :

Beban baut = lb.

Jumlah baut yang digunakan = 4 buah.

$$\text{Beban tiap baut} = \frac{36556,3368}{4} = 9139,0845 \text{ lb.}$$

Menentukan luas baut :

$$Ab = \frac{Pb}{fs}$$

Dimana :

Ab = luas baut

Pb = beban tiap baut

fs = beban tiap baut maksimal = 1500 psi

Maka :

$$Ab = \frac{36556,3368}{15000} = 2,4370 \text{ in}^2$$

$$A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times db^2$$

$$2,4370 = \frac{1}{4} \times \pi \times db^2$$

$$db = 0.9843 \text{ in} \approx 1 \text{ in}$$

Dari tabel 10-4 *Brownell & Young, hal. 188*, didapat ukuran baut 1 in dengan dimensi baut sebagai berikut :

Ukuran baut	: 2 in
Root area	: 0,551
Bolt spacing minimal	: 2 ¼ in
Jarak radial minimum	: 1 3/8 in
Edge distance	: 1 1/16 in
Nut dimension	: 1 5/8 in
Radius fillet maksimum:	7/8 in

### 6.7. Menentukan Dimensi Lug dan Gusset

Direncanakan menggunakan :

- 2 plate horizontal (lug)
- 2 plate vertikal (gusset).

Dari fig. 10.6, *Brownell & Young* hal. 191 diperoleh :

$$\begin{aligned} A = \text{Lebar lug} &= \text{ukuran baut} + 9 \text{ in} \\ &= 1 + 9 = 10 \text{ in.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B = \text{Jarak antar gusset} &= \text{ukuran baut} + 8 \text{ in} \\ &= 1 + 8 = 8 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L = \text{Lebar gusset} &= 2 \times (\text{lebar kolom} - 0,5 \text{ ukuran baut}) \\ &= 2 \times (3 - (0,5 \times 1)) = 5 \text{ in.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar lug atas (a)} &= \frac{1}{2} (L + \text{ukuran baut}) \\ &= \frac{1}{2} (5 + 1) = 3 \text{ in.} \end{aligned}$$

$$\text{Perbandingan tebal base plate (B/L)} = 9/5 = 1,8 \text{ in}$$

Dari table 10,6 *Brownell&Young, hal. 192*, didapat

$$\tau_1 = 0,0730$$

$$e = \frac{1}{2} \text{ nut dimension}$$



$$e = \frac{1}{2} \times 1 \frac{1}{8} = 0,8125 \text{ in}$$

Menentukan maksimum bending moment sepanjang sumbu radial

Dari pers. 10-40, *Brownell & Young*, hal. 192 :

$$My = \frac{P}{4\pi} \left[ (1 + \mu) \times \ln \frac{2L}{\pi \cdot e} + (1 - \tau_1) \right]$$

dimana:

P = beban tiap baut (36556,3368 lb)

$\mu$  = poisson ratio (0,30 untuk steel)

L = panjang horizontal plate bawah (5 in)

e = nut dimension = 0,8125 in

maka :

$$My = \frac{36556,3368}{4\pi} \left[ (1 + 0,3) \times \ln \frac{2 \cdot 5}{\pi \cdot 0,8125} + (1 - 0,0730) \right]$$

$$= 2036,4374 \text{ lb}$$

My disubstitusikan ke pers. 10.41 *Brownell & Young* hal. 193, diperoleh

:

$$t_{hp} = \sqrt{\frac{6 \times My}{f}} \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 10.41, hal. 193})$$

Dimana :

$t_{hp}$  = tebal horizontal plate

$$t_{hp} = \sqrt{\frac{6 \times 2036,4374}{15000}} = 0,9025 \text{ in}$$

maka digunakan plate steel dengan tebal 1,0198 in

- Tebal gusset minimal =  $\frac{3}{8} \times t_{hp}$ 

$$= \frac{3}{8} \times 0,9025 = 0,3384 \text{ in}$$
- Tinggi gusset =  $H_g = A + \text{ukuran baut}$ 

$$= 10 \text{ in} + 1 \text{ in} = 11 \text{ in}$$
- Tinggi lug =  $H_g + 2 t_{hp}$ 

$$= 11 \text{ in} + 2 (0,9025 \text{ in}) = 12,805 \text{ in}$$

**Kesimpulan dimensi lug dan gusset :**

- Lug
  - Lebar = 10 in
  - Tebal = 0,9025 in
  - Tinggi = 12,805 in
- Gusset
  - Lebar = 5 in
  - Tebal = 0,3884 in
  - Tinggi = 11 in

**6.8. Menentukan Dimensi Pondasi**

Beban yang harus ditahan pondasi :

- a. Berat beban bejana total
- b. Berat kolom penyangga
- c. Berat base plate

Ditentukan :

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

Data :

- Beban yang ditanggung tiap kolom penyangga = 36556,3368 lb

**Menentukan beban base plate**

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

Dimana :

$W_{bp}$  = beban base plate (lb)

$p$  = panjang base plate = 9 in = 0,75 ft

$l$  = lebar base plate = 7 in = 0,5833 ft

$t$  = tebal base plate = 0,7766 in = 0,0647 ft

$\rho$  = densitas bahan konstruksi (489 lb/ft<sup>3</sup>)

Sehingga :

$$W_{bp} = 0,75 \times 0,5833 \times 0,0647 \times 489 = 213,9252 \text{ lb}$$

**Menentukan beban penyangga kolom**

Persamaan yang digunakan :

$$W_p = l \times A \times \rho \times f$$

Dimana :

$W_p$  = beban kolom (lb)

$l$  = tinggi kolom = 17,0034 ft

$A$  = luas kolom I Beam =  $2,87 \text{ in}^2 = 0,0199 \text{ ft}^2$

$\rho$  = densitas bahan konstruksi (baja) =  $489 \text{ lb/ft}^3$

$f$  = faktor korosi = 3,4

Maka :

$$W_p = 17,0034 \times 0,0199 \times 489 \times 3,4 = 562,5700 \text{ lb}$$

Berat total :

$$\begin{aligned} W &= W + W_{bp} + W_p \\ &= 36556,3368 \text{ lb} + 213,9252 \text{ lb} + 562,5700 \text{ lb} \\ &= 37332,832 \text{ lb} = 16933,9000 \text{ kg} \end{aligned}$$

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

$$\text{Luas atas} = (20 \times 20) \text{ in} = 400 \text{ in}^2$$

$$\text{Luas bawah} = (40 \times 40) \text{ in} = 1600 \text{ in}^2$$

$$\text{Tinggi pondasi} = 20 \text{ in}$$

Maka luas permukaan rata-rata (A) :

$$\begin{aligned} A &= \left\{ \left( \frac{20 + 40}{2} \right) \times \left( \frac{20 + 40}{2} \right) \right\} \\ &= 900 \text{ in}^2 = 6,25 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Menentukan volume pondasi :

$$V = A \times t$$

$$= 900 \text{ in}^2 \times 20 \text{ in}$$

$$= 18000 \text{ in}^3 = 10,4167 \text{ ft}^3$$

Menentukan berat pondasi :

$$W = V \times \rho$$

Dimana :

W = berat pondasi (lb)

V = volume pondasi (ft<sup>3</sup>)

$\rho$  = densitas pondasi beton = 196 lb/ft<sup>3</sup> (Perry, ed. 6, tabel 3-18 hal. 395)

Maka :

$$\begin{aligned} W &= 10,4167 \times 196 \\ &= 2041,6667 \text{ lb} \end{aligned}$$

Asumsi :

Tanah atas pondasi berupa cemented sand and gravel dengan minimum safe bearing power 5 ton/ft<sup>3</sup>, maksimum safe bearing power = 10 ton/ft<sup>3</sup>

(Tabel 12.2 Herman C Hess, hal. 327)

Diambil kemampuan maksimum tanah menahan tekanan :

$$P = \frac{10 \text{ ton}}{1 \text{ ft}^2} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \times \frac{0,4359 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ ft}^2}{144 \text{ in}^2} = 30,2708 \text{ lb/in}^2$$

Tekanan dari system pondasi terhadap luas tanah (P) :

$$\begin{aligned} P &= \frac{\text{berat pondasi} + \text{berat beban total}}{\text{luas tanah}} \\ &= \frac{2041,6667 + 36556,3368}{2500} \\ &= 15,4392 \text{ lb/in}^2 < 30,2708 \text{ lb/in}^2 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Kesimpulan pondasi :

- Luas = 20 × 20 = 400 in<sup>2</sup>
- Luas bawah = 40 × 40 = 1600 in<sup>2</sup>
- Tinggi = 20 in
- Bahan konstruksi cemented sand and gravel

Kesimpulan Spesifikasi Reaktor

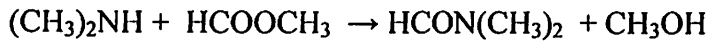
**Nama alat** : Reaktor

**Kode alat** : R – 110

**Type** : Fixed Bed Multitubular Reaktor

**Fungsi** : Sebagai tempat berlangsungnya reaksi antara Metil Format (HCOOCH<sub>3</sub>) dengan Dimetil Amina (C<sub>2</sub>H<sub>7</sub>N)

Reaksi sebagai berikut :



Bentuk : Silinder tegak dengan tutup atas dan tutup bawah *standard dished* dilengkapi dengan *tube*.

Dasar perancangan

Pada reaktor ini, Metil Format yang masuk ke dalam reaktor dengan konsentrasi 97,2% merupakan fase gas dan Dimetil Amina ( $\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$ ) dengan konsentrasi 99,2 % fase gas, maka dapat dipilih jenis reaktor pipa alir (*Plug Flow*) untuk memudahkan dan mempercepat kontak reaksi. Disamping efisiensi kontak, ditinjau dari aliran fluida yang masuk reaktor tidak mengalami pencampuran, akan tetapi langsung bereaksi, tanpa ada kesempatan untuk terkontaminasi dengan bahan-bahan yang lain.

Reaktor pipa alir (*Plug Flow*) ini berupa silinder tegak dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk *standard dished head* yang dilengkapi dengan *tube*. Umpan masuk dari tutup atas reaktor, sedangkan media pendingin berupa air pendingin dialirkan melalui shell untuk menjaga suhu dalam reaktor agar tetap konstan.

Produk dikeluarkan setelah mencapai waktu reaksi yang ditentukan. Untuk mengontrol kondisi operasi, maka perlu dipasang alat – alat instrumentasi yang meliputi *temperature control*.

Kondisi operasi : - Temperatur :  $110\text{ }^\circ\text{C} = 230\text{ }^\circ\text{F} = 649,67\text{ }^\circ\text{R}$   
 - Tekanan :  $4,4\text{ atm} = 64,7\text{ psia}$   
 - Fase : Gas  
 - Waktu tinggal : 1 jam = 3600 detik

Bahan konstruksi : *High Alloy Steel SA 240 Grade M type 316*

*Allowable stress* (f) : 18750 (Brownell & Young, App. D hal 342)

Jenis pengelasan : *Double Welded Butt Joint*

E : 0,8 (Brownell & Young, tabel 13.2, hal 254)

Faktor korosi (C) : 1/16 in

### 1. Dimensi Reaktor

$d_o = 192\text{ in}$

$$d_i = 191,0553 \text{ in}$$

$$t_s = 3/16 \text{ in}$$

$$t_h = 3/16$$

$$N_t = 688 \text{ buah}$$

$$L = 20 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi reaktor} = 349,7135 \text{ in}$$

$$\text{Pipa 3 in, 16 BWG}$$

## 2. Nozzle

- a. Nozzle pemasukan bahan baku Dimetil Amina

Ukuran: 2 in

Sch : 40

ID : 2,067

- b. Nozzle pemasukan bahan baku Metil Format

Ukuran: 2 in

Sch : 40

ID : 2,067

- c. Nozzle pengeluaran bahan baku

Ukuran: 1 in

Sch : 40

ID : 0,315

Nozzle	NPS	A	T	R	E	K	L	B
A	2	6	3/4	3 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	2,38	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2,07
B	2	6	3/4	3 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	2,38	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2,07
C	1	4 1/4	9/16	2	1 15/16	1,66	2 1/4	1.38

## 3. Flange

Bahan : High alloy steel SA – 240, Grade M, type 316

Allowable stress (f) : 18750

Diameter luar flange (do) : 200,2222 in

Diameter luar flange (di) : 192 in

Tebal flange : 2 in

Flange type : Ring Flange Loose Type

(Brownell & Young, App. D, hal. 342)

#### 4. Bolting

Bahan : Low alloy Steel SA 193 Grade B8c Type 34

Allowable stress : 15000 psi

Ukuran nominal baut : 1,5 in

Jumlah baut : 10 buah

Root area (A) : 1,294 in

Bolting spacing : 3,25 in

#### 5. Gasket

Bahan : Flat metal, jacketed, asbestos filled

Gasket reactor (m) : 3,75

Minimum design seating stress (y) : 9000 psi

Tebal gasket (n) : 3/16 in

Dimensi rata – rata : 192,0625 in

#### 6. Sistem Penyangga (leg)

Jenis : Kolom I beam

Jumlah : 4 buah

Panjang : 204,041 in

Nominal size : 8 in

Berat : 36556,3368 lb

Area of section (Ay) : 2,87 in

Width of flange (b) : 3 in

Dept of beam (h) : 5 in

Axis (r) : 2,05 in

#### 7. Base Plate

Panjang (P) : 3,125 in

Lebar (l) : 3,3 in

Tebal (t) : 1 in

Luas (A) : 60,9272 in<sup>2</sup>

Ukuran baut : 2 in

Root area : 0,551  
 Bolt spacing minimal : 2 ¼ in  
 Jarak radial minimum : 1 3/8 in  
 Edge distance : 1 1/16 in  
 Nut dimension : 1 5/8 in  
 Radius fillet maksimum: 7/8 in

### 8. Lug dan Gusset

- Lug
  - Lebar = 10 in
  - Tebal = 0,9025 in
  - Tinggi = 12,805 in
- Gusset
  - Lebar = 5 in
  - Tebal = 0,3884 in
  - Tinggi = 11 in

### 9. Pondasi

Luas atas : 20 x 20 in  
 Luas bawah : 40 x 40 in  
 Tinggi pondasi : 20 in  
 Bahan konstruksi : *cemented sand and gravel*



## BAB VI

### PERANCANGAN ALAT UTAMA

- Nama Alat** : Kolom Distilasi  
**Kode Alat** : D - 130  
**Type** : *Sieve Tray*  
**Fungsi** : Memisahkan  $C_3H_7NO$  dari campurannya  
**Prinsip kerja** :

Kolom Distilasi berupa bejana tegak, yang berdiri pada *skirt support* dan pondasi beton. Feed diumpankan ke dalam kolom dan memiliki plate yang tersusun secara seri. Dalam operasi normal, uap bergerak ke atas melalui lubang-lubang *tray* yang terdispersi oleh liquid yang mengalir di atasnya. Akibat kontak tersebut, sejumlah liquid diuapkan, kemudian uap yang terjadi akan dikondensasikan sebagai destilat.

**Kondisi operasi kolom distilasi** :

- a. Suhu operasi :  $149,39\text{ }^{\circ}\text{C}$
- b. Tekanan operasi : 1 atm
- c. Waktu operasi : 1 jam

Dari data neraca massa Appendix A dan neraca panas Appendix B, diketahui :

1. Feed masuk

$$\begin{aligned}\text{Rate} &= 6380,5471 \text{ kg/jam} \\ \text{Temperatur} &= 149,39\text{ }^{\circ}\text{C} = 422,54 \text{ K}\end{aligned}$$

2. Destilat

$$\begin{aligned}\text{Rate} &= 67,4158 \text{ kg/jam} \\ \text{Temperatur} &= 100,59\text{ }^{\circ}\text{C} = 373,74 \text{ K}\end{aligned}$$

3. Bottom

$$\begin{aligned}\text{Rate} &= 6313,1313 \text{ kg/jam} \\ \text{Temperatur} &= 153,37\text{ }^{\circ}\text{C} = 426,52 \text{ K}\end{aligned}$$

**Tahap Perancangan:**

1. Perancangan Kolom Distilasi
  - a. Jumlah plate yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil yang dikehendaki
  - b. Ukuran diameter kolom
  - c. Jarak antara tray (*tray spacing*)
  - d. Konstruksi *detail tray*
2. Perencanaan *nozzle*
  - a. *Nozzle* untuk bahan masuk
  - b. *Nozzle* untuk top kolom
  - c. *Nozzle* untuk refluks kondensor
  - d. *Nozzle* untuk bottom kolom
  - e. *Nozzle* untuk uap reboiler
3. Perencanaan mekanis, meliputi :
  - a. Perancangan *gasket*
  - b. Perancangan *bolting*
  - c. Perancangan *flange*
4. Perencanaan *skirt support* dan pondasi

**Perhitungan :****6.1. Perancangan Kolom Distilasi****A. Menentukan Jumlah Plate**

Dari Appendiks A Neraca Massa diketahui :

Komponen	Feed		Distilat		Bottom	
	Xf	F (kg/jam)	Xd	D (kg/jam)	Xb	B (kg/jam)
C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> NO	0,9620	6316,2251	0,0125	3,1581	0,999960	6313,0670
C <sub>2</sub> H <sub>7</sub> N	0,0005	1,9686	0,0126	1,9666	0,000001	0,0020
H <sub>2</sub> O	0,0364	58,8426	0,9456	58,7838	0,000038	0,0588
HCOOCH <sub>3</sub>	0,0001	0,5795	0,0028	0,5789	0,000000	0,0006
CH <sub>3</sub> OH	0,0010	2,9313	0,0265	2,9284	0,000001	0,0029
<b>Total</b>	<b>1,0000</b>	<b>6380,5471</b>	<b>1,0000</b>	<b>67,4158</b>	<b>1,0000</b>	<b>6313,1313</b>

**Dari Appendix B Neraca Panas diketahui :**

Data Dew Point Untuk Distilat (D) :

Komponen	yid	Ki	$\alpha_i$
C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> NO	0,0125	0,1917	1,0000
C <sub>2</sub> H <sub>7</sub> N	0,0126	14,3768	74,9842
H <sub>2</sub> O	0,9456	1,0213	5,3270
HCOOCH <sub>3</sub>	0,0028	7,7929	40,6452
CH <sub>3</sub> OH	0,0265	3,5633	18,5850
<b>Total</b>	<b>1,0000</b>	<b>26,9461</b>	<b>140,5413</b>

Data Bubble Point Untuk Bottom (B) :

Komponen	xib	Ki	$\alpha_i$
C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> NO	0,999960	1,0004	1,0000
C <sub>2</sub> H <sub>7</sub> N	0,000001	36,7832	36,7685
H <sub>2</sub> O	0,000038	5,2020	5,1999
HCOOCH <sub>3</sub>	0,000000	22,8459	22,8367
CH <sub>3</sub> OH	0,000001	15,0026	14,9965
<b>Total</b>	<b>1,0000</b>	<b>80,8341</b>	<b>80,8017</b>

$$R_{\min} = 5,1933$$

$$\frac{R_{\min}}{R_{\min} + 1} = \frac{5,1933}{5,1933 + 1}$$

$$= 0,8385$$

$$R = 1,5 \times R_{\min}$$

$$= 7,7900$$

$$\frac{R}{R + 1} = \frac{7,7900}{7,7900 + 1}$$

$$= 0,8862$$

Sehingga diperoleh :

$$\frac{N_{\min}}{N} = 0,68$$

(Christie J. Geankoplis, *Transport Process & Unit Operation*, 3<sup>th</sup> edition, hal. 688)

Penentuan jumlah plate minimum ( $N_{\min}$ ) digunakan metode Fenske, dimana :

$$\alpha_{LD} = 5,3270$$

$$\alpha_{LW} = 5,1999$$

$$X_{LD} = 0,945603$$

$$X_{LW} = 0,000038$$

$$X_{HD} = 0,012511$$

$$X_{HW} = 0,999960$$

$$\alpha_{L,av} = (\alpha_{LD} \times \alpha_{LW})^{1/2}$$

(Christie J. Geankoplis, *Transport Process & Unit Operation*, 3<sup>th</sup> edition, hal. 683)

$$= (5,3270 \times 5,1999)^{1/2}$$

$$= 5,2631$$

$$N_m = \frac{\log[(x_{LD} \cdot D/x_{HD} \cdot D)(x_{HW} \cdot W/x_{LW} \cdot W)]}{\log(\alpha_{L,av})}$$

(Christie J. Geankoplis, *Transport Process & Unit Operation*, 3<sup>th</sup> edition, hal. 683)

$$= 8,7355 \approx 9$$

Jumlah plate aktual ditentukan dengan *Gilliand Correlation* antara plate aktual dengan refluk minimum dan plate teoritis, sehingga :

$$\frac{N - N_{\min}}{N + 1} = \frac{N_{\min}}{N}$$

$$\frac{N - N_{\min}}{N + 1} = 0,68$$

$$N - N_{\min} = 0,68 (N + 1)$$

$$N = 29,42 \approx 30 \text{ buah}$$

Jadi jumlah plate aktual adalah 30 buah

## B. Menentukan Letak Umpan Masuk

Penentuan letak umpan masuk menggunakan metode *Kirk-Bride's*, dimana :

$$X_{I,F} = 0,0364$$

$$X_{III,F} = 0,9620$$

$$X_{L,W} = 0,000038$$

$$X_{HD} = 0,012511$$

$$D = 67,4158 \text{ kg/jam}$$

$$W = 6313,1313 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Log } \frac{N_e}{N_s} = 0,206 \log \left[ \left( \frac{X_{HF}}{X_{LF}} \right) \times \frac{W}{D} \times \left( \frac{X_{L,W}}{X_{HD}} \right)^2 \right]$$

(Christie J. Geankoplis. *Transport Process & Unit Operation*, 3<sup>th</sup> edition, per. 11-7-21, hal. 687)

$$\text{Log } \frac{N_e}{N_s} = 0,206 \log \left[ \left( \frac{0,9620}{0,0364} \right) \times \frac{6313,1313}{67,4158} \times \left( \frac{0,000038}{0,012511} \right)^2 \right]$$

$$\text{Log } \frac{N_e}{N_s} = -0,3388$$

$$\frac{N_e}{N_s} = 0,4583$$

$$N_e = 0,4583 N_s \dots\dots\dots (1)$$

$$N_e + N_s = 30$$

$$N_e = 30 - N_s \dots\dots\dots (2)$$

Substitusikan pers. (2) ke pers. (1) :

$$0,4583 N_s = (30 - N_s)$$

$$N_s = 20,5718 \approx 21$$

Jadi feed masuk pada plate ke -21 dari atas.

### C. Menentukan Distribusi Beban Massa pada Kolom

*Aliran uap masuk kondensor (V)*

$$\begin{aligned} V &= (R + 1) \times D \\ &= (7,7900 + 1) \times 3,4536 \text{ kmol/jam} \\ &= 30,3574 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

*Aliran liquida keluar kondensor (L)*

$$\begin{aligned} L &= R \times D \\ &= 7,7900 \times 3,4536 \text{ kmol/jam} \\ &= 26,9037 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

*Aliran uap keluar reboiler (V')*

$$V' = V + F (q - 1)$$

$$= 30,3574 + 89,8309 \quad (1-1)$$

$$= 30,3574 \text{ kmol/jam}$$

*Aliran liquida masuk reboiler (L')*

$$L' = L_0 + (q \times F)$$

$$= 26,9037 + (1 \times 89,8309)$$

$$= 116,7346 \text{ kmol/jam}$$

**Enriching**

$$V = 30,3574 \text{ kmol/jam} = 66,9258 \text{ lbmol/jam}$$

$$L = 26,9037 \text{ kmol/jam} = 59,3119 \text{ lbmol/jam}$$

**Exhausting (Stripping)**

$$V' = 30,3574 \text{ kmol/jam} = 66,9258 \text{ lbmol/jam}$$

$$L' = 116,7346 \text{ kmol/jam} = 257,3532 \text{ lbmol/jam}$$

**Menentukan BM Campuran**

Komponen	$X_F$	$X_D$	$X_B$	$Y_F$	$Y_D$	$Y_B$	BM
$C_3H_7NO$	0,9620	0,0125	0,999960	0,864173	0,001511	1,000362	73,0900
$C_2H_7N$	0,0005	0,0126	0,000001	0,016806	0,140151	0,000019	45,0850
$H_2O$	0,0364	0,9456	0,000038	0,170085	0,615906	0,000197	18,0000
$HCOOCH_3$	0,0001	0,0028	0,000000	0,002287	0,016153	0,000003	60,0520
$CH_3OH$	0,0010	0,0265	0,000001	0,013898	0,063457	0,000016	32,0400
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>228</b>

**Enriching**

- Bagian atas :

$$\begin{aligned} \text{BM liquida} &= (X_D C_3H_7NO \times \text{BM } C_3H_7NO) + (X_D C_2H_7N \times \text{BM } C_2H_7N) \\ &\quad + (X_D H_2O \times \text{BM } H_2O) + (X_D HCOOCH_3 \times \text{BM } \\ &\quad HCOOCH_3) + (X_D CH_3OH \times \text{BM } CH_3OH) \\ &= 78,5860 \text{ lb/lbmol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BM uap} &= (Y_D \text{ C}_3\text{H}_7\text{NO} \times \text{BM C}_3\text{H}_7\text{NO}) + (Y_D \text{ C}_2\text{H}_7\text{N} \times \text{BM C}_2\text{H}_7\text{N}) \\
 &+ (Y_D \text{ H}_2\text{O} \times \text{BM H}_2\text{O}) + (Y_D \text{ HCOOCH}_3 \times \text{BM HCOOCH}_3) + (Y_D \text{ CH}_3\text{OH} \times \text{BM CH}_3\text{OH}) \\
 &= 20,5186 \text{ lb/lbmol}
 \end{aligned}$$

- Bagian bawah :

$$\begin{aligned}
 \text{BM liquida} &= (X_F \text{ C}_3\text{H}_7\text{NO} \times \text{BM C}_3\text{H}_7\text{NO}) + (X_F \text{ C}_2\text{H}_7\text{N} \times \text{BM C}_2\text{H}_7\text{N}) \\
 &+ (X_F \text{ H}_2\text{O} \times \text{BM H}_2\text{O}) + (X_F \text{ HCOOCH}_3 \times \text{BM HCOOCH}_3) + (X_F \text{ CH}_3\text{OH} \times \text{BM CH}_3\text{OH}) \\
 &= 71,0284 \text{ lb/lbmol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BM uap} &= (Y_F \text{ C}_3\text{H}_7\text{NO} \times \text{BM C}_3\text{H}_7\text{NO}) + (Y_F \text{ C}_2\text{H}_7\text{N} \times \text{BM C}_2\text{H}_7\text{N}) \\
 &+ (Y_F \text{ H}_2\text{O} \times \text{BM H}_2\text{O}) + (Y_F \text{ HCOOCH}_3 \times \text{BM HCOOCH}_3) + (Y_F \text{ CH}_3\text{OH} \times \text{BM CH}_3\text{OH}) \\
 &= 67,5643 \text{ lb/lbmol}
 \end{aligned}$$

### *Exhausting*

- Bagian atas :

$$\begin{aligned}
 \text{BM liquida} &= (X_F \text{ C}_3\text{H}_7\text{NO} \times \text{BM C}_3\text{H}_7\text{NO}) + (X_F \text{ C}_2\text{H}_7\text{N} \times \text{BM C}_2\text{H}_7\text{N}) \\
 &+ (X_F \text{ H}_2\text{O} \times \text{BM H}_2\text{O}) + (X_F \text{ HCOOCH}_3 \times \text{BM HCOOCH}_3) + (X_F \text{ CH}_3\text{OH} \times \text{BM CH}_3\text{OH}) \\
 &= 71,0284 \text{ lb/lbmol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BM uap} &= (Y_F \text{ C}_3\text{H}_7\text{NO} \times \text{BM C}_3\text{H}_7\text{NO}) + (Y_F \text{ C}_2\text{H}_7\text{N} \times \text{BM C}_2\text{H}_7\text{N}) \\
 &+ (Y_F \text{ H}_2\text{O} \times \text{BM H}_2\text{O}) + (Y_F \text{ HCOOCH}_3 \times \text{BM HCOOCH}_3) + (Y_F \text{ CH}_3\text{OH} \times \text{BM CH}_3\text{OH}) \\
 &= 67,5643 \text{ lb/lbmol}
 \end{aligned}$$

- Bagian bawah :

$$\begin{aligned}
 \text{BM liquida} &= (X_B \text{ C}_3\text{H}_7\text{NO} \times \text{BM C}_3\text{H}_7\text{NO}) + (X_B \text{ C}_2\text{H}_7\text{N} \times \text{BM C}_2\text{H}_7\text{N}) \\
 &+ (X_B \text{ H}_2\text{O} \times \text{BM H}_2\text{O}) + (X_B \text{ HCOOCH}_3 \times \text{BM HCOOCH}_3) + (X_B \text{ CH}_3\text{OH} \times \text{BM CH}_3\text{OH}) \\
 &= 73,0879 \text{ lb/lbmol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BM uap} &= (Y_B \text{ C}_3\text{H}_7\text{NO} \times \text{BM C}_3\text{H}_7\text{NO}) + (Y_B \text{ C}_2\text{H}_7\text{N} \times \text{BM C}_2\text{H}_7\text{N}) \\
 &+ (Y_B \text{ H}_2\text{O} \times \text{BM H}_2\text{O}) + (Y_B \text{ HCOOCH}_3 \times \text{BM HCOOCH}_3) + (Y_B \text{ CH}_3\text{OH} \times \text{BM CH}_3\text{OH})
 \end{aligned}$$

$$= 73,1215 \text{ lb/lbmol}$$

### Perhitungan Beban Destilasi

	Uap			Liquida		
	lbmol/jam	BM	lb/jam	lbmol/jam	BM	lb/jam
<b>Enriching</b>						
Atas	66,9258	20,5186	1373,2221	59,3119	78,5860	4661,0870
Bawah	66,9258	67,5643	4521,7951	59,3119	71,0284	4212,8326
<b>Exhausting</b>						
Atas	66,9258	67,5643	4521,7951	257,3532	71,0284	18279,3867
Bawah	66,9258	73,1215	4893,7157	257,3532	73,0879	18809,3942

Perhitungan beban destilasi terletak pada *Exhausting* bagian bawah

$$L = 18809,3942 \text{ lb/jam} \quad \text{BM} = 73,0879$$

$$V = 4893,7157 \text{ lb/jam} \quad \text{BM} = 73,1215$$

### Perhitungan densitas campuran :

Densitas uap pada suhu 100,59 °C, diketahui :

$$T_0 = 273,15 \text{ K}$$

$$T_1 = 100,59 \text{ °C} = 373,74 \text{ K}$$

$$V_0 = 359 \text{ ft}^3 \text{ (volume udara dalam keadaan standard)}$$

$$P_0 = 1 \text{ atm}$$

$$T_1 = 1 \text{ atm}$$

$$\begin{aligned} \rho_v &= \frac{\text{BM} \times T_0 \times P_1}{V_0 \times T_1 \times P_0} \\ &= \frac{73,1215 \times 273,15 \times 1}{359 \times 373,74 \times 1} \\ &= 0,1489 \text{ lb/ft}^3 \end{aligned}$$



Densitas liquida pada suhu 149,39 °C, diketahui :

Komponen	massa (kg/jam)	massa (lb/jam)	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho$ (lb/ft <sup>3</sup> )
C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> NO	6313,0670	13917,7875	0,9440	58,9339
C <sub>2</sub> H <sub>7</sub> N	0,0020	0,0043	0,6700	41,8281
H <sub>2</sub> O	0,0588	0,1297	0,9971	62,2490
HCOOCH <sub>3</sub>	0,0006	0,0013	0,9800	61,1814
CH <sub>3</sub> OH	0,0029	0,0065	0,7918	49,4321
<b>Total</b>	<b>6313,1313</b>	<b>13917,9293</b>	<b>4,3829</b>	<b>273,6244</b>

$$\rho_L = \frac{\text{massa total}}{\sum(\text{massa komponen/densitas komponen})}$$

$$= 58,9339 \text{ lb/ft}^3$$

#### D. Menentukan Surface Tension Bahan ( $\sigma$ )

$$\sigma = \left\{ \frac{[P]}{1000} (\rho_L - \rho_G) \right\}^4$$

(Robert H. Perry & Cecil H. Chilton, *Chem. Eng.'s Handbook*, Edisi 7, pers. 2-168, hal. 2-372)

Perhitungan jumlah Parachor [P]

Komponen	[P]
C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> NO	172,8
C <sub>2</sub> H <sub>7</sub> N	144,0
H <sub>2</sub> O	50,8
HCOOCH <sub>3</sub>	119,6
CH <sub>3</sub> OH	90,8
<b>Total</b>	<b>578,0</b>

$$\text{Surface tension pada bahan } (\sigma) = \left\{ \frac{[P]}{1000} (\rho_L - \rho_G) \right\}^4$$

$$= 1,63 \text{ dyne/cm}$$

### E. Dasar Perancangan Kolom Distilasi

$$L = 18809,3942 \text{ lb/jam} \quad \rho_L = 58,9339 \text{ lb/ft}^3$$

$$V = 4893,7157 \text{ lb/jam} \quad \rho_V = 0,1489 \text{ lb/ft}^3$$

#### 1. Menentukan diameter tray dan spacing kolom destilasi

$$G = C \sqrt{\rho_V (\rho_L - \rho_V)}$$

(Ernest E. Ludwig, *Design for Chemical & Petrochemical Plants*, hal. 56)

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{V_M}{G}}$$

Misalkan  $Lw/d = 60\%$ , diperoleh nilai  $Ad$  sebesar  $5\%At$  (Ludwig, Fig.8-48, hal. 77)

$$\text{Harga shell} = \pi \cdot d \cdot (T/12) \times h_1 \quad (h_1 = \$ 2,8/\text{ft}^2)$$

$$\text{Harga tray} = (1 - 0,05) \cdot \pi/4 \cdot d^2 \times h_2 \quad (h_2 = \$ 0,79/\text{ft}^2)$$

$$\text{Harga downcomer} = 0,6 \cdot T/12 \times h_3 \quad (h_3 = \$ 0,5/\text{ft}^2)$$

$$\text{Harga Total} = \text{Harga Shell} + \text{Harga Tray} + \text{Harga Downcomer}$$

Dari Gambar 8-38. Ernest E. Ludwig, hal. 56 didapatkan harga  $C$  pada  $\sigma = 1,63 \text{ dyne/cm}$ , sehingga didapatkan tabel seperti dibawah ini untuk  $T$  antara 12 – 36 inch :

Tabel perhitungan *diameter tray dan tray spacing* kolom destilasi

T (in)	C	G	d	Harga (T/ft2)			Total
				Shell	Tray	Downcomer	
10	30	88,7458	8,3912	61,4795	41,4828	0,2500	103,2123
12	80	236,6553	5,1385	45,1780	15,5561	0,3000	61,0341
15	175	517,6836	3,4743	38,1824	7,1113	0,3750	45,6688
18	245	724,7570	2,9363	38,7240	5,0795	0,4500	44,2536
20	275	813,5027	2,7715	40,6120	4,5254	0,5000	45,6374
24	335	990,9943	2,5111	44,1550	3,7149	0,6000	48,4699
30	385	1138,9038	2,3424	51,4851	3,2324	0,7500	55,4676
36	420	1242,4406	2,2426	59,1519	2,9631	0,9000	63,0150

Diambil  $T = 18$  in dengan  $d = 2,9363$  ft = 35,236 in, karena mempunyai harga yang paling murah.

2. Menentukan type aliran

$$L = \frac{18809,3942 \text{ lb/jam}}{58,9339 \text{ lb/ft}^3} \times \frac{7,48 \text{ gal/ft}^3}{60 \text{ menit}} = 39,7887 \text{ gpm}$$

Dengan kecepatan aliran sebesar 39,7887 gpm dan  $d = 2,9363$  ft, dari gambar 8.63 Ernest E. Ludwig hal. 96, type aliran "**Cross Flow**".

3. Pengecekan terhadap liquid head ( $h_L$ )

$$Q_{L,max} = 1,3 \times L = 1,3 \times 39,7887 \text{ gpm} = 51,7253 \text{ gpm}$$

$$Q_{L,min} = 0,7 \times L = 0,7 \times 39,7887 \text{ gpm} = 27,8521 \text{ gpm}$$

$$h_{ow,max} = \left[ \frac{Q_{max}}{2,98 Lw} \right]^{2/3}$$

$$h_{ow,min} = \left[ \frac{Q_{min}}{2,98 Lw} \right]^{2/3}$$

$$h_w = 1,5 - 3,5 \text{ in}$$

$$h_{L,max} = h_w + h_{ow,max}$$

$$h_{L,min} = h_w + h_{ow,min}$$

Untuk  $d = 2,9363$  ft = 35,236 in,  $T = 18$  in, Sieve Tray dan Cross Flow :

Lw/d	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80
Lw (in)	<b>19,3796</b>	21,1414	22,9032	24,6650	26,4268	28,1886
How max (in)	<b>0,9292</b>	0,8768	0,8312	0,7912	0,7556	0,7238
How min (in)	<b>0,6150</b>	0,5803	0,5502	0,5236	0,5001	0,4790
hw (in)	<b>1,5</b>	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
hl max (in)	<b>2,4292</b>	2,3768	2,3312	2,2912	2,2556	2,2238
hl min (in)	<b>2,1150</b>	2,0803	2,0502	2,0236	2,0001	1,9790

Diambil optimalisasi diameter kolom destilasi sesuai dengan :

$$Lw/d = 55 \%, \text{ dengan } Lw = 19,3796 \text{ in}$$

$$h_w - h_c = \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$hc = (1,5 - \frac{1}{4}) \text{ in}$$

$$= 1,25 \text{ in}$$

$$Ac = Lw \times hc$$

$$= 19,3796 \text{ in} \times 1,25 \text{ in}$$

$$= 24,2245 \text{ in}^2$$

$$Ad = 4 \% At$$

(Ernest E. Ludwig, *Design for Chemical & Petrochemical Plants*, Gambar 8.48, hal. 77)

$$= 4 \% \times \pi/4 \cdot d^2 = 0,2707 \text{ ft}^2$$

Mencari harga  $Ac$  :

$Ac$  pada  $hc = 1,5 \text{ in}$  sehingga  $hc = 1,25 \text{ in} \rightarrow$

$$Ac = \frac{hc \cdot Lw}{144} = \frac{1,25 \times 19,3796}{144} = 0,1682 \text{ ft}^2$$

$Ac$  pada  $hc = 3,5 \text{ in}$  sehingga  $hc = 3,25 \text{ in} \rightarrow$

$$Ac = \frac{hc \cdot Lw}{144} = \frac{3,25 \times 19,3796}{144} = 0,4374 \text{ ft}^2$$

$$Ap = 0,1682 \text{ ft}^2 \text{ (harga terkecil dari } Ac \text{ dan } Ad)$$

$$hd = 0,03 \left[ \frac{Q_{l, \max}}{100 \times Ap} \right]^2$$

$$= 0,03 \left[ \frac{51,7253}{100 \times 0,1682} \right]^2$$

$$hd = 0,2836 \text{ in} < 1 \text{ in (memenuhi)}$$

#### 4. Pengecekan harga tray spacing (I)

Untuk  $Lw/d$  sebesar 55 %, didapatkan :

$$Wd = 8,5\% \times d$$

(Ernest E. Ludwig, *Design for Chemical & Petrochemical Plants*, Gambar 8.48, hal. 77)

$$= 2,9951 \text{ in}$$

$$r = \frac{1}{2} d = \frac{1}{2} \times 2,9363 \text{ ft} = 1,4682 \text{ ft}$$

$$Ws = 3 \text{ in (luas daerah penenang / calming zone)}$$

$$x = r - \frac{Wd + Ws}{12}$$

$$= 1,4682 - \frac{2,9951 + 3}{12}$$

$$= 0,9686 \text{ ft}$$

$$Aa = 2 \left( x \sqrt{r^2 - x^2} + r^2 \sin^{-1} \frac{x}{r} \right)$$

$$= 5,2431 \text{ ft}^2$$

Susunan lubang adalah segitiga

$$\frac{Ao}{Aa} = \frac{0,9065}{n^2}$$

N	2,5	3	3,5	4	4,5
Aa (ft <sup>2</sup> )	<b>5,2431</b>	5,2431	5,2431	5,2431	5,2431
Ao (ft <sup>2</sup> )	<b>0,7605</b>	0,5281	0,3880	0,2971	0,2347

Untuk Lw/d sebesar 55 %, maka Ad = 4 %.At

$$V = 4893,7157 \text{ lb/jam} = 29,1709 \text{ ft}^3/\text{dt}$$

$$V_{\max} = 1,3 \times V = 1,3 \times 29,1709 = 37,9222 \text{ ft}^3/\text{dt}$$

$$V_{\min} = 0,7 \times V = 0,7 \times 29,1709 = 20,4197 \text{ ft}^3/\text{dt}$$

Untuk n = 2,5 maka :

$$Uo \text{ max} = \frac{V_{\max}}{Ao}$$

$$= \frac{37,9222}{0,7605} = 49,8675 \text{ ft}$$

$$Ac = At - Ad$$

$$= (\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2) - (4\% \cdot At)$$

$$= (0,25 \times 3,14 \times 2,9363^2) - 0,2707$$

$$= 6,4975 \text{ ft}^2$$

$$Hp = 12 \left( \frac{\rho_v}{\rho_l} \right) 1,14 \left( \frac{Uo^2}{2 \times gc} \right) \left[ 0,4 \left( 1,25 - \frac{Ao}{Ac} \right) + \left( 1 + \frac{Ao}{Ac} \right)^2 \right]$$

$$= 2,2714 \text{ in}$$

$$hr = \frac{31,2}{\rho_l} = \frac{31,2}{58,9339} = 0,5294 \text{ in}$$

$$hl = h_{ow} + h_w = 2,4292 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} h_t &= h_p + h_r + h_l \\ &= 5,23 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_b &= h_t + h_l + h_d \\ &= 7,9428 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\text{Pengecekan nilai : } \frac{h_b}{T + h_w}$$

$$\frac{h_b}{T + h_w} \leq 0,5$$

$$\frac{7,9428}{18 + 1,5} \leq 0,5$$

$$0,4073 \leq 0,5 \text{ (memenuhi)}$$

#### 5. Stabilitas Tray dan Weeping

$$U_{o\min} = \frac{V_{\min}}{A_o} = \frac{20,4197}{0,7605} = 26,8517 \text{ ft/dt}$$

$$\begin{aligned} h_{pm} &= 12 \left( \frac{\rho_v}{\rho_L} \right) 1,14 \left( \frac{U_o^2}{2 \times g_c} \right) \left[ 0,4 \left( 1,25 - \frac{A_o}{A_c} \right) + \left( 1 - \frac{A_o}{A_c} \right)^2 \right] \\ &= 0,6586 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{pw} &= 0,2 + 0,05 h_l \\ &= 0,2 + 0,05 (2,4292) \\ &= 0,3215 \text{ in} \end{aligned}$$

Karena  $h_{pm} > h_{pw}$  maka tray sudah stabil untuk  $n = 2,5$

#### 6. Pengecekan pada Entrainment

Syarat tidak terjadi entrainment :  $\frac{p_o}{p} \geq 1$ , dimana  $p_o = 0,1$

$$U_c = \frac{V}{A_c} = \frac{29,1709}{6,4975} = 3,2884 \text{ ft/s}$$

$$T_c = T - 2,5 h_l = 18 - 2,5(2,4292) = 11,9271 \text{ in}$$

Sehingga :

$$p = 0,22 \left( \frac{73}{\sigma} \right) \left( \frac{U_c}{T_c} \right)^{3,2} = 0,0998$$

$$\frac{p_o}{p} = \frac{0,1}{0,0998} = 1,002 \geq 1 \text{ (memenuhi syarat/tidak terjadi entrainment)}$$

7. *Pelepasan uap dalam Downcomer*

$$\text{Syarat pelepasan uap dalam downcomer : } \frac{w_l}{w_d} \leq 0,6 \text{ in}$$

$$w_l = 0,8 \times \sqrt{h_{ow} (T + h_w + h_b)} = 1,7904 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} w_d &= 8,5\%d \text{ (8,5\% dari Ludwig, fig. 8.48 hal. 77, dengan } l_w/d = 55 \%) \\ &= 2,9951 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\frac{w_l}{w_d} = \frac{1,7904}{2,9951} = 0,5978 < 0,6 \text{ (memadai)}$$

8. *Menentukan Dimensi Kolom*

a. Menentukan Tinggi Kolom

$$\text{Jumlah tray aktual} = 30 \text{ tray}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tray total} &= \text{tray aktual} + 1 \text{ tray kondensor} + 1 \text{ tray reboiler} \\ &= 32 \text{ tray} \end{aligned}$$

$$\text{Jarak antar tray (I)} = 18 \text{ in}$$

$$\text{Ditetapkan : * tinggi ruang uap} = 4 \text{ ft} = 48 \text{ in}$$

$$\text{* tinggi ruang liquid} = 6 \text{ ft} = 72 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi shell} &= (T \times \text{jumlah tray total}) + \text{tinggi ruang uap} + \text{tinggi} \\ &\quad \text{ruang liquid} \end{aligned}$$

$$= (18 \times 32) + 48 + 72 = 696 \text{ in}$$

$$d_i \text{ kolom distilasi} = 35,2361 \text{ in} = 2,9363 \text{ ft}$$

b. Menentukan tinggi larutan di dalam kolom

$$\text{Umpan masuk} = 6380,5471 \text{ kg/jam} = 14066,5542 \text{ lb/jam}$$

Waktu tinggal volume selama 1 jam :

$$V_{\text{liquid}} = \frac{F}{\rho_L} = \frac{14066,5542 \text{ lb/jam}}{58,9339 \text{ ft}^3/\text{lb}} = 238,6834 \text{ ft}^3$$

Tutup atas dan bawah berbentuk standar dished head

$$V_{\text{tutup}} = 0,0847 d_i^3 = 2,1443 \text{ ft}^3$$

$$\text{Tinggi tutup (La = Lb)} = 0,169 d_i = 0,4962 \text{ ft} = 5,9549 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi tangki total} = L_a + L_b + L_s$$

$$\begin{aligned}
 &= 5,9549 + 5,9549 + 696 \\
 &= 707,9098 \text{ in} = 58,9919 \text{ ft} = 17,9809 \text{ m} \\
 hl &= 34,9486 \text{ ft} \\
 P_{\text{operasi}} &= 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} \\
 P_{\text{design}} &= P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}} \\
 &= 14,7 + \frac{\rho_L (hl - 1)}{144} \\
 &= 14,7 + \frac{58,9339 (34,9486 - 1)}{144} \\
 &= 29,0032 \text{ psia} = 29,0032 \text{ lbf/in}^2
 \end{aligned}$$

c. Menentukan tebal tangki ( $t_s$ )

Berdasarkan Brownell & Young Appendiks D hal. 342, bahan yang digunakan adalah Carbon Steel SA 240 grade M tipe 316 dengan asumsi tebal shell sebesar  $3/16 \text{ in} = 0,1875 \text{ in}$

$$l = T = 18 \text{ in}$$

$$\text{Suhu operasi} = 149,39 \text{ }^\circ\text{C} = 300,90 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned}
 l/do &= \frac{l}{(d \times 12) + 0,1875} \\
 &= \frac{18}{(2,9363 \times 12) + 0,1875} \\
 &= 0,5081 \\
 do/t &= \frac{2,9363 \times 12}{0,1875} \\
 &= 187,9237
 \end{aligned}$$

Dari gambar 8.8 hal.147 Brownell & Young diperoleh :

$$B = 12000$$

$$P_{\text{allow}} = \frac{B}{do/t} = \frac{12000}{187,9237} = 63,8557 \text{ psi} > 15 \text{ psi (memenuhi)}$$

Diketahui nilai  $f$  adalah sebesar  $17900 \text{ lb/in}^2$  dan untuk double welded butt joint, maka nilai efisiensinya adalah 80%. Maka untuk faktor korosi ( $C$ ) sebesar  $1/16$  nilai  $t_s$  adalah :



$$\begin{aligned}
 t_s &= \frac{P_i \times d_i}{2(f \times E - 0,6 \times P_i)} + C \\
 &= \frac{63,8557 \times 35,2361}{2(17900 \times 0,8 - 0,6 \times 638557)} + \frac{1}{16} \\
 &= 0,1413 \text{ in} \approx 3/16 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Jadi tebal shell ( $t_s$ ) = 3/16 in

Standardisasi  $d_o$  :

$$d_o = d_i + 2 t_s = 35,6111 \text{ in} \approx 36 \text{ in}$$

Dari tabel 5.7 Brownell & Young hal. 89 diperoleh :

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

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

$$\text{maka : } d_i \text{ baru} = d_o - 2 t_s$$

$$= 35,6250 \text{ in} = 2,9688 \text{ ft}$$

d. Menentukan tebal tutup standar dishead ( $t_h$ )

Tutup atas dan tutup bawah berbentuk standard dished ( $t_{ha} = t_{hb}$ )

$$\text{Syarat : } r = d_o = 36 \text{ in}$$

Dari Appendix D hal. 342 Brownell & Young dapat diketahui :

$$f = 17900 \text{ lb/in}^2$$

sehingga :

$$\begin{aligned}
 t_{ha} &= \frac{0,885 \times P_i \times d_i}{(f \times E - 0,1 \times P_i)} + C \\
 &= \frac{0,885 \times 63,8557 \times 35,625}{(17900 \times 0,80 - 0,1 \times 63,8557)} + \frac{1}{16} \\
 &= 0,2032 \text{ in} \approx 4/16 \text{ in}
 \end{aligned}$$

## 6.2. Perancangan Nozzle

Nozzle pada kolom destilasi dibagi menjadi 5 macam :

1. Nozzle feed masuk
2. Nozzle top kolom
3. Nozzle refluks kondensor
4. Nozzle bottom kolom
5. Nozzle uap reboiler

Berikut ini adalah perhitungan untuk masing-masing nozzle:

1. *Nozzle feed masuk (A)*

$$\text{Rate} = 67,4158 \text{ kg/jam} = 148,6249 \text{ lb/jam}$$

$$\rho_L = 58,9339 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q = \frac{m}{\rho_L} = \frac{148,6249 \text{ lb/jam}}{58,9339 \text{ lb/ft}^3}$$

$$= 2,5219 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,0007 \text{ ft}^3/\text{dt}$$

Dari *Peters & Timmerhaus 4<sup>th</sup>*, pers. 15 hal. 496, didapat :

$$\text{Di optimal} = 3,9 \times Q_L^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

$$= 0,25 \text{ in} \approx 0,5 \text{ in}$$

Dipilih pipa standar (Brownell & Young Appendix K hal : 386 - 387) :

$$\text{Nominal pipa} = 0,5 \text{ in sch 40}$$

$$\text{OD} = 0,84 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 0,622 \text{ in}$$

$$A = 0,25 \text{ in}^2$$

2. *Nozzle top kolom (B)*

$$\text{Rate} = 67,4158 \text{ kg/jam} = 148,6249 \text{ lb/jam}$$

$$\rho_v = 0,1489 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q = \frac{m}{\rho_v} = \frac{148,6249 \text{ lb/jam}}{0,1489 \text{ lb/ft}^3}$$

$$= 998,4033 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,2773 \text{ ft}^3/\text{dt}$$

Dari *Peters & Timmerhaus 4<sup>th</sup>*, pers. 15 hal. 496, didapat :

$$\text{Di optimal} = 3,9 \times Q_L^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

$$= 1,71 \text{ in} \approx 2 \text{ in}$$

dipilih pipa standar (Brownell & Young Appendix K hal : 386 - 387) :

$$\text{Nominal pipa} = 2 \text{ in sch 40}$$

$$\text{OD} = 2,375 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 2,067 \text{ in}$$

$$A = 1,074 \text{ in}^2$$

3. *Nozzle refluks kondensor (C)*

$$\text{Rate} = 30,3574 \text{ kg/jam} = 66,9258 \text{ lb/jam}$$

$$\rho_v = 0,1489 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q = \frac{m}{\rho_v} = \frac{66,9258 \text{ lb/jam}}{0,1489 \text{ lb/ft}^3}$$

$$= 449,5812 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,1249 \text{ ft}^3/\text{dt}$$

Dari *Peters & Timmerhaus 4<sup>th</sup>*, pers. 15 hal. 496, didapat :

$$\text{Di optimal} = 3,9 \times Q_L^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

$$= 1,19 \text{ in} \approx 1,25 \text{ in}$$

dipilih pipa standar (Brownell & Young Appendix K hal : 386 - 387) :

$$\text{Nominal pipa} = 1,25 \text{ in sch 40}$$

$$\text{OD} = 1,66 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 1,38 \text{ in}$$

$$A = 0,688 \text{ in}^2$$

#### 4. Nozzle bottom kolom (D)

$$\text{Rate} = 6313,1313 \text{ kg/jam} = 13917,9293 \text{ lb/jam}$$

$$\rho_L = 58,9339 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q = \frac{m}{\rho_v} = \frac{13917,9293 \text{ lb/jam}}{58,9339 \text{ lb/ft}^3}$$

$$= 236,1615 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,0656 \text{ ft}^3/\text{dt}$$

Dari *Peters & Timmerhaus 4<sup>th</sup>*, pers. 15 hal. 496, didapat :

$$\text{Di optimal} = 3,9 \times Q_L^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

$$= 1,94 \text{ in} \approx 2 \text{ in}$$

dipilih pipa standar (Brownell & Young Appendix K hal : 386 - 387) :

$$\text{Nominal pipa} = 2 \text{ in sch 40}$$

$$\text{OD} = 2,375 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 2,067 \text{ in}$$

$$A = 1,074 \text{ in}^2$$

#### 5. Nozzle uap reboiler (E)

$$\text{Rate} = 30,3574 \text{ kg/jam} = 66,9258 \text{ lb/jam}$$

$$\rho_v = 0,1489 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q = \frac{m}{\rho_v} = \frac{66,9258 \text{ lb/jam}}{0,1489 \text{ lb/ft}^3}$$

$$= 449,5812 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,1249 \text{ ft}^3/\text{dt}$$

Dari *Peters & Timmerhaus 4<sup>th</sup>*, pers. 15 hal. 496, didapat :

$$\text{Di optimal} = 3,9 \times Q_L^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

$$= 1,19 \text{ in} \approx 1,25 \text{ in}$$

dipilih pipa standar (Brownell & Young Appendix K hal : 386 - 387) :

$$\text{Nominal pipa} = 1,25 \text{ in sch 40}$$

$$\text{OD} = 1,66 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 1,38 \text{ in}$$

$$A = 0,688 \text{ in}^2$$

Dari Brownell & Young, gambar 12.2 hal. 221 didapat dimensi flange untuk semua nozzle, dipilih *flange standart type welding neck* dengan dimensi :

Nozzle	NPS	A	T	R	E	K	L	B
A	1/2	3 1/2	7/16	1 3/8	1 3/16	0,84	1 7/8	0,62
B	2	6	3/4	3 5/8	3 1/16	2,38	2 1/2	2,07
C	1 1/4	4 5/8	5/8	2 1/2	2 5/16	1,66	2 1/4	1,38
D	2	6	3/4	3 5/8	3 1/16	2	2 1/2	2
E	1 1/4	4 5/8	5/8	2 1/2	2 5/16	2	2 1/4	1,38

Keterangan :

NPS : Ukuran nominal pipa

A : Diameter luar flange, in

T : Tebal minimal flange, in

R : Diameter luar bagian yang menonjol, in

E : Diameter hubungan pada base, in

K : Diameter hubungan pada welding, in

L : Panjang hubungan, in

B : Diameter dalam flange, in

### 6.3. Perancangan Mekanis

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

#### 1. Flange

Bahan	:	<i>High Alloy Steel SA-336 Grade F8 type 304</i>
Tensile stress minimum	:	75.000
Allowable stress	:	17000 lb/in <sup>2</sup>
Type flange	:	Ring Flange Loose Type

(Brownell & Young, *Process Equipment Design*, App. D, hal. 344)

#### 2. Bolting

Bahan	:	<i>High Alloy steel SA-193 Grade B8 type 304</i>
Tensile stress minimum	:	75.000
Allowable stress	:	15000 lb/in <sup>2</sup>

(Brownell & Young, *Process Equipment Design*, App. D, hal. 344)

#### 3. Gasket

Bahan	:	<i>Solid Flat Metal Iron</i>
Gasket faktor (m)	:	5,5
Minimum design seating stress (Y)	:	18.000

(Brownell & Young, *Process Equipment Design*, gambar 12.11, hal. 228)

### 1. Menentukan Lebar Gasket

Penentuan lebar gasket dengan menggunakan rumus dari *Brownell & Young* pers. 12.2 hal. 226, dimana :

$$\frac{d_o}{d_i} = \sqrt{\frac{y - p.m}{y - p(m+1)}} = \sqrt{\frac{18000 - (29,0032 \times 5,5)}{18000 - 29,0032(5,5 + 1)}} = 1,0008$$

$$d_i \text{ gasket} = \text{OD shell} = 36 \text{ in}$$

$$d_o \text{ gasket} = 36,0293 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar gasket minimum (N)} &= \frac{(d_o - d_i)}{2} \\ &= \frac{(36,0293 - 36)}{2} \times \frac{16}{16} \end{aligned}$$

$$= \frac{0,2344}{16} \approx \frac{1}{16} \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter rata-rata gasket (G)} &= d_o + \text{lebar gasket} \\ &= 36 + 0,0625 = 36,0625 \text{ in} \end{aligned}$$

## 2. Perhitungan Jumlah dan Ukuran Baut

### \* Perhitungan beban baut

- a. Beban supaya gasket tidak bocor ( $H_Y$ )

$$W_{m_2} = H_Y = b \cdot \pi \cdot G \cdot y$$

(Brownell & Young, *Process Equipment Design*, pers. 12.88, hal. 240)

Dari gambar 12.12, hal. 229 didapat lebar *seating gasket* bawah :

$$b_o = \frac{N}{2} = \frac{1/16}{2} = 0,0313 \text{ in}$$

$$\text{untuk } b_o < 1/4, b = b_o = 1/32 = 0,0313 \text{ in}$$

sehingga :

$$H_Y = W_{m_2} = 0,0313 \times 3,14 \times 36,0625 \times 18.000 = 63695,3906 \text{ lb}$$

- b. Beban tanpa tekanan ( $H_p$ )

$$H_p = 2 \cdot b \cdot \pi \cdot G \cdot m \cdot p$$

(Brownell & Young, *Process Equipment Design*, pers. 12.90, hal. 240)

$$= 2 \times 0,0313 \times 3,14 \times 36,0625 \times 5,5 \times 29,0032$$

$$= 1128,9482 \text{ lb}$$

- c. Beban baut karena *internal pressure* ( $H$ )

$$H = \frac{\pi \times G^2 \times p}{4}$$

(Brownell & Young, *Process Equipment Design*, pers. 12.89, hal. 240)

$$= \frac{3,14 \times 36,0625^2 \times 29,0032}{4}$$

$$= 29609,2335 \text{ lb}$$

- d. Total berat pada kondisi operasi

$$W_{m_1} = H + H_p = 30738,1817 \text{ lb}$$

Karena  $W_{m_2} > W_{m_1}$ , maka yang mengontrol adalah  $W_{m_2}$

### \* Perhitungan luas bolting minimum area

Dengan persamaan 12-93, *Brownell and Young*, hal 240 :

$$A_m = \frac{W_{m_2}}{f_b} = \frac{63695,3906}{15000} = 4,2464 \text{ in}$$

\* *Perhitungan bolt minimum*

Dari *Brownell & Young*, tabel 10.4 hal 188 dicoba :

$$\text{Ukuran baut} = 1/2 \text{ in}$$

$$\text{Root area} = 0,126 \text{ in}^2$$

Maka jumlah bolting minimum =

$$\frac{A_m}{\text{Root area}} = \frac{4,2464}{0,126} = 33,7013 \approx 34 \text{ buah}$$

Dari *Brownell & Young*, tabel 10.4, hal. 188 didapat :

$$\text{Bolt spacing (Bs)} = 1\frac{1}{4} \text{ in}$$

$$\text{Minimum radial distance (R)} = 1\frac{3}{16} \text{ in}$$

$$\text{Edge distance (E)} = 5/8 \text{ in}$$

$$\text{Bolting circle diameter (C)} = \text{ID shell} + 2(1,4159 \times \text{go} + R)$$

$$\text{Dengan : go} = \text{tebal shell} = 3/16 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} C &= 35,6250 + 2 \times ((1,4159 \times 3/16) + 1\frac{3}{16}) \\ &= 37,7810 \text{ in} \end{aligned}$$

Diameter luar flange :

$$\text{OD} = C + 2E$$

$$= 37,7810 + 2(5/8)$$

$$= 39,0310 \text{ in}$$

*Pengecekan lebar gasket :*

$$\text{Ab actual} = \text{jumlah bolt} \times \text{root area}$$

$$= 34 \times 0,126 \text{ in}^2$$

$$= 4,284 \text{ in}^2$$

$$\text{Lebar gasket minimum} = \frac{\text{Ab actual} \times F}{2 \times \pi \times Y \times G}$$

$$= \frac{4,284 \times 15000}{2 \times 3,14 \times 18.000 \times 36,0625}$$

$$= 0,0158 < 0,625 \text{ in (memenuhi)}$$

Jadi, lebar gasket =  $0,0158 \text{ in} \approx \frac{1}{16} \text{ in}$

\* *Perhitungan moment*

a. Untuk keadaan bolting up (tanpa tekanan dalam)

$$\begin{aligned} W &= \frac{(A_b + A_m) \times F_a}{2} \\ &\quad \text{(Brownell \& Young, Process Equipment Design, pers. 12.94, hal. 242)} \\ &= \frac{(4,284 + 4,2464) \times 15000}{2} \\ &= 63977,6953 \text{ lb} \end{aligned}$$

b. Jarak radial dari beban gasket terhadap bolt circle (hg)

$$\begin{aligned} hg &= \frac{C - ID}{2} \\ &\quad \text{(Brownell \& Young, Process Equipment Design, pers. 12.101, hal. 242)} \\ &= \frac{37,7810 - 35,6250}{2} \\ &= 1,0780 \text{ in} \end{aligned}$$

c. Moment Flange ( $M_a$ ) :

$$\begin{aligned} M_a &= hg \times W \\ &= 1,0780 \times 63977,6953 \text{ lb} \\ &= 68966,7560 \text{ lb in} \end{aligned}$$

Dalam keadaan operasi :

$$\begin{aligned} W &= W_{m2} \\ &= 63695,3906 \text{ lb} \end{aligned}$$

d. Moment & force pada daerah dalam flange ( $H_D$ )

$$\begin{aligned} H_D &= 0,785 \times B^2 \times p \\ &\quad \text{(Brownell \& Young, Process Equipment Design, pers. 12.96, hal. 242)} \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} B &= \text{Diameter luar shell} &= 36 \text{ in} \\ p &= \text{tekanan operasi} &= 29,0032 \text{ psi} \\ H_D &= 0,785 \times 36^2 \times 29,0032 &= 28872,5506 \text{ lb} \end{aligned}$$

Radial bolt circle pada aksi  $H_D$



$$h_D = \frac{C - B}{2} = \frac{37,7810 - 36}{2} = 1,0850 \text{ in}$$

e. Moment  $M_D$  :

$$\begin{aligned} - M_D &= h_D \times H_D \\ &\text{(Brownell \& Young, Process Equipment Design, pers. 12.96, hal. 242)} \\ &= 1,0850 \times 28872,5506 \\ &= 31325,4014 \text{ lb.in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - h_G &= W - H \\ &\text{(Brownell \& Young, Process Equipment Design, pers. 12.98, hal. 242)} \\ &= 63977,6953 - 29609,2335 \\ &= 34368,4619 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - M_G &= h_G \times h_D \\ &\text{(Brownell \& Young, Process Equipment Design, pers. 12.98, hal. 242)} \\ &= 34368,4619 \times 1,0850 \\ &= 37288,2146 \text{ lb.in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - H_T &= H - H_D \\ &\text{(Brownell \& Young, Process Equipment Design, pers. 12.97, hal. 242)} \\ &= 29609,2335 - 28872,5506 \\ &= 736,6829 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - h_T &= \frac{h_D + h_g}{2} \\ &= \frac{1,0850 + 1,0780}{2} \\ &= 1,0815 \end{aligned}$$

f. Moment  $M_T$  :

$$M_T = H_T \times h_T = 736,6829 \times 1,0815 = 796,6988 \text{ lb.in}$$

Moment total pada keadaan operasi :

$$\begin{aligned} M_o &= M_D + M_G + M_T \\ &= 31325,4014 + 37288,2146 + 796,6988 \\ &= 69410,3149 \text{ lb.in} \end{aligned}$$

$M_{max}$  adalah  $M_o$  karena  $M_o > M_a$

### 3. Perhitungan tebal flange

$$t = \sqrt{\frac{Y \times M \max}{f \times B}}$$

(Brownell & Young, *Process Equipment Design*, pers. 12.85, hal. 242)

dimana :  $K = \frac{A}{B}$

A = diameter luar flange = 39,0310 in

B = diameter luar shell = 36 in

Maka :

$$K = \frac{39,0310}{36} = 1,0960$$

Dari *Brownell & Young*, pers 12.22 hal. 238 dengan harga  $K = 1,0960$  didapat harga  $Y = 21$

Sehingga tebal flange :

$$t = \sqrt{\frac{Y \times M \max}{f \times B}}$$

$$= \sqrt{\frac{21 \times 69410,3149}{17000 \times 36}} = 1,5517 \text{ in} \approx 1,75 \text{ in}$$

### 6.3. Perancangan Penyangga

Penyangga dirancang untuk menahan beban kolom destilasi dan perlengkapannya. Beban-beban yang ditahan oleh kolom penyangga terdiri dari :

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

## 1. Perhitungan beban yang harus ditahan kolom penyangga

### a. Berat shell

$$\text{Tebal shell} = 0,1875 \text{ in} = 0,0156 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi shell} = 696 \text{ in} = 58 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling shell} &= \pi \cdot d_o = 3,14 \times 36 \text{ in} \\ &= 111,8187 \text{ in} = 9,3182 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas shell} &= \text{keliling} \times \text{tebal shell} \\ &= 9,3182 \times 0,0156 = 0,1456 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume shell} &= \text{luas shell} \times \text{tinggi} \\ &= 0,1456 \times 58 \text{ ft} = 8,4446 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{steel}} = 489 \text{ lb/ft}^3$$

(Robert H. Perry, *Chem. Eng. 's Handbook*, 5th. Ed, tabel 3-120, hal.3-90)

$$\begin{aligned} \text{Berat shell (Ws)} &= \text{Volume} \times \rho_{\text{steel}} \\ &= 8,4446 \times 489 = 4129,43 \text{ lb} \end{aligned}$$

### b. Berat tutup

$$W_{di} = A \times t \times \rho_{\text{steel}}$$

$$A = 6,28 \times R_c \times h$$

(Herman C. Hesse, *Process Equipment Design*, pers. 4-16, hal. 92)

Dimana :

$$W_d = \text{berat tutup standart dish (lb)}$$

$$A = \text{luas tutup standart dish (ft}^2\text{)}$$

$$t = \text{tebal tutup standart dish} = 0,25 \text{ in} = 0,0208 \text{ ft}$$

$$\rho = \text{densitas} = 489 \text{ lb/ft}^3$$

$$R_c = \text{crown radius} = 35,6250 \text{ in} = 2,9688 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} h &= \text{tinggi tutup standart dish (} h_a = h_b \text{)} \\ &= 0,4962 \text{ ft} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} A &= 6,28 \times R_c \times h \\ &= 6,28 \times 2,9688 \times 0,4962 = 9,2517 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Sehingga berat satu tutup

$$W_{di} = A \times t \times \rho_{\text{steel}}$$

$$= 9,2517 \times 0,0208 \times 489 = 1131,0204 \text{ lb}$$

Berat tutup total

$$W_{tu} = 2 W_{di} = 2 \times 1131,0204 = 2262,0408 \text{ lb}$$

c. Berat *downcomer*

Dipakai dasar perhitungan dengan *downcomer* tanpa aliran uap

$$\text{Luas downcomer} = \frac{1}{4} \times \pi \times d_i^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 2,9688^2 \text{ ft} = 6,9186 \text{ ft}^2$$

$$\text{Volume} = \text{luas} \times \text{tebal tutup standard dished}$$

$$= 6,9186 \times 0,0208 = 0,1441 \text{ ft}^3$$

$$\text{Berat satu plate} = \text{volume} \times \rho = 0,1441 \times 489 = 70,4830 \text{ lb}$$

$$\text{Berat downcomer (Wd)} = \text{jumlah plate} \times \text{berat 1 plate}$$

$$= 32 \times 70,4830 \text{ lb} = 2255,4568 \text{ lb}$$

d. Berat *tray*

$$\text{Ditetapkan berat tray} = 25 \text{ lb/ft}^2$$

$$\text{Luas tray} = A_c - A_o$$

$$= 6,4975 - 0,7605$$

$$= 5,7370 \text{ ft}^2$$

$$\text{Jumlah tray} = 32 \text{ buah}$$

$$\text{Berat tray (Wtr)} = n \times \text{luas tray} \times \text{berat tray}$$

$$= 32 \times 5,7370 \text{ ft}^2 \times 25 \text{ lb/ft}^2$$

$$= 4589,6064 \text{ lb}$$

Penyangga tray yang digunakan equal angles

(Brownell & Young, *Process Equipment Design*, App. G, hal. 358)

$$\text{Ukuran} = 1 \frac{1}{2} \text{ " } \times 1 \frac{1}{2} \text{ " } \times \frac{1}{4} \text{ "}$$

$$\text{Berat} = 2,34 \text{ lb/ft}$$

$$W_{pt} = 2,34 \text{ lb/ft} \times 32 \times (1,5 / 12) \text{ ft} = 9,36 \text{ lb}$$

e. Berat larutan

Rumus :

$$W_l = m \times t$$

Dimana :

$$W_l = \text{berat larutan dalam kolom destilasi}$$

$$= 6380,5471 \text{ kg/jam}$$

$$= 14066,5542 \text{ lb/jam}$$

t = waktu tinggal dalam kolom destilasi

$$= 1 \text{ jam}$$

Maka :

$$Wl = 14066,5542 \text{ lb/jam} \times 1 \text{ jam}$$

$$= 14066,5542 \text{ lb}$$

f. Berat pipa

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

$$\text{Ditetapkan } 2 \times \text{tinggi kolom destilasi} = 2 \times 58,9919 \text{ ft}$$

$$= 117,9838 \text{ ft}$$

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

$$\text{Berat pipa (} W_p) = 117,9838 \text{ ft} \times 2,718 \text{ lb/ft} = 320,6799 \text{ lb}$$

g. Berat attachment

Berat attachment meliputi nozzle, valve dan alat kontrol

$$W_a = 18 \% W_s$$

(Brownell & Young, *Process Equipment Design*, pers. 9.8, hal. 157)

$$= 18 \% \times 4129,43 \text{ lb} = 743,2974 \text{ lb}$$

Berat total yang harus ditopang penyangga ( $W_{dw}$ ) :

$$W_{\text{total}} = W_s + W_{tu} + W_d + W_{tr} + W_{pt} + W_l + W_p + W_a$$

$$= 28376,4254 \text{ lb}$$

## 2. Perencanaan *skirt support*

- \* Sistem penyangga yang digunakan adalah *skirt support*
- \* Kolom secara keseluruhan terbuat dari Carbon Steel SA 240 grade M type 316
- \* Tinggi support = 15 ft = 180 in

a. Menentukan tebal skirt

➤ *Stress karena angin*

$$f_{wb} = \frac{15,89 \times \left( \frac{d_o + d_i}{2} \right) \times H^2}{d_o^2 \times t}$$

(Brownell & Young, *Process Equipment Design*, pers. 9.20, hal. 183)

Tinggi tangki total = 58,9919 ft

$$\begin{aligned} H &= \text{tinggi skirt ke top kolom} = 15 + 58,9919 \\ &= 73,9919 \text{ ft} \\ &= 887,9116 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{wb} &= \frac{15,89 \times \left( \frac{36 + 35,6250}{2} \right) \times 887,9116^2}{36^2 \times t} \\ &= \frac{351854,8815}{t} \end{aligned}$$

➤ *Stress dead weight*

$$f_{db} = \frac{\Sigma W}{\pi \times d_o \times t}$$

(Brownell & Young, *Process Equipment Design*, pers. 9.6, hal. 183)

$$\begin{aligned} &= \frac{28376,4254}{3,14 \times 36 \times t} \\ &= \frac{253,7717}{t} \end{aligned}$$

➤ *Stress kompresi maksimum*

$$f_{c \max} = 0,125 \times E (t/d_o)$$

Dimana : E concrete adalah sebesar  $2.10^6$  psi

(Brownell & Young, *Process Equipment Design*, hal. 183)

$$f_{c \max} = 0,125 \times 2.10^6 (t/36) = 7020,2921 t$$

$$f_{c \max} = f_{wb} + f_{db}$$

(Brownell & Young, *Process Equipment Design*, pers. 9.80, hal. 183)

$$7020,2921 t = \frac{351854,8815}{t} + \frac{253,7717}{t}$$

$$t = 7,0821 \text{ in}$$

jadi tebal skirt yang digunakan = 7,0821 in = 0,5902 ft

### 3. Perhitungan *bearing plate*

Dari *Brownell & Young*, tabel 10.1 hal. 184 diperoleh :

$$f_c' = 2000 \text{ psi}$$

$$f_{c \text{ max}} = 800 \text{ psi}$$

$$n = 15$$

$f_s$  allowable untuk struktural steel skirt adalah 20.000 psi

$$\text{Diameter kolom} = 35,6250 \text{ in}$$

Ditetapkan :

$$\text{ID bearing plate} = 36 \text{ in} = 2,9676 \text{ ft}$$

$$\text{OD bearing plate} = 44,5138 \text{ in} = 3,7094 \text{ ft}$$

$$\text{Jumlah chair} = 4 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah bolt} = 8 \text{ buah}$$

$$\text{Ukuran baut} = 1 \frac{1}{4} \text{ in}$$

(*Brownell & Young, Process Equipment Design*, tabel 10.4, hal. 188)

$$\text{Luas bolt} = 0,89 \text{ in}^2$$

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

(*Brownell & Young, Process Equipment Design*, pers. 9.11, hal. 158)

Dimana :

$$P_w = \text{tekanan angin permukaan alat (lb/ft}^2\text{)}$$

$$V_w = \text{kecepatan angin} = 100 \text{ mph}$$

Maka :

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

$$M_w = \frac{1}{2} \times P_w \times H^2 \times \frac{\text{ID} + \text{OD}}{2}$$

Dimana :

$$M_w = \text{bending moment pada puncak kolom (lb.ft)}$$

$$d_{\text{eff}} = \text{diameter efektif vessel} = (d_i + d_o)/2$$

$$H = \text{tinggi dari skirt ke top kolom}$$

$$= 73,9919 \text{ ft}$$

Maka :

$$M_w = \frac{1}{2} \times 25 \times 73,9919^2 \times \frac{2,9676 + 3,7094}{2} = 228470,3557 \text{ lb.ft}$$

$$t_3 = \frac{(OD - ID)_{BP}}{2} = \frac{(3,7094 - 2,9676)}{2} = 0,3709 \text{ ft} = 4,4513 \text{ in}$$

Diperkirakan  $f_c = 800 \text{ psi}$

$$K = \frac{1}{\left(1 + \frac{fs_{trial}}{n \times f_c}\right)} = 0,3750$$

(Brownell & Young, *Process Equipment Design*, pers. 10.3, hal. 184)

$$\begin{aligned} F_c (\text{bolt circle}) &= f_{c \max} \times \frac{2 \times K \times D_o}{2 \times K \times D_o + t_3} \\ &= 705,8832 < 1000 \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Dari *Brownell & Young*, tabel 10.2, hal. 186

Untuk harga  $K = 0,3750$  maka :

$$\begin{aligned} C_c &= 1,7025 & z &= 0,4215 \\ C_t &= 2,2785 & j &= 0,7835 \end{aligned}$$

Tensile Load (F) :

$$\begin{aligned} F_t &= \frac{Mw - Wdw \times z \times d_o}{j \times d_o} \\ &= \frac{228470,3557 - 28376,4254 \times 0,4215 \times 3,7094}{0,7835 \times 3,7094} \\ &= 63345,0189 \text{ lb} \end{aligned}$$

Dimana :

$$A = \text{root area} = 0,89$$

(Brownell & Young, *Process Equipment Design*, pers. 10.4, hal. 188)

$$d_{\text{bolt}} = 1 \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$\text{jumlah baut} = 24$$

$$\begin{aligned} t_1 &= \frac{24 \times 0,890}{3,14 \times 3,7094 \times 12} \\ &= 0,4535 \text{ in} \end{aligned}$$

*Relationships pada tension side :*

$$F_t = fs \times t_1 \times r \times C_t$$

(Brownell & Young, *Process Equipment Design*, pers. 10.9, hal. 185)



$$f_s = \frac{F_t}{t_1 \times r \times C_t} = \frac{63345,0189}{0,45355 \times (44,5138/2) \times 2,2785} = 2754,3445 \text{ psi}$$

$$F_t + W_{dw} - F_c = 0$$

(Brownell & Young, *Process Equipment Design*, pers. 10.27, hal. 186)

$$\begin{aligned} F_c &= F_t + W_{dw} \\ &= 63345,0189 + 28376,4254 \\ &= 91721,4443 \text{ lb} \end{aligned}$$

Kompresive stress sesungguhnya pada bolt circle ( $f_c$ ) :

$$F_c = (t_2 + n \cdot t_1) \times R \times f_c \times C_C$$

(Brownell & Young, *Process Equipment Design*, pers. 10.8, hal. 186)

$$t_2 = t_3 - t_1 = 4,4513 - 0,4535 = 3,9978 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} f_c &= \frac{F_c}{(t_2 + n t_1) \times r \times C_C} \\ &= \frac{91721,4443}{(3,9978 + (24 \times 0,4535)) \times (44,5138/2) \times 1,7025} = 162,6523 \text{ psi} \end{aligned}$$

Pengecekan harga k

$$K = \frac{1}{\left(1 + \frac{f_s \text{ trial}}{n + f_c}\right)} = 0.0606$$

(Brownell & Young, *Process Equipment Design*, pers. 10.3, hal. 184)

Untuk harga  $K = 0,0606$  maka :

$$\begin{aligned} C_C &= 0,6958 & z &= 0,4862 \\ C_t &= 2,962 & j &= 0,7623 \end{aligned}$$

Tensile Load ( $F_t$ ) :

$$\begin{aligned} F_t &= \frac{M_w - W_{dw} \times z \times d}{j \times d} \\ &= \frac{228470,3557 - 28376,4254 \times 0,4862 \times 3,7094}{0,7623 \times 3,7094} \\ &= 62698,2389 \text{ lb} \end{aligned}$$

*Relationships* pada tension side :

$$f_s = \frac{F_t}{t_1 \times r \times C_t} = \frac{62698,2389}{0,45355 \times (44,5138/2) \times 2,962} = 2097,1288 \text{ psi}$$

$$F_c = F_1 + W_{dw} = 62698,2389 + 28376,4254 = 91074,6644 \text{ lb}$$

Compressive stress sesungguhnya pada bolt circle ( $f_c$ ) :

$$\begin{aligned} f_c &= \frac{F_c}{(t_2 + nt_1) \times r \times C_c} \\ &= \frac{91074,6644}{(3,9978 + (24 \times 0,4535)) \times (44,5138/2) \times 0,6958} = 395,1752 \text{ psi} \end{aligned}$$

Pengecekan harga k

$$K = \frac{1}{\left(1 + \frac{f_s \text{ trial}}{n + f_c}\right)} = 0,1636$$

$$\% \text{ penyimpangan} = \frac{0,1636 - 0,0606}{0,1636} \times 100\% = 62,9622 \%$$

$$\begin{aligned} f_{c_{\max}} &= f_c \text{ bolt circle} \times \left(\frac{2 \times K \times d + t_3}{2 \times K \times d}\right) \\ &= 395,1752 \times \left(\frac{2 \times 0,1636 \times 44,5138 + 4,4513}{2 \times 0,1636 \times 44,5138}\right) \\ &= 515,9546 < 1000 \text{ psi (memenuhi)} \end{aligned}$$

**Menghitung tebal bearing plate**

$$l = 0,5(3,7094 - 2,9676) \times 12 = 4,4513 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} t_4 &= l \sqrt{(3f_c / f \text{ allow})} \\ &= 4,4513 \sqrt{(3 \times 515,9546) / 20.000} \\ &= 0,5628 \text{ in} \approx 0,75 \text{ in atau } \frac{3}{4} \text{ in} \end{aligned}$$

Jadi tebal bearing plate adalah  $\frac{3}{4}$  in

Bearing plate yang digunakan adalah tipe eksternal bolting chair, pada plate dipasang compressing ring agar lebih kuat. Ditetapkan tinggi gusset adalah 12 in dan bearing plate diperkuat dengan 24 buah gusset yang mempunyai spasi yang sama (gusset spacing/b). Maka jarak gusset (b) dengan menggunakan 24 gusset adalah :

$$\begin{aligned} b &= 3,14 \times D_o \times 12/24 \\ &= 3,14 \times 3,7094 \times 12/24 \end{aligned}$$

$$= 5,8238 \text{ in}$$

$$l/b = 4,4513 / 5,8238$$

$$= 0,7643$$

Dari *Brownell & Young*, tabel 10.3 hal 187 untuk  $l/b$  sebesar 0,7643, maka didapatkan :

$$\begin{aligned} M_{\max} = M_y &= -0,1954 f_c \times l^2 \\ &= -0,1954 \times 515,9546 \times 4,4513^2 \\ &= -1997,6384 \text{ in.lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_5 &= \sqrt{6 M_{\max} / f_{\text{allow}}} \\ &= \sqrt{6 \times 1997,6384 / 20000} \\ &= 0,7741 \text{ in} \approx 0,75 \text{ in atau } \frac{3}{4} \text{ in} \end{aligned}$$

Jadi tebal *compression plate* adalah  $\frac{3}{4}$  in

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

$$\text{Maka tebal gusset} = \frac{5}{16} \text{ in}$$

#### 4. Dimensi anchor bolt

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

#### 5. Dimensi pondasi

Pondasi terdiri dari beban dengan kandungan air 6 US gal per 94 lb sak semen (dari *Brownell & Young*, tabel 10.1, hal. 184)

Beban total yang harus ditahan pondasi :

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

Ditentukan :

- Masing-masing kolom penyangga diberi pondasi

- Spesifikasi pondasi didasarkan atas berat beban setiap kolom penyangga pada sistem pondasi
- Spesifikasi semua penyangga sama

Data :

- Beban yang ditanggung tiap kolom penyangga

$$= \frac{28376,4254}{4} = 7094,1064 \text{ lb}$$

- Beban tiap penyangga = berat  $\times$  tinggi
  - = 35 lb/in  $\times$  24 in
  - = 840 lb

Berat total :  $W = 7094,1064 + 840 = 7934,1064 \text{ lb}$

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

$$\begin{aligned} \text{Luas tanah untuk atas pondasi} &= \text{Luas pondasi atas} \\ &= 40 \times 40 = 1600 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tanah untuk dasar pondasi} &= \text{luas pondasi bawah} \\ &= 60 \times 60 = 3600 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi pondasi} = 24 \text{ in}$$

$$\text{Luas rata-rata (A)} = \frac{1}{2} (40^2 + 60^2) = 2600 \text{ in}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Volume pondasi (V}_p) &= A \times t = 2.600 \text{ in}^2 \times 24 \text{ in} \\ &= 62.400 \text{ in}^3 = 36,1111 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Densitas untuk gravel} = 126 \text{ lb/ft}^3 \text{ (Perry's 6th tabel 3-118)}$$

Maka :

$$W_{\text{pondasi}} = V \times \rho = 36,1111 \text{ ft}^3 \times 126 \text{ lb/ft}^3 = 4549,9986 \text{ lb}$$

Asumsi :

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

Berat total keseluruhan :

$$W_{\text{total}} = 7934,1064 + 4550 = 124884,1050 \text{ lb}$$

Tekanan dari sistem pondasi terhadap luas tanah (P)

$$P = \frac{W_{\text{total}}}{A} = \frac{124884,1050 \text{ lb}}{2600 \text{ in}^2} = 4,8016 \text{ lb/in}^2$$

Acuan harga safety didasarkan pada minimum bearing power yaitu : 5 ton/ft<sup>3</sup>.

Kemampuan tanah menahan tekanan sebesar :

$$P = 5 \text{ ton/ft}^3 \times \frac{2240 \text{ lbf}}{1 \text{ ton}} \times \frac{1 \text{ ft}}{144 \text{ in}^2} = 77,7778 \text{ lb/in}^2$$

Karena tekanan pondasi terhadap tanah = 4,8016 lb/in<sup>2</sup> < 77,7778 lb/in<sup>2</sup> berarti pondasi dapat digunakan.

### Spesifikasi Kolom Destilasi :

#### 1. Silinder

- Diameter dalam = 35,6250 in
- Diameter luar = 36 in
- Tinggi = 696 in
- Tebal = 3/16 in
- Bahan konstruksi = *Carbon Steel SA 240 Grade M type 316*

#### 2. Tutup Atas dan Tutup Bawah

- Crown radius = 36 in
- Tinggi = 5,9549 in
- Tebal = 4/16 in
- Bahan konstruksi = *Carbon Steel SA 240 Grade M type 316*

#### 3. Tray

- Jumlah tray = 32 tray
- Tray spacing = 18 in
- Susunan pitch = Segitiga
- Bahan konstruksi = *Carbon Steel SA 240 Grade M type 316*

#### 4. Downcomer

- Lebar (Wd) = 2,9951 in
- Luas = 6,4975 ft<sup>2</sup> = 935,64 in<sup>2</sup>
- Bahan konstruksi = *Carbon Steel SA 240 Grade M type 316*

#### 5. Nozzle

- Diameter Nozzle feed masuk =  $\frac{1}{4}$  in
- Diameter Top Kolom = 2 in
- Diameter Refluks Kondensor =  $1 \frac{1}{4}$  in
- Diameter Uap Reboiler = 2 in
- Diameter Bottom Kolom =  $1 \frac{1}{4}$  in

#### 6. Flange dan Gasket

- Diameter Flange = 39,0310 in
- Tebal Flange = 1,75 in
- Bahan Konstruksi = *High Alloy Steel SA 336 Grade F8 type 304*
- Lebar Gasket =  $\frac{1}{16}$  in
- Diameter Gasket = 36,0625 in
- Bahan konstruksi = *Solid Flat Metal Iron*

#### 7. Baut

- Ukuran Baut =  $\frac{1}{2}$  in
- Bolting minimal = 34 buah
- Diameter Bolt Circle = 37,7810 in
- Bahan konstruksi = *High Alloy Steel SA-193 Grade B8 type 304*

#### 8. Skirt Support

- Tinggi = 180 in
- Tebal = 7,0821 in
- Bahan konstruksi = *High Alloy Steel SA 240 grade M type 316*

#### 9. Bearing Plate

- Type = *Single Ring Bearing plate with Gussets*
- Diameter dalam = 36 in
- Tebal bearing plate =  $\frac{3}{4}$  in
- Jumlah gusset = 24 buah
- Tebal gusset =  $\frac{5}{16}$  in
- Bahan konstruksi = *High Alloy Steel SA-193 Grade B8 type 304*

#### 10. Anchor Bolt

- Panjang = 12 in
- Diameter = 4 in

- Jumlah = 8 buah

### **11. Pondasi**

- Luas pondasi atas =  $40 \times 40 = 1600 \text{ in}^2$
- Luas pondasi bawah =  $60 \times 60 = 3600 \text{ in}^2$
- Tinggi Pondasi = 24 in
- Bahan konstruksi = *Cement, Sand dan Gravel*

## **BAB VII**

### **INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA**

Untuk mendapatkan kualitas dan kuantitas produk yang diinginkan maka diperlukan adanya suatu alat kontrol jalannya proses suatu industri. Selain itu juga peranan sumber daya manusia sangat penting dalam menentukan suatu produksi. Dengan pertimbangan tersebut maka perlu adanya suatu bagian yang berfungsi untuk mengontrol peralatan dan menjaga keselamatan kerja.

#### **7.1. Instrumentasi**

Instrumentasi merupakan bagian yang sangat penting dalam pengendalian proses suatu industri. Pengendalian proses meliputi keseluruhan unit pabrik maupun hanya pada beberapa unit pabrik yang benar-benar harus diperhatikan secara cermat dan akurat.

Instrumentasi dipasang untuk mengatur dan mengendalikan variabel-variabel proses yang sangat penting selama proses berlangsung. Instrumentasi dapat bekerja baik secara manual, secara otomatis dan semi otomatis. Variabel-variabel yang dikendalikan umumnya adalah tekanan, temperatur, laju air dan tinggi permukaan cairan.

Adapun tujuan pemasangan alat instrumentasi secara spesifik adalah :

1. Untuk menjaga keamanan operasi suatu proses, dengan jalan :
  - Menjaga variabel-variabel proses berada dalam batas operasi aman.
  - Mendeteksi situasi bahaya dengan membuat tanda-tanda bahaya dan memutus hubungan secara otomatis.
2. Untuk mendapatkan rate atau laju produksi yang diinginkan.
3. Untuk menjaga kualitas produksi.
4. Untuk mempermudah pengoperasian alat.
5. Keselamatan dan efisiensi kerja lebih terjamin.



Faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam pemeliharaan instrumentasi :

- Jenis instrumentasi.
- Range yang diperhatikan untuk pengukuran.
- Ketelitian yang diperlukan.
- Bahan konstruksi serta pengaruh instrumentasi pada kondisi operasi.
- Faktor ekonomi.

Macam – macam alat kontrol yang umum digunakan dalam industri, antara lain:

1. Pressure control (PC) : Merupakan alat pengontrol tekanan.
2. Pressure indicator (PI) : Merupakan alat penunjuk tekanan.
3. Temperature control (TC) : Merupakan alat pengontrol suhu.
4. Level control (LC) : Merupakan alat pengontrol tinggi permukaan cairan liquida
5. Level indicator (LI) : Merupakan alat penunjuk tinggi permukaan cairan liquida
6. Flow control (FC) : Merupakan alat pengontrol laju alir.

Jenis – jenis pengontrolan yang dilakukan adalah :

- Indikator : Alat yang menunjukkan kondisi operasi suatu daerah tertentu dari suatu peralatan.
- Controller : Alat yang dapat menunjukkan kondisi operasi dan mengendalikannya sehingga sesuai dengan yang diinginkan.

Instrumentasi yang digunakan antara lain :

- Pressure indicator (PI) yang berfungsi sebagai petunjuk tekanan pada alat yang beroperasi
- Level indicator (LI) yang berfungsi sebagai petunjuk tinggi bahan dalam alat yang beroperasi.
- Pressure Controller (PC) yang berfungsi untuk mengetahui dan mengontrol tekanan pada alat yang beroperasi.
- Temperature Controller (TC) yang berfungsi untuk mengetahui dan mengontrol temperatur pada alat yang beroperasi.

- Flow Ratio Controller (FRC) yang berfungsi untuk mengetahui dan mengontrol perbandingan umpan pada alat yang beroperasi.

Pemasangan instrumentasi pada alat-alat proses yang terdapat pada pabrik *Dimetilformamida* adalah :

**Tabel : 7.1.1. Instrumentasi Pabrik Dimetilformamida**

No.	Kode Alat	Nama Alat	Instrumentasi	Jumlah
1.	R-110	<i>Reaktor</i>	PC, TC	1
2.	D-120	<i>Distilasi 1</i>	PC, TC	1
3.	F-124	<i>Akumulator Distilasi 1</i>	FRC	1
4.	E-130	<i>Distilasi 2</i>	PC, TC	1
5.	F-134	<i>Akumulator Distilasi 2</i>	FRC	1

## 7.2. Keselamatan Kerja

Keselamatan kerja pada suatu pabrik harus mendapatkan perhatian cukup besar dan tidak boleh diabaikan karena menyangkut keselamatan manusia dan keselamatan kerja dengan baik dan teratur. Dengan memperhatikan keselamatan kerja dengan baik dan teratur, secara psikologi akan membuat para pekerja merasa aman sehingga konsentrasi para pekerja pada pekerjaannya meningkat, dengan demikian produktivitas dan efisiensi kerja akan meningkat pula.

Usaha untuk menjaga keselamatan kerja bukan semata-mata ditujukan pada faktor manusianya saja, tetapi juga untuk menjaga peralatan yang ada dalam pabrik. Dengan terpeliharannya peralatan dengan baik maka peralatan dapat digunakan dalam jangka waktu yang lebih lama. Usaha lain yang dapat dilakukan adalah dengan mengadakan penyuluhan, sosialisasi, atau pelatihan akan pentingnya penerapan K3 di dalam industri khususnya pabrik dimetilformamida ini.

Secara umum ada 3 macam bahaya yang umumnya terjadi dalam pabrik, yang harus diperhatikan dalam perencanaannya, yaitu :

- Bahaya kebakaran dan peledakan
- Bahaya mekanik
- Bahaya kesehatan

### **7.2.1. Bahaya kebakaran dan peledakan**

Pencegahan terhadap bahaya kebakaran dan peledakan bertujuan untuk memperkecil kemungkinan adanya kecelakaan yang membahayakan pekerja, kerusakan pada peralatan serta terhentinya proses produksi, oleh sebab itu diperlukan pengaman yang sebaik-baiknya.

Adapun beberapa penyebab terjadi kebakaran antara lain :

- a. Kemungkinan terjadinya nyala terbuka yang datang dari utilitas, workshop, laboratorium dan unit proses lainnya.
- b. Terjadinya loncatan bunga api pada saklar dan stop kontak serta pada alat lainnya.
- c. Kemungkinan terjadi ledakan pada tangki penyimpan bahan baku karena adanya kenaikan suhu dan tekanan.

Cara mengatasi bahaya kebakaran meliputi :

1. Pencegahan bahaya kebakaran :
  - a. Penempatan alat-alat utilitas yang cukup jauh dari power plant tetapi praktis dari unit proses.
  - b. Bangunan seperti workshop, laboratorium dan kantor sebaiknya diletakkan sejauh mungkin dari unit proses.
  - c. Pemasangan instrumen pendeteksi (aliran, temperatur, maupun tekanan) apabila terdapat kebocoran di sekitar ruangan proses.
  - d. Bila terpaksa antara unit yang satu dengan yang lainnya harus dipisahkan dengan dinding beton agar dapat dihindari pengaruh kebakaran dari unit yang satu dengan unit yang lain.
  - e. Pemasangan isolasi yang baik pada seluruh panel transmisi yang ada.
  - f. Diberi tanda-tanda larangan suatu tindakan yang dapat mengakibatkan kebakaran seperti tanda larangan merokok.

- g. Penempatan bahan-bahan yang mudah terbakar dan meledak di tempat yang tertutup dan jauh dari sumber api.
  - h. Penempatan pipa air yang melingkari seluruh lokasi pabrik.
  - i. Penempatan kabel dan kawat listrik yang diatur rapi dan jauh dari tempat panas.
  - j. Pemasangan alat pemadam kebakaran di setiap tempat yang paling rawan dan pemasangannya harus pada tempat yang mudah dijangkau.
2. Pengamatan dan pengontrolan kebakaran

Apabila terjadi kebakaran api harus dilokalisir, harus dapat diketahui kemungkinan apa saja yang dapat terjadi dan bagaimana cara mengatasi. Untuk pemakaian alat-alat pemadam kebakaran harus diketahui jenis-jenis api, yang dibedakan atas :

a. Kelas A

Api yang ditimbulkan oleh barang-barang yang dapat terbakar seperti kayu, kertas dan kotoran-kotoran yang terdapat di dalam pabrik. Untuk penanganan jenis api ini diperlukan pembahasan pada bagian yang terbakar dan sekitarnya.

b. Kelas B

Api yang ditimbulkan oleh cairan yang mudah terbakar seperti residu. Penanganan api jenis ini, dengan cara memberikan penutup atau pembungkus bahan-bahan tersebut.

c. Kelas C

Api dari perlengkapan listrik atau dari hubungan pendek. Penanganan api jenis ini, alat harus tidak mengandung listrik

d. Kelas D

Api yang ditimbulkan oleh bahan-bahan yang mudah meledak. Untuk hal ini diperlukan jenis pengamatan tertentu.

Media atau zat-zat yang dapat digunakan untuk jenis-jenis api di atas antara lain sebagai berikut :

- Dry Chemical Extinguished untuk api kelas A,B,C dan D

- Soda Extinguished untuk api jenis A, C dan D

### 7.2.2. Bahaya mekanik

Bahaya mekanik biasanya disebabkan oleh pengerjan konstruksi yang tidak memenuhi. Bentuk kerusakan yang umum adalah karena panas dan ledakan. Kejadian ini selain mengakibatkan kerugian material juga dapat mengakibatkan cacat atau meninggalnya pekerja. Secara umum tindakan pencegahan yang dilakukan untuk menghindari bahaya mekanik adalah :

- Perencanaan tangki dan alat harus sesuai dengan aturan yang berlaku termasuk pemilihan bahan konstruksi, memperhitungkan faktor korosi dan lain-lain.
- Pemasangan alat kontrol yang baik dan sesuai serta pemberian alat pengaman bagi proses-proses yang berbahaya.
- Sistem penerangan yang baik.
- Pemasangan tanda-tanda bahaya dan instruksi keselamatan kerja di tempat-tempat yang dianggap berbahaya.
- Pengaturan peralatan sedemikian rupa sehingga para pekerja dapat mengoperasikannya dengan aman.

Beberapa kemungkinan kecelakaan mekanik :

#### a. Tangki – tangki

Bahaya yang paling besar adalah tangki-tangki yang bertekanan tinggi.

Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk mencegah kecelakaan adalah :

- Perencanaan tangki harus sesuai dengan aturan yang berlaku termasuk pemilihan bahan konstruksi, memperhitungkan faktor-faktor korosi dan lain-lain.
- Pemasangan alat kontrol yang baik dan sesuai yaitu pressure kontrol, level kontrol dan temperatur kontrol.

#### b. Reaktor

Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk mencegah kecelakaan adalah :

- Perencanaan reaktor harus sesuai dengan ketentuan-ketentuan yang berlaku mengenai bahan konstruksi, faktor korosi dan lain-lain.

- Perencanaan isolasi harus baik dengan memperhatikan perpindahan panas yang terjadi karena reaksi bersifat endotermis.
- Pemasangan alat kontrol yang baik dan sesuai, temperatur kontrol, pressure kontrol, flow kontrol dan lain- lain.

c. Perpipaan

Kecelakaan yang terjadi karena perpipaan antara lain karena kebocoran zat-zat yang berbahaya.

Hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain :

- Pemasangan pipa hendaknya pada tempat tinggi atau ditempat-tempat yang jarang dilalui pekerja dan diusahakan pemasangan pipa tidak didalam tanah karena menimbulkan kesulitan bila terjadi kebocoran.
- Sebelum dipakai hendaknya dicoba kekuatan tekanan dan kekuatan terhadap suhu, terutama pada daerah sambungan.
- Pemasangan valve yang mudah terjangkau.
- Pemasangan isolasi yang baik untuk mencegah kecelakaan luka bakar karena tersentuh, juga untuk mencegah lolosnya panas dalam proses.

### 7.2.3. Bahaya Kesehatan

Untuk menjaga keselamatan karyawan perlu adanya kesadaran dari seluruh karyawan agar dapat bekerja dengan baik sehingga tidak membahayakan keselamatan jiwanya dan jiwa orang lain. Untuk itu pengetahuan akan bahaya masing-masing alat sangatlah penting untuk diketahui oleh semua karyawan terutama operator kontrol. Baik didukung oleh kualitas peralatan yang memadai dan selalu terawat dengan baik.

Karyawan harus menggunakan pelindung diri seperti helm, sepatu, sarung tangan dan masker. Selain itu untuk menghindari bahaya mekanik maka alat-alat yang bergerak harus diberi pengaman. Dan untuk menghindari panas maka alat-alat seperti : reaktor, heater dan lain-lain dapat menggunakan isolasi sebagai pengaman.

Selain itu bahaya kesehatan karyawan perlu diwaspadai. Umumnya berasal dari bahan baku, bahan yang diproses dan produk. Karena itu usahakan agar ruangan proses maupun ruangan lainnya memiliki ventilasi yang cukup agar pertukaran udara dapat berlangsung dengan baik.

**Tabel 7.2.3.1. Tabel Alat Keselamatan Kerja Pabrik**

**Dimetilformamida**

No	Nama alat pengaman	Lokasi penggunaan
1.	Alat pelindung diri (APD) Masker penyerap uap / mist : a. Helm b. Sepatu pengaman c. Sarung tangan	Di ruangan petugas yang bekerja pada areal proses
2.	Hydran/unit pemadam kebakaran	Semua ruangan
3.	Isolasi panas	Alat alat proses, dan Perpipaian
4.	Alarm Kebakaran	Petugas di semua ruangan
5.	Isolasi dan panel-panel	Kabel-kabel listrik
6.	Pagar pelindung	Alat penukar panas dan di areal proses yang beresiko menimbulkan kecelakaan
7.	Kotak P3K	Petugas di semua ruangan

## BAB VIII

### UTILITAS

Utilitas pada suatu pabrik adalah bagian suatu unit yang dapat menunjang suatu proses produksi utama, sehingga kapasitas produksi semaksimal mungkin dapat dicapai. Adapun unit utilitas di dalam Pra Rencana Pabrik Dimetil Formamida ini meliputi :

1. Unit penyediaan air
  - a. Air umpan boiler
  - b. Air sanitasi
  - c. Air pendingin
2. Unit penyediaan tenaga listrik
3. Unit penyediaan bahan bakar

#### 1. Unit Penyediaan Air

Unit penyediaan air berfungsi untuk memenuhi kebutuhan air ditinjau dari segi kuantitas maupun kualitasnya. Segi kuantitas air merupakan jumlah kebutuhan air yang harus dipenuhi sedangkan kualitas air merupakan syarat air yang harus dipenuhi. Di dalam Pra Rencana Pabrik Dimetil Formamida ini keperluan air digunakan untuk :

##### a. Air Umpan Boiler

Air umpan boiler merupakan bahan baku pembuatan steam yang berfungsi sebagai pemanas pada heater dan reboiler. Kebutuhan steam dipenuhi dengan jalan menguapkan air dalam sebuah ketel (boiler). Untuk itu maka kesadahan air umpan ketel (*boiler feed water*) harus benar-benar diperhatikan dan diperiksa dengan teliti serta harus bebas dari kotoran yang mungkin akan mengganggu jalannya operasi pabrik.

Zat-zat yang terkandung dalam air umpan boiler (bahan baku pembuatan steam) yang dapat menyebabkan kerusakan pada boiler :

- Kadar zat terlarut (*soluble matter*) yang tinggi



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

Air untuk keperluan ini harus memenuhi syarat-syarat agar air yang digunakan tidak merusak ketel (boiler). Persyaratan yang harus dipenuhi adalah air tidak mengandung kation-kation seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  dan anion-anion seperti  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  dan  $\text{SO}_3^{2-}$ . Untuk itu diperlukan treatment secara lebih sempurna. Air umpan boiler mempunyai syarat sebagai berikut :

- Total padatan (total dissolved solid) = 3500 ppm
- Padatan terlarut (suspended solid) = 300 ppm
- Alkalinitas = 700 ppm
- Silika = 60 – 100 ppm
- Besi = 0,1 ppm
- Tembaga = 0,5 ppm
- Oksigen = 0,007 ppm
- Kesadahan (hardness) = 0
- Kekerusuhan (turbidity) = 175 ppm
- Minyak = 7 ppm
- Residual fosfat = 140 ppm

Syarat-syarat lain yang harus dipenuhi oleh air umpan boiler :

- a. Tidak boleh berbuih (berbusa)

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

- Kesulitan pembacaan tinggi permukaan dalam boiler
- Dapat menyebabkan percikan yang kuat yang menyebabkan adanya solid-solid yang menempel dan terjadinya korosi dengan adanya pemanasan lebih lanjut.

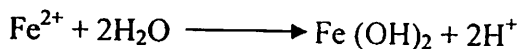
b. Tidak boleh membentuk kerak dalam reboiler / heater

Kerak ini disebabkan garam-garam  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Kerak yang terbentuk akan menyebabkan :

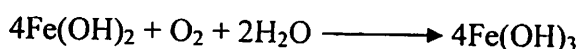
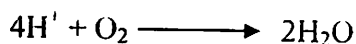
- Isolasi terhadap panas sehingga proses perpindahan panas terhambat.
- Kerak yang terbentuk dapat pecah sewaktu-waktu, sehingga dapat menimbulkan kebocoran akibat tekanan yang kuat.

c. Tidak boleh menyebabkan korosi pada pipa

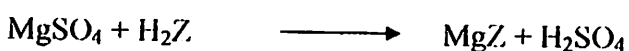
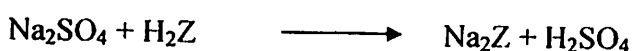
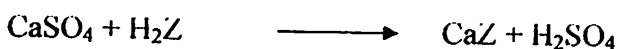
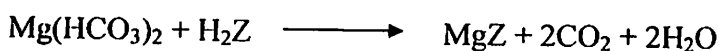
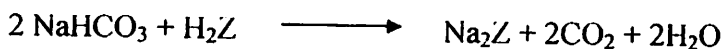
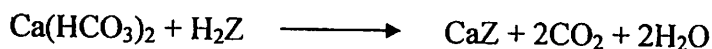
Korosi pada pipa boiler disebabkan keasaman (pH rendah), minyak dan lemak, bikarbonat dan bahan-bahan organik serta gas  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  yang terlarut dalam air. Reaksi elektrokimia antara besi dan air akan membentuk pelindung anti korosi pada permukaan baja, yaitu :

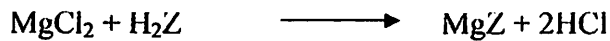
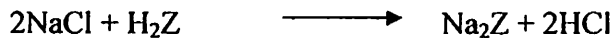


Tetapi bila terdapat oksigen dalam air, maka lapisan hidrogen yang terbentuk akan bereaksi dengan oksigen membentuk air. Akibatnya dengan hilangnya lapisan pelindung tersebut maka terjadilah korosi menurut reaksi :

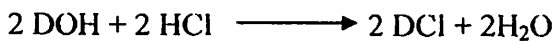
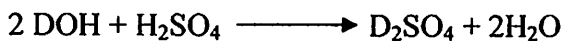


Proses pelunakan air umpan boiler dilakukan dengan pertukaran ion-ion dalam demineralizer (*kation dan anion exchanger*). Mula-mula air bersih dilewatkan pada kation exchanger dengan menggunakan resin zeolit (hydrogen exchanger) sehingga terjadi reaksi sebagai berikut :

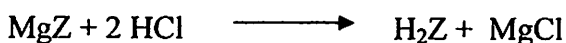
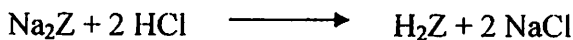
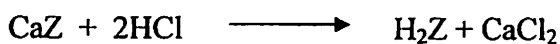
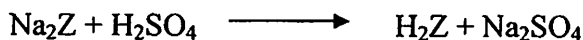




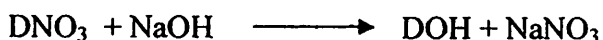
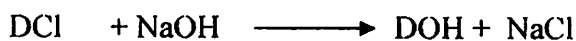
Air yang bersifat asam kemudian dialirkan ke tangki anion exchanger untuk menghilangkan anion yang tidak dikehendaki. Tangki anion exchanger menggunakan den-acidite (DOH) sehingga terjadi reaksi sebagai berikut :



Keluar dari tangki anion exchanger, air yang telah bebas dari ion pengganggu dialirkan kedalam bak air lunak dan siap digunakan. Regenerasi hydrogen exchanger dilakukan dengan menggunakan asam klorida atau asam sulfat, dengan reaksi sebagai berikut :



Regenerasi De-acidite (DOH) dilakukan dengan menggunakan larutan sodium karbonat atau caustik soda dengan reaksi sebagai berikut :



Setelah keluar dari demineralizer, air umpan boiler ditampung dalam tangki penampung umpan boiler. Kemudian dipompakan ke dalam deaerator untuk menghilangkan gas-gas impurities dari air umpan boiler dengan pemanasan steam. Keluar dari deaerator, air umpan boiler telah memenuhi syarat-syarat yang harus dipenuhi dan siap digunakan.

Kuantitas steam yang diperlukan dalam proses perhitungan menurut pemakaian setiap harinya dari masing-masing alat. Menurut perhitungan dari bab-bab sebelumnya, kebutuhan steam adalah sebagai berikut :

**Tabel 8.1. Data Kebutuhan Steam**

No	Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
1	Vaporizer Metil Format	28,5599
2	Reboiler Distilasi 1	226,2803
3	Reboiler Distilasi 2	10,6942
<b>Total</b>		<b>265,5344</b>

Dari Appendix D keperluan steam sebesar 265,5344 kg/jam. Dan direncanakan banyaknya steam disediakan dengan excess 20% sebagai pengganti steam yang hilang sehingga kebutuhan steam sebesar 398,3016 kg/jam dan dengan menghitung faktor evaporasi didapatkan kebutuhan air umpan boiler sebesar 437,9708 kg/jam.

**b. Air Pendingin**

Air pendingin digunakan sebagai media pendingin pada alat perpindahan panas. Hal ini disebabkan karena :

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

Air yang digunakan sebagai media pendingin pada peralatan dapat dilihat pada :

**Tabel 8.2. Kebutuhan Air Pendingin untuk Proses**

No	Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
1	Reaktor	348,0619
2	Kondensor menuju MD1	1960,9656
3	Kondensor Distilasi 1	961,6229
4	Cooler 1	1665,4093
5	Kondensor Distilasi 2	166,1457
6	Cooler 2	2213,0442
<b>Total</b>		<b>7315,2497</b>

Dari tabel 8.2 air untuk keperluan pendingin sebesar 7315,2497 kg/jam direncanakan banyaknya air pendingin yang disuplay adalah 20% berlebih, maka kebutuhan air pendingin adalah 10533,9595 kg/jam.

Sebagai media pendingin, air harus memenuhi persyaratan tertentu, yaitu tidak mengandung :

- Kesadahan (hardness), dapat memberikan efek pembentukan kerak
- Besi, penyebab korosi
- Silika, penyebab kerak
- Minyak, penyebab terganggunya film corrosion inhibitor yang dapat menurunkan efisiensi perpindahan panas dan merupakan makanan mikroba yang dapat menyebabkan terbentuknya endapan.

#### c. Air Sanitasi

Air sanitasi digunakan oleh para karyawan dilingkungan pabrik untuk konsumsi, cuci, mandi, masak, laboratorium, perkantoran dan lain-lain. Syarat-syarat yang harus dipenuhi :

##### 1. Syarat fisik

- Suhu : Di bawah suhu kamar
- Warna : Tidak berwarna / jernih

- Rasa : Tidak berasa
- Bau : Tidak berbau
- pH : Netral

2. Syarat kimia

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

3. Syarat bakteriologis

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

Untuk memenuhi persyaratan tersebut; setelah proses penjernihan, air harus diberi desinfektan seperti khlor cair atau kaporit.

**Tabel 8.3. Kebutuhan Air Sanitasi**

No.	Keperluan	Kebutuhan (kg/jam)
1	Karyawan	805,0
2	Laboratorium dan Taman	1207,5
3	Pemadam Kebakaran	1690,5
<b>Total</b>		<b>3703,0</b>

Sehingga total kebutuhan air untuk Pabrik Dimetil Formamida ini adalah :

**Tabel 8.4. Kebutuhan Total Air**

No.	Keperluan	Kebutuhan (kg/jam)
1	Air umpan boiler	437,9708
2	Air pendingin	10533,9595
3	Air sanitasi	3703,0000
<b>Total</b>		<b>14674,9303</b>

## 2. Unit Penyediaan Listrik

Untuk memenuhi kebutuhan listrik, direncanakan diperoleh 100% dari PLN dan generator digunakan apabila listrik dari PLN mati. Tenaga listrik yang disediakan untuk menggerakkan motor instrumentasi dan lain-lain.

Perincian kebutuhan listrik :

❖ Kebutuhan listrik untuk proses

Total kebutuhan listrik untuk proses yaitu sebesar 36,1135 Hp

❖ Kebutuhan listrik untuk daerah pengolahan air

Total kebutuhan listrik untuk daerah pengolah air adalah 9 Hp

Sehingga total kebutuhan proses adalah 45,1135 Hp = 33,6411 kW

❖ Kebutuhan untuk instrumentasi

Tenaga listrik yang dibutuhkan untuk instrumentasi 10% dari tenaga yang dibutuhkan untuk proses, maka kebutuhan listrik untuk instrumentasi adalah 3,3641 kW.

❖ Kebutuhan listrik untuk penerangan

- a. Penggunaan lampu merkuri 250 watt dengan lumen output 10.000

Listrik yang dibutuhkan =  $171 \times 250 \text{ watt} = 42,75 \text{ kW}$

- b. Penggunaan lampu fluorescent 40 watt dengan lumen output 1960

Listrik yang dibutuhkan =  $25 \times 40 \text{ watt} = 1 \text{ kW}$

Total kebutuhan listrik =  $(42,75 + 1) \text{ kW} = 43,75 \text{ kW}$

❖ Kebutuhan listrik untuk lain – lain

Kebutuhan listrik untuk lain–lain seperti pemakaian computer, mesin fotokopi, mesin fax, AC, lemari es, dan lain–lain sebesar 10 kW.

Total kebutuhan listrik = 87,39 kW

Safety factor = 10% dari total kebutuhan listrik untuk lain-lain = 8,739 kW

Jadi total kebutuhan listrik = 96,13 kW

## 3. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar yang dibutuhkan oleh pabrik, yaitu pada generator. Bahan bakar yang digunakan adalah fuel oil, pemilihan bahan bakar yang digunakan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

- Harga relatif murah

- Mudah didapat
- Viskositasnya relatif rendah sehingga mudah mengalami pengabutan
- Tidak menyebabkan kerusakan pada alat

Sifat – sifat fuel oil antara lain sebagai berikut:

- Flash point = min. 38 °C (100 °F)
- Komposisi karbon = 86,47 %
- Komposisi nitrogen = 0,006 %
- Komposisi hydrogen = 12,6 %
- Komposisi sulfur = 0,22
- Pour point = -7 °C (20°F)
- Densitas = 2,4 kg/L
- Heating value = 16.313,2137 Btu/lb
- Viscositas = min. 0,0011 cp

(Perry's 5<sup>th</sup> ed., *Chemical Eng. 's Handbook*, hal. 9-8 s.d. 9-10)

Spesifikasi Generator :

- Type : AC generator 3 phase  
 Kapasitas : 121kW  
 Effisiensi : 80%  
 Jumlah : 2 buah (1 cadangan)

Jadi kebutuhan bahan bakar pada generator untuk pabrik dimetil formamida ini adalah 11,89 L/jam

**Spesifikasi storage fuel oil**

Fungsi : Menyimpan diesel oil yang akan digunakan sebagai bahan bakar pada furnace dan furnace reaktor selama 7 hari

- Bahan konstruksi : High Alloy Steel SA – 240 Grade M Type 316  
 Diameter dalam ( $D_i$ ) : 11,875 in  
 Diameter luar ( $D_o$ ) : 12 in  
 Tebal silinder ( $t_s$ ) :  $\frac{1}{16}$  in  
 Tebal tutup atas :  $\frac{1}{16}$  in



Tinggi silinder (Ls) : 94,6954 in

Jumlah : 1 buah

## **BAB IX**

### **LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK**

#### **9.1. Lokasi Pabrik**

Tata letak peralatan dan fasilitas dalam suatu rancangan pabrik merupakan syarat mutlak, dimana untuk memperkirakan biaya seakurat mungkin sebelum mendirikan pabrik atau untuk desain secara terperinci pada masa mendatang, yang mana meliputi desain sarana perpipaan, fasilitas bangunan, jenis dan jumlah peralatan serta kelistrikan dan utilitas.

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

1. Faktor Utama
  - a. Penyediaan bahan baku
  - b. Pemasaran (*marketing*)
  - c. Utilitas (bahan bakar, sumber air dan listrik)
  - d. Keadaan geografis masyarakat.
2. Faktor Khusus
  - a. Transportasi
  - b. Tenaga kerja
  - c. Buangan pabrik dan pembuangan limbah
  - d. Perpajakan dan asuransi
  - e. Karakteristik dari lokasi
  - f. Peraturan perundang-undangan

(Timmerhaus, hal : 52-56)

(Coulson and Richardson's, hal : 797-794)

## 9.1. Faktor utama

### a. Penyediaan bahan baku

Ditinjau dari tersedianya bahan baku, maka pabrik hendaknya didirikan dekat dengan jalur transportasi. Hal-hal yang perlu diperhatikan mengenai bahan baku :

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

### b. Pemasaran (*Marketing*)

Pemasaran merupakan salah satu faktor yang paling penting dalam industri kimia karena berhasil atau tidaknya pemasaran akan menentukan keuntungan industri tersebut. Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Dimana produksi akan dipasarkan (*marketing area*)
- Kebutuhan produk saat sekarang dan akan datang
- Pengaruh persaingan yang ada
- Jarak pemasaran dari lokasi dan bagaimana sarana pengangkutan untuk sampai ke daerah pemasaran.

### c. Utilitas

Unit utilitas dalam suatu pabrik sangatlah penting karena merupakan sarana bagi kelancaran proses produksi. Unit utilitas terdiri dari :

#### 1. Air

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam industri kimia. Air digunakan untuk kebutuhan proses, air umpan boiler, air sanitasi dan kebutuhan lainnya. Untuk memenuhi kebutuhan ini air diambil dari 2 macam sumber, yaitu :

- Air kawasan
- Air PDAM

## 2. Listrik dan bahan bakar

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

- Ada tidaknya jumlah tenaga listrik yang tersedia di daerah itu.
- Harga tenaga listrik di daerah tersebut.
- Harga tenaga listrik dan bahan bakar dimasa yang akan datang.
- Mudah atau tidaknya mendapatkan bahan bakar.

Sumber listrik diperoleh dari PLN, walaupun demikian tenaga generator diperlukan sebagai cadangan yang harus siap bila setiap saat mengalami pemadaman listrik oleh PLN. Bahan bakar digunakan untuk menghasilkan steam pada boiler dan sebagai bahan bakar untuk menggerakkan *generator* adalah *Fuel Oil 33°API*.

## 3. Keadaan geografis dan masyarakat

Keadaan geografis dan masyarakat harus mendukung iklim industri untuk menciptakan kenyamanan dan ketentraman dalam bekerja.

Hal-hal yang perlu diperhatikan :

- Kesiapan masyarakat untuk menjadi masyarakat industri.
- Keadaan alamnya, keadaan alam yang menyulitkan akan mempengaruhi spesifikasi peralatan serta konstruksi peralatan.
- Keadaan angin (kecepatan dan arah angin) pada situasi terburuk yang pernah terjadi pada tempat tersebut.
- Gempa bumi, banjir, angin topan dan lain-lain.
- Keadaan tanah tempat pabrik berdiri yang dapat menyulitkan pemasangan konstruksi bangunan atau peralatan proses.
- Produk yang dihasilkan maupun proses yang digunakan terhadap masyarakat lingkungan sekitar terutama untuk industri yang menghasilkan bahan berbahaya.
- Kemungkinan untuk perluasan dimasa yang akan datang.

Dengan memperhatikan beberapa faktor tersebut maka sebelum pendirian pabrik harus dilakukan survey area terlebih dahulu sehingga keberlangsungan dan masa depan pabrik dapat terjamin.

(Timmerhaus, hal : 52-56)

(Vilbrant and Dryden, hal. 266)

## 9.2. Faktor Khusus

### a. Transportasi

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

- Jalan raya yang dapat dilalui oleh kendaraan bermotor.
- Jalur kereta api.
- Adanya pelabuhan laut dan lapangan udara.
- Sungai atau laut yang dapat dilalui perahu atau kapal.
- Jarak sumber bahan baku maupun dengan daerah pemasaran.

(Bernasconi, hal. 4)

(Vilbrant and Dryden, hal. 266)

### b. Tenaga kerja

Kebutuhan tenaga kerja baik tenaga kasar atau tenaga ahli perlu diperhatikan karena akan berpengaruh terhadap kinerja dan kelancaran dari perusahaan. Tingkat pendidikan dari masyarakat dan tenaga kerja juga mendukung pendirian pabrik ini. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam hal ini adalah :

- Mudah atau tidaknya mendapatkan tenaga kerja yang diinginkan
- Keahlian dan pendidikan tenaga kerja yang tersedia
- Tingkat penghasilan tenaga kerja di daerah tersebut
- Karakteristik dari lokasi

### c. Buangan pabrik dan pembuangan limbah

Apabila buangan pabrik (waste diposal) berbahaya bagi kehidupan disekitarnya, maka yang harus diperhatikan adalah :

- Cara menentukan bentuk buangan, terutama yang berhubungan dengan peraturan pemerintah dan peraturan setempat.

- Masalah polusi atau efek samping dari polusi yang mungkin timbul.

Untuk pembuangan limbah industri harus memperhatikan usaha pencegahan terhadap pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh buangan pabrik yang berupa gas, cair maupun padatan dengan memperhatikan ketentuan dari pemerintah.

**d. Perpajakan dan asuransi**

Masalah ini berkaitan dengan pemberian ijin dan sistem perpajakan di daerah pendirian pabrik tersebut. Hal-hal yang mempengaruhi antara lain :

- Pendapatan daerah tersebut
- Asuransi untuk pengangguran
- Monopoli perusahaan

**e. Karakteristik dari lokasi**

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam memilih lokasi adalah :

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

**f. Faktor lingkungan (komunitas)**

- Adat istiadat atau kebudayaan didaerah sekitar lokasi pabrik
- Fasilitas perumahan,sekolah,poliklinik dan tempat ibadah
- Apakah merupakan daerah pedesaan atau perkotaan

**g. Peraturan dan perundang-undangan**

Hal-hal yang perlu diperhatikan :

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

(Timmerhaus, hal : 52-56)

(Vilbrant and Dryden, hal. 266)

Berdasarkan pertimbangan diatas dapat ditentukan bahwa pendirian pabrik Dimetil Formamida ini berada di kawasan Krakatau Industrial Estate, kota Cilegon Provinsi Banten yang diharapkan dapat memberikan keuntungan

yang sebesar-besarnya. Faktor-faktor yang dipertimbangkan dalam pendirian pabrik Dimetil Formamida ini antara lain :

### **1. Bahan Baku**

Sebagai bahan baku pabrik Dimetil Formamida adalah Dimetil Amina dan Metil Format yang berasal dari negara Cina. Oleh karena itu untuk mendapatkan kemudahan maka perencanaan lokasi pabrik diusahakan berdekatan dengan pelabuhan.

### **2. Penyediaan Utilitas**

Pabrik Dimetil Formamida ini memerlukan air yang cukup banyak, baik untuk alat-alat pendingin, steam, keperluan air dan keperluan lainnya. Untuk pemenuhan kebutuhan ini, pengadaan air diambil dari air kawasan. Oleh karena itu lokasi pabrik dipilih yang berdekatan dengan sumber mata air kawasan sehingga dapat memenuhi kebutuhan air tersebut.

### **3. Tenaga Kerja**

Tenaga kerja di Indonesia cukup banyak, sehingga penyediaan tenaga kerja tidak begitu sulit diperoleh. Tenaga kerja yang berpendidikan menengah atau kejuruan dapat diambil dari daerah sekitar pabrik. Sedangkan untuk tenaga kerja ahli dapat didatangkan dari kota lain. Disamping itu lokasi pabrik mudah dijangkau oleh transportasi angkutan yang beroperasi secara permanen pada daerah lokasi pabrik.

### **4. Pemasaran**

Pemasaran merupakan salah satu faktor yang paling penting dalam industri kimia karena berhasil atau tidaknya pemasaran akan menentukan keuntungan industri tersebut. Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Dimana produksi akan dipasarkan (*marketing area*)
- Kebutuhan produk saat sekarang dan akan datang
- Pengaruh persaingan yang ada

Dari segi pemasaran, dipilih lokasi pabrik di Cilegon, karena berdekatan dengan ibukota DKI Jakarta dan merupakan daerah industri sehingga menguntungkan untuk pemasaran produk di dalam maupaun di luar negeri.

### 5. Sarana Transportasi

Telah tersedia jalan raya yang memadai sehingga pengiriman barang keluar maupun ke dalam pabrik tidak mengalami kesulitan.

### 6. Karakteristik Lokasi

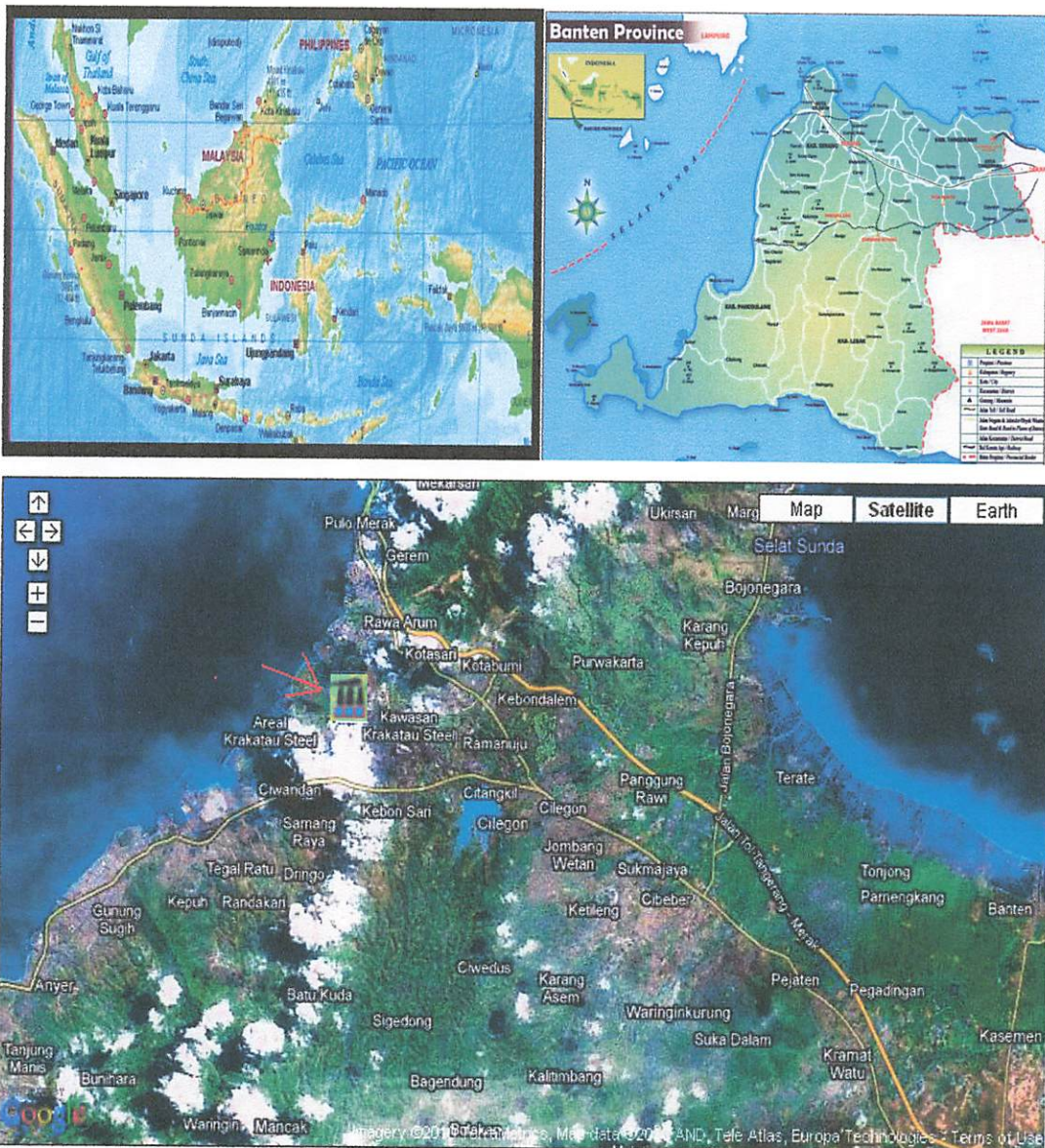
Karakteristik lokasi ini menyangkut iklim serta kondisi sosial masyarakat di Cilegon memiliki kelayakan. Disamping itu, secara hukum Cilegon adalah daerah industri sehingga pemerintah lebih mudah memberikan izin untuk pendirian suatu pabrik dan juga Keadaan iklim dan cuaca di daerah Cilegon umumnya baik, dan tidak terjadi angin topan.

Berikut ini daftar perusahaan yang membutuhkan suplai Dimetil Formamida :

No.	Perusahaan	Bidang	Lokasi
1.	Amoco Mitsui PTA Indonesia, PT	Produsen purified terephtalic acid (PTA), bahan baku industry polyester	Desa Rawa Arum, Tanjung Gerem, Merak, Banten.
2.	Arbe Syrindo, PT	Pabrik styrenic polimer, bahan baku plastik.	Desa Sumuranja, Pulo Ampel, Serang, Banten.
3.	Asahimas Chemical, PT	Pabrik Chlor Alkali-Vinyl Chloride	Gunung Sugih, Anyer, Cilegon.
4.	Asiaplast Industries Tbk, PT	Produsen plastik lembaran dan film PVC, karpet plastik,	Desa Gembor, Periuk Jaya,



		kulit jok plastik	Tangerang.
5.	Bojong Westplas, PT	Produsen pipa PEX, penganti Pipa PVC. Merek: Westpex. Juga memproduksi bahan baku PVC compounds, XLPE (cross-linked polyethylene) dan PE jacketing.	Pluit Selatan, Jakarta.



: Lokasi Pabrik Dimetil Formamida

Gambar 9.1. Peta Daerah Tangerang, Cilegon Banten

### 9.3. Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik adalah pengaturan atau peletakan bangunan dan peralatan dalam pabrik, yaitu meliputi areal proses, areal penyimpanan dan areal material sedemikian rupa sehingga pabrik dapat beroperasi secara efektif dan efisien.

Tujuan utama dari tata letak pabrik adalah :

- Untuk mengatur alat-alat serta fasilitas produksi
- Untuk menjaga keselamatan
- Supaya pemeliharaan dapat diatur dengan mudah
- Pembiayaan dapat ditekan seminimal mungkin
- Fungsi dari peralatan dan bangunan dapat dipakai seefisien mungkin

Tata letak pabrik dapat dibagi menjadi 2 bagian :

1. Tata letak bangunan
2. Tata letak peralatan

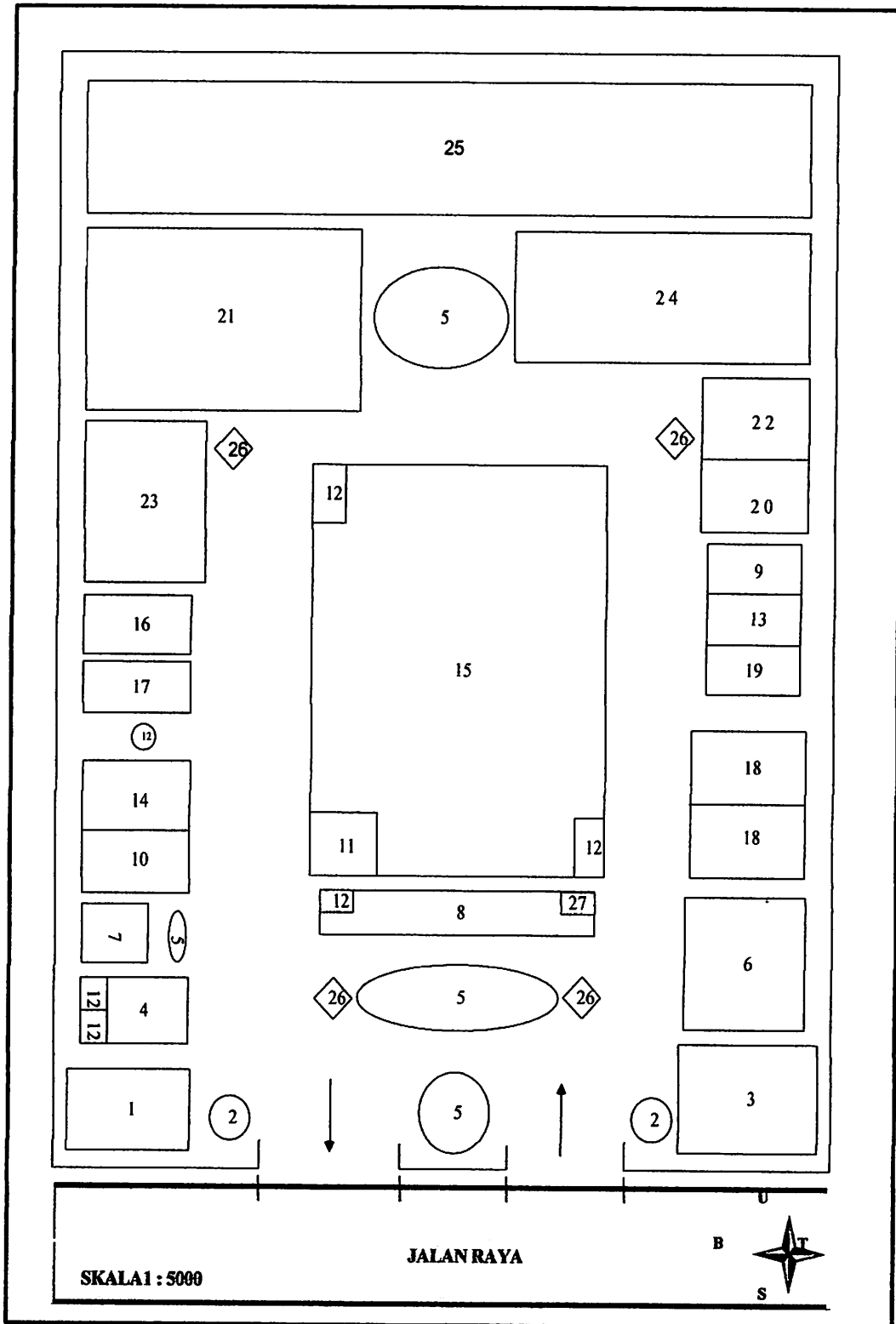
#### A. Tata letak bangunan pabrik

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

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

No.	Lokasi	Luas		Candle	Lumen
		(m <sup>2</sup> )	(ft <sup>2</sup> )		
1	Pos Keamanan	18	59,05	4	393,70
2	Parkir Tamu	30	98,42	5	820,20
3	Parkir Karyawan	50	164,04	6	1640,40
4	Taman	150	492,12	6	4921,20
5	Perkantoran Administrasi	150	492,12	25	20505,00
6	Perpustakaan	20	65,62	5	546,80
7	Departemen Produksi	500	1640,40	10	27340,00

8	Quality Control	50	164,04	25	6835,00
9	Toilet	32	104,99	5	874,88
10	Area Proses Produksi	50000	164040,00	30	8202000,00
11	Ruang Kontrol	25	82,02	7	956,90
12	Laboratorium	50	164,04	7	1913,80
13	Aula	100	328,08	8	4374,40
14	Poliklinik	20	65,62	4	437,44
15	Kantor Devisi Litbang	24	78,74	5	656,16
16	Departemen Teknik	24	78,74	5	656,16
17	Kantin	36	118,11	6	1181,09
18	Mushola	50	164,04	6	1640,40
19	Pemadam Kebakaran	30	98,42	10	1640,40
20	Ruang Generator	25	82,02	10	1367,00
21	Timbangan Truk	50	164,04	5	1367,00
22	Bengkel	50	164,04	8	2187,20
23	Gudang Produk	2000	6561,60	15	164040,00
24	Gudang Bahan Baku	1000	3280,80	10	54680,00
25	Area Pembangkit Listrik	50	164,04	8	2187,20
26	Area Pengolahan Air	30000	98424,00	20	3280800,00
27	Ruang Boiler	25	82,02	5	683,50
28	Area Pengolahan Limbah	1000	3280,80	10	54680,00
29	Area Perluasan Pabrik	300	984,24	5	8202,00
30	Jalan	20000	65616,00	10	1093600,00
<b>Total</b>		<b>105859</b>	<b>347302,21</b>	<b>285</b>	<b>12943127,82</b>



Gambar 9.2. Tata Letak Pabrik Dimetil Formamida

**Keterangan:**

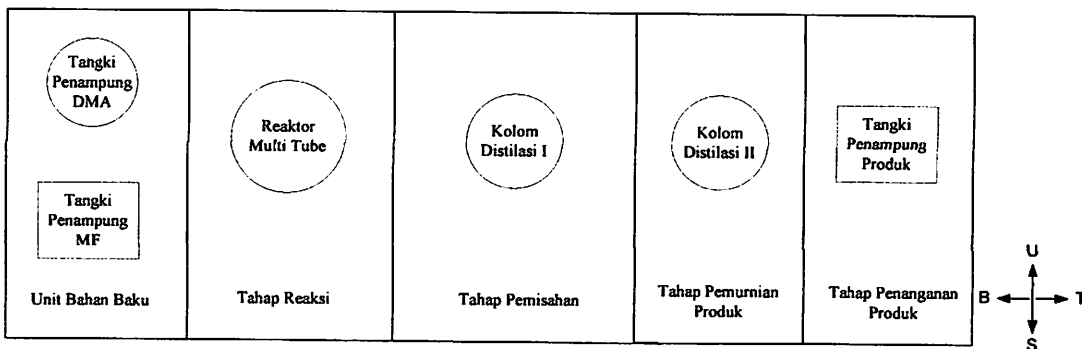
1. Parkir tamu.
2. Pos keamanan.
3. Parkir pegawai.
4. Musholla.
5. Taman.
6. Aula.
7. Poliklinik.
8. Kantor pusat.
9. Garasi.
10. Kantin.
11. Ruang kepala pabrik.
12. Toilet.
13. Bengkel.
14. Perpustakaan.
15. Areal proses produksi.
16. Areal tangki bahan bakar.
17. Laboratorium.
18. Pemeriksaan bahan.
19. Ruang bahan baku.
20. Ruang generator.
21. Areal waste treatment.
22. Pemadam kebakaran.
23. Gudang produk.
24. Utilitas.
25. Perluasan pabrik.
26. Tanah sisa dan jalan.
27. Ruang Litbang / R&D.

**B. Tata Letak Peralatan Pabrik (Lay out Proses)**

Tata letak peralatan adalah cara menempatkan peralatan-peralatan didalam pabrik sedemikian rupa sehingga pabrik dapat bekerja secara efektif dan

efisien. Perencanaan yang baik dalam tata letak pabrik harus mencakup arus proses, storage dan material yang efisien serta diharapkan adanya kombinasi yang sempurna. Dalam menentukan tata letak peralatan maka perlu diperhatikan beberapa faktor :

- Pengaturan jarak antara peralatan proses yang satu dengan yang lain sehingga mempermudah pengontrolan peralatan
- Pengaturan sistem yang ada pada tempat yang tepat agar tidak mengganggu aktifitas kerja serta pemberian warna yang jelas pada aliran proses.
- Peletakan alat pemadam kebakaran yang mudah dijangkau
- Peletakan alat control sehingga mudah diawasi oleh operator
- Peralatan diusahakan tersusun berurutan sehingga memudahkan pemeriksaan dan pengawasan
- Ruang harus cukup untuk peralatan
- Bila sekiranya ada alat yang diletakkan diatas maka dapat disusun sesuai dengan prosesnya.



Gambar 9.3. Tata Letak Peralatan Proses

Keterangan gambar 9.3.

1. Unit Bahan Baku

Storage bahan baku Dimetil Amina

Storage bahan baku Metil Format

2. Tahap Reaksi

Reaktor Multi Tube

3. Tahap Pemisahan

Kolom Distilasi I

4. Tahap Purnian Produk

Kolom Distilasi II

5. Tahap Penanganan Produk

Tangki Penampung Produk Dimetil Formamida



## **BAB X**

### **STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN**

Suatu perusahaan biasanya memiliki suatu bentuk organisasi yang berfungsi sebagai suatu bentuk hubungan yang memiliki sifat dinamis, dalam arti dapat menyesuaikan diri terhadap segala sesuatu perubahan, yang pada hakekatnya merupakan suatu bentuk yang dengan sadar diciptakan manusia untuk mencapai suatu tujuan tertentu.

Pada umumnya organisasi dibuat dalam suatu struktur yang merupakan gambaran secara skematis tentang hubungan atau kerjasama antar departemen yang terdapat dalam kerangka usaha untuk mencapai suatu tujuan tersebut.

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

- Bentuk Perusahaan : Perseroan Terbatas (PT)
- Lokasi Pabrik : Cilegon, Tangerang-Banten
- Kapasitas Produksi : 50.000 ton / tahun
- Modal : Penanaman Modal Dalam Negeri

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

Pabrik Dimetilformamida merupakan perusahaan swasta berskala nasional yang akan didirikan dengan bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT). Bentuk ini dipilih dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Tanggung jawab pemegang saham terbatas sebab segala sesuatu yang menyangkut perusahaan dipegang oleh pemimpin perusahaan.
2. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu dengan yang lainnya. Pemilik PT adalah para pemegang saham, sedangkan pengurus adalah direksi beserta staffnya yang diawasi oleh dewan direksi.
3. Mudah mendapatkan modal yaitu dari hasil penjualan saham setelah pabrik berjalan optimum dengan validitas yang jelas.

4. Kehidupan sebuah PT lebih terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi maupun staffnya dan juga karyawan perusahaan.
5. Adanya efisiensi dalam manajemen, para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris, juga dapat memilih direktur utama yang cakap dan berpengalaman.

### **10.3. Struktur Organisasi Perusahaan**

Sistem organisasi yang diterapkan adalah sistem organisasi garis dan staff yaitu kekuasaan mengalir secara langsung dari direksi kepada kepala bagian dan diteruskan kepada kepala seksi dan selanjutnya ke karyawan di bawahnya. Beberapa hal yang menjadikan alasan pemilihan adalah:

1. Sistem organisasi garis dan staff sering digunakan dalam perusahaan yang memproduksi secara massal dengan produksi yang kontinyu.
2. Biasa diterapkan pada organisasi yang cukup besar.
3. Masing-masing kepala bagian atau manager secara langsung bertanggung jawab atas aktivitas yang dilakukan untuk pencapaian tujuan.
4. Terdapat kesatuan pimpinan dan perintah, sehingga disiplin kerja dapat berjalan lebih baik. Serta terdapat adanya staff yang terdiri atas beberapa ahli, sehingga dapat terjalin kelancaran dan kemajuan perusahaan.
5. Pimpinan tertinggi pabrik dipegang oleh seorang direktur utama yang bertanggung jawab kepada dewan komisaris. Anggota dewan komisaris merupakan wakil-wakil dari pemegang saham dan dilengkapi dengan staff ahli yang bertugas memberikan saran kepada direktur.

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

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

#### **10.4.1. Pemegang Saham**

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk mendirikan pabrik dengan cara membeli saham perusahaan. Mereka merupakan pemilik perusahaan dimana jumlah yang dimiliki tergantung sesuai dengan besarnya saham yang dimiliki, sedangkan kekayaan pribadi pemegang saham tidak dipertanggungjawabkan sebagai jaminan atas hutang-hutang perusahaan. Pemegang saham harus menanamkan sahamnya paling sedikit satu tahun. Rapat umum pemegang saham adalah rapat dari pemegang saham. Mereka mempunyai kekuasaan tertinggi dalam Perseroan Terbatas (PT). Rapat umum pemegang saham biasanya diadakan paling sedikit sekali dalam satu tahun, dan selambat-lambatnya enam bulan sesudah tahun buku yang bersangkutan. Dimana melalui rapat pemegang saham mereka menetapkan :

1. Mengangkat dan memberhentikan dewan komisaris.
2. Mengesahkan hasil-hasil usaha neraca perhitungan laba dan rugi tahunan.

#### **10.4.2. Dewan Komisaris**

Dalam menjalankan tugas harian, para pemilik saham diwakili oleh Dewan Komisaris yang diangkat melalui rapat anggota. Biasanya sebagai ketua dewan komisaris adalah salah seorang pemegang saham. Masa kerja dewan komisaris adalah dua tahun atau ditentukan sesuai dengan perjanjian.

Tugas dan wewenang Dewan Komisaris

1. Mengawasi kerja dewan direksi
2. Memberhentikan sementara dewan direksi bila teguran dewan komisaris diabaikan serta dapat merugikan perusahaan.
3. Menilai program dan rencana kerja yang diajukan dewan direksi.
4. Meminta pertanggungjawaban dewan direksi.
5. Mempertanggungjawabkan perusahaan kepada pemegang saham.

### 10.4.3 Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tinggi secara langsung dan penanggung jawab utama dalam perusahaan secara keseluruhan. Direktur Utama membawahi :

- Direktur Teknik
- Direktur Operasional

Tugas Direktur Utama adalah :

1. Menetapkan strategi perusahaan, merumuskan rencana kerja dan cara-cara pelaksanaannya.
2. Mengurus dan mewakili perseroan di dalam dan luar negeri.
3. Memberikan instruksi resmi kepada bawahannya untuk melaksanakan tugas masing-masing.
4. Mempertanggungjawabkan kepada dewan komisaris segala anggaran belanja dan pendapatan perusahaan.
5. Selain tugas diatas, direktur utama berhak mewakili perseroan secara sah dan langsung dalam hal dan kejadian yang berhubungan dengan kepentingan perseroan, dan harus meminta ijin kepada dewan komisaris bila akan melakukan tindakan yang berhubungan dengan perseroan (peminjaman uang di Bank, memindahtangankan perseroan untuk menanggung hutang dan lain sebagainya).

Direktur Teknik bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam hal :

1. Memberikan nasehat dan informasi mengenai masalah teknik dan ekonomi kepada Direktur Utama.
2. Membantu Direktur Utama dalam bidang penelitian dan pengembangan organisasi perusahaan, teknik proses dan pengembangan mutu sehingga dapat memajukan perusahaan
3. Mengawasi pemeliharaan dan perbaikan alat-alat produksi.
4. Bertanggung jawab kepada Direktur Utama mengenai pengolahan limbah hasil samping dari produksi.
5. Mengawasi tentang dokumentasi produk dan data-data penting yang berhubungan dengan kualitas produksi dan standard operasi.

6. Pengawasan pengembangan produk dan kendali mutu.
7. Mengkoordinir serta mengawasi pekerjaan dari kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

Direktur Operasional bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam hal :

1. Bertanggung jawab kepada Direktur utama mengenai hal yang berhubungan dengan pengadaan sumber daya manusia, tentang pengembangan karyawan dan kesejahteraan karyawan.
2. Perencanaan dan penyusunan neraca keuangan dan kelancaran administrasi perusahaan serta manajemen sistem informasi.
3. Menjaga kelancaran pembelian bahan baku dan pemasaran produk.
4. Bertanggung jawab kepada Direktur Utama mengenai proses produksi dan penanganan produk.
5. Mengkoordinir serta mengawasi pekerjaan dari kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

#### **10.4.4. Kepala Bagian**

##### **10.4.4.1 Kepala Bagian Teknik (Engineering)**

Kepala Bagian Teknik adalah kepala bagian yang bertanggung jawab atas semua kegiatan yang berhubungan erat dengan produksi. Dalam hal ini bukan produksi secara langsung, tetapi sebagai penunjang dalam proses produksinya.

Seksi-seksi yang dibawahinya adalah :

##### **1. Seksi Utilitas**

Melaksanakan dan mengatur sarana utilitas untuk kebutuhan proses seperti air dan tenaga listrik.

##### **2. Seksi Bengkel & Perawatan (Maintenance)**

Mengatur dan melaksanakan sarana proses untuk keamanan alat serta memperbaiki alat yang rusak.

##### **10.4.4.2 Kepala Bagian Kendali Mutu (Quality Control)**

Kepala Bagian Kendali Mutu adalah kepala bagian yang bertanggung jawab atas semua kegiatan yang berhubungan erat dengan kualitas

produk dalam suatu produksi, baik itu kualitas bahan baku maupun produk. Adapun seksi-seksi yang dibawahinya adalah :

#### **1. Seksi Produk**

Bertugas menganalisa kualitas bahan baku dan mutu produksi agar produk yang diterima konsumen mempunyai kualitas yang sesuai dengan standart yang telah ditetapkan.

#### **2. Seksi Kemasan**

Bertugas untuk menganalisa kualitas kemasan dan melakukan pengecekan terhadap kemasan yang dipakai dalam penanganan produk.

#### **10.4.4.3 Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan (R&D)**

Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan adalah kepala bagian yang bertanggung jawab atas semua standard kualitas bahan baku dan produk serta bertugas untuk melakukan pengawasan terhadap penelitian dan pengembangan produk. Adapun seksi-seksi yang dibawahinya adalah :

#### **1. Seksi Produk**

- Bertugas untuk menganalisa standard mutu bahan baku dari supplier yang akan bekerjasama dengan perusahaan.
- Bertugas untuk melakukan tes kestabilan produk dalam jangka waktu tertentu sehingga diperoleh masa kadaluwarsa dari produk yang dihasilkan.
- Bertugas untuk meneliti dan mengembangkan produk utama atau hasil samping, apakah masih bisa dipergunakan lagi atau bisa dijadikan produk dengan bentuk yang lain.

#### **2. Seksi Kemasan**

Bertugas untuk menganalisa standard kualitas kemasan baru dari supplier atau mengadakan desain kemasan baru untuk produk yang dihasilkan.

#### **10.4.4.4 Kepala Bagian Jaminan Mutu (Quality Assurance)**

Kepala Bagian Jaminan Mutu adalah kepala bagian yang bertanggung jawab atas semua dokumentasi produk dan Standard Operational Process. Adapun seksi-seksi yang dibawahinya adalah :

##### **1. Seksi Dokumentasi**

Bertugas untuk mendokumentasikan semua jenis data produk serta mengecek keadaan produk apakah sudah sesuai dengan standard yang telah ditentukan oleh perusahaan sehingga apabila terjadi komplain dari konsumen, pihak perusahaan dapat merunut produk yang dihasilkan sesuai dengan nomor kode produksinya.

##### **2. Seksi Standard Operational Process**

Bertugas untuk membuat standard proses serta langkah-langkahnya sehingga memudahkan karyawan untuk bekerja sesuai dengan apa yang diharapkan oleh perusahaan. Serta bertanggung jawab atas kelalaian karyawan yang melanggar standard operasional.

#### **10.4.4.5 Kepala Bagian Human Resources Management (HRM)**

Kepala Bagian Human Resources Management adalah kepala bagian yang bertanggung jawab menangani masalah tentang sumber daya manusia, kekaryawanan, Humas, dan Public Relation. Adapun seksi-seksi yang dibawahinya adalah :

##### **1. Seksi Human Resources Departement (HRD)**

Adalah bagian yang menangani masalah tentang sumber daya manusia yang meliputi :

- Recruitment Departement yang bertugas mencari atau menyeleksi calon karyawan yang sesuai untuk mengisi lowongan yang ada.
- Desain Organisasi untuk seluruh bagian di pabrik ini dan Sistem Penilaian Karya yang bertujuan untuk memilih siapa karyawan yang paling rajin dan berbakat sehingga bisa dijadikan contoh untuk karyawan lainnya.

- Sistem remunerasi yaitu mekanisme untuk mengontrol fasilitas karyawan (welfare) dan regulasi karyawan.
- Payroll yaitu bagian yang mengurus tentang balas jasa perusahaan kepada karyawan dalam bentuk gaji.
- Productivity Control yaitu pemantauan hasil produk ditinjau dari man power yang ada di bagian tertentu dalam perusahaan.

## **2. Seksi Training and Employee Relation (TER)**

Adalah bagian yang mengurus tentang pelatihan dan kekaryawanan.

TER terbagi dalam dua seksi, yaitu :

- Training Section, secara garis besar seksi ini mengurus tentang pengembangan sumber daya manusia yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan pengembangan pengetahuan dan ketrampilan karyawan untuk memenuhi standart kerja tertentu.
- Employee Relation Section, merupakan suatu seksi yang mengurus tentang program yang bertujuan untuk membangun dan menjaga iklim kerjasama yang harmonis antara karyawan dengan pihak perusahaan sehingga tercapai tingkat produktivitas yang tinggi.

## **3. Seksi General Affairs (GA)**

- GA Safety Section and Health, yaitu suatu seksi yang bergerak dalam bidang kesehatan dan keselamatan kerja (K3) yang sesuai dengan UU No. 1 tahun 1970. Program K3 meliputi upaya perlindungan terhadap semua tenaga sumber, proses dan hasil produksi kerja yang masuk dalam kawasan perusahaan, serta teknologi pencegah kecelakaan kerja.
- GA Internal, adalah bagian yang menangani masalah yang berhubungan dengan administrasi, kebersihan dan keindahan lingkungan serta bertanggung jawab atas fasilitas gedung dan karyawan yang ada di lingkungan perusahaan.
- GA External, adalah bagian yang menangani masalah yang berhubungan dengan masyarakat/klien. Kegiatan GA External



meliputi : publikasi (mendesain semua fasilitas pada perusahaan ini, dan mempromosikan semua aktivitas perusahaan), Public Relation (menjalin hubungan yang baik dengan karyawan maupun lingkungan, menangani surat masuk dan surat keluar serta membuat sistem informasi), Social and Religion (menjalankan aktivitas keagamaan, merencanakan dan mengusulkan aktivitas-aktivitas keagamaan, menjalin komunikasi yang baik dengan para ulama dan tokoh masyarakat).

#### **10.4.4.6 Kepala Bagian Administrasi**

Kepala Bagian Administrasi adalah kepala bagian yang bertanggung jawab menangani pengaturan keuangan (cash flow). Adapun seksi-seksi yang dibawahinya adalah :

##### **1. Seksi Manajemen Sistem Informasi (MSI)**

Bertugas sebagai pusat pengolahan data komputer seluruh departemen di perusahaan.

##### **2. Seksi Accounting**

Bertugas mengurus semua pembukuan administrasi dan keuangan perusahaan.

##### **3. Seksi Gudang**

Bertugas dalam penyediaan bahan baku, pengepakan atau pengemasan produk jadi dan menimbun atau menyimpan dalam gudang serta merencanakan pengiriman produk ke luar pabrik.

#### **10.4.4.7 Kepala Bagian Penjualan dan Pemasaran (Purchasing)**

Kepala Bagian Penjualan/Pemasaran bertanggung jawab kepada Direktur Operasional dalam hal :

- Peningkatan omset penjualan.
- Perluasan daerah pemasaran.
- Mengawasi dan mengkoordinir kepala seksi yang menjadi bawahannya.

### **1. Seksi Market dan Riset**

Bertugas untuk meneliti dan mengupayakan agar hasil produksi dapat disalurkan ke jalur-jalur distribusi yang tepat sehingga hasil produksi mempunyai harga jual yang terjangkau. Seksi ini juga bertugas mengenalkan produk yang dihasilkan kepada konsumen-konsumen yang membutuhkan atau pabrik-pabrik kain yang menggunakan produk sebagai bahan baku produk lain dan bertugas dalam menarik minat konsumen untuk membeli produk yang dihasilkan.

### **2. Seksi Pemasaran dan Pembelian**

Bertugas dalam menjual hasil produksi dengan harga jual yang telah ditetapkan serta bertugas untuk melakukan pembelian bahan baku baik itu berasal dari luar negeri maupun dalam negeri.

#### **10.4.4.8 Kepala Bagian Produksi**

Kepala Bagian Produksi adalah kepala bagian yang bertanggung jawab menangani dan mengawasi semua proses produksi. Adapun seksi-seksi yang dibawahinya adalah :

##### **1. Seksi Proses**

Bertugas untuk mengatur dan mengawasi pelaksanaan jalannya proses produksi yang terjadi serta realisasi rencana dan bertanggung jawab atas jalannya masing-masing proses.

##### **2. Seksi Kemasan**

Bertugas mengurus penanganan produk hasil produksi.

#### **10.5. Jam Kerja**

Pabrik direncanakan bekerja atau beroperasi selama 330 hari dalam setahun dan selama 24 jam dalam sehari, sisa harinya digunakan untuk perbaikan dan perawatan serta *shut down*.

Sesuai dengan peraturan pemerintah jumlah jam kerja untuk karyawan yang bekerja di kantor, total jam kerja 40 jam dalam seminggu, dan jam kerja selebihnya dianggap lembur. Perincian jam kerja dibedakan dalam dua bagian, seperti dibawah ini :

**a. Pegawai Non-Shift :**

Senin – kamis : 08.00 – 16.00 (istirahat 12.00 – 13.00)

Jum at : 08.00 – 16.00 (istirahat 11.00 – 13.00)

Sabtu : 08.00 – 14.00

**b. Pegawai Shift :**

Untuk karyawan yang bekerja di pabrik terbagi menjadi 4 regu karyawan. Adapun jalan kerja untuk masing-masing shift adalah :

Shift I : 07.00 – 15.00

Shift II : 15.00 – 23.00

Shift III : 23.00 – 07.00

Hari minggu dan hari libur lainnya karyawan *shift* tetap bekerja seperti biasa, dimana karyawan *shift* diberikan libur satu hari setiap tiga hari kerja. Untuk memenuhi kebutuhan pegawai diperlukan 4 regu dimana tiga regu bekerja dan satu regu libur. Kerjanya seperti ditabelkan di bawah ini:

Tabel 10.1. Jadwal Kerja Karyawan Shift.

Regu	Hari											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>A</b>	X	I	I	I	X	II	II	II	X	III	III	III
<b>B</b>	I	X	II	II	II	X	III	III	III	X	I	I
<b>C</b>	II	II	X	III	III	III	X	I	I	I	X	II
<b>D</b>	III	III	III	X	I	I	I	X	II	II	II	X

Keterangan :

X = Libur

II = Siang

I = Pagi

III = Malam

### 10.6. Penggolongan dan Tingkat Pendidikan Karyawan

Penggolongan karyawan berdasarkan tingkat kedudukan dalam struktur organisasi pada pra rencana pabrik dimetilformamida ini adalah :

1. Direktur Utama
2. Direktur (Direktur Teknik dan Direktur Operasional)
3. Kepala Bagian
4. Kepala Seksi
5. Staff Kepala Seksi
6. Operator (tenaga pelaksana)

Sedangkan latar belakang pendidikan yang harus dimiliki oleh karyawan berdasarkan kedudukannya dan struktur organisasi pada prarencana pabrik dimetilformamida dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Direktur Utama : Magister Teknik Kimia (S2)
2. Direktur
  - a. Direktur Teknik : Sarjana Teknik Kimia.
  - b. Direktur Operasional : Sarjana Teknik Kimia.
3. Kepala Bagian (Departemen)
  - a. Departemen Teknik : Sarjana Teknik Mesin
  - b. Departemen QC : Sarjana Teknik Kimia
  - c. Departemen R&D : Sarjana Teknik Industri
  - d. Departemen QA : Sarjana Ekonomi-Manajemen
  - e. Departemen HRM : Sarjana Psikologi
  - f. Departemen Administrasi : Sarjana Ekonomi-Manajemen
  - g. Departemen Pemasaran : Sarjana Ekonomi-Manajemen
  - h. Departemen Produksi : Sarjana Teknik Kimia
4. Kepala Divisi
  - a. Divisi Utilitas : Sarjana Teknik Kimia
  - b. Divisi Bengkel & Perawatan : Sarjana Teknik Mesin
  - c. Divisi QC Produk : Sarjana Teknik Kimia
  - d. Divisi QC Kemasan : Sarjana Teknik Industri
  - e. Divisi R&D Produk : Sarjana Kimia (MIPA)

- |                                   |                             |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| f. Divisi R&D Kemasan             | : Sarjana Teknik Industri   |
| g. Staff QA Dokumentasi           | : Sarjana Administrasi      |
| h. Staff QA Standard Operasi      | : Sarjana Teknik Industri   |
| i. Divisi HRD (Personalialia)     | : Sarjana Psikologi         |
| j. Divisi TER                     | : Sarjana Psikologi         |
| k. Divisi General Affairs         | : Sarjana Public Relation   |
| l. Divisi Sistem Informasi        | : Sarjana Ilmu Komputer     |
| m. Divisi Akuntansi               | : Sarjana Ekonomi-Akuntansi |
| n. Divisi Gudang                  | : Sarjana Manajemen         |
| o. Divisi Market & Riset          | : Sarjana Ekonomi           |
| p. Divisi Pemasaran dan Pembelian | : Diploma Ekonomi           |
| q. Divisi Proses                  | : Sarjana Teknik Kimia      |
| r. Divisi Kemasan Produksi        | : Sarjana Teknik Industri   |
5. Karyawan : Diploma / SMK

#### 10.7. Perincian Jumlah Tenaga Kerja

Perhitungan jumlah tenaga operasional didasarkan pada pembagian proses yang dilakukan. Pada pra rencana pabrik dimetilformamida ini, proses yang dilakukan terbagi dalam beberapa bagian, yaitu:

1. Proses Penyiapan Bahan Baku
2. Proses Reaksi
3. Proses Pemisahan
4. Proses Pemurnian
5. Proses Penanganan Produk
6. Proses Penyediaan Utilitas (Steam, Air, Listrik)

Sehingga proses keseluruhan yang membutuhkan tenaga operasional adalah 6 tahap. Dari *Vilbrant & Dryen*, Gambar 6.35, hal. 235, diperoleh jumlah karyawan yang dibutuhkan untuk kapasitas produksi 50.000 ton / tahun dan beroperasi 330 hari / tahun yaitu:

Jumlah karyawan = 53 orang jam/hari/tahapan

Karena jumlah proses keseluruhan terbagi dalam 6 tahap, maka:

Karyawan proses = 53 orang jam/hari/tahapan × 6 tahap

$$= 318 \text{ orang jam/hari}$$

Direncanakan kegiatan produksi dalam 1 hari dilaksanakan dalam 3 shift kerja dan masing-masing shift adalah 8 jam/hari, maka:

$$\text{Karyawan proses} = 318 \text{ orang jam/hari} : 3 \text{ shift/hari}$$

$$= 106 \text{ orang jam/hari}$$

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

$$\text{Karyawan proses} = 13,25 \approx 13 \text{ orang hari/shift}$$

Karena karyawan shift terdiri atas 4 regu, yaitu 3 regu bekerja dan 1 regu libur, maka :

$$\text{Jumlah karyawan proses keseluruhan} = 13 \text{ orang hari/shift} \times 4 \text{ regu} = 52 \text{ orang setiap hari (untuk 4 regu).}$$

Sedangkan perincian kebutuhan tenaga kerja yang diperlukan pada pabrik Dimetilformamida ini dapat dilihat pada tabel 10.2. berikut ini :

**Tabel 10.7.1. Perincian Kebutuhan Tenaga Kerja.**

No.	Jabatan	Jumlah
1	Direktur Utama	1
2	Direktur Teknik	1
3	Direktur Operasional	1
4	Kepala Bagian Teknik (Engineering)	1
5	Kepala Seksi Utilitas	1
6	Karyawan Seksi Utilitas	8
7	Kepala Seksi Perawatan (Maintenance)	1
8	Karyawan Seksi Perawatan	4
9	Kepala Bagian Kendali Mutu (Quality Control)	1
10	Kepala Seksi QC Produk	1
11	Karyawan Seksi QC Produk	8
12	Kepala Seksi QC Kemasan (Packaging)	1
13	Karyawan Seksi QC Kemasan (Packaging)	4
14	Kepala Bagian Litbang (R&D)	1
15	Kepala Seksi R&D Produk	1
16	Staff Seksi R&D Produk	2
17	Kepala Seksi R&D Kemasan (Packaging)	1

18	Staff Seksi R&D Kemasan (Packaging)	2
19	Kepala Bagian Jaminan Mutu (Quality Assurance)	1
20	Staff Seksi QA Dokumentasi	2
21	Staff Seksi QA Standard Operasi (SOP)	2
22	Kepala Bagian Human Resources Management (HRM)	1
23	Kepala Seksi Human Resources Department (HRD)	1
24	Karyawan Human Resources Department (HRD)	4
25	Kepala Seksi Training and Employee Relation (TER)	1
26	Karyawan Training and Employee Relation (TER)	4
27	Kepala Seksi General Affairs (GA)	1
28	Karyawan General Affairs (GA)	6
29	Kepala Bagian Administrasi	1
30	Kepala Seksi Manajemen Sistem Informasi (MIS)	1
31	Staff Seksi Manajemen Sistem Informasi (MIS)	4
32	Kepala Seksi Akuntansi (Accounting)	1
33	Staff Seksi Akuntansi (Accounting)	6
34	Kepala Seksi Gudang (Warehouse)	1
35	Karyawan Seksi Gudang (Warehouse)	6
36	Kepala Bagian Pemasaran	1
37	Staff Seksi Market & Riset	2
38	Staff Seksi Pemasaran dan Pembelian	2
39	Kepala Bagian Produksi	1
40	Kepala Seksi Produksi bagian Proses	1
41	Karyawan Proses Produksi	34
42	Kepala Seksi Produksi bagian Penanganan Produk (Packaging)	1
43	Karyawan Produksi bagian Penanganan Produk (Packaging)	8
44	Dokter Perusahaan	1
45	Karyawan Poliklinik	4
46	Karyawan Kebersihan/Taman	4
47	Karyawan Keamanan	10
48	Sopir	4
<b>Jumlah</b>		<b>153</b>

## 10.8. Jaminan Sosial

Jaminan sosial adalah jaminan yang diterima oleh pihak karyawan jika terjadi sesuatu hal yang bukan karena kesalahan dari karyawan itu sendiri yang menyebabkan dia tidak melaksanakan tugasnya sebagai karyawan. Jaminan sosial yang diberikan oleh perusahaan kepada karyawan adalah:

### 1. Tunjangan

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

### 2. Fasilitas

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

### 3. Pengobatan

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

- a. Untuk pengobatan dan perawatan yang dilakukan pada rumah sakit yang telah di tunjuk akan diberikan secara cuma-cuma.
- b. Karyawan yang mengalami kecelakaan atau terganggu kesehatannya dalam menjalankan tugas perusahaan, akan mendapatkan penggantian ongkos pengobatan secara penuh.

### 4. Insentif atau bonus

Insentif diberikan dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas dan merangsang gairah kerja karyawan. Besarnya insentif ini dibagi menurut



golongan dan jabatan. Pemberian insentif untuk golongan operatif (golongan kepala seksi ke bawah) diberikan setiap bulan sedangkan untuk golongan di atasnya diberikan pada akhir tahun produksi dengan melihat besarnya keuntungan dan target yang dicapai.

#### **5. Cuti**

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

#### **10.9. Status Karyawan dan Sistem Upah**

Pabrik dimetilformamida 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.
4. Kedudukan
5. Keahlian.
6. Pengabdian pada perusahaan (lamanya bekerja).

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

##### **1. Karyawan reguler**

Karyawan reguler adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) dan mendapat gaji bulanan berdasarkan kedudukan, keahlian dan masa kerjanya.

## 2. Karyawan borongan

Karyawan borongan adalah pekerja yang dipergunakan oleh pabrik bila diperlukan saja, misalnya bongkar muat barang dan lain - lain. Pekerja ini menerima upah borongan untuk pekerjaan tersebut.

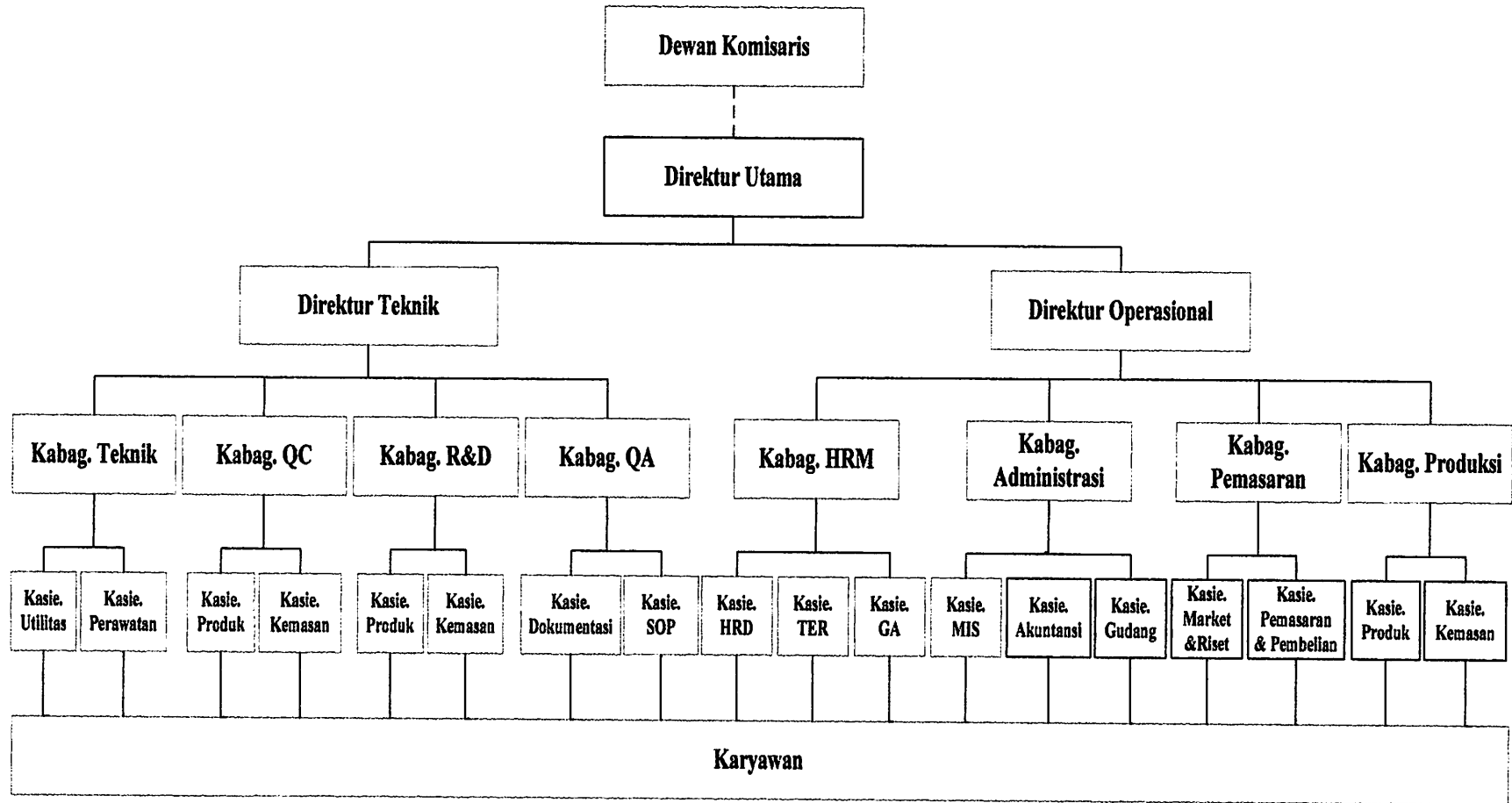
## 3. Karyawan harian

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

**Tabel 10.9.1. Daftar Upah (Gaji) Karyawan**

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji (Rp/orang)	Total
1	Dewan Komisaris	5	5000000	25.000.000
2	Direktur Utama	1	15.000.000	15.000.000
3	Direktur Teknik	1	9.000.000	9.000.000
4	Direktur Operasional	1	9.000.000	9.000.000
5	Kepala Bagian Teknik (Engineering)	1	4.000.000	4.000.000
6	Kepala Seksi Utilitas	1	2.500.000	2.500.000
7	Karyawan Seksi Utilitas	8	1.000.000	8.000.000
8	Kepala Seksi Perawatan (Maintenance)	1	2.000.000	2.000.000
9	Karyawan Seksi Perawatan	4	1.000.000	4.000.000
10	Kepala Bagian Kendali Mutu (QC)	1	4.000.000	4.000.000
11	Kepala Seksi QC Produk	1	2.500.000	2.500.000
12	Karyawan Seksi QC Produk	8	1.500.000	12.000.000
13	Kepala Seksi QC Kemasan (Packaging)	1	2.500.000	2.500.000
14	Karyawan Seksi QC Kemasan (Packaging)	4	1.500.000	6.000.000
15	Kepala Bagian Litbang (R&D)	1	4.000.000	4.000.000
16	Kepala Seksi R&D Produk	1	2.500.000	2.500.000
17	Staff Seksi R&D Produk	2	1.750.000	3.500.000
18	Kepala Seksi R&D Kemasan (Packaging)	1	2.500.000	2.500.000
19	Staff Seksi R&D Kemasan (Packaging)	2	1.750.000	3.500.000
20	Kepala Bagian Jaminan Mutu (QA)	1	2.500.000	2.500.000
21	Staff Seksi QA Dokumentasi	2	1.750.000	3.500.000

22	Staff Seksi QA Standard Operasi (SOP)	2	1.750.000	3.500.000
23	Kepala Bagian HRM	1	4.000.000	4.000.000
24	Kepala Seksi HRD	1	2.500.000	2.500.000
25	Karyawan HRD	4	1.250.000	5.000.000
26	Kepala Seksi TER	1	2.500.000	2.500.000
27	Karyawan TER	4	1.250.000	5.000.000
28	Kepala Seksi General Affairs (GA)	1	2.500.000	2.500.000
29	Karyawan General Affairs (GA)	6	1.250.000	7.500.000
30	Kepala Bagian Administrasi	1	4.000.000	4.000.000
31	Kepala Seksi Sistem Informasi	1	2.500.000	2.500.000
32	Staff Seksi Manajemen Sistem Informasi	4	1.500.000	6.000.000
33	Kepala Seksi Akuntansi (Accounting)	1	2.500.000	2.500.000
34	Staff Seksi Akuntansi (Accounting)	6	1.750.000	10.500.000
35	Kepala Seksi Gudang (Warehouse)	1	2.500.000	2.500.000
36	Karyawan Seksi Gudang (Warehouse)	6	1.000.000	6.000.000
37	Kepala Bagian Pemasaran	1	4.000.000	4.000.000
38	Staff Seksi Market & Riset	2	1.750.000	3.500.000
39	Staff Seksi Pemasaran dan Pembelian	2	1.750.000	3.500.000
40	Kepala Bagian Produksi	1	4.000.000	4.000.000
41	Kepala Seksi Produksi bagian Proses	1	2.500.000	2.500.000
42	Karyawan Proses Produksi	34	1.000.000	34.000.000
43	Kepala Seksi Produksi bagian Packaging	1	2.500.000	2.500.000
44	Karyawan Produksi bagian Packaging	8	1.000.000	8.000.000
45	Dokter Perusahaan	1	1.750.000	1.750.000
46	Karyawan Poliklinik	4	1.000.000	4.000.000
47	Karyawan Kebersihan/Taman	4	8.000.000	32.000.000
48	Karyawan Keamanan	10	1.500.000	15.000.000
49	Sopir	4	1.000.000	4.000.000
<b>Jumlah</b>		<b>161</b>		<b>287.750.000</b>



Gambar 10.1. Bagan Struktur Organisasi Pra Rencana Pabrik Dimetilformamida

## BAB XI

### ANALISA EKONOMI

Dalam perencanaan suatu pabrik perlu ditinjau dari faktor-faktor ekonomi yang menentukan apakah pabrik tersebut layak untuk didirikan atau tidak. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan untung rugi dalam mendirikan pabrik dimetil formamida ini adalah sebagai berikut :

- Laju pengembalian modal / *Return of Investment* (ROI)
- Lama pengembalian modal / *Pay Out Time* (POT)
- Titik impas / *Break Event Point* (BEP)
- *Net Present Value* (NPV)
- *Internal Rate of Return* (IRR)

Sedangkan untuk menghitung faktor-faktor di atas perlu diadakan penaksiran yang menyangkut administrasi perusahaan dan jalannya proses, yaitu :

#### 11.1. Faktor-faktor Penentu

##### A. Modal Investasi Total / *Total Capital Investment* (TCI)

Yaitu modal yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik sebelum berproduksi, terdiri dari :

1. *Fixed Capital Investment* (FCI)
  - a. Biaya langsung (*Direct cost*), meliputi :
    - Pembelian alat
    - Instalasi peralatan
    - Instrumentasi dan alat kontrol
    - Perpipaan terpasang
    - Listrik terpasang
    - Tanah dan bangunan
    - Fasilitas pelayanan
    - Pengembangan lahan

b. Biaya tak langsung (*Indirect cost*)

- Teknik dan supervisi
- Konstruksi
- Kontraktor
- Biaya tak terduga

2. *Working Capital Investment (WCI)*

Modal kerja yaitu modal yang digunakan untuk menjalankan pabrik yang berhubungan dengan laju produksi dalam beberapa waktu tertentu. Modal kerja terdiri dari :

- a. Penyediaan bahan baku dalam waktu tertentu
- b. Pengemasan produk dalam waktu tertentu
- c. Utilitas dalam waktu tertentu
- d. Gaji dalam waktu tertentu
- e. Uang tunai

Sehingga :

*Total Capital Investment (TCI)* = Modal tetap (FCI) + Modal kerja (WCI)

**B. Biaya produksi / *Total Production Cost (TPC)***

Biaya produksi total adalah biaya yang digunakan untuk operasi pabrik atau biaya yang dikeluarkan untuk mengeluarkan satu-satuan produk dalam waktu tertentu. Biaya produksi terdiri dari :

- a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*), terdiri dari :
  - Biaya produksi langsung / *Direct Production Cost (DPC)*
  - Biaya tetap / *Fixed Charges (FC)*
  - Biaya *overhead* pabrik / *Plant Overhead Cost*
- b. Biaya umum (*General Expenses*), terdiri dari :
  - Biaya administrasi
  - Biaya distribusi
  - Litbang
  - Bunga

Sehingga :

$$\text{Total Production Cost (TPC)} = \text{Manufacturing Cost (MC)} + \text{General Expenses (GE)}$$

Adapun biaya produksi total terbagi menjadi :

a. Biaya variabel (*Variable Cost = VC*)

Biaya variabel yaitu, segala biaya yang pengeluarannya berbanding lurus dengan laju produksi atau biaya yang tergantung dengan kapasitas pabrik secara langsung. Biaya variabel terdiri :

- Biaya bahan baku
- Biaya utilitas
- Biaya pengemasan

b. Biaya semi variabel (*Semi Variable Cost = SVC*)

Biaya semi variabel yaitu, biaya pengeluaran yang tidak berbanding lurus dengan laju produksi atau yang tergantung dengan kapasitas pabrik secara tidak langsung. Biaya semi variabel terdiri dari :

- Upah karyawan
- *Plant overhead*
- Pemeliharaan dan perbaikan
- Laboratorium
- Biaya umum (*General Expenses*)
- Supervisi

c. Biaya tetap (*Fixed Cost = FC*)

Biaya tetap adalah biaya yang dikeluarkan secara tetap, tidak tergantung pada kapasitas pabrik. Biaya tetap terdiri dari :

- Asuransi
- Depresiasi
- Pajak
- Bunga bank

## 11.2. Penafsiran Harga Alat

Harga suatu alat setiap saat akan berubah, tergantung pada perubahan kondisi ekonomi. Oleh karena itu, digunakan beberapa cara konversi harga alat terhadap harga alat pada beberapa tahun yang lalu, sehingga diperoleh harga yang ekuivalen dengan harga sekarang.

Harga alat pada Pra Rencana Pabrik Dimetil formamida ini didasarkan pada data harga alat yang terdapat pada literatur *Peter and Timmerhaus, Vilbrandt* dan [www.matche.com](http://www.matche.com). Untuk menaksir harga alat pada tahun 2011, maka digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Harga alat sekarang} = \frac{\text{nilai indeks tahun terhitung}}{\text{nilai indeks original}} \times \text{harga alat original}$$

$$\text{atau:} \quad C_x = \frac{I_x}{I_k} \times C_k$$

Dimana :

$C_x$  = Taksiran harga alat pada tahun 2011

$C_k$  = Taksiran harga alat pada tahun basis (2007)

$I_x$  = Indeks harga pada tahun 2011

$I_k$  = Indeks harga pada tahun basis (2007)

Untuk menaksir harga alat yang sama dengan kapasitas berbeda digunakan persamaan :

$$H_A = H_B \left( \frac{C_A}{C_B} \right)^n \quad (\text{Peter and Timmerhaus, edisi 4, hal. 169})$$

Dimana :

$H_A$  = Harga alat A

$H_B$  = Harga alat B

$C_A$  = Kapasitas alat A

$C_B$  = Kapasitas alat B

$n$  = eksponen harga alat (0,6)



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

#### A. Biaya langsung (*Direct Cost / DC*)

<b>Harga Peralatan</b>	<b>E</b>	<b>\$</b>	<b>3.561.369,09</b>
Tanah dan bangunan	8%	\$	284.909,53
Bangunan	20%	\$	712.273,82
Pemasangan alat	10%	\$	356.136,91
Instrumentasi dan kontrol	13%	\$	462.977,98
Perpipaan terpasang	10%	\$	356.136,91
Listrik terpasang	5%	\$	178.068,45
Pengembangan lahan	5%	\$	178.068,45
Fasilitas pelayanan	10%	\$	356.136,91
<b>Total Direct Cost (DC)</b>		<b>\$</b>	<b>6.446.078,06</b>

#### B. Biaya Tak langsung (*Indirect Cost / IC*)

Engineering dan supervisi	30% E	\$	1.068.410,73
Konstruksi	30% E	\$	1.068.410,73
<b>Total Indirect Cost (IC)</b>		<b>\$</b>	<b>2.136.821,46</b>

#### C. *Total Plant Cost (TPC)*

<b>Total Plant Cost</b>	<b>(DC+IC)</b>	<b>\$</b>	<b>8.582.899,52</b>
Kontraktor fee	30% (DC+IC)	\$	1.068.410,73
Biaya tak terduga	15% (DC+IC)	\$	1.246.479,18
<b>Total FCI</b>		<b>\$</b>	<b>10.897.789,43</b>

**D. Modal Kerja (*Working Capital Investment / WCI*)**

$$WCI = 15\% \times TCI$$

$$TCI = FCI + WCI$$

$$= \text{US\$ } 10.897.789,43 + (15\% \times TCI)$$

$$= \text{US\$ } 12.820.928,74$$

Modal yang digunakan terdiri atas :

a. 60% modal sendiri (TCI) = US\$ 7.692.557,24

b. 40% modal sendiri (TCI) = US\$ 5.128.371,50

**11.4. Penentuan *Total Production Cost (TPC)***

**A. *Manufacturing Cost (MC)***

1. Biaya produksi langsung (DPC)

Gaji karyawan	TK	\$	345.300,00
Bahan baku 1 tahun		\$	696.696.782,00
Biaya utilitas 1 tahun		\$	3.561.369,09
Biaya Pengemasan 1 tahun		\$	57.500.000,00
Biaya laboratorium	15% TK	\$	51.795,00
Pemeliharaan dan perawatan	10% FCI	\$	1.089.778,94
Patent dan royalti	2,5% TPC		
Supervisi	20% TK	\$	69.060,00
Penyediaan operasi	20% FCI	\$	2.179.557,89
<b>Total Biaya Produksi Langsung</b>		\$	761.493.642,92 + 2,5 TPC

2. Biaya produksi tetap (FC)

Depresiasi alat	10% FCI	\$	1.089.778,94
Depresiasi bangunan	1% FCI	\$	108.977,89
Pajak kekayaan	2% FCI	\$	217.955,79
Asuransi	3% FCI	\$	326.933,68
<b>Total Fixed Charge (FC)</b>		\$	1.743.646,31

**B. Biaya Overhead Pabrik**

Biaya overhead pabrik = 15% TPC

**C. General Expenses (GE)**

Biaya administrasi	15% TPC	
Biaya distribusi & pemasaran	10% TPC	
Biaya Litbang	2,5% TPC	
Bunga	12% TCI	\$ 1.538.511,45
<b>Total Biaya Pengeluaran Umum</b>		\$ 1.538.511,45 + 27,5% TPC

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

$$\begin{aligned} \text{TPC} &= \text{Manufacturing Cost} + \text{Biaya Pengeluaran Umum} \\ &= \text{US\$ } 763.237.289,23 + 40\% \text{ TPC} \\ &= \text{US\$ } 1.272.062.148,71 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga : GE} &= \text{US\$ } 969.673,34 + 27,5\% \text{ TPC} \\ &= \text{US\$ } 351.355.602,34 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Overhead} &= 15\% \text{ TPC} \\ &= \text{US\$ } 190.809.322,31 \end{aligned}$$

**11.5. Penentuan Harga Jual Produk**

Laba perusahaan yaitu keuntungan yang diperoleh dari penjualan produk. Dalam pra rencana pabrik dimetil formamida ini, laba yang diinginkan adalah sebesar 35% dari TCI, maka :

$$\begin{aligned} \text{Laba bersih} &= 35\% \times \text{TCI} \\ &= 35\% \times \text{US\$ } 12.820.928,74 \\ &= \text{US\$ } 4.487.325,06 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penjualan bersih} &= \text{Laba} + \text{TPC} \\ &= \text{US\$ } 4.487.325,06 + \text{US\$ } 1.272.062.148,71 \\ &= \text{US\$ } 1.276.549.473,77 \end{aligned}$$

Pajak penghasilan = 20% dari penjualan

$$\begin{aligned}
 \text{Penjualan kotor} &= \text{Penjualan bersih} + 20\% \text{ pajak} \\
 &= \text{US\$ } 1.276.549.473,77 + (20\% \times \text{US\$ } 1.276.549.473,77) \\
 &= \text{US\$ } 1.531.859.368,52
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Harga jual produk} &= \frac{\text{Penjualan kotor}}{\text{Kapasitas produksi}} \\
 &= \frac{\text{US\$ } 1.531.859.368,52}{50.000.000 \text{ kg}} \\
 &= \text{US\$ } 30,64/\text{kg produk}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laba kotor} &= \text{Harga jual} - \text{Biaya produksi} \\
 &= \text{US\$ } 1.531.859.368,52 - \text{US\$ } 1.272.062.148,71 \\
 &= \text{US\$ } 259.797.219,81
 \end{aligned}$$

Nilai penerimaan Cash Flow setelah pajak (CA)

$$\text{Depresiasi total} = \text{US\$ } 1.198.756,84$$

$$\text{Usia perusahaan} = 5 \text{ tahun}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Depresiasi per tahun} &= \frac{\text{US\$ } 1.198.756,84}{5 \text{ tahun}} \\
 &= \text{US\$ } 239.751,37
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CA} &= \text{Laba bersih} + \text{Depresiasi} \\
 &= \text{US\$ } 4.487.325,06 + \text{US\$ } 239.751,37 \\
 &= \text{US\$ } 4.727.076,43
 \end{aligned}$$

## 11.6. Menghitung Penilaian Investasi

### A. Waktu Pengembalian Modal (*Pay Out Time* / POT)

Waktu Pengembalian Modal / *Pay Out Time* (POT) adalah masa tahunan pengembalian modal investasi dari laba yang dihitung dikurangi penyusutan atau waktu yang diperlukan untuk mengembalikan modal investasi.

$$\begin{aligned}
 \text{POT} &= \frac{\text{FCI}}{\text{cash flow}} \times 1 \text{ tahun} \\
 &= \frac{\text{US\$ } 10.897.789,43}{\text{US\$ } 4.727.076,43} \times 1 \text{ tahun} \\
 &= 2,31 \text{ tahun}
 \end{aligned}$$

**B. Laju Pengembalian Modal (*Rate of Investment / ROI*)**

Laju pengembalian modal / *Rate of Investment* (ROI) adalah pernyataan umum yang digunakan untuk menunjukkan laba tahunan sebagai usaha untuk mengembalikan modal.

ROI sebelum pajak:

$$\begin{aligned}
 ROI_{BT} &= \frac{\text{Laba}}{\text{TCI}} \times 100\% \\
 &= \frac{\text{US\$ 4.487.325,06}}{\text{US\$ 12.820.928,74}} \times 100\% \\
 &= 35\%
 \end{aligned}$$

ROI setelah pajak:

$$\begin{aligned}
 ROI_{AT} &= \frac{\text{Laba} \times (1 - \% \text{pajak})}{\text{TCI}} \times 100\% \\
 &= \frac{\text{US\$ 4.487.325,06} \times (1 - 20\%)}{\text{US\$ 12.820.928,74}} \times 100\% \\
 &= 28\%
 \end{aligned}$$

(Vilbrant and Drydent, hal 254)

**C. Titik Impas / *Break Event Point* (BEP)**

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

SVC (biaya semi variabel) :

Biaya Umum (GE)	\$ 351.355.602,34
Biaya overhead	\$ 190.809.322,31
Penyediaan operasi	\$ 2.179.557,89
Biaya laboratorium	\$ 51.795,00
Gaji karyawan langsung	\$ 345.300,00
Supervisi	\$ 69.060,00
Patent dan royalti	\$ 31.801.553,72
Perawatan dan Pemeliharaan	\$ 1.089.778,94
<b>Total Biaya Semi Variabe (SVC)</b>	<b>\$ 577.701.970,20</b>

VC (biaya produksi) :

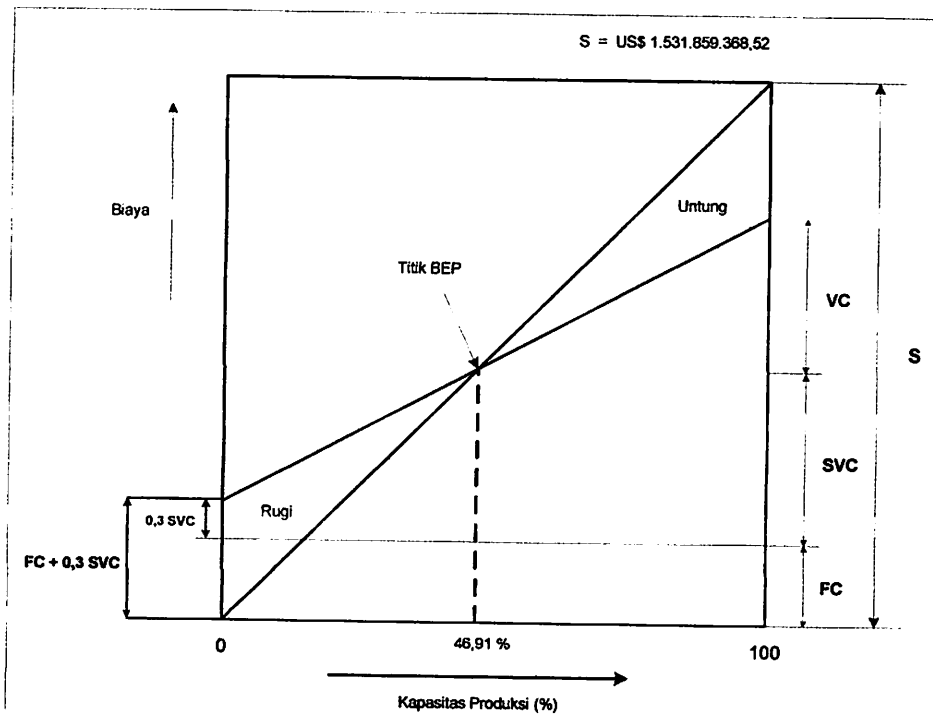
Bahan baku 1 tahun	\$ 696.696.782,00
Biaya utilitas 1 tahun	\$ 126.012,25
Biaya pengemasan 1 tahun	\$ 57.500.000,00
<b>Total Biaya Variabe (VC)</b>	<b>\$ 754.322.794,24</b>

FC (biaya produksi tetap) = US\$ 1.743.646,31

S (harga jual) = US\$ 1.531.859.368,52

$$\begin{aligned}
 \text{BEP} &= \frac{\text{FC} + 0,3 \text{ SVC}}{\text{S} - 0,7 \text{ SVC} - \text{VC}} \times 100\% \\
 &= 46,91\%
 \end{aligned}$$

Titik BEP terjadi pada kapasitas produksi = 46,91 % × 50.000 ton/tahun  
 = 23457 ton/tahun



Gambar 11.1. Break Event Point Pra Rencana Pabrik Dimetil formamida

Untuk produksi tahun I kapasitas pabrik 90% dari kapasitas sesungguhnya, sehingga keuntungannya adalah :

$$\frac{P_{Bi}}{P_B} = \frac{(100 - BEP) - (100 - \% \text{kapasitas})}{(100 - BEP)}$$

Dimana :

$P_{Bi}$  = keuntungan pada % kapasitas yang tercapai (dibawah 100%)

$P_B$  = keuntungan pada kapasitas 100%

%Kapasitas = % kapasitas yang tercapai

$$\frac{P_{Bi}}{\text{US\$ } 4.487.325,06} = \frac{(100 - 46,91) - (100 - 90)}{(100 - 46,91)}$$

$$P_{Bi} = \text{US\$ } 3.642.044,79$$

Sehingga *cash flow* setelah pajak untuk tahun pertama adalah :

$$\begin{aligned} C_A &= \text{Laba bersih tahun pertama} + \text{depresiasi} \\ &= \text{US\$ } 3.642.044,79 + \text{US\$ } 239.751,37 \\ &= \text{US\$ } 3.881.796,15 \end{aligned}$$

#### D. Shut Down Point (SDP)

*Shut down point* adalah suatu titik yang merupakan kapasitas minimal pabrik yang masih boleh beroperasi.

$$\begin{aligned} \text{SDP} &= \frac{0,3 \text{ SVC}}{S - 0,7 \text{ SVC} - \text{VC}} \times 100\% \\ &= 46,45\% \end{aligned}$$

Titik *shut down point* terjadi pada kapasitas :

$$\begin{aligned} &= 46,45\% \times 50.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 23222,9429 \text{ ton/tahun.} \end{aligned}$$

#### E. Net Present Value (NPV)

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

Langkah-langkah menghitung NPV :

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

$$\begin{aligned} C_{A-2} &= 40 \% \times \text{FCI} \times (1 + i)^2 \\ &= 40 \% \times \text{US\$ } 10.897.789,43 \times (1 + 0,2)^2 \end{aligned}$$

$$= \text{US\$ } 6.277.126,71$$

$$C_{A-1} = 60 \% \times \text{FCI} \times (1 + i)^1$$

$$= 60 \% \times \text{US\$ } 10.897.789,43 \times (1 + 0,2)^1$$

$$= \text{US\$ } 9.415.690,07$$

$$C_{A0} = - (C_{A-1} + C_{A-2})$$

$$= - (\text{US\$ } 9.415.690,07 + \text{US\$ } 6.277.126,71)$$

$$= - \text{US\$ } 15.692.816,78$$

Menghitung NPV tiap tahun :

$$\text{NPV} = C_A \cdot F_d$$

Dimana :

$$F_d = \text{faktor diskon} = 1 / (1 + i)^n$$

i = tingkat bunga

$C_A$  = cash flow setelah pajak

n = tahun ke-n

Tabel 11.1. Cash flow untuk NPV selama 10 tahun

Tahun	Cash Flow / CA (US\$)	Fd (i=0,2)	NPV <sub>i</sub>
0	-15692816,78	1,0000	-15692816,78
1	9415690,07	0,8333	7846408,388
2	6277126,71	0,6944	4359115,771
3	6277126,71	0,5787	3632596,476
4	6277126,71	0,4823	3027163,73
5	6277126,71	0,4019	2522636,441
6	6277126,71	0,3349	2102197,035
7	6277126,71	0,2791	1751830,862
8	6277126,71	0,2326	1459859,052
9	6277126,71	0,1938	1216549,21
10	6277126,71	0,1615	1013791,008



<b>Nilai sisa</b>	0	0,1615	0
<b>WCI</b>	1923139,31	0,1615	310597,7354
<b>Jumlah</b>			13549928,93

Karena harga NPV = (+) maka pra rencana pabrik dimetil formamida layak untuk didirikan.

#### F. *Internal Rate Of Return (IRR)*

Metode ini menghitung tingkat bunga yang menyamakan nilai sekarang investasi dengan nilai sekarang penerimaan kas bersih yang akan datang.

**Tabel 11.2. Cash Flow untuk IRR**

<b>Tahun</b>	<b>Cash Flow / CA (US\$)</b>	<b>Fd (i =0,40)</b>	<b>NPV<sub>2</sub></b>
0	-15692816,78	1,0000	-15692816,78
1	9415690,07	0,7143	6725492,904
2	6277126,71	0,5102	3202615,668
3	6277126,71	0,3644	2287582,62
4	6277126,71	0,2603	1633987,586
5	6277126,71	0,1859	1167133,99
6	6277126,71	0,1328	833667,1357
7	6277126,71	0,0949	595476,5255
8	6277126,71	0,0678	425340,3753
9	6277126,71	0,0484	303814,5538

10	6277126,71	0,0346	217010,3956
<b>Nilai sisa</b>	0	0,0346	0
<b>WCI</b>	1923139,31	0,0346	66486,02806
<b>Jumlah</b>			1765791,007

$$\begin{aligned}
 \text{IRR} &= i_1 + \frac{\text{NPV}_1}{\text{NPV}_1 - \text{NPV}_2} \times (i_2 - i_1) \\
 &= 20\% + \frac{13549928,93}{13549928,93 + 1765791,007} \times (40\% - 20\%) \\
 &= 37,69\%
 \end{aligned}$$

Karena harga IRR lebih besar dari bunga bank (20%), maka pra rencana pabrik dimetilformamida layak untuk didirikan.

## **BAB XII**

### **KESIMPULAN**

Berdasarkan seleksi proses pembuatan tata letak pabrik serta pertimbangan lainnya, maka Pra Rencana Pabrik Dimetil Formamida direncanakan didirikan di daerah Cilegon, Provinsi Banten, Jawa Barat pada tahun 2013 dengan kapasitas 50.000 ton/tahun dengan memperhatikan berbagai aspek berikut :

#### **12.1. Aspek Teknis**

Ditinjau dari segi teknis proses pembuatan dimetil formamida ini menggunakan proses langsung tanpa menggunakan katalis yang lebih menguntungkan dari proses yang lainnya.

#### **12.2. Aspek Sosial**

Ditinjau dari aspek sosial, pendirian pabrik dimetil formamida ini dinilai menguntungkan karena :

- Kebutuhan dimetil formamida dari tahun ke tahun cenderung mengalami peningkatan.
- Dapat menciptakan lapangan kerja baru.
- Meningkatkan pendapatan per kapita daerah penduduk dan dapat meningkatkan devxisa negara di sektor non migas.

#### **12.3. Segi Lokasi Pabrik**

Pendirian pabrik dimetil formamida di daerah Cilegon, Provinsi Banten, Jawa Barat sangat menguntungkan karena :

- Dekat dengan pelabuhan sehingga pembelian bahan baku dan distribusi penjualan produk lebih mudah.
- Tersedianya kebutuhan air dan tenaga listrik dalam jumlah yang besar sehingga dapat memenuhi kebutuhan pabrik.
- Fasilitas sarana transportasi yang memadai.
- Tersedianya tenaga kerja yang memadai.

#### 12.4. Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi sangat diperlukan untuk menguji kelayakan suatu pabrik untuk didirikan, baik dalam jangka waktu yang panjang maupun pendek. Setelah melakukan analisa terhadap pra rencana pabrik dimetil formamida dengan kapasitas 50.000 ton/tahun, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- POT = 2,31 tahun
- $ROI_{BT}$  = 35%
- $ROI_{AT}$  = 28%
- BEP = 46,91%
- NPV = Bernilai (+)
- IRR = 37,69%

Maka dapat disimpulkan bahwa pabrik dimetil formamida dengan proses non katalis, kapasitas 50.000 ton/tahun layak didirikan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Anonimous. 2009. Alibaba Manufacture Directory-Suppliers, mnuufactures, Exporters and Importers, [http://www.alibaba.com/trade/search?SearchText=dimethyl+formamide&Country=&IndexArea=product\\_en&ssk=y&src=google&albch=google&albcpc=Search\\_Chemicals&albkw=dimethyl-formamide\\_others-top-search-product01\\_inrq\\_no&albag=product\\_none\\_dimethyl-formamide\\_sell&albmt=exact&albst=search&albom=none\\_none\\_090327&s\\_kwcid=TC|7106|dimethyl%20formamide||S|e|2552861719](http://www.alibaba.com/trade/search?SearchText=dimethyl+formamide&Country=&IndexArea=product_en&ssk=y&src=google&albch=google&albcpc=Search_Chemicals&albkw=dimethyl-formamide_others-top-search-product01_inrq_no&albag=product_none_dimethyl-formamide_sell&albmt=exact&albst=search&albom=none_none_090327&s_kwcid=TC|7106|dimethyl%20formamide||S|e|2552861719). Available (online) : 28 Juni 2009
2. Anonimous. 2009. Antoine Coefficients. <http://www.engr.umd.edu/~nsw/ench250/antoine.dat>. Available (online) : 10 November 2009
3. Anonimous. 2009. Dimethylamine. <http://id.wikipedia.org/wiki/>. Available (online) : 28 Juni 2009.
4. Anonimous. 2009. Dimethylformamide. <http://chemicalland21.com/Dimethylformamide.htm>. Available (online) : 28 Juni 2009
5. Anonimous. 2009. Dimethylformamide. <http://id.wikipedia.org/wiki/Dimethylformamide>. Available (online) : 28 Juni 2009.
6. Anonimous. 2009. Material Safety Data Sheet of Dimethylamine. [www.bocgases.com](http://www.bocgases.com). Available (online) : 28 Juni 2009
7. Anonimous. 2009. Material Safety Data Sheet of Methyl formate. [www.celanese.com](http://www.celanese.com). Available (online) : 28 Juni 2009
8. Anonimous. 2009. Methanol. <http://id.wikipedia.org/wiki/Metanol>. Available (online) : 28 Juni 2009.
9. Anonimous. 2009. Methylformate. <http://id.wikipedia.org/wiki/Methylformate>. Available (online) : 28 Juni 2009.
10. Anonimous. 2009. Statistics Indonesia. [www.webdev.bps.go.id/tabel](http://www.webdev.bps.go.id/tabel). Available (online) : 29 Juni 2009
11. Anonimous. 2009. Water-Thermal Properties. [http://www.engineeringtoolbox.com/water-thermal-properties-d\\_162.html](http://www.engineeringtoolbox.com/water-thermal-properties-d_162.html). Available (online) : 10 November 2009

12. Brownell, & E., Young, (1959). *Process Equipment Design*. John Wiley & Sons Inc., New York
13. Coulson, J.M. and Richardson, J.F. 1983. *Chemical Engineering*. Vol. 6. Oxford : Pergamon Press
14. Domalski, Eugene. S. and Elizabeth D. Hearing. 2009. "Heat Capacities and Entropies of Organic Compounds in the Condensed Phase". Vol II. [www.nist.gov/srd/PDFfiles/jpcrd393.pdf](http://www.nist.gov/srd/PDFfiles/jpcrd393.pdf). Available (online) : 10 November 2009
15. Geankoplis, Christie J., (1993). *Transport Process & Unit Operation*, 3<sup>th</sup> edition, Prentice Hall Inc., New Delhi
16. Hasse, Herman C., (1945). *Process Equipment Design*. D. Van Nostrand Company Inc., New Jersey
17. J. M. Smith and Van Ness. (1956), "Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics", 5<sup>ed</sup>, International Student edition. Mc. Graw Hill Book Company, Singapore.
18. Kern, Donald Q., (1965). *Process Heat Transfer*. Mc Graw Hill International Book Company, Singapore
19. Ludwig, Ernest E., (1999). *Design For Chemical & Petroleum Plant*. Volume 2. 3<sup>th</sup> edition. Gulf Professional Publishing Company, Houston
20. Mc. Cabe, W. L. and J. C. Smith, (1987), "Operasi Teknik Kimia", jilid I, edisi ke-4, Erlangga, Jakarta.
21. Mc. Cabe, W. L. and J. C. Smith, (1987), "Operasi Teknik Kimia", jilid II, edisi ke-4, Erlangga, Jakarta.
22. Miller, Jr., J.W.; Schoor, G.R. & Yaws, C.L., (1976). *Chemical Engineering*. John Wiley & Sons Inc., New York
23. Othmer, Kirk. 1961. " *Encyclopedia of Chemical Technology*". Vol 8, 2<sup>nd</sup> ed. John Willey and son Inc. New York
24. Perry, Robert H. & Chilton, Cecil H., (1997). *Chemical Engineer's Handbook*. 7<sup>th</sup> edition. Mc Graw Hill Company, New York
25. Surman, R. C. 1960. Preparation of Dimethylformamide. <http://www.freepatentsonline.com/6723877.html>. Available (online) : 28 Juni 2009.

26. Timmerhaus, Peters M.S., (2003). *Plant Design & Economics For Chemical Engineering*. 5<sup>th</sup> edition. Mc Graw Hill International Book Company, Singapore
27. Ulrich, Gael D., (1984). *A Guide To Chemical engineering Process Design & Economics*. John Willey Sons Inc., Kanada
28. Vilbrandt, Frank C., & Dryden, Charlese, (1959). *Chemical Engineering Plant Design*. 4<sup>th</sup> edition. Mc Graw Hill Kogakusha Ltd., Tokyo.