

## BAB III

### PERANCANGAN PROSES

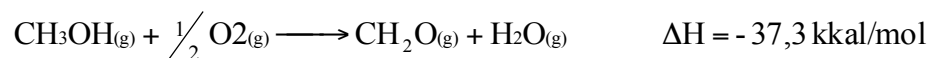
#### 3.1 Uraian Proses

Bahan baku udara dari lingkungan pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm kemudian di *fan* dengan F-01 menuju *Heat Exchanger* (HE-02) untuk dipanaskan agar suhu menjadi 300°C agar sesuai dengan suhu operasi pada reaktor.

Bahan baku metanol cair disimpan di dalam tangki penyimpanan metanol (T-01) pada suhu lingkungan 30°C dan tekanan 1 atm untuk menjaga agar fase metanol tetap pada fase cair. Kemudian bahan baku metanol cair dipompa menjadi tekanan 1 atm dan dialirkan menuju *vaporizer* (VP-01), media yang digunakan untuk memaaskan adalah *superheated steam*. Uap metanol yang keluar dari (VP-01) selanjutnya diumpankan ke *separator* (SP-01) untuk memisahkan cairan dengan uapnya.

Uap metanol yang keluar dari (SP-01) dengan suhu 70°C, selanjutnya dialirkan ke *Heat exchanger* (HE-01) untuk dipanaskan agar suhu menjadi 300°C agar sesuai dengan suhu operasi pada reaktor.

Campuran metanol, udara, dan *off gas absorber* pada suhu 300°C dan tekanan 1 atm diumpankan pada reaktor *fixed bed multi tube* (R-01) disusun secara parallel, dengan kondisi non isothermal dan adiabatik. Di dalam reaktor akan terjadi reaksi oksidasi (reaksi eksotermis dan *irreversible*) sebagai berikut :



Reaksi terjadi pada fase gas dengan katalis padat Fe dan Mo. Pada temperatur 300-400°C dan tekanan 1 atm metanol teroksidasi membentuk formaldehid, dan besarnya konversi metanol dapat mencapai 99%. Temperatur sangat mempengaruhi konversi yang terbentuk. Apabila suhu reaktor mencapai > 400°C atau diluar kisaran suhu yang diijinkan (300-400°C) maka akan terbentuk reaksi samping.



(Mc. Ketta, 1983)

oleh karena itu medium pendingin sangat berperan penting untuk mencegah terbentuknya reaksi samping yang tidak diinginkan. Di dalam reaktor akan terjadi kenaikan temperatur akibat dari reaksi yang bersifat eksotermis, sehingga untuk mempertahankan suhu reaksi keluar dari reaktor sebesar 300°C diperlukan pendingin yang mengalir di *shell* reaktor. Pendingin yang digunakan adalah *dowterm A*.

Produk gas keluar reaktor terdiri dari CH<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>O, CH<sub>3</sub>OH, O<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> pada suhu 300°C dan tekanan 1 atm, Selanjutnya dilewatkan ke *Cooler* (CL-01) untuk didinginkan suhunya menjadi 170°C dengan menggunakan pendingin *air pendingin dari utilitas*. kemudian dari *Cooler* (CL-01) di dinginkan lagi dengan cooler (CL-02) sehingga suhunya menjadi 50°C. Kemudian diumpankan ke *absorber* (AB-01) yang berfungsi menyerap gas formaldehid dengan menggunakan media penyerap air. Produk atas *absorber* berupa gas, di umpankan ke absorber (AB-02) untuk dilakukan absorpsi menggunakan media penyerap air proses. Hasil atas dari absorber (AB-02) dibuang ke

udara, sedangkan produk bawah *absorber* (AB-02) berupa larutan  $\text{CH}_2\text{O}$  2,1 %,  $\text{CH}_3\text{OH}$  0,02% dan  $\text{H}_2\text{O}$  97,8 % dimana larutan tersebut diumpankan ke absorber (ab-01) .Selanjutnya hasil bawah absorber (AB-01) dengan suhu  $31,32^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 atm diumpankan ke ejector (E-02) dimana akan dicampurkan methanol dari tangki (T-01). Sehingga produk yang dihasilkan berupa formaldehyde 37% di alirkan menuju tangki penyimpanan produk (T-02).

### 3.2 Spesifikasi Alat Proses

#### 3.2.1 Tangki Penyimpanan Bahan Baku Metanol

Kode	: (T-01)
Fungsi	: Menyimpan bahan baku metanol 99,85% selama 2 minggu sebanyak 1186027.8304 kg
Tipe	: Tangki silinder tegak ( <i>vertical cylinder</i> ) dengan dasar datar ( <i>flat bottom</i> ) dan atap <i>conical</i> .
Kondisi Penyimpanan	: $T = 30^\circ\text{C}$ $P = 1 \text{ atm}$
Jumlah	: 1 buah
Volume	: $1817,279 \text{ m}^3$
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA 283 grade C</i>
Diameter	: 13,7 m
Tinggi	: 14,6 m

Tebal *shell*

- Course 1 : 0,31 in
- Course 2 : 0,27 in
- Course 3 : 0,23 in
- Course 4 : 0,19 in
- Course 5 : 0,1875 in
- Course 6 : 0,1875 in
- Course 7 : 0,1875 in
- Course 8 : 0,1875 in

Tebal *head* : 0,375 in

Tinggi *head* : 94,11 in

### 3.2.2 Tangki Penyimpanan Produk Formaldehid

Kode : (T-02)

Fungsi : Menyimpan produk formaldehid selama 7 hari  
sebanyak 1484848,4848 kg

Tipe : Tangki silinder tegak (*vertical cylinder*) dengan  
dasar datar (*flat bottom*) dan atap *conical*.

Kondisi Penyimpanan :  $T = 35^{\circ}\text{C}$

$P = 1 \text{ atm}$

Jumlah : 1 buah

Volume : 1919,8085 m<sup>3</sup>

Bahan konstruksi : *Stainless steel 304*

Diameter : 13,7 m

Tinggi : 14,6 m

Tebal shell

• Course 1 : 0,31 in

• Course 2 : 0,27 in

• Course 3 : 0,23 in

• Course 4 : 0,19 in

• Course 5 : 0,1875 in

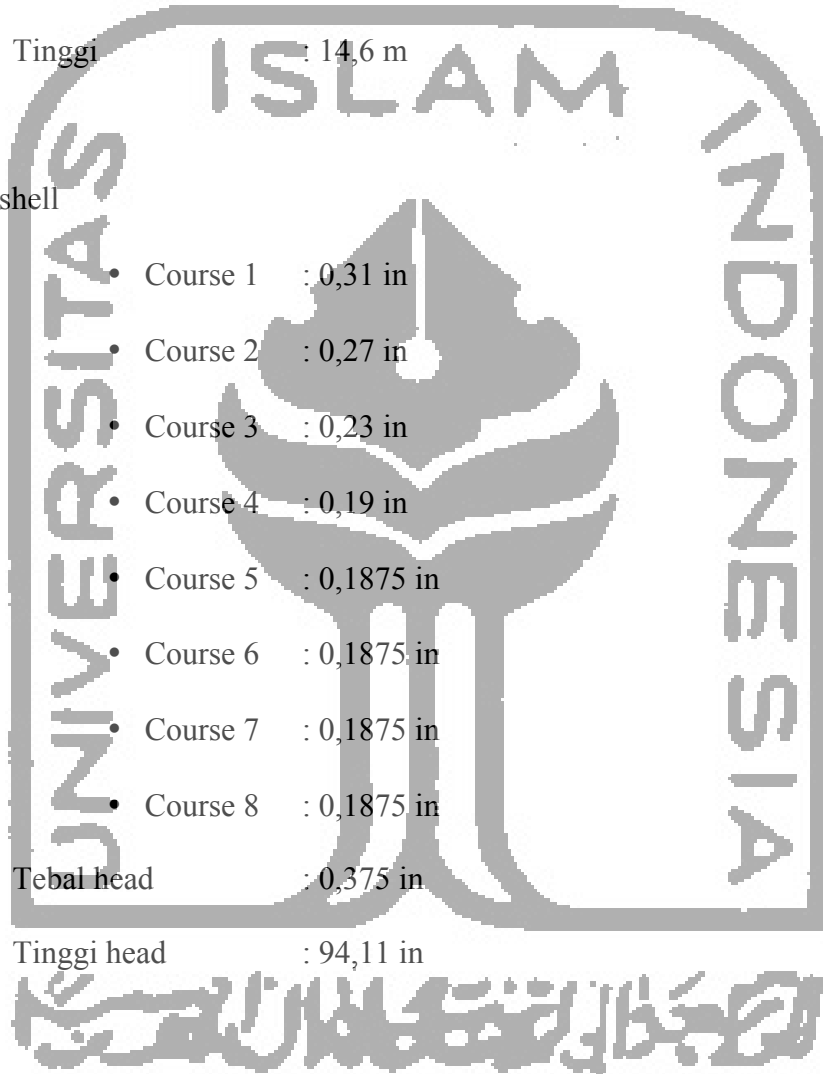
• Course 6 : 0,1875 in

• Course 7 : 0,1875 in

• Course 8 : 0,1875 in

Tebal head : 0,375 in

Tinggi head : 94,11 in



### 3.2.3 Vaporizer

Kode : (VP-01)

Fungsi : Menguapkan metanol sebelum bercampur

dengan udara dan *off gas absorber*

Tipe : *Shell and Tube Heat Exchanger*

Jumlah : 1 buah

Beban panas : 877069,8472 Kkal/jam

Luas transfer panas : 76,95615 m<sup>2</sup>

Spesifikasi alat *tube*

OD : 2,54 cm

ID : 0,18 cm

Pass : 2

BWG : 16

L : 487,68 cm

Nt : 208 buah

Spesifikasi alat *Shell*

ID : 23,25 cm

Pass : 1

*Baffle* : 12,7 cm

Bahan : *Carbon steel SA 283 grade C*

### 3.2.4 Separator

Kode : (SP-01)

Fungsi : Memisahkan campuran uap-cair dari *vaporizer*,

80% uap dan sisanya *direct cycle* ke *vaporizer*

Tipe : *Silinder Vertikal, torispherical dish head*

Jumlah : 1 buah

Kondisi : P = 1 atm

T = 70°C

Diameter : 1,0668 m

Tinggi : 2,4 m

Tebal *shell* : 0,48 cm

Tebal *head* : 0,48 cm

Bahan : *Carbon steel SA 283 grade C*

### 3.2.5 Reaktor

Kode : (R-01)

Fungsi : Sebagai tempat berlangsungnya reaksi oksidasi metanol menjadi formaldehid dengan bantuan

katalis *iron molybdenum oxide dan vanadium dioxide*

Tipe : *Fixed bed multitube disusun paralel*

Jumlah : 2 buah

Kondisi : P = 1 atm

T = 300°C

Spesifikasi alat

a. Katalisator

• Bahan : *Iron molybdenum oxide* ( $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{MoO}_3\text{Cr}_2\text{O}_3$ )

Bentuk : *sphere*

Umur : 18 bulan

Diameter : 0,5 cm

Density : 1,891 gr/cm<sup>3</sup>

Porositas : 0,389

*Bulk density* : 0,65 g kat/m<sup>3</sup> reaktor

• Bahan : *Vanadium Pentaoksida* ( $\text{V}_2\text{O}_5$ )

Bentuk : *sphere*

Umur : 18 bulan

Diameter : 0,6 cm

Density : 3,357 gr/cm<sup>3</sup>

Porositas : 0,5

*Bulk density* : 0,6 g kat/m<sup>3</sup> reaktor

b. *Tube*

Panjang *tube* : 8,38 m



ID : 3,12 cm  
OD : 3,81 cm  
A : 13,1613 cm<sup>2</sup>

Jumlah : 275 buah

c. *Shell*

ID : 93,98 cm

Tebal *shell* : 0,476 cm

d. Pendingin

Bahan : Dowterm A

Suhu masuk : 100°C

Suhu keluar : 290°C

e. Head

Bentuk : *elipstical dished head*

Tinggi : 21,42 cm

Tebal : 0,476 cm

Volume : 40,672 cm<sup>3</sup>

f. Reaktor

Tinggi : 8,8 m

Volume : 5,8102 m<sup>3</sup>

Bahan : *Carbon steel SA 283 grade C*

### 3.2.6 Absorber

Kode : (AB-01)  
Fungsi : Menyerap formaldehid dalam campuran gas  
hasil reaktor R-01 dengan pelarut air

Jenis packing : Menara bahan isian *rasching ring*

Jumlah : 1 buah

Kondisi : P = 1 atm

T = 50°C

Tinggi menara : 18,16 m

Diameter menara : 2,102 m

Tebal shell : 0,79 cm

Tebal head : 0,95 cm

Bahan : Stainless steel type 304

Kode : (AB-02)

Fungsi : Menyerap formaldehid dalam campuran gas  
hasil Absorber (AB-01) dengan pelarut air

Jenis packing : Menara bahan isian *rasching ring*

Jumlah : 1 buah

Kondisi : P = 1 atm

T = 50°C

Tinggi menara : 7,46 m

Diameter menara : 1,5 m

Tebal shell : 0,48 cm

Tebal head : 0,508 cm

Bahan : *Stainless steel type 304*

### 3.2.7 Heat Exchanger – 01

Kode : (HE-01)

Fungsi : Memanaskan campuran metanol dan off gas absorber dari suhu 70°C menjadi suhu 300°C

Tipe : *Shell and tube heat exchanger*

Jumlah : 1 buah

Luas perpindahan : 25,17 m<sup>2</sup>

Spesifikasi *tube*

OD : 1,905 cm

OD : 1,6 cm

BWG : 16

Susunan : *triangular pitch*

Jumlah *tube* : 138

Passes : 2

Panjang *tube* : 3,048 m

Spesifikasi shell

ID : 38,75 cm

Passes : 1

Bahan : *Carbon steel SA 283 grade C*

### 3.2.8 Heat Exchanger – 02

Kode	: (HE-02)
Fungsi	: Memanaskan udara dari suhu 30°C menjadi suhu 300°C
Tipe	: <i>Shell and tube heat exchanger</i>
Jumlah	: 1 buah
Luas perpindahan	: 35,77 m <sup>2</sup>
Spesifikasi <i>tube</i>	
OD	: 1,905 cm
ID	: 1,6 cm
BWG	: 16
Susunan	: <i>triangular pitch</i>
Jumlah <i>tube</i>	: 196
<i>Passes</i>	: 2
Panjang <i>tube</i>	: 3,048 m
Spesifikasi shell	
ID	: 38,75 cm
<i>Passes</i>	: 1
Bahan	: <i>Carbon steel SA 283 grade C</i>

### 3.2.9 Cooler – 01

Kode : (CL-01)

Fungsi : Mendinginkan gas produk keluar reaktor dari

suhu 300°C menjadi 150°C

Tipe : *Shell and tube heat exchanger*

Jumlah : 1 buah

Luas perpindahan : 45,98 m<sup>2</sup>

Spesifikasi tube

OD : 1,905 cm

ID : 1,6 cm

BWG : 16

Susunan : *triangular pitch*

Jumlah tube : 252

Passes : 2

Panjang tube : 3,4 m

Spesifikasi shell

ID : 38,7 cm

Passes : 1

Bahan : *Carbon steel SA 283 grade C*

### 3.2.10 Cooler – 02

Kode : (CL-02)

Fungsi : Mendinginkan gas keluar dari CL-01 dari suhu  
150°C menjadi 50°C

Tipe : *Shell and tube heat exchanger*

Jumlah : 1 buah

Luas perpindahan : 105,5 m<sup>2</sup>

Spesifikasi *tube*

OD : 1,9 cm

ID : 1,6 cm

BWG : 16

Susunan : *triangular pitch*

Jumlah *tube* : 342

*Passes* : 2

Panjang *tube* : 3,048 m

Spesifikasi *shell*

ID : 48,89 cm

*Passes* : 1

Bahan : *Carbon steel SA 283 grade C*

### 3.2.11 Pompa – 01

Kode : (P-01)

Fungsi : Memompakan *fresh* metanol dari T-01 ke V-01

Tipe : *Single stage centrifugal pump*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 4235,8136 kg/jam  
Motor penggerak : 0,14 HP, 3500 rpm  
Bahan : *Carbon steel SA 283 grade C*

### 3.2.12 Pompa -02

Kode : (P-02)  
Fungsi : Memompakan methanol dan produk formaldehid ke T- 02  
Tipe : *Single stage centrifugal pump*  
Jumlah : 1 buah  
Kapasitas : 13822,033 Kg/jam  
Motor penggerak : 1,2 HP, 3500 rpm  
Bahan : *Carbon steel SA 283 grade C*

### 3.2.13 Pompa -03

Kode : (P-03)  
Fungsi : Memompakan hasil keluaran absorben 02 (AB-02) ke absorben-01 (AB-01)  
Tipe : *Single stage centrifugal pump*  
Jumlah : 1 buah  
Kapasitas : 3388,5634 Kg/jam

Motor Penggerak : 0,5 HP , 3500 rpm  
Bahan : *Carbon steel SA 283 grade C*

#### 3.2.14 Pompa -04

Kode : (P-04)  
Fungsi : Memompakan air penyerap dari area utilitas menuju Absorber (AB-02)  
Tipe : *Single stage centrifugal pump*  
Jumlah : 1 buah  
Kapasitas : 3259,5672 kg/jam  
Motor penggerak : 0,18 HP, 3500 rpm  
Bahan : *Carbon steel SA 283 grade C*

#### 3.2.15 Fan - 01

Kode : (F-01)  
Fungsi : Menghisap, menghembuskan gas methanol menuju heat exchanger (HE-01)  
Tipe : *blower centrifugal*  
Jumlah : 1 buah



Kapasitas : 6714,5 kg/jam  
Motor penggerak : 0,16 HP  
Bahan : *Carbon steel SA 283 grade C*

### 3.2.16 Fan – 02

Kode : (F-02)  
Fungsi : Menghisap dan menghembuskan udara menuju heat exchanger (HE-02)  
Tipe : *blower centrifugal*  
Jumlah : 1 buah  
Kapasitas : 6714,5 kg/jam  
Motor penggerak : 0,125 HP  
Bahan : *Carbon steel SA 283 grade C*

## 3.3 Perencanaan Produksi

### 3.3.1 Kapasitas perancangan

Kapasitas produksi dari pabrik akan mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis dalam perancangan pabrik. Semakin besar kapasitas produksinya maka kemungkinan keuntungannya juga semakin besar. Namun ada faktor-faktor lain yang harus diperhatikan dalam penentuan kapasitas produksi, seperti kebutuhan pasar, ketersediaan bahan baku dan kapasitas rancangan minimum yang telah berdiri.

## 1. Kebutuhan pasar

Berdasarkan data statistik yang didapat dari *Badan Pusat Statistik* (2019), konsumsi formaldehid di Indonesia dari tahun ke tahun meningkat. Oleh karena itu dapat diharapkan :

- a. Dapat menambah devisa negara dengan cara ekspor ke Negara-negara di Asia mengingat pasar internasional yang cukup besar.
- b. Dapat memenuhi kebutuhan formaldehid di dalam negeri yang masih mengimpor dari luar negeri walaupun sedikit.
- c. Dapat memberikan keuntungan perusahaan karena melihat kapasitas terkecil pabrik formaldehid yang masih berdiri di Indonesia yaitu 20.000 ton/tahun.

## 2. Ketersediaan bahan baku

Keberlangsungan ketersediaan bahan baku untuk pembuatan formaldehid merupakan hal penting dan mutlak yang harus dipikirkan. Oleh karena itu diharapkan kebutuhan bahan baku dapat diperoleh dari PT. Kaltim Methanol Indonesia (KMI) di Bontang, Kalimantan Timur, Indonesia dengan kapasitas produksi pabrik metanol tersebut mencapai 660.000 ton/tahun. Sedangkan udara diambil dari udara bebas.

### 3.3.2 Perencanaan bahan baku dan alat proses

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu diperhatikan yaitu factor eksternal dan factor internal. Faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedangkan faktor internal adalah kemampuan pabrik.

- a. Kemampuan pasar

terbagi menjadi 2 kemungkinan, yaitu :

- Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
- Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik, maka perlu dicari alternatif untuk menyusun rencana produksi, misalnya :
  - Perencanaan produksi disesuaikan dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai kemampuan pasar dengan mempertimbangkan keuntungan dan kerugian.
  - Perencanaan produksi tetap akan tetapi dengan pertimbangan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan tahun berikutnya.
  - Mencari daerah pemasaran.

b. Kemampuan pabrik

Beberapa faktor yang dapat menentukan pabrik, antara lain :

- Material (bahan baku)

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

- Manusia (tenaga kerja)

Terampilnya tenaga kerja akan memberikan keuntungan juga terhadap pabrik. Dan perlunya juga dilakukan peningkatan mutu ketenagakerjaan misal memberikan pelatihan kepada tenaga kerja agar keterampilannya meningkat.

- Mesin (peralatan)

Ada 2 hal yang juga mempengaruhi keandalan dan kemampuan mesin, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan kinerja mesin. Jam kerja yang efektif merupakan kemampuan suatu alat untuk bagaimana beroperasi pada kapasitas yang telah ditentukan pada waktu tertentu. Sedangkan kemampuan mesin merupakan kemampuan suatu alat dalam proses produksi.

