

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara berkembang banyak melakukan pembangunan di segala bidang, salah satunya adalah pembangunan di sektor industri kimia. Namun ketergantungan terhadap impor luar negeri masih lebih besar dibandingkan eksportnya. Indonesia masih banyak mengimpor bahan baku atau produk – produk industri kimia dari luar negeri. Ketergantungan impor ini menyebabkan devisa negara berkurang, sehingga diperlukan suatu usaha untuk menanggulangi ketergantungan terhadap impor, dengan mendirikan pabrik untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri merupakan salah satu solusi yang perlu dikembangkan. Dengan berdirinya pabrik akan menghemat devisa negara dan membuka peluang berdirinya pabrik lainnya yang menggunakan produk pabrik tersebut. Disamping itu dapat membuka kesempatan untuk alih teknologi, membuka lapangan kerja baru di dalam usaha ikut mengurangi angka pengangguran dan kemiskinan, karena untuk mendirikan pabrik diperlukan tenaga ahli terdidik, dan meningkatkan pendapatan asli daerah setempat.

Urea formaldehid banyak digunakan dalam industri untuk berbagai tujuan seperti bahann *adhesif* (61%), papan fiber berdensitas medium (27%), *hardwood polywood* (5%) dan laminasi (7%) pada produk *furniture*, panel dan lain-lain. Di bidang plastik urea formaldehid merupakan bahan pendukung

fenol formaldehid karena dapat memberikan warna-warna terang. Selain itu, laju pengerasan pada temperatur kamar yang cepat membuat urea formaldehid ini cocok digunakan sebagai perekat. Pada awalnya industri *polywood* menggunakan phenol formaldehid sebagai perekat. Akan tetapi ketika urea formaldehid telah digunakan secara komersil maka penggunaan phenol formaldehid mulai berkurang dan digantikan oleh urea formaldehid. Hal ini karena harga urea formaldehid lebih murah dibandingkan dengan phenol formaldehid dan dengan harga yang murah tersebut memberikan kualitas yang baik. Produk urea formaldehida dapat disimpan dalam bentuk padat dan dalam bentuk cair. Penyimpanan dalam bentuk padat akan mempermudah dalam transportasi dan pengiriman. Namun jika disimpan dalam bentuk padatan membutuhkan biaya produksi tambahan sehingga harganya akan lebih mahal jika dibandingkan dengan urea formaldehida yang disimpan dalam bentuk cair.

Industri – industri yang memanfaatkan urea formaldehid sebagai bahan baku utama ataupun bahan baku pendukung semakin bertambah sedangkan industri yang memproduksi urea formaldehida relatif stabil sehingga kebutuhan dipenuhi dari produsen luar negeri. Hal ini mengakibatkan nilai impor terus meningkat dari tahun ke tahun. Dalam pembuatan urea formaldehida ini bahan baku yang dipakai adalah metanol dan urea. Bahan baku ini diperoleh dari dalam negeri. Metanol didatangkan dari PT. Kaltim Metanol Indonesia (KMI) di Bontang, Kalimantan Timur dengan kapasitas produksi 660.000 ton/tahun dan PT. Dengan ketersediaan bahan

baku metanol yang melimpah untuk memproduksi formaldehida dan kebutuhan formaldehida yang meningkat tiap tahunnya maka sangat memungkinkan untuk mendirikan pabrik urea formaldehida di Indonesia.

### 1.1.1 Kapasitas Perancangan

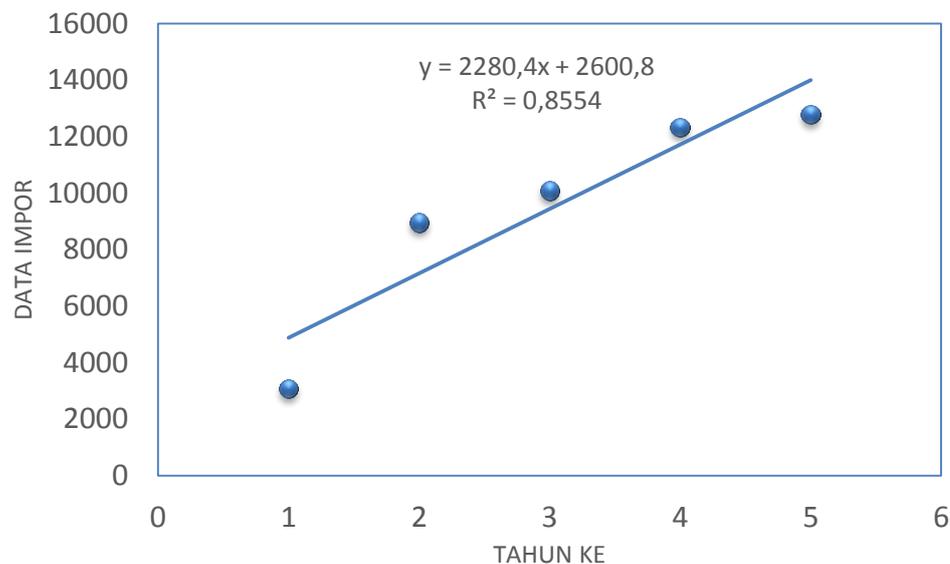
Dalam penentuan kapasitas rancangan pabrik diperlukan beberapa pertimbangan yaitu kebutuhan produk, ketersediaan bahan baku dan kapasitas pabrik yang sudah beroperasi. Pada perancangan pabrik urea formaldehida dari metanol dan oksigen dengan proses DB.Western ini direncanakan berkapasitas 35.000 ton/tahun, dengan mempertimbangkan sebagai berikut:

#### A. Kebutuhan Urea Formaldehid

Berdasarkan data statistik perdagangan luar negeri Indonesia kebutuhan urea formaldehida mengalami peningkatan dalam kurun waktu lima tahun terakhir yang disajikan pada Tabel 1.1 berikut (Badan Pusat Statistik, 2017):

Tabel 1.1 Data Impor Urea Formaldehid Indonesia

No	TAHUN	KEBUTUHAN (TON/TAHUN)
1	2011	3063.215
2	2012	8953.201
3	2013	10090.434
4	2014	12322.267
5	2015	12780.566



Gambar 1.1 Impor Urea Formaldehid di Indonesia Tahun 2011-2015

Dari persamaan  $Y=2280,4x + 2600,8$  besarnya impor urea formaldehida di Indonesia untuk tahun 2024 adalah sebesar 34526,4 ton, sehingga akan dirancangan pabrik berkapasitas 35.000 ton/tahun dengan harapan dapat memberikan kontribusi dalam pemenuhan kebutuhan urea formaldehida di Indonesia dan minimalisasi impor untuk beberapa tahun mendatang.

## B. Ketersediaan Bahan Baku

Urea formaldehida merupakan senyawa yang tersusun dari kumpulan metilol urea. Untuk membentuk satu mol metilol urea dibutuhkan satu mol urea dan satu mol formaldehida. Sedangkan untuk membentuk satu mol formaldehida dibutuhkan satu mol metanol dan setengah mol oksigen. Pabrik urea formaldehida yang direncanakan beroperasi dengan kapasitas 35.000 ton/tahun. Metanol yang dibutuhkan diperoleh dari PT. Kaltim Metanol Industri yang mempunyai kapasitas 660.000 ton/tahun metanol dan Pertamina

pulau Bunyu yang mempunyai kapasitas 330.000 ton/tahun. Bahan baku urea dapat diperoleh dari produksi PT. Pupuk Kalimantan Timur yang mempunyai kapasitas 2.980.000 urea ton/tahun. Sedangkan bahan baku oksigen diperoleh dari udara dan lingkungan sekitar. Untuk menjaga dan ketersediaan bahan baku pabrik yang akan dirancang maka perlu dilakukan suatu perjanjian pembelian dengan produsen bahan baku terlebih dahulu.

### C. Kapasitas Pabrik Yang Sudah Beroperasi

Dengan mengetahui pabrik-pabrik yang telah berdiri sebelumnya dapat menentukan kapasitas pabrik minimum. Demikian daftar nama-nama pabrik urea formaldehida yang masih beroperasi di Indonesia beserta kapasitasnya, dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2. Produsen Urea Formaldehida di Indonesia

Pabrik	Kapasitas (ton/tahun)
PT. Pamolite Adhesive Industry	55.000
PT. Arjuna Utama Kimia,	43.000
PT. Korindo Ariabimasari	24.000
PT. Dyno Mugi Indonesia	42.000
PT. Superin	48.000
PT.Intanwijaya Internasional	56.000
PT. Batu Penggal	41.000

Pabrik	Kapasitas (ton/tahun)
PT. Sabak Indah Jambi	69.000
PT. Dover Chemicals	50.000
PT. Nusa Prima Pratama	50.400
PT. Uforin prajen	45.000
PT.Duta Pertiwi Nusantara	45.000
<b>Total</b>	568.400

Pabrik yang beroperasi dengan proses DB Western di Indonesia adalah PT. Karinda Ariabimasari dengan kapasitas minimal 24.000 ton/tahun sedangkan kapasitas maksimal adalah 424.100 ton/tahun yang merupakan kapasitas produksi dari Georgia Pacific Resins, Inc di Amerika Serikat. Berikut adalah produsen – produsen urea formaldehida di dunia, dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3. Perusahaan Urea Formaldehida di Dunia

Nama Perusahaan	Kapasitas (Ton/Tahun)
Georgia-Pacific Resins, Inc (AS)	424.100
Dynea (AS)	406.000
Borden Chemical, Inc (AS)	338.400
La Porte, Texas (AS)	362.900
JSC Metafrax (Rusia)	62.000

Jadi dengan demikian pabrik Urea Formaldehid yang akan di dirikan di Indoensia adalah sebesar 35.000 ton/tahun.

## **1.2 Tinjauan Pustaka**

### **1.2.1 Proses Pembuatan Urea Formaldehid**

Dalam pra rancangan pabrik urea formaldehid ini terdapat 2 buah unit perencanaan, yaitu :

#### **1. Unit Formaldehid Plant**

Proses pembentukan urea formaldehid diawali dengan pembentukan formaldehid yang dilakukan pada unit formaldehid plant. Proses pembuatan formaldehid ada beberapa macam, yaitu:

##### **a. Proses Hidrokarbon**

Proses Hidrokarbon ini adalah proses yang dikembangkan pada awal perkembangan industri formaldehid. Proses ini merupakan oksidasi langsung dari hidrokarbon alifatik, selain itu formaldehid juga diproduksi secara langsung dari natural gas atau metana. Biasanya yang digunakan adalah ethylen dengan katalis asam borat atau asam fosfat atau garamnya dari campuran clay atau tanah diatomae. Jika menggunakan natural gas sebagai bahan baku maka reaksi berjalan pada suhu 430-480°C dan tekanan 7-20 atm dengan katalis aluminium phosphat atau metal oxide. Proses ini memiliki kelemahan yaitu produknya mengandung 34-36% metanol, 20-23% formaldehid, 5-6% asetaldehid dan sejumlah besar

aldehid, keton, alkohol serta air. Sehingga diperlukan pemurnian untuk mendapatkan formaldehid dengan kemurnian tertentu. (Keyes, 1965).

b. Proses *Incomplete Conversion and Distillative Recovery of Metanol* (ICDRM)

Proses ini merupakan proses pembuatan formaldehid dimana konversi yang terjadi tidak sempurna. Campuran yang terdiri dari uap metanol murni dan udara segar diumpankan ke dalam *vaporizer* kemudian umpan keluar dari *vaporizer* dicampur dengan steam dan selanjutnya masuk reaktor. Konversi tidak sempurna (77-78%) dan reaksi terjadi pada suhu 590-650°C. Katalis yang digunakan adalah perak dengan masa efektif berkisar antara 3-8 bulan. Formaldehid dihasilkan dengan oksidasi parsial kemudian metanol yang tidak bereaksi *direcovery* dengan destilasi dan selanjutnya *direcycle*. Kerugian dari proses ini adalah konversi reaksi yang kecil dibandingkan proses lainnya. (Ullmans, 1988).

c. Proses *Complete Conversion of Metanol*

Proses ini menggunakan katalis perak dengan reaktor *fixed bed multitube*. Alat proses yang digunakan adalah *vaporizer*, reaktor dan absorber. Katalis yang digunakan adalah perak yang diregenerasi secara elektrolitikal dengan masa efektif 3-4 bulan. Kondisi operasi pada suhu 600-650°C pada tekanan atmosferik. Yield yang diperoleh sebesar 89,5 - 90,5% mol. Pada proses ini udara yang telah dimurnikan dan metanol, masing-masing dilewatkan pemanas kemudian masuk ke dalam reaktor

katalitik. Produk didinginkan dan selanjutnya dialirkan ke menara absorber. Kerugian dari proses ini adalah suhu yang digunakan cukup tinggi dan umur katalis yang digunakan pendek. (*Ullmans, 1988*).

*d. Proses D.B. Western*

Proses D.B. Western merupakan proses pembuatan formaldehid atau urea formaldehid secara kontinu dengan bahan baku methanol, oksigen dan urea. Katalis yang digunakan adalah iron molybdenum oxide dengan umur 12-18 bulan. Metanol yang diuapkan direaksikan dalam sebuah reaktor *fixed bed multi tube* yang terdiri atas beberapa *tube* yang berisi katalis iron molybdenum oxide dengan dikelilingi Dowterm A. Konversi yang diperoleh mencapai 99% dengan selektivitas formaldehid 94%. Gas hasil reaksi yang mengandung gas formaldehid dilewatkan ke menara absorber untuk diserap dengan larutan urea untuk membentuk urea formaldehid. Dipilih proses D.B. Western karena konversi yang tinggi serta umur katalis yang lebih panjang. ([www.dbwestern.com](http://www.dbwestern.com))

Tabel 1.4. Perbedaan Proses Pembuatan Formaldehid

<b>Proses</b>	<b>Hidrokarbon</b>	<b><i>Incomplete Conversion and Distillative Recovery of Metanol (ICDRM)</i></b>	<b><i>Complete Conversion of Metanol</i></b>	<b><i>D.B. Western</i></b>
Uraian Proses	Oksidasi langsung dari hidrokarbon alifatik, selain itu formaldehid juga diproduksi secara langsung	Formaldehid dihasilkan dengan oksidasi parsial kemudian metanol yang tidak bereaksi <i>direcovery</i> dengan destilasi dan	Udara yang telah dimurnikan dan metanol, masing-masing dilewatkan pemanas kemudian masuk ke dalam reaktor katalitik.	Metanol yang diuapkan direaksikan dalam sebuah reaktor <i>fixed bed multi tube</i> dengan

<b>Proses</b>	<b>Hidrokarbon</b>	<b><i>Incomplete Conversion and Distillative Recovery of Metanol (ICDRM)</i></b>	<b><i>Complete Conversion of Metanol</i></b>	<b><i>D.B. Western</i></b>
	dari natural gas atau metana.	selanjutnya <i>directcycle</i> .	Produk didinginkan dan dialirkan ke menara absorber.	dikelilingi Dowterm A
Katalis	asam borat atau asam fosfat	perak	perak	<i>iron molybdenum oxide</i>
Umur Katalis		3-8 bulan	3-4 bulan	12-18 bulan
Suhu	430-480°C	590-650°C	600-650°C	240-400°C
Tekanan	7-20 atm			1-1,5 atm
Konversi	34-36 %	77-78 %		99%

## 2. Unit Urea Formaldehid Plant

Proses pembuatan urea formaldehid terjadi didalam absorber. Proses ini merupakan tahap pembentukan metilol urea yang merupakan reaksi metiolasi. Urea mengalami adisi ke formaldehid untuk memberikan turunan metilol.

### 1.2.2 Kegunaan Produk

Urea Formaldehid mempunyai beberapa kegunaan sebagai berikut :

#### 1. Industri *Adhesive*

Merupakan industri yang memproduksi *adhesive* untuk keperluan *woodworking* seperti industri plywood, industri *particle board*, *chipboard*, industri kertas dan tekstil.

#### 2. Industri *Moulding*

Merupakan industri yang diantaranya menghasilkan alat keperluan rumah tangga.

### 3. Industri *Surface Coating*

Merupakan industri yang menghasilkan cat, thinner dan dempul.

### 4. Industri *Laminating*

Merupakan industri yang menghasilkan furniture/meubel untuk menginsulasi busa.

## 1.2.3 Sifat Fisik dan Kimia Bahan Baku dan Produk

### 1. Bahan Baku

#### a. Metanol

##### **Sifat fisis :**

Rumus molekul	: CH <sub>3</sub> OH
Berat Molekul	: 32,042 g/gmol
Wujud	: cairan tak berwarna
Titik lebur (1 atm)	: -97,69°C
Titik didih (1 atm)	: 64,7 °C
Densitas (25°C)	: 0,7866 gr/ml
Temperatur kritis	: 239,43 °C

Volume kritis	: 118 ml/mol
Tekanan kritis	: 79,9 atm
Panas pembentukan (25°C)	: -57,130 kkal/gmol (cairan)
Energi Gibbs (25°C)	: -39,869 kkal/gmol (cairan)
Panas spesifik (25°C)	: cairan = 0,6054 kal/jam °C gas = 0,3274 kal/jam °C
Viskositas (25°C)	: cairan = 0,541 cp gas = 0,00968 cp
Konduktivitas thermal (25°C)	: cairan = 163,5 kal/jam °C gas = 12,1 kal/jam °C

(Mc. Ketta, 1988)

### **Sifat kimia :**

Metanol adalah gugus alkohol alifatik yang hanya mempunyai satu atom karbon. Reaksi-reaksi kimia dari metanol melibatkan gugus hidroksil seperti reaksi esterifikasi, adisi, oksidasi, dehidrogenasi dan penggantian gugus hidroksil.

#### 1) Reaksi esterifikasi

- Dengan asam organik



- Dengan asam anorganik



dimetil sulfat



dimetil karbonat

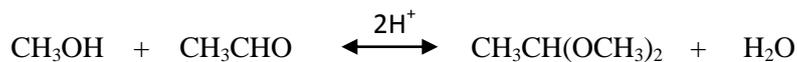
## 2) Reaksi adisi

- Dengan hidrokarbon tak jenuh



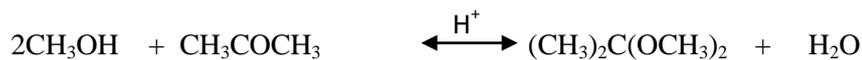
metil t-butil eter

- Dengan aldehid



asetal

- Dengan keton



ketal

## 3) Reaksi pergantian gugus hidroksi

- Halogenasi



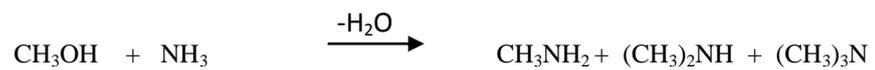
metil klorida

- Dehidrasi bimolekuler



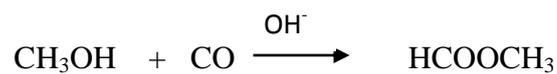
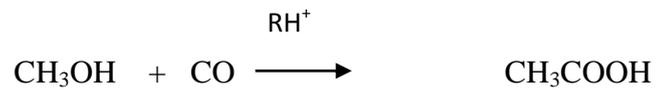
dimetil eter

- Ammonolisis



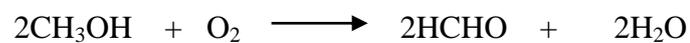
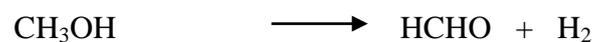
metil amin

4) Reaksi karbonilasi



5) Reaksi oksidasi

Reaksi oksidasi ini menggunakan katalis perak atau ferric molybdate untuk meminimalkan oksidasi selanjutnya dari formaldehid menjadi asam formiat dan karbondioksida.



(Mc Ketta, 1988)

b. Urea

**Sifat fisis :**

Rumus molekul :  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$

Berat Molekul : 60,06 gr/mol

Bentuk : kristal tetragonal berwarna putih

Titik lebur (1 atm) :  $135^\circ\text{C}$

Panas pembakaran : 2531 kal/gr

Indeks refraksi : 1,484

Panas peleburan : 251 J/gr

Panas pelarutan dalam air : 58,07 kal/gr

Energi Gibbs ( $25^\circ\text{C}$ ) : -47120 kal/mol

Densitas :  $1,323 \text{ g/cm}^3$

Panas spesifik ( $20^\circ\text{C}$ ) :  $0,320 \text{ kal/g } ^\circ\text{C}$

**Sifat kimia :**

1. Dengan Pemanasan

Bila urea dipanaskan di atas titik leburnya yaitu pada 150-160°C akan melepaskan amonia, amonium sianida ( $\text{NH}_4\text{OCN}$ ) dan biuret ( $(\text{CONH}_2)_2\text{NH}$ )



## 2. Hidrolisa

Urea dihidrolisa akan menghasilkan asam dan amonia. Hidrolisa dipercepat dengan menggunakan basa atau asam, juga terjadi bila ada enzim urease. Organisme tertentu dalam tanah juga menyebabkan hidrolisa urea membentuk amonium karbonat.



## 3. Urea bereaksi dengan alkohol menghasilkan urethane

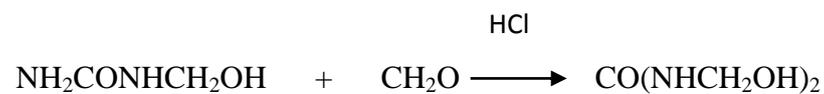


## 4. Reaksi dengan formaldehid

Dalam larutan asam akan terjadi hidroksi methyl urea (metilolurea) dan dimetilolurea.



Metilolurea



Dimetilolurea

## 2. Produk

Urea Formaldehid

### Sifat Fisis :

Wujud	: cairan
Indeks refraksi	: 1,54 - 1,56
Spesifik Gravity (50°C)	: 1,32 g/cm <sup>3</sup>
Panas spesifik	: 0,4 cal/g
Densitas	: 1,46 g/cm <sup>3</sup>
pH	: 7,0-8,0
Titik beku	: -20 – (-30)°C ( <i>Meyer, 1979</i> )

### 1.2.4 Proses Pembuatan Urea Formaldehid dengan menggunakan Proses DB

#### Western

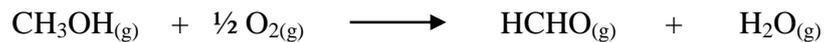
Pembuatan urea formaldehid dengan bahan baku formaldehid dan urea dengan proses DB Western dibagi dalam 2 tahap proses, sebagai berikut :

#### 1. Tahap Pertama

Merupakan proses oksidasi metanol menjadi formaldehid. Proses tersebut berlangsung pada reaktor fixed bed multi tube dengan katalis yang digunakan adalah katalis iron-molybdenum oxide. Metanol cair setelah diuapkan direaksikan dengan oksigen di dalam reaktor pada suhu 240-

400°C (*Ullman Vol. A11, 1988*) dan tekanan 1-1,5 atm (*Hydrocarbon Processing, 1993*).

Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Sebagian kecil formaldehid yang terbentuk akan mengalami oksidasi sebagai berikut :



Pada suhu di atas 470°C, reaksi samping tersebut akan meningkat (*Ullman Vol. A11, 1988*).

Reaksi ini berlangsung sangat eksotermis. Untuk menjaga kondisi suhu dan membatasi pembentukan produk samping, maka panas reaksi yang ditimbulkan harus segera diserap/diambil selama reaksi berlangsung dengan menggunakan Dowterm A. Konversi yang diperoleh mencapai 99% dengan selektivitas formaldehid sebesar 94%.

## 2. Tahap Kedua

Gas hasil reaksi dari reactor yang mengandung gas formaldehid dialirkan ke dalam absorber dan diserap menggunakan larutan urea 70% W. Pada bagian bawah absorber dihasilkan urea formaldehid sedangkan di bagian atas dilepaskan gas buang (*tail gas*).