



## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Dalam perkembangannya untuk menjadi Negara maju, Indonesia banyak melakukan pembangunan di segala bidang. Hal ini diharapkan agar dapat bersaing dengan Negara maju lainnya. Salah satu sektor yang mengalami peningkatan dalam pembangunannya adalah sektor industri. Sektor industri saat ini berperan besar dalam meningkatkan kemajuan suatu Negara. Salah satu sektor industri tersebut adalah sektor industri kimia. Di Indonesia saat ini, sektor industri kimia mengalami pertumbuhan yang signifikan dengan ditandai banyak berdirinya perusahaan atau pabrik-pabrik berbasis industri kimia. Akan tetapi, ketergantungan impor produk atau bahan baku dari luar negeri masih terlalu besar dibandingkan dengan ekspor produksi dalam negeri. Oleh karena itu, industri kimia perlu dikembangkan lebih agar tidak selalu bergantung berlebihan pada Negara lain. Selain itu sektor industri kimia merupakan sektor pendukung bagi perkembangan sektor-sektor perekonomian lainnya.

Peningkatan sektor industri perlu dilakukan untuk mengatasi ketergantungan impor dari Negara lain yaitu dengan pembangunan pabrik baru atau penambahan jumlah pabrik yang sudah ada agar dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri. Dengan berdirinya pabrik diharapkan dapat merangsang berdirinya pabrik lain yang menggunakan produk pabrik tersebut. Selain itu dapat memberikan manfaat lain yaitu membuka kesempatan untuk alih teknologi, membuka lapangan kerja baru dalam usaha ikut mengurangi angka pengangguran dan kemiskinan, karena untuk mendirikan pabrik diperlukan tenaga ahli terdidik, dan meningkatkan pendapatan asli daerah setempat.

Salah satu industri kimia tersebut adalah industri formaldehida. Formaldehida adalah senyawa dari gugus aldehid yang paling sederhana dan memiliki nilai strategis dalam perkembangan dunia industri, karena banyak sektor industri lain yang menggunakan formaldehida sebagai bahan bakunya. Untuk bahan baku



pembuatan formaldehida sendiri, di Indonesia sangat banyak diproduksi, salah satunya bertempat di Kalimantan Timur.

Bahan baku pembuatan formaldehida adalah metanol dan udara. Metanol didatangkan dari PT. Kaltim Metanol Indonesia (KMI) yang terletak di pulau bunyu, Kalimantan Timur dengan kapasitas produksi sebesar 660.000 ton/tahun. Sedangkan udara diperoleh dari alam yang memiliki ketersediaan yang melimpah. Dengan ketersediaan bahan baku yang cukup tersebut, maka sangat memungkinkan mendirikan pabrik formaldehida di Indonesia.

Pendirian pabrik formaldehida ini bertujuan untuk diversifikasi produk menjadi bahan-bahan lain yang bernilai ekonomis tinggi. Berdasarkan kebutuhan industri dan pasar akan formaldehida dengan kadar 37%, maka pabrik akan memproduksi formaldehida dengan kadar 37% berat yang biasa disebut formalin. Kegunaan formaldehida 37% sendiri sebagai bahan baku turunan formaldehida sendiri seperti urea formaldehida, resin formaldehida, melamin formaldehida, dan penol formaldehida. Dengan banyaknya kegunaan dari formaldehida di atas diharapkan dengan berdirinya pabrik formaldehida akan memacu tumbuhnya industri-industri baru di Indonesia yang menggunakan bahan baku formaldehida. Hal ini akan meningkatkan perekonomian Negara Indonesia.

## **1.2. Kapasitas Rancangan**

Hal pertama sebelum mendirikan suatu pabrik adalah menentukan berapa kapasitas produksi pabrik yang akan didirikan. Hal ini dikarenakan dapat mempengaruhi perhitungan teknis dan ekonomis dalam perancangan pabrik nanti. Untuk menentukan berapa besar kapasitas produksi yang akan digunakan, maka kita harus mempertimbangkan beberapa faktor berikut :

### **1.2.1. Kebutuhan dalam negeri**

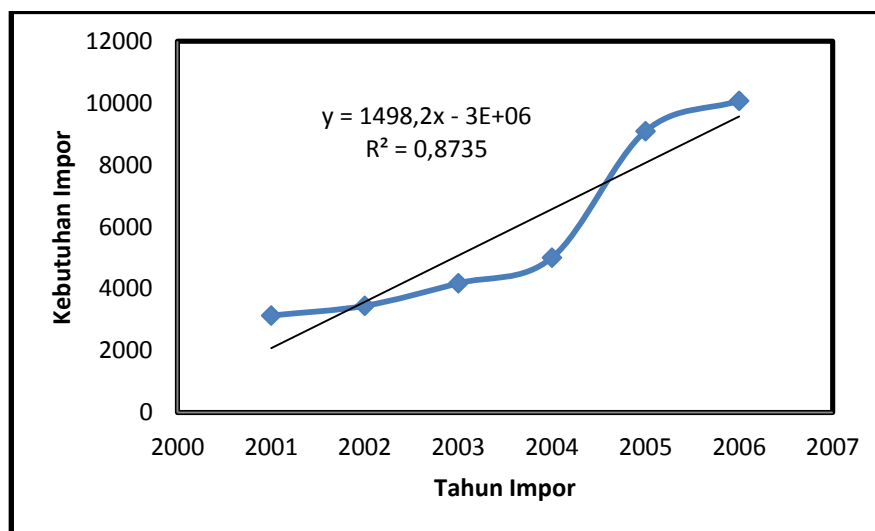
Pada table 1.1 dapat dilihat kebutuhan impor formaldehida dari tahun 2001–2005 berdasarkan data impor BPSI (Biro Pusat Statistik Indonesia).



Table 1.1 Daftar Kebutuhan Impor Formaldehida Indonesia Dari Tahun  
2001 - 2006

No.	Tahun	Kebutuhan impor (ton/tahun)
1	2001	3.132,090
2	2002	3.446,745
3	2003	4.175,261
4	2004	5.001,957
5	2005	9.089,312
6	2006	10.068,260

Berdasarkan Tabel 1.1 dapat ditarik kesimpulan bahwa impor formaldehida di Indonesia setiap tahun mengalami peningkatan. Dari data di atas, maka dapat dibuat persamaan garis lurus yaitu  $y = 1498x - 3E+06$  dengan  $y$  adalah jumlah impor formaldehida pada tahun tertentu dalam ton, sedangkan  $x$  adalah tahun saat impor. Gambar 1.1 menunjukkan grafik peningkatan impor Indonesia.



Gambar 1.1 Grafik Impor Formaldehida Indonesia pada Tahun 2001 - 2006

Persamaan yang diperoleh dapat digunakan untuk mencari kebutuhan impor formaldehida pada tahun yang akan datang, sehingga kita dapat menentukan berapa kapasitas pabrik yang akan digunakan. Dari persamaan  $y = 1498x - 3E+06$ , diperoleh impor formaldehida pada tahun 2015 sebesar



18.470 ton, maka dari itu kapasitas yang digunakan dalam perancangan pabrik ini sebesar 20.000 ton.

Berikut adalah daftar nama-nama pabrik penghasil formaldehida di Indonesia beserta kapasitas pabriknya :

Table 1.2 Daftar Pabrik Penghasil Formaldehida di Indonesia

No.	Nama pabrik/ perusahaan	Kapasitas produksi (ton/tahun)
1	PT Lakosta Indah	28.000
2	PT Arjuna Utama	23.000
3	PT Pamolite Adhesive Industri	36.000
4	PT Superin	36.000
5	PT Dyno Mugi Indonesia	29.400
6	PT Batu Penggal Chemical Industri	28.000
7	PT Kurnia Kapuas Utama Glue Industri	38.000
8	PT Intan Wijaya Chemical Industri	61.500
9	PT Dofer Chemical	60.000
10	PT Sabak Indah	72.000
11	PT Duta Pertiwi Nusantara	50.000
12	PT Kayu Lapis Indonesia (Jateng)	20.000
13	PT Gelora Citra Kimia Abadi	48.000
14	PT Kayu Lapis Indonesia (Papua)	40.000
15	PT Duta Rendra Mulia	33.500
16	PT Binajaya Roda Karya	45.000
17	PT Perawang Perkasa Industri	48.000
18	PT Belawendeli Chemical	30.000
19	PT Putra Sumber Kiwindo	45.000
20	PT Orica Resindo Mahakam	35.000

(Widiyanti, 2006)



### **1.2.2. Ketersediaan bahan baku**

Bahan baku formaldehida adalah metanol dan udara. Kebutuhan akan metanol diperoleh dari PT. Kaltim Metanol Indonesia, sedangkan udara diperoleh dari alam.

### **1.3. Lokasi Pabrik**

Pemilihan lokasi pabrik sangat berpengaruh dalam perancangan pabrik, misalnya dalam nilai ekonomis suatu pabrik, persaingan pabrik, dan penentuan kelangsungan dan perkembangan suatu pabrik. Dengan mempertimbangkan berbagai alasan, maka pendirian pabrik direncanakan akan dibangun di daerah Bontang, Kalimantan Timur. Hal ini berdasarkan beberapa pertimbangan sebagai berikut :

#### **1.3.1 Letak sumber bahan baku**

Bahan baku utama produksi formaldehida adalah metanol. Metanol diperoleh dari PT Kaltim Metanol Indonesia yang terletak di pulau Bunyu, Kalimantan Timur yang dimiliki oleh Pertamina. Untuk kapasitas dari PT Kaltim Metanol Indonesia sendiri sebesar 660.000 ton/tahun atau 83.333 kg/jam, sehingga cukup untuk memenuhi kebutuhan akan bahan baku metanol sebesar 1.159,51 kg/jam. Dengan dekatnya letak bahan baku, maka pabrik dapat mengurangi biaya transportasi bahan baku dan menjaga ketersediaan bahan baku bagi pabrik.

#### **1.3.2 Letak pasar**

Pabrik ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan pabrik bahan intermediet/pembantu dengan bahan baku formaldehida yang berada di dalam negeri. Pabrik yang memanfaatkan formaldehida adalah seperti pada pembuatan phenol formaldehida, urea formaldehida, melamin formaldehida yang digunakan sebagai perekat pada industri plywood. Dengan berdirinya pabrik ini, diharapkan dapat merangsang berdirinya pabrik lain yang dapat meningkatkan perekonomian Kalimantan.

#### **1.3.3 Ketersediaan tenaga kerja**

Di Indonesia terdapat banyak tenaga kerja yang ahli dalam bidang kimia. Hal ini sangat menunjang dalam berdirinya suatu pabrik, karena faktor ini sangat



penting untuk menjamin keberlangsungan suatu pabrik. Akan tetapi, dalam perekrutan tenaga kerja harus memenuhi kualifikasi tertentu sebagai pertimbangan dalam penerimaan tenaga kerja yang ahli. Selain tenaga kerja yang ahli, terdapat banyak pula tenaga kerja non-ahli yang sangat banyak dan murah yang terdapat di Indonesia terutama di Kalimantan Timur yang berguna untuk membantu proses keberlangsungan suatu pabrik. Dengan mudahnya mendapatkan tenaga kerja, maka proses produksi pabrik akan berjalan lancar.

#### 1.3.4 Sarana transportasi

Di Bontang, Kalimantan Timur terdapat suatu dermaga/pelabuhan yang memadai untuk pengiriman produk atau penerimaan bahan baku. Selain itu di Bontang juga memiliki sarana infrastruktur yang memadai untuk dijadikan kawasan industri.

### 1.4. Tinjauan Pustaka

#### 1.4.1. Macam-macam proses produksi formaldehida

Dalam produksi formaldehida terdapat beberapa macam jenis proses produksi. Berikut beberapa jenis proses produksi yang digunakan dalam memproduksi formaldehida :

##### 1.4.1.1. Proses formox/katalis oksida campuran (*metal oxide catalyst*)

Dalam proses ini, formaldehida terbentuk hanya dengan proses oksidasi sebagai berikut :



Dengan sebagian kecil formaldehida yang terbentuk mengalami proses teroksidasi kembali sebagai berikut :



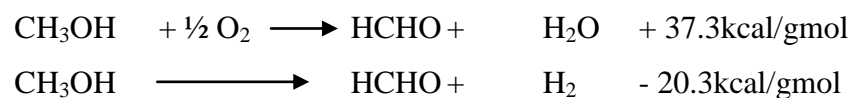
Reaksi ini terjadi dengan penambahan campuran katalis *oxide* yaitu *molybdenum oxide* dan *iron oxide*. Proses ini berlangsung pada suhu lebih rendah dari proses perak yaitu 250-400°C dan terjadi pada tekanan atmosferis. Rasio perbandingan antara katalis *molybdenum oxide* dengan *iron oxide* adalah 1,5 berbanding 3. Katalis ini berbentuk butiran-butiran bulat dan spherical dengan masa umur katalis sekitar 12-15 bulan. Setelah itu katalis harus diregenerasi ulang.



Konversi yang diperoleh adalah sekitar 98,4% dengan rendemen formaldehida yang dihasilkan sekitar 88-92% mol. (Mc Ketta, 1983)

#### 1.4.1.2. Proses katalis perak (*silver catalyst*)

Dalam proses ini formaldehida dibentuk dengan 2 reaksi yaitu reaksi oksidasi dan dehidrogenasi dalam reaktor *fixed bed multitube*. Reaksinya adalah sebagai berikut :



Reaksi dengan menggunakan katalis perak terjadi pada suhu 560-620°C dengan tekanan atmosferis. Katalis yang digunakan berbentuk kristal atau *spherical* yang ditumpuk pada tube. Penggunaan katalis ini memiliki kekurangan yaitu mudah teracuni oleh sulfur dan logam golongan transisi lainnya. Selain itu masa umur dari katalis ini yaitu 8-12 bulan dan setelah itu dapat diregenerasi ulang. Metanol yang dapat dikonversi yaitu sekitar 65-75% dengan rendemen yang dihasilkan sekitar 91-92% mol formaldehida.

Proses ini diawali dengan menguapkan udara dengan metanol di dalam *evaporator*. Selanjutnya umpan masuk reaktor yang berisi katalis perak. Di dalam reaktor inilah proses oksidasi dan dehidrogenasi berlangsung. Setelah itu produk dari reaktor dialirkan ke *absorber* untuk diserap formaldehidanya dengan menggunakan pelarut air untuk dijadikan produk formaldehida. (Mc Ketta, 1983)

#### 1.4.1.3. Proses konversi sempurna metanol (*complete conversion of metanol*)

Proses ini hampir sama dengan proses perak akan tetapi suhu yang digunakan adalah 680-720°C dengan metanol yang dapat dikonversi sekitar 97-98%. Dengan suhu yang tinggi tersebut, maka masa umur katalis menjadi 3-4 bulan dan setelah itu katalis diregenerasi lagi. Hasil dari rendemen formaldehida yang keluar dari *absorber* cukup tinggi yaitu mengandung 50% berat formaldehida dengan hasil rendemen sekitar 89,5-90,5% mol.

### 1.4.2. Penggunaan proses untuk produksi

Keunggulan penggunaan proses perak daripada proses lainnya adalah sebagai berikut (Mc Ketta, 1973):



- Rendemen yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan proses lainnya. Rendemen untuk proses perak adalah 91-92%, untuk proses formox adalah 88-91%, dan untuk proses konversi sempurna metanol adalah 89,5-90,5%.
- Suhu yang digunakan pada proses ini lebih rendah dari proses konversi sempurna metanol
- Penggunaan bahan baku lebih rendah dibandingkan dengan proses konversi sempurna metanol, tetapi dengan hasil rendemen tinggi dibandingkan proses konversi sempurna metanol.
- Biaya investasi yang harus dikeluarkan untuk proses perak lebih rendah dibandingkan dengan proses formox
- Katalis yang hilang saat proses berlangsung sedikit.

#### 1.4.3. Kegunaan produk

- Sebagai bahan pengawet dimana pada umumnya formaldehida digunakan untuk mengawetkan mayat atau bahan penelitian tertentu.
- Sebagai disinfektan yaitu penggunaan formaldehida secara langsung dimana formeldehyd digunakan sebagai pembunuh kuman atau bakteri pada alat di pabrik maupun rumah sakit.
- Sebagai bahan intermediet yaitu penggunaan formaldehida dalam industri kimia. Sebagian besar produk formaldehida digunakan sebagai bahan untuk turunannya yaitu untuk pembuatan urea formaldehida, resin fenol formaldehida, dan resin melamin formaldehida. Selanjutnya resin-resin ini dapat digunakan dalam industri tekstil, kayu, dan kertas sebagai bahan pembantu.

#### 1.4.4. Sifat fisis dan kimia bahan baku dan produk

##### 1.4.4.1. Bahan baku

###### A. Metanol

###### a. Sifat fisis

- Rumus molekul :  $\text{CH}_3\text{OH}$
- Wujud : cairan tak berwarna





- Berat molekul : 32,04 g/gmol
- Densitas pada 25°C : 0,7866 g/cm<sup>3</sup>
- Titik didih (1 atm) : 64,7°C
- Temperatur kritis : 239,49°C
- Tekanan kritis : 79,9 atm
- Viskositas pada 25°C
  - Cairan : 0,539 cp
  - Gas : 0,00968 cp

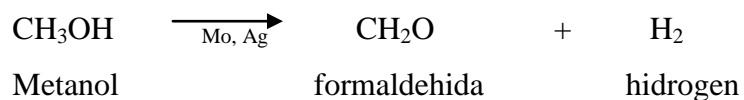
(Kirk & Othmer, 1995)

b. Sifat kimia

- Reaksi dehidrogenasi

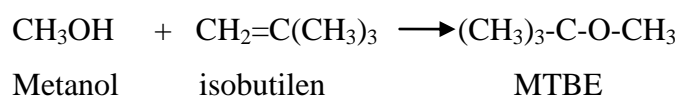
Reaksi ini berupa pelepasan unsur hidrogen. Akan tetapi reaksi ini membutuhkan bantuan katalis dalam prosesnya yaitu katalis

Mo dan Ag :



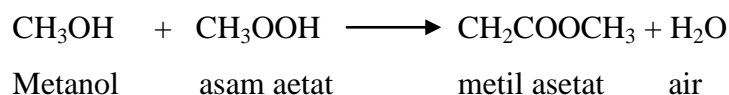
- Reaksi eterifikasi

Metanol dapat digunakan sebagai bahan pembentukan senyawa eter seperti metil tertier butil eter (MTBE)



- Reaksi esterifikasi

Pada reaksi ini untuk membentuk senyawa ester, maka metanol akan direaksikan dengan senyawa organik. Seperti pembentukan senyawa metil asetat.



B. Udara

Udara terdiri dari 2 campuran gas utama yaitu nitrogen (79% mol) dan oksigen (21% mol).



a. Nitrogen

Sifat fisis

- Rumus molekul :  $N_2$
- Wujud : gas, tak berwarna, tak bau
- Berat molekul : 28,0134 g/gmol
- Titik didih :  $-195,65^\circ C$
- Temperatur kritis (1 atm) :  $-146,8^\circ C$
- Tekanan kritis : 3,399 MPa (33,55 atm)
- Densitas relatif (udara) pada 273,15 K : 0,967
- Viskositas dinamik pada 273,15 K : 15,9E-03 mPa.s

(Kirk & Othmer, 1996)

Data termodinamika :

$$* C_p \text{ gas (50-1500 K)} = 29,342 - 3,5395 \cdot 10^{-3} T + 1,0076 \cdot 10^{-5} T^2 - 4,3116 \cdot 10^{-9} T^3 + 2,5935 \cdot 10^{-13} T^4 \text{ J/gmol.K}$$

$$* \mu \text{ gas (150-1500 K)} = 42,606 + 4,75 \cdot 10^{-1} T - 9,88 \cdot 10^{-5} T^2 \text{ micropoise}$$

$$* k \text{ gas (78-1500 K)} = 0,00309 + 7,593 \cdot 10^{-5} T - 1,1014 \cdot 10^{-8} T^2 \text{ W/m.K}$$

(Yaws, 1999)

b. Oksigen

Sifat fisis

- Rumus Molekul :  $O_2$
- Wujud : gas tak berwarna, tak berasa dan tak berbau
- Jika didinginkan sampai  $-182,812^\circ C$  menjadi cairan kebiru-biruan, dan menjadi padatan berwarna biru jika didinginkan lebih lanjut
- Berat Molekul : 32 g/gmol
- Titik didih (1 atm) :  $-182,812^\circ C$
- Titik lebur (1 atm) :  $-218,78^\circ C$
- Temperatur kritis :  $-118,419^\circ C$



- Tekanan kritis : 5,043 MPa (49,77 atm)
  - Densitas gas pada 21°C : 1,327 g/cm<sup>3</sup>
  - Viskositas gas pada 25°C : 0,20639 mPa.s
- (Kirk & Othmer,1996)

Data termodinamika :

- \* Cp gas (50-1500 K) =  $29,526 - 8,8999 \cdot 10^{-3} T + 3,8083 \cdot 10^{-5} T^2 - 3,2629 \cdot 10^{-8} T^3 + 8,8607 \cdot 10^{-12} T^4$  (J/gmol.K)
  - \*  $\mu$  gas (150-1500 K) =  $44,224 + 5,62 \cdot 10^{-1} T - 1,13 \cdot 10^{-4} T^2$  micropoise
  - \* k gas (80-1500 K) =  $0,00121 + 8,6157 \cdot 10^{-5} T - 1,3346 \cdot 10^{-8} T^2$  (W/m.K)
- (Yaws, 1999)

Sifat kimia udara

- Untuk senyawa oksigen dapat bereaksi dengan senyawa lain kecuali He, Ne, dan Ar.
- Pada beberapa bahan tertentu, sebelum direaksikan dengan oksigen, terlebih dahulu dipanaskan sampai suhu tertentu pada saat pembakaran awal.
- Merupakan reagen penghidrolisa pada reaksi hidrolisa.

#### 1.4.4.2. Produk

Formaldehida 37% berat

a. Sifat fisis

- Rumus Molekul : HCOH
- Wujud : cair
- Larut dalam air, alkohol, dan pelarut polar lain
- Kelarutan pada 25°C : 10<sup>6</sup> ppm (mol maupun wt)
- Berat Molekul : 30,026 g/gmol
- Titik didih (1 atm) : -19°C
- Titik lebur (1 atm) : -118°C
- Temperatur kritis : 137,2-141,2°C



- Tekanan kritis : 6,784-6,637 MPa (66,95-65,5 atm)
- Batas eksplosif di udara : 7,0-73 % mol
- Densitas pada : 1 g/cm<sup>3</sup>

(Kirk & Othmer, 1994)

Data termodinamika :

- \*  $\Delta H_f^\circ$  298 (gas) = -115,9 kJ/mol
- \*  $\Delta G^\circ$  298 (gas) = -109,91 kJ/mol
- \*  $C_p$  gas (50-1500 K) =  $34,428 - 2,9779 \cdot 10^{-2} T + 1,5104 \cdot 10^{-4} T^2 - 1,2733 \cdot 10^{-7} T^3 + 3,3887 \cdot 10^{-11} T^4$  J/gmol.K
- \*  $\mu$  gas (254-1000 K) =  $-6,439 + 4,4802 \cdot 10^{-1} T - 1,013 \cdot 10^{-4} T^2$  micropoise
- \*  $k$  gas (254-994 K) =  $0,00171 + 1,9431 \cdot 10^{-5} T + 9,5287 \cdot 10^{-8} T^2$  W/m.K

(Yaws, 1999)

b. Sifat kimia

- Pada suhu 80-100°C relatif stabil. Tetapi, akan terpolimerisasi perlahan-lahan pada suhu rendah
- Pada proses hidrogenasi dapat terbentuk CH<sub>3</sub>OH
- Dapat terdekomposisi menjadi gas CO dan H<sub>2</sub>
- Saat proses oksidasi terbentuk gas CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, dan asam formiat. Dapat terkondensasi dengan senyawa lainnya yang dapat membentuk turunan metilol dan metilen (Kirk Othmer, 1994)