

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Memasuki era perdagangan bebas, Indonesia dituntut untuk mampu bersaing dengan negara-negara lain dalam Bidang Industri. Perkembangan Industri sangat berpengaruh pada pertumbuhan ekonomi Indonesia dalam menghadapi pasar bebas nanti. Sektor Industri Kimia memegang peranan penting dalam memajukan perindustrian di Indonesia. Inovasi proses produksi maupun pembangunan pabrik baru yang berorientasi pada mengubah bahan baku menjadi produk yang mempunyai nilai ekonomis tinggi sangat diperlukan untuk menambah devisa negara. Salah satunya adalah dengan pembangunan pabrik Dimetil Eter (DME).

DME merupakan bahan bakar ramah lingkungan sebagai alternatif untuk menggantikan bahan bakar diesel dan LPG. DME mempunyai sifat yang serupa dengan LPG selain itu juga mudah ditangani, dicairkan, diangkut dan disimpan. DME mempunyai sifat yang lebih baik dari LPG, berbau harum, tidak beracun, dan mempunyai panas kalori yang lebih kecil dibandingkan LPG. Panas kalori DME sebesar 6.900 kcal/kg dan panas kalori LPG sebesar 11.100 kcal/kg. Gentur Putrojati (2009) melakukan penelitian di LIPI dan menyatakan bahwa DME diperkirakan mempunyai harga 20 % lebih rendah dari LPG.

Dimetil Eter dipakai sebagai refrigerant pengganti CFC dan sebagai solven. Di Indonesia, Dimetil Eter masih diimpor dari negara Jepang, China, Taiwan dan sebagian Eropa untuk memenuhi kebutuhan industri dalam negeri. Karena kegunaan Dimetil Eter, maka sudah saatnya pabrik Dimetil Eter diperlukan di

dalam negeri. Selain pangsa pasarnya dekat, bahan baku dan bahan pembantunya dapat diperoleh di negeri sendiri, sehingga ketergantungan produk impor lebih dapat dikurangi.

Kebutuhan bahan bakar di beberapa negara dunia mengalami peningkatan yang pesat dari tahun ke tahun. Hal ini menyebabkan kebutuhan akan DME juga meningkat. Data yang diperoleh dari Majalah Internal PT PGN (Persero) Tbk menyatakan bahwa kebutuhan DME di China pada tahun 2010 sebesar 8 juta ton/tahun, di Korea kebutuhan DME sebesar 10.000 ton/tahun, dan di Jepang sebesar 100.000 ton/tahun. Namun demikian produksi DME dunia saat ini masih 143.000 ton/tahun.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Semakin menipisnya energi fosil, pemanasan global dan kebutuhan pasar menjadi pertimbangan pembangunan pabrik dimetil eter dari metanol yang efisien, ekonomis dan ramah lingkungan. Prarancangan pabrik pembuatan dimetil eter dari metanol diharapkan dapat menjadi solusi awal yang tepat untuk memenuhi kriteria tersebut.

## **1.3 Tujuan Prarancangan**

Tujuan Prarancangan Pabrik Pembuatan dimetil eter dari metanol ini adalah untuk menerapkan disiplin ilmu Teknik Kimia, khususnya dibidang rancang, proses dan operasi teknik kimia sehingga akan memberikan gambaran kelayakan prarancangan pendirian pabrik ini.

## **1.4 Manfaat Prarancangan**

Dimetil eter dapat di manfaatkan sebagai salah satu senyawa yang dapat menjadi alternatif bahan bakar terbarukan. DME juga dapat diuji coba untuk bahan bakar perindustrian, transportasi, serta konsumsi rumah tangga, dan DME dapat menjadi energi yang dapat bersaing dari segi harga, efisiensi penggunaan, dan juga sifatnya yang ramah lingkungan.

## **1.5 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah di dalam penyusunan dan penyelesaian tugas prarancangan pabrik dimetil eter ini yaitu:

1. Prarancangan secara teknis difokuskan pada pabrik Dimetil Eter dari methanol dengan proses dehidrasi.
2. Pembuatan flowsheet prarancangan pabrik ini dibatasi menggunakan software Aspen HYSYS.

### **1.6 Penentuan Kapasitas Pabrik**

Penentuan kapasitas produksi suatu pabrik merupakan hal yang sangat mendasar dan sangat penting karena hal tersebut memiliki faktor yang sangat berpengaruh dalam perhitungan teknis dan analisis ekonomi suatu pabrik. Selain itu ada beberapa pabrik yang memproduksi dimetil eter yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan didunia. Data kapasitas pabrik yang telah berdiri dibeberapa negara dapat dilihat pada tabel 1.3:

**Tabel 1.3** Kapasitas Produksi Pabrik Di Beberapa Negara

<b>Nama</b>	<b>Kapasitas (ton/th)</b>
RWE, Germany	60.000
Hamburg DME Co, Germany	10.000
Arkosue Co, Holland	10.000
Du Pont, West Virginia	15.000
Austria	10.000
Taiwan	15.000
Japan	80.000
Indonesia	13.799
<b>Total</b>	<b>223.000</b>

Sumber: *Global DME Emerging Market, 2014*

Kapasitas produksi suatu pabrik akan mempengaruhi tingkat perhitungan teknik dan nilai keuntungan yang dihasilkan oleh pabrik. Pendirian pabrik dengan kapasitas tertentu antara lain bertujuan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, membantu perkembangan industri lain yang menggunakan produk tersebut. Kebutuhan impor Dimetil Eter pada tahun 2017-2021 dapat dilihat pada Tabel 1.1 berikut:

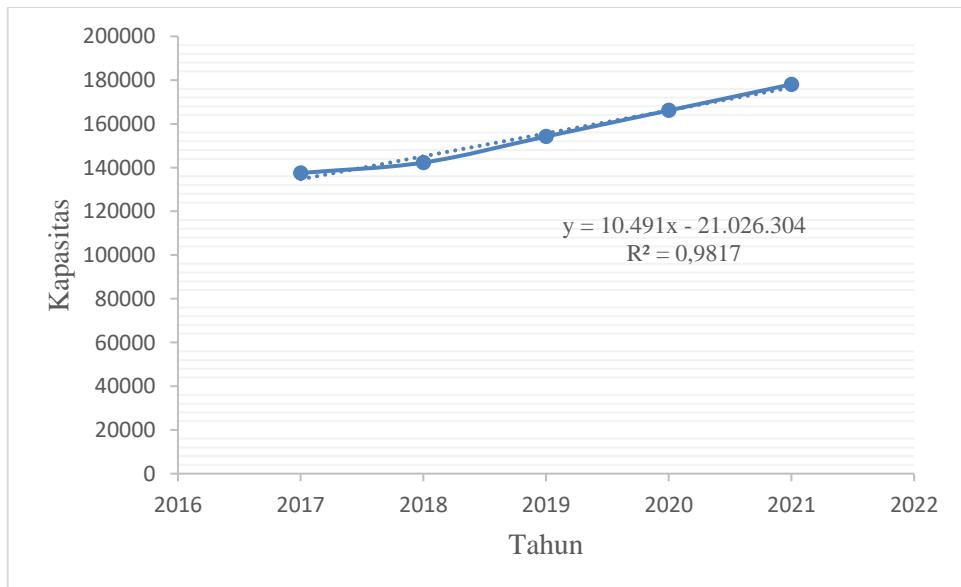
**Tabel 1.1** Data Impor Dimetil Eter Di Indonesia

<b>Tahun</b>	<b>I mport (Ton)</b>
2017	137511
2018	142280
2019	154202
2020	166124
2021	178046

---

Sumber: Badan Pusat Statistik Indonesia 2021 (Diakses pada November 2021)

Berdasarkan data diatas, maka dapat dikatakan kebutuhan Dimetil Eter di Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya. Dari data diatas bisa digambarkan menggunakan grafik sebagai berikut:



**Gambar 1.1** Data Impor Dimetil Eter Di Indonesia

Dari grafik 1.1 disimpulkan bahwa kebutuhan konsumen dimetil eter mengalami kenaikan setiap tahunnya. Hal ini tentu menyebabkan kebutuhan akan dimetil eter pada masa yang akan datang akan terus meningkat sejalan dengan laju pertumbuhan industri yang menggunakan dimetil eter. Untuk menghitung kebutuhan akan methanol pada tahun berikutnya maka dapat menggunakan metode ekstrapolasi. Kebutuhan akan methanol dapat diketahui dengan persamaan:

$$y = 10.491x - 21.026.304$$

$$y = 10.491(2025) - 21.026.304$$

$$y = 21.244.275 - 21.026.304$$

$$y = 217.971$$

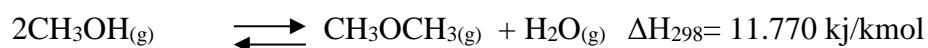
Dari hasil perhitungan dapat diperkirakan kebutuhan Dimetil Eter di Indonesia pada tahun 2025 adalah sebesar 217.971 ton/tahun, sedangkan kapasitas produksi pabrik DME yang ada di beberapa negara sebanyak 223.000 ton/ tahun dan produksi pabrik DME di Indonesia hanya sebesar 13.799 ton/tahun. Maka diputuskan pada prarancangan pabrik dimetil eter ini direncanakan berproduksi dengan kapasitas 100.000 ton/tahun. Sehingga dapat mengurangi impor dari luar negeri.

## 1.7 Pemilihan Proses

Proses pembuatan DME ada 2 metode, yaitu metode sintesa reaksi langsung dan tidak langsung. Metode sintesa reaksi langsung dan tidak langsung dapat diuraikan berikut ini.

### 1.7.1 *Direct synthesis (Metode Sintesa Langsung)*

Proses *direct synthesis* (reaksi langsung) adalah proses pembuatan DME dari *methanol* dengan menggunakan katalis alumina. Reaksi berlangsung dalam fase gas dan reaktor yang digunakan adalah jenis *Fixed-bed reactor*, reaksi dehidrasi ini bersifat eksotermis:



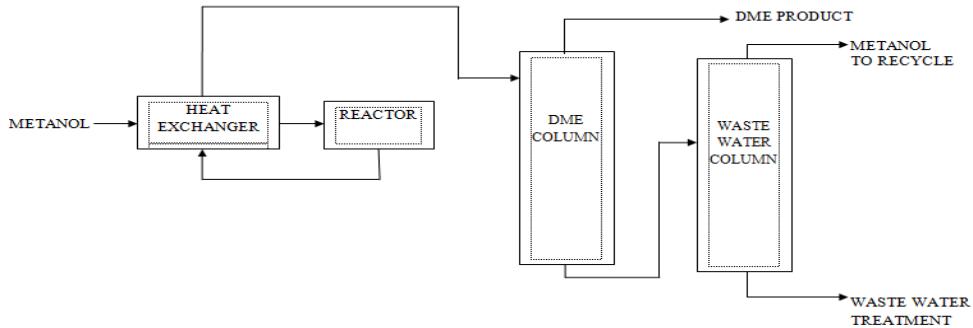
Reaksi terjadi pada suhu 250°C–400°C dengan tekanan minimal 15 atm. Katalis yang digunakan adalah Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (alumina) berbentuk padat. Jika reaktor bekerja pada suhu diatas 400 °C dapat menyebabkan kerusakan pada katalis. Kerugian dari proses *direct synthesis* adalah suhu operasinya yang relatif tinggi. (Turton, 1998)

Konversi yang diperoleh dari proses ini sebesar 96%. Pada reaksi ini tidak ada reaksi samping dan reaksi yang terjadi adalah *reversible*.

Keuntungan:

- a. Prosesnya sederhana dan peralatan yang digunakan sedikit
- b. Biaya investasi untuk peralatan yang digunakan sedikit

c. Konversinya tinggi, yaitu 80-96 %

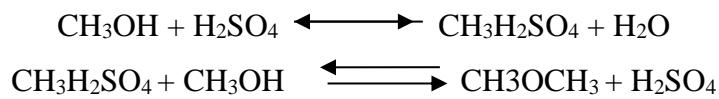


**Gambar 1.3 Flowsheet dasar Proses *Direct Synthesis***

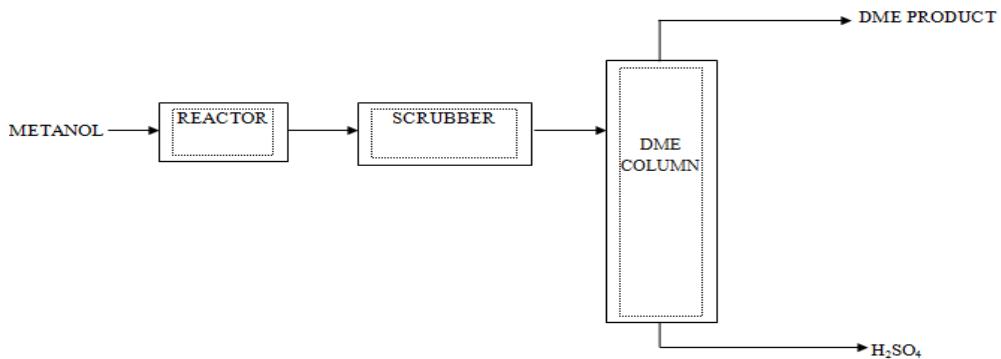
Sumber: (Turton, 1998)

### 1.7.2 *Indirect synthesis* (Sintesa Tidak Langsung)

Proses *indirect synthesis* (sintesa tidak langsung) adalah proses pembuatan DME dari *methanol* dengan katalisator asam sulfat yang berada dalam reaktor pada suhu 125°C sampai 140°C dan tekanan 2 atm. Hasil dari reaktor dilewatkan ke *scrubber*, kemudian dimurnikan dengan proses destilasi. Konversi yang diperoleh dari proses ini sebesar 45%. Reaksi yang terjadi dalam proses ini adalah sebagai berikut:



Kemungkinan dari proses *indirect synthesis* adalah suhu dan tekanan reaktor relatif rendah.



### **Gambar 1.4 Flowsheet dasar Proses *Indirect Synthesis***

Sumber: (Turton, 1998)

Kerugian:

- Peralatan yang digunakan lebih banyak
- Menggunaakan asam sulfat yang berfsifat korosif, sehingga diperlukan peralatan dengan bahan konstruksi yang tahan terhadap korosi yang harganya lebih mahal
- Konversinya rendah, yaitu: 45 %

## **1.8 Perhitungan Ekonomi Awal**

### **1.8.1 Proses *Direct Synthetis***

Berikut data perhitungan ekonomi awal dimetil eter menggunakan proses *Direct Synthetis* dapat dilihat pada tabel 1.5 sebagai berikut:

**Tabel 1.5 Perhitungan Ekonomi Awal Proses *Direct Synthetis***

Parameter	Bahan Baku		Produk
	Metanol	Alumina Silica	
Berat Molekul	32,04 gr/mol	101,96 gr/mol	46 gr/mol
Harga per Kg	13.000	1.500	55.547
Kebutuhan	= 2 mol x 32,04 gr/mol = 64,08 gr = 0,06408/kg	=1 mol x 101,96 gr/mol = 101,96 gr = 0,10196/kg	= 1 mol x 46 gr/ mol = 46 gr = 0,046/kg
Total	833,04/kg	152,94/kg	2.555,16 /kg
Ekonomi Awal	$  \begin{aligned}  &= \text{Harga Produk} - \text{Harga Bahan Baku} \\  &= (2.555,16) - (833,04+152,94) \\  &= 1.569,18  \end{aligned}  $		

### **1.8.2 Proses *Indirect Synthesis***

Berikut data perhitungan ekonomi awal dimetil eter menggunakan proses *Indirect Synthetis* dapat dilihat pada tabel 1.6 sebagai berikut:

**Tabe; 1.6 Perhitungan Ekonomi Awal Proses *Indirect Synthetis***

Parameter	Bahan Baku		Produk
	Metanol	Asam Sulfat	
Berat Molekul	32,04 gr/mol	98,08 gr/mol	46 gr/mol
Harga per Kg	13.000	12.500	55.547
Kebutuhan	= 2 mol x 32,04 gr/mol = 64,08 gr = 0,06408/kg	= 1 mol x 98,08 gr/mol = 98,08 gr = 0,09808/kg	= 1 mol x 46 gr/ mol = 46 gr = 0,046/kg
Total	833,04/kg	1.226/kg	2.555,16 /kg
Ekonomi Awal	$= \text{Harga Produk} - \text{Harga Bahan Baku}$ $= (2.555,16) - (833,04 + 1.226)$ $= 496,12$		

## 1.8 Perbandingan Proses

Adapun kelebihan dan kekurangan dari masing masing proses dapat dilihat pada tabel 1.4 sebagai berikut:

**Tabel 1.4 Perbandingan Proses**

NO	Faktor Perbandingan	Proses Pembuatan	
		<i>Direct Synthetis</i>	<i>Indirect synthesis</i>
1	Bahan Baku	Methanol	Methanol
2	Proses	Pembentukan methanol dan DME terjadi didalam reaktor yang sama	Pembentukan methanol dan DME terjadi didalam reaktor yang berbeda
3	Katalis	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> SiO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
4	Reaksi	2CH <sub>3</sub> OH → CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> O	• CH <sub>3</sub> OH + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> → CH <sub>3</sub> H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + H <sub>2</sub> O

			$\bullet \text{CH}_3\text{OH} + \text{CH}_3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CH}_3\text{OCH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$
5	Jenis Reaktor	<i>Fixed Bad Reactor</i>	<i>Slurry-phase reactor,</i> <i>Fixed Bad Reactor</i>
6	Konversi CH <sub>3</sub> OH	80% - 96%	45%
7	Kondisi Operasi	250-400°C ; 15 atm	125-140°C ; 2 atm
8	Produk Samping	Air	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>

Dari kedua proses diatas maka proses yang dipilih adalah Proses *Direct Synthetis*. Proses ini dipilih dengan pertimbangan:

1. Besar konversi dimetil eter pada proses *direct synthetis* yang dihasilkan lebih besar daripada *indirect synthetis*
2. Proses dan peralatan yang digunakan dapat lebih sedikit
3. Secara komersial dan ekonomis lebih menguntungkan dari proses *indirect synthetis*.

## 1.9 Uraian Proses

### 1.9.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Tahap persiapan bahan baku yang digunakan berasal dari PT. Kaltim Metanol Industri dan recycle dari distilat kolom distilasi ditampung ditangki penyimpanan metanol (T-01) berada pada kondisi 30°C, 1 atm. Selanjutnya dipompaan (P-100) menuju Heat Exchanger (E-101) untuk dilakukan pemanasan dengan menggunakan hasil keluaran reactor yang dimanfaatkan untuk memanaskan metanol mencapai suhu 250°C. Setelah berubah fase dari cair menjadi fase gas lalu dialirkan menggunakan kompresor untuk di umpankan ke dalam reaktor.

### 1.9.2 Tahap Pembentukan DME

Didalam reaktor (FBR-100) mereaksikan metanol dalam bentuk gas atau uap dengan bantuan alumina pada suhu 250°C dan tekanan 12 atm maka akan menghasilkan dimetil eter (DME) dan sebagai produk sampingnya air. Secara

teoritis  $\gamma$ -alumina (padat) harus digunakan untuk kontak metanol dalam reaktor tetap pada suhu tinggi. Jika reaktor dioperasikan pada suhu lebih tinggi dari 400°C, katalis dapat rusak. Reaksinya:



Metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) bila dipanaskan pada suhu 250°C dengan tekanan 12 atm dan dengan adanya bantuan katalis berupa alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) maka akan menghasilkan dimetil dan air sebagai produk samping. Reaksi ini bisa disebut juga dengan dehidrasi metanol.

### **1.9.3 Tahap Pemurnian**

#### **1. Pemisahan Dimetil Eter**

Tahap pemurnian produk dilakukan untuk memisahkan dimetil eter dari air dan sisa metanol yang tidak bereaksi agar diperoleh dimetil eter dengan kemurnian 99,8%. Produk hasil reaksi dari keluaran reaktor didinginkan suhunya menggunakan *Condenser* menjadi 66,89 °C dan tekanan 2 atm sebelum masuk ke menara distilasi pertama untuk pemisahan dimetil eter (DME) dari metanol dan air. Produk hasil atas menara distilasi berupa DME dengan keluaran 68,65°C yang dikondensasikan pada condensor kemudian disimpan di tangki penyimpanan DME pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Sebagian hasil distilat akan di reflux ke menara distilasi dan sebagian lainnya ditampung pada tangki penyimpanan DME.

Produk hasil bawah distilasi pertama yang mengandung methanol, air dan sangat sedikit DME dipanaskan kembali menggunakan reboiler. Produk dari reboiler yaitu metanol dan air diumpulkan kemenara distilasi dengan diturunkan suhu menjadi 60°C dan 2 atm.

#### **2. Tahap Pemisahan Metanol dan Air**

Metanol sebagai hasil atas menara distilasi kedua dikondensasikan dengan condenser. Kondensat metanol ditampung pada akumulator dan rycle untuk dipompakan pada tangki penyimpanan bahan baku methanol. Produk bawah kolom distilasi berupa air akan disalurkan ke *water plant threatment*.