

*Prarancangan Pabrik Dimetil Eter  
dari Metanol dengan Proses Dehidrasi  
Kapasitas 35.000 Ton/Tahun*

---

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik**

Kemajuan teknologi mengakibatkan industri kimia terus mengembangkan produknya guna memenuhi kebutuhan masyarakat. Jumlah dan kebutuhan bahan-bahan kimia di dalam negeri masih belum dapat terpenuhi Indonesia mempunyai sumber daya alam yang cukup melimpah, sehingga dengan adanya peningkatan sektor industri kimia akan berpengaruh besar terhadap kemajuan perindustrian di Indonesia. Pembangunan industri perlu dikembangkan untuk meningkatkan kemajuan industri serta menekan nilai impor negara. Salah satu industri kimia di Indonesia yang sampai saat ini masih belum mencukupi kebutuhan konsumsi dalam negeri adalah industri dimetil eter (DME).

Proyeksi kebutuhan energi Indonesia hingga tahun 2030 terdiri dari BBM, batubara, gas, LPG, listrik dan biomasa, dimana BBM merupakan gabungan dari premium, solar, minyak bakar, dan minyak tanah. Dari sumber energi di Indonesia ada empat alternatif yang dapat menjadi substitusi BBM yaitu bahan bakar nabati (BBN), pencairan batubara, gasifikasi batubara dan dimetil eter (DME). Pemanfaatan DME akan menghasilkan dampak lingkungan rendah, dimana pembakarannya tidak menghasilkan asam belerang (SO<sub>x</sub>) dan asap, serta menghasilkan NO<sub>x</sub> dan CO yang sangat rendah. Mengingat DME tidak beracun, mudah dicairkan dan mudah dalam penanganan, maka bahan ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar sektor rumah tangga dan industri (substitusi LPG dan minyak tanah), bahan bakar transportasi (kendaraan diesel, *fuel cell*), bahan bakar pembangkit listrik (pembangkit *thermal* kogenerasi dan *fuel cell*), bahan baku untuk produk kimia, dan sebagai pelarut (Boedoyo, 2016).

Ditinjau dari kegunaan dimetil eter yang cukup banyak dapat diperkirakan kebutuhannya akan semakin meningkat dari tahun ke tahun. Hingga saat ini, kebutuhan dimetil eter di Indonesia hanya terpenuhi oleh PT. Bumitangerang Gas Industri dan masih mengimpor dari negara lain. Oleh karena itu, pendirian pabrik ini diharapkan mampu terus menekan nilai impor dari tahun ke tahun sehingga

*Prarancangan Pabrik Dimetil Eter  
dari Metanol dengan Proses Dehidrasi  
Kapasitas 35.000 Ton/Tahun*

dapat mengurangi ketergantungan dimetil eter dari negara-negara importir serta meningkatkan devisa negara.

Dengan pendirian pabrik ini diharapkan juga mampu menciptakan lapangan kerja baru yang berarti akan mengurangi pengangguran dan meningkatkan sumber daya manusia melalui proses alih teknologi. Selain itu, dapat mendorong berkembangnya industri lain yang menggunakan dimetil eter sebagai bahan baku di dalam prosesnya.

## **1.2 Penentuan Kapasitas Perancangan Pabrik**

Pabrik dimetil eter ini direncanakan memiliki kapasitas sebesar 35.000 ton/tahun. Penentuan kapasitas produksi tersebut berdasarkan pada beberapa pertimbangan, seperti kebutuhan dalam negeri, kebutuhan luar negeri, ketersediaan bahan baku, serta kapasitas maksimal dan minimal pabrik dimetil eter yang telah berproduksi.

### **1.2.1 Kebutuhan Dimetil Eter Dalam Negeri**

Konsumsi dimetil eter (DME) di Indonesia dari tahun ke tahun relatif tidak konstan tergantung kebutuhan pabrik di Indonesia. Kebutuhan dimetil eter dalam negeri diperoleh dari pabrik di Indonesia dan impor dari luar negeri. Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik, jumlah impor dimetil eter di Indonesia dari tahun 2014-2020 dapat dilihat pada tabel 1.1.

**Tabel 1.1** Data Impor Dimetil Eter di Indonesia (BPS,2021)

No.	Tahun	Impor (Ton/Tahun)	Kenaikan
1.	2014	6.865,38	-
2.	2015	7.754,13	12,95%
3.	2016	9.003,48	16,11%
4.	2017	8.914,80	-0,98%
5.	2018	13.073,02	46,64%
6.	2019	12.207,75	-6,62%
7.	2020	10.601,52	-13,16%
Rata-Rata			9,16%

*Prarancangan Pabrik Dimetil Eter  
dari Metanol dengan Proses Dehidrasi  
Kapasitas 35.000 Ton/Tahun*

Dari data impor dan % kenaikan pada tabel 1.1 diatas, dapat dicari kebutuhan dimetil dalam negeri pada tahun 2025. Perhitungan kebutuhan dimetil eter dalam negeri pada tahun 2025 menggunakan metode discounted dengan persamaan sebagai berikut.

$$m_5 = P (1+i)^n \quad (1.1)$$

dengan,

$m$  = jumlah produk pada tahun terakhir (ton/tahun)

$P$  = jumlah produk pada tahun pertama (ton/tahun)

$i$  = pertumbuhan rata-rata per tahun (%)

$n$  = selisih tahun yang diperhitungkan

Perkiraan konsumsi dalam negeri pada tahun 2025:

$$\begin{aligned} m_5 &= P (1+i)^n \\ &= 10.601,52 \text{ ton/tahun } (1+0,0916)^5 \\ &= 16.429 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

### 1.2.2 Kebutuhan Dimetil Eter Luar Negeri

Pabrik ini direncanakan dapat memenuhi kebutuhan dimetil eter dalam negeri dan juga dapat melakukan ekspor ke luar negeri. Pabrik ini berencana mengekspor dimetil eter ke negara tetangga Asia seperti Malaysia, Korea Selatan, dan Thailand. Selain itu, hubungan bilateral antara Indonesia dan negara-negara tersebut juga berlangsung baik. Kebutuhan dimetil eter di negara-negara tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.2.

**Tabel 1.2** Data Impor Dimetil Eter Negara Tetangga (UNdata, 2021)

Tahun	Impor (Ton/Tahun)			
	Malaysia	Korea Selatan	Thailand	Total
2014	7.803,82	30.616,55	10.793,36	49.214
2015	19.085,56	28.283,39	11.190,66	58.560
2016	7.169,64	30.251,37	14.279,46	51.700
2017	6.718,66	31.508,25	14.529,73	52.757
2018	8.265,56	37.736,36	13.514,33	59.516

*Prarancangan Pabrik Dimetil Eter  
dari Metanol dengan Proses Dehidrasi  
Kapasitas 35.000 Ton/Tahun*

**Tabel 1.3** Kenaikan Impor Dimetil Eter Negara Tetangga

Tahun	Impor (Ton/Tahun)	Kenaikan
2014	49.214	-
2015	58.560	18,99%
2016	51.700	-11,71%
2017	52.757	2,04%
2018	59.516	12,81%
Rata-Rata		5,53%

Dari data impor dan % kenaikan negara tetangga pada tabel 1.2 dan 1.3 diatas, dapat dicari kebutuhan dimetil tiap negara tetangga pada tahun 2025. Perhitungan nilai ekspor ke beberapa negara tetangga pada tahun 2025 dengan menggunakan metode *discounted* dengan persamaan sebagai berikut:

$$m_4 = P(1+i)^n \quad (1.2)$$

dengan,

$m_4$  = Jumlah impor negara tetangga pada tahun terakhir (kg/tahun)

$P$  = Jumlah impor negara tetangga pada tahun pertama (kg/tahun)

$i$  = Pertumbuhan rata-rata per tahun (%)

$n$  = Selisih tahun yang diperhitungkan

Perkiraan impor negara tetangga dalam negeri pada tahun 2025:

$$\begin{aligned} m_4 &= P(1+i)^n \\ &= 59.516 \text{ ton/tahun } (1+0,0553)^7 \\ &= 86.768 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Pabrik dimetil eter yang akan didirikan berencana akan memenuhi 35% dari total kebutuhan beberapa negara tersebut untuk menghindari risiko produk yang tidak laku disebabkan adanya negara pengeksport dimetil eter yang lain yang dapat menimbulkan persaingan dalam perdagangan. Karena alasan ini, maka nilai ekspor pada tahun 2025 menjadi :

$$\begin{aligned} m_4 &= 86.768 \text{ ton/tahun} \times 35\% \\ &= 30.369 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

*Prarancangan Pabrik Dimetil Eter  
dari Metanol dengan Proses Dehidrasi  
Kapasitas 35.000 Ton/Tahun*

### 1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan untuk produksi dimetil eter adalah metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ). Bahan baku tersebut dapat diperoleh dari produsen dalam negeri. Ketersediaan bahan baku dapat diambil dari PT. Kaltim Methanol Industri dengan kapasitas produksi 660.000 ton/tahun. PT. Kaltim Methanol Industri memproduksi methanol grade AA yang mempunyai kemurniaan diatas 99,85% (PT. KMI, 2021).

### 1.2.4 Kapasitas Maksimal dan Minimal Pabrik yang Telah Berproduksi

Kapasitas pabrik yang akan didirikan harus berada di atas kapasitas minimal atau sama dengan kapasitas pabrik yang sedang berjalan. Pabrik dimetil eter yang sudah berdiri dan kapasitas produksinya per tahun dapat dilihat pada tabel 1.4

**Tabel 1.4** Pabrik Dimetil Eter di Dunia (Global Dimethyl Ether Emerging Market, 2007)

No.	Pabrik dan Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
1.	Luthianhua Group, Luchang	10.000
2.	Shandong Jiutai Science and Technology Co, Shandong	30.000
3.	XinAo Group, Anhui	10.000
4.	Luthianhua Group, Szechuan	110.000
5.	Shandong Jiutai Science and Technology Co, Guangzhou	200.000
6.	Yigao Chemical Co, Inner Mongolia	20.000
7.	Lantian Chemicals, Nachong	20.000
8.	Mitsubishi Gas Chemical, Niigata	80.000
9.	Shanghai Coking & Chemical Corp, Shanghai	5.000
10.	PT. Bumitangerang Gas Industry	12.000

Dari data di atas, Indonesia telah memiliki satu unit pabrik dimetil eter, yaitu PT. Bumitangerang Gas Industri yang terletak di Kawasan Industri Modern Cikande, Serang, Banten dengan kapasitas 12.000 ton/tahun. Berdasarkan Tabel 1.4 dapat diketahui bahwa kapasitas pabrik yang telah beroperasi adalah 5.000 sampai

*Prarancangan Pabrik Dimetil Eter  
dari Metanol dengan Proses Dehidrasi  
Kapasitas 35.000 Ton/Tahun*

---

200.000 ton/tahun, dengan kapasitas produksi minimal di dunia adalah sebesar 5.000 ton/tahun.

### 1.2.5 Penentuan Kapasitas Pabrik Dimetil Eter

Perhitungan kapasitas pabrik dimetil eter yang direncanakan akan beroperasi pada tahun 2025 ini menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5 \quad (1.3)$$

dengan,

- $m_1$  = nilai impor tahun 2025 (ton/tahun)
- $m_2$  = produksi pabrik dalam negeri (ton/tahun)
- $m_3$  = kapasitas pabrik yang akan didirikan (ton/tahun)
- $m_4$  = nilai ekspor tahun 2025 (ton/tahun)
- $m_5$  = nilai konsumsi dalam negeri tahun 2025 (kg/tahun)

Perhitungan kapasitas pabrik dimetil eter pada tahun 2025 :

$$\begin{aligned} m_3 &= (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2) \\ &= (30.369 \text{ ton/tahun} + 16.429 \text{ ton/tahun}) - (0 + 12.000 \text{ ton/tahun}) \\ &= 34.798 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan kapasitas pabrik diatas dan dengan pertimbangan kapasitas minimal pabrik yang sudah beroperasi dipilih kapasitas pabrik sebesar 35.000 ton/tahun. Kapasitas ini dinaikkan menjadi 35.000 ton/tahun, tujuannya untuk cadangan produk ketika ada produk yang rusak atau berjaga-jaga apabila terjadi permintaan yang berlebih. Kapasitas pabrik ini diharapkan:

1. Dapat memenuhi kebutuhan dimetil di dalam negeri sehingga mengurangi ketergantungan impor
2. Dapat mendorong berdirinya industri-industri lain yang menggunakan dimetil eter sebagai bahan baku
3. Dapat menghemat devisa negara sekaligus menambah devisa dengan melakukan ekspor ke luar negeri
4. Dapat membuka lapangan kerja baru sehingga menurunkan tingkat pengangguran

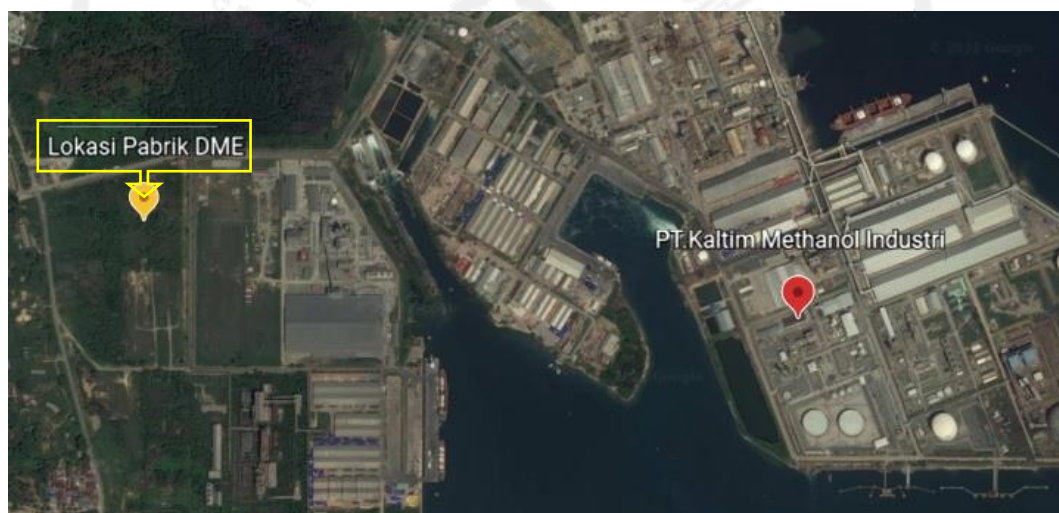


*Prarancangan Pabrik Dimetil Eter  
dari Metanol dengan Proses Dehidrasi  
Kapasitas 35.000 Ton/Tahun*

### 1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik merupakan salah satu faktor penting dalam pendirian suatu pabrik karena sangat berpengaruh terhadap kelangsungan operasi pabrik. Pemilihan lokasi pabrik ditentukan berdasarkan faktor teknik maupun faktor ekonomis. Penentuan lokasi pabrik yang tepat akan menghasilkan biaya produksi dan distribusi yang minimal sehingga akan memberikan keuntungan produksi yang maksimal.

Pabrik dimetil eter ini direncanakan akan didirikan di kawasan industri milik PT Kaltim Industrial Estate (PT KIE), Bontang, Kalimantan Timur. Pertimbangan utama pendirian pabrik yaitu mendekati ketersediaan bahan baku metanol dari PT. Kaltim Metanol Industri dengan kapasitas produksi sebesar 660.000 ton/tahun. Peta lokasi pabrik dapat dilihat pada gambar 1.1.



**Gambar 1.1** Peta Lokasi Pabrik Dimetil Eter

Ada beberapa faktor lain yang perlu diperhatikan untuk menentukan lokasi pabrik yang menguntungkan baik secara teknis dan ekonomis. Faktor-faktor yang dipertimbangkan adalah sebagai berikut:

#### 1. Faktor Utama

Faktor ini mempengaruhi secara langsung tujuan utama pabrik yang meliputi produksi dan distribusi produksi. Faktor utama ini meliputi :

##### a. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama dalam pembuatan dimetil eter adalah metanol yang

*Prarancangan Pabrik Dimetil Eter  
dari Metanol dengan Proses Dehidrasi  
Kapasitas 35.000 Ton/Tahun*

---

diperoleh dari PT Kaltim Metanol Industri terletak di Bontang, Kalimantan Timur dengan jarak  $\pm 1,8$  km. Pabrik DME kapasitas 35.000 ton/tahun membutuhkan bahan baku metanol sebesar 50.000 ton/tahun, sehingga dengan dengan kapasitas 660.000 ton/tahun PT. KMI dapat memenuhi kebutuhan tersebut. Letak pabrik dan sumber bahan baku yang terjangkau diharapkan dapat mencukupi kebutuhan pabrik. Pemilihan lokasi pabrik yang dekat dengan sumber bahan baku dapat menghemat biaya transportasi.

b. Letak Pabrik dengan Daerah Pemasaran

Letak pabrik perlu memperhatikan kedekatan pabrik dengan daerah pemasaran untuk menekan biaya pendistribusian dan waktu pengiriman. Pabrik dimetil eter memiliki tujuan utama untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan sisanya untuk kebutuhan luar negeri. Bontang merupakan daerah industri kimia yang besar dan terus berkembang dengan pesat, hal ini menjadikan Bontang sebagai tempat pemasaran yang baik bagi DME. Produk dimetil eter ini digunakan sebagai aerosol *propellant* di industri cat seperti PT Nippon Paint dan juga sebagai bahan bakar untuk campuran gas LPG yang dikelola oleh PT Pertamina. Letak pabrik yang dekat dengan pelabuhan mempermudah transportasi ekspor ke luar negeri.

c. Sarana dan Transportasi

Bontang memiliki sarana transportasi darat dan laut yang sangat memadai. Adanya sarana transportasi darat yang sangat baik, membuat pengiriman dan distribusi bahan baku menjadi mudah. Pemasaran ke pulau lain maupun luar negeri dengan sarana transportasi laut pun sangat memadai karena daerah Bontang dekat dengan Pelabuhan Loktuan dan Pelabuhan Bontang.

d. Ketersediaan Tenaga Kerja

Ketersediaan tenaga kerja tingkat rendah, menengah, maupun tenaga ahli dapat terpenuhi karena Bontang termasuk daerah berpenduduk tinggi, sehingga memiliki tenaga kerja yang cukup banyak. Selain itu, Bontang juga merupakan daerah yang menarik para tenaga kerja dari luar daerah seperti pulau Jawa. Jumlah angkatan kerja pada tahun 2019 di Kota Bontang adalah 86.891 orang atau sekitar 68,36% dari jumlah penduduk usia kerja. Angka ini juga



*Prarancangan Pabrik Dimetil Eter  
dari Metanol dengan Proses Dehidrasi  
Kapasitas 35.000 Ton/Tahun*

---

menunjukkan besarnya partisipasi angkatan kerja (TPAK) yang berarti sekitar 68,36% penduduk usia kerja aktif secara ekonomi. Angka ini terus naik hingga ditahun 2020 sebesar 69,24%.

e. Utilitas

Kebutuhan penunjang utilitas seperti tenaga listrik dapat dipenuhi dari PT PLN (Persero) Bontang dan generator yang dibangun sendiri sebagai cadangan. Bontang merupakan kawasan industri, sehingga untuk penyediaan bahan bakar dapat dengan mudah terpenuhi. Kebutuhan bahan bakar dipenuhi oleh PT. Pertamina Gas, Bontang. Kebutuhan air dapat diambil dari laut.

2. Faktor Penunjang

Faktor penunjang dalam pemilihan lokasi pabrik dipengaruhi oleh letak geografis. Faktor penunjang ini meliputi :

a. Kondisi Tanah dan Daerah

Bontang potensi ekonomi, geografis, dan sumber daya alam yang strategis untuk dikelola dan dikembangkan. Kondisi tanah yang datar dan relatif luas sangat menguntungkan untuk pendirian pabrik ini. Selain itu, Bontang merupakan salah satu kawasan industri di Indonesia sehingga pengaturan dan penanggulangan mengenai dampak lingkungan diharapkan dapat dilaksanakan dengan baik.

b. Iklim

Pabrik atau industri membutuhkan iklim tertentu seperti kelembapan udara, panas matahari, dan iklim lain untuk menunjang kegiatan produksi. Bontang memiliki kondisi iklim yang relatif stabil sepanjang tahun Iklim Kota Bontang berada pada garis khatulistiwa dan dipengaruhi iklim tropis basah dengan ciri khas hujan terjadi di sepanjang tahun dengan suhu rata-rata 24°-33°C. Oleh karena itu, hampir tidak memiliki perbedaan pergantian musim hujan dan kemarau.

c. Penanganan Limbah

Penanganan limbah tidak menjadi masalah karena lokasi pabrik dekat dengan sungai dan laut. Letak pabrik di kawasan Industri juga memungkinkan untuk dibuat unit pengolahan limbah bersama.

*Prarancangan Pabrik Dimetil Eter  
dari Metanol dengan Proses Dehidrasi  
Kapasitas 35.000 Ton/Tahun*

---

d. Perluasan Area Pabrik

Bontang merupakan daerah pengembangan industri yang relatif luas dengan lahan yang tersedia untuk pembangunan pabrik ini sekitar 8 ha sehingga masih memungkinkan untuk memperluas area pabrik jika diinginkan.

f. Perlindungan Bencana

Kawasan Kalimantan merupakan kawasan yang tidak berpotensi gempa sehingga aman untuk pabrik.

g. Kemasyarakatan

Keadaan sosial kemasyarakatan sudah terbiasa dengan lingkungan industri sehingga pendirian pabrik baru dapat diterima dan beradaptasi dengan cepat dan mudah.

h. Kebijakan Pemerintah

Pendirian pabrik perlu memperhatikan faktor kepentingan pemerintah yang terkait di dalamnya. Daerah Bontang (kawasan PT Kaltim Industrial Estate) merupakan kawasan industri yang telah ditetapkan pemerintah yang tertuang pada peraturan daerah Kota Bontang nomor 11 tahun 2012 tentang rencana tata ruang wilayah Kota Bontang, sehingga faktor-faktor seperti kebijakan pemerintah dalam hal ini perizinan, lingkungan masyarakat sekitar, faktor sosial serta perluasan pabrik sangat memungkinkan untuk berdirinya pabrik dimetil eter.

## **1.4 Tinjauan Pustaka**

### **1.4.1 Macam-Macam Proses**

Dimetil eter diproduksi dengan dua macam proses yaitu metode sintesa langsung dan sintesa tidak langsung atau lebih sering disebut *methanol dehydration process*. Sintesis senyawa eter dapat dilakukan dengan dehidrasi senyawa golongan alkohol dengan menggunakan reaksi dehidrasi. Terdapat dua macam metode sintesis DME yang dipakai di industri, dehidrasi metanol (katalis asam sulfat) dan dehidrasi metanol (katalis alumina) dengan *direct contact*.

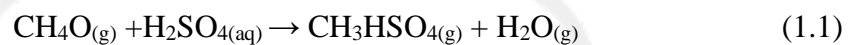
*Prarancangan Pabrik Dimetil Eter  
dari Metanol dengan Proses Dehidrasi  
Kapasitas 35.000 Ton/Tahun*

---

### 1. Dehidrasi Metanol Menggunakan Katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Proses dehidrasi metanol menggunakan katalis asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) berlangsung dengan menguapkan metanol cair terlebih dahulu. Metanol yang telah berubah fase kemudian dialirkan kedalam reaktor yang berisi katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pada kondisi operasi suhu 125°C-140°C dan tekanan 2 atm. Campuran produk keluar dari reaktor yang terdiri dari DME, air, dan metanol dilewatkan ke *scrubber* kemudian dimurnikan dengan proses distilasi (Ogawa, 2003).

Reaksi yang terjadi :

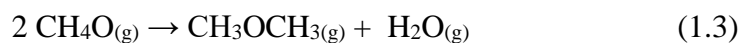


Keuntungan dari proses ini adalah suhu dan tekanan operasi reaktor relatif rendah. Namun, peralatan yang digunakan lebih banyak, penggunaan asam sulfat yang bersifat korosif membutuhkan peralatan dengan bahan konstruksi yang tahan terhadap korosif dan harganya lebih mahal, dan konversi yang dihasilkan rendah, yaitu 45%.

### 2. Dehidrasi Metanol Menggunakan Katalis *Silica* Alumina

Pada reaksi ini terjadinya proses kontak langsung antara metanol dengan katalis alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) yang mengandung 10,2% silika. Reaksi tersebut dilakukan pada suhu tinggi 250°C-400°C dalam fase gas. Secara teoritis gas metanol dikontakkan secara langsung dengan katalis Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> padat dalam reaktor *fixed bed* pada suhu tinggi. Selanjutnya, dimetil eter yang terbentuk dipurifikasi lagi dengan distilasi untuk memisahkan antara DME dengan pengotor lain atau H<sub>2</sub>O dan metanol yang masih tersisa dalam produk (Bondiera dan Naccache, 1991).

Reaksi yang terjadi :

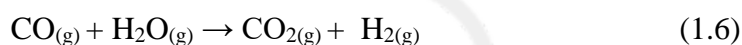
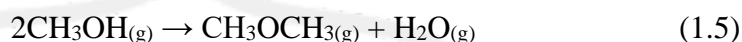
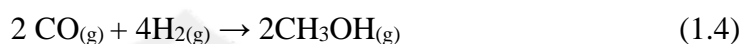


Keuntungan dari proses ini adalah prosesnya sangat sederhana sehingga peralatan yang digunakan sedikit, biaya modal untuk membeli peralatan yang digunakan sedikit, dan konversinya tinggi mencapai 80%. Namun, pada proses ini membutuhkan temperatur operasi yang relatif tinggi.

*Prarancangan Pabrik Dimetil Eter  
dari Metanol dengan Proses Dehidrasi  
Kapasitas 35.000 Ton/Tahun*

### 3. *Direct synthesis* (Metode Sintesa Langsung)

Proses sintesa langsung adalah proses sintesa dimetil eter dari syngas (CO dan H<sub>2</sub>), dimana sintesa methanol dari syngas dan dehidrasi methanol dilakukan dalam reaktor yang sama. Pada proses ini katalis yang digunakan adalah CuO-ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Reaksi dilakukan dalam reaktor fixed bed pada tekanan 30-50 bar dan suhu 245-275°C (Ogawa, 2003). Reaksi pembentukan dimetil eter adalah:



Metode ini memiliki proses yang lebih panjang sehingga memerlukan peralatan yang lebih banyak dan menjadi lebih mahal karena harus ada unit-unit proses lain untuk menyediakan bahan baku gas sintesis (CO dan H<sub>2</sub>)

**Tabel I.5 Kelebihan dan Kekurangan Proses Pembuatan DME**

Faktor Pembeding	Dehidrasi Metanol		Direct Synthesis
Bahan Baku	Metanol		Gas Alam, <i>syngas</i>
Proses	Pembentukan DME tanpa proses lainnya	Suhu dan tekanan operasi reaktor relatif rendah	Pembentukan metanol dan DME dalam reaktor yang sama
Katalis	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .SiO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	CuO, ZnO, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Reaksi	2CH <sub>4</sub> O → CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> O	- CH <sub>4</sub> O + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> → CH <sub>3</sub> HSO <sub>4</sub> + H <sub>2</sub> O - CH <sub>3</sub> HSO <sub>4</sub> + CH <sub>3</sub> OH → CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	- 2CO + 4H <sub>2</sub> → 2CH <sub>3</sub> OH - 2CH <sub>3</sub> OH → CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> O - CO + H <sub>2</sub> O → CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub>
Konversi	99%	45%	90%
Kondisi Operasi	250-400 °C; 11-15 atm	125-140 °C; 2 atm	260 °C; 30-50 atm
Produk Samping	Air	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>

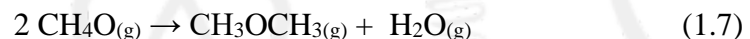
*Prarancangan Pabrik Dimetil Eter  
dari Metanol dengan Proses Dehidrasi  
Kapasitas 35.000 Ton/Tahun*

---

Berdasarkan beberapa macam proses diatas, dalam perancangan pabrik dimetil eter ini dipilih proses dehidrasi metanol dengan katalis alumina. Alasan pemilihan proses tersebut adalah memiliki konversi yang cukup tinggi yaitu mencapai 80%, bahan bakunya melimpah, dan juga menggunakan peralatan yang sedikit serta prosesnya sederhana.

#### **1.4.2 Tinjauan Proses Secara Umum**

Proses produksi dimetil eter dilakukan dengan reaksi dehidrasi metanol yaitu penghilangan air dari senyawa yang berlangsung dalam fase gas. Metanol yang akan direaksikan diubah fasenya terlebih dahulu dari fase cair ke fase gas. Dimetil eter dibentuk dengan dehidrasi metanol yang direaksikan dengan katalis  $Al_2O_3.SiO_2$  dalam reaktor *fixed bed multitube reactor*. Reaksi bersifat eksotermis pada kondisi *non adiabatis non isothermal*. Dehidrasi metanol tidak menghasilkan reaksi samping. Produk yang keluar reaktor berupa DME, air serta metanol sisa.



Metanol dialirkan ke reaktor dengan tekanan maksimal 14,5 atm dan temperatur 250°C. Suhu operasi reaktor berkisar antara 250–400°C. Jika suhu reaktor dibawah 250°C maka reaksi akan berlangsung lambat, apabila reaktor beroperasi pada suhu diatas 400°C akan terjadi kerusakan pada katalis. Produk yang dihasilkan reaktor kemudian masuk ke *distillation column* dimetil eter. Hasil atas *distillation column* dialirkan ke tangki penyimpanan produk yaitu dimetil Eter. Hasil bawah *distillation column* yang terdiri dari sisa metanol, air dan sedikit DME dimasukan ke metanol *distillation column*. Hasil atas *methanol distillation column* berupa metanol dan sedikit DME yang kemudian *directed* ke *vaporizer*. dan hasil bawah *methanol distillation column* berupa air dan sedikit metanol dialirkan menuju UPL.

*Prarancangan Pabrik Dimetil Eter  
dari Metanol dengan Proses Dehidrasi  
Kapasitas 35.000 Ton/Tahun*

---

### **1.4.3 Kegunaan Produk**

Dimetil eter dapat digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel, mesin otomotif, dan bahan bakar penggerak turbin gas (International DME Assocation, 2005). Adapun kegunaan DME lainnya adalah sebagai berikut:

1. Bahan bakar dalam tabung aerosol, serta sebagai bahan bakar industri dan rumah tangga
2. Sebagai *refrigerant*
3. Sebagai bahan campuran LPG
4. Bahan bakar turbin pada pembangkit listrik
5. Bahan baku industri petrokimia

Di Indonesia DME digunakan sebagai aerosol *propellant* yang tidak berbahaya pada inhaler dan peralatan kosmetik, air *refresher*, penyemprot cat lukis, penyemprot insektisida dan sebagai bahan baku pembuatan dimetil sulfat berkemurnian tinggi (BGI,2021).



#### 1.4.4 Sifat-Sifat Fisis dan Kimia

- Bahan Baku

1. Metanol

- a. Sifat Fisis Metanol (Mc.Ketta, 1977; *Safety Data Sheet*,2012)

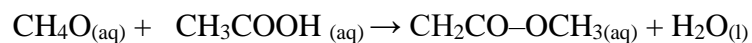
- Berat molekul : 32,042 kg/kmol
- Titik beku (pada 1 atm) : -97,68°C
- Titik didih (pada 1 atm) : 64,7°C
- Densitas, pada 25°C : 0,782 g/ml
- Viskositas, pada 25°C : 0,514 cP
- Suhu kritis : 239,43°C
- Tekanan kritis : 79,9 atm
- Flash point : 9,7°C
- *Autoignition Temperature* : 455°C
- *Explosion limits* : 5,5-36,5%
- Panas spesifik, liquid (pada suhu 25°C) : 0,6054 kal/h.C
- Panas spesifik, uap (pada suhu 25°C) : 0,3274 kal/h.C
- Panas penguapan (pada suhu 64,7°C) : 0,2698 kcal/g

- b. Sifat Kimia Metanol (Mc.Ketta,1977)

- Reaksi dehidrasi yaitu proses pemisahan air dari metanol membentuk dimetil eter (DME).



- Reaksi esterifikasi yaitu pembentukan ester dengan jalan mereaksikan metanol dengan senyawa asam organik. Contohnya pembentukan senyawa metal asetat.



- Reaksi dehidrogenasi yaitu pelepasan unsur hidrogen. Reaksi ini dapat dilaksanakan dengan bantuan katalis Mo dan Ag.



*Prarancangan Pabrik Dimetil Eter  
dari Metanol dengan Proses Dehidrasi  
Kapasitas 35.000 Ton/Tahun*

---

- Produk

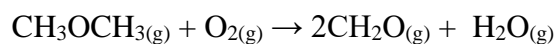
1. Dimetil Eter

- a. Sifat fisis (Yaws, 1999; *Safety Data Sheet*, 2019):

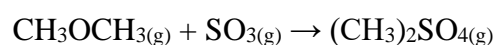
- Berat molekul : 46,069 kg/kmol
- Titik beku (pada 1 atm) : -141,49°C
- Titik didih (pada 1 atm) : -24,85°C
- Fase, 25°C, 1atm : gas
- Suhu kritis : 400,1 K
- Tekanan kritis : 53,7 bar
- Densitas (pada 25°C) : 0,655 g/mL
- Panas pembentukan (gas) : -234,81 kJ/mol
- Energi bebas pembentukan : 168,28 kJ/mol
- Kapasitas panas (25°C) : 66,03 J/mol.K
- Flash point (pada wadah tertutup) : -42°F
- *Autoignition Temperature* : -350°C
- *Explosion limits* : 3,3-26,2%
- Panas pembakaran : 1328,4 kJ/mol
- Specific gravity cairan : 0,661 (pada 20°C)
- Panas spesifik (pada -27,68°C) : 0,5351 kkal/mol
- Panas laten (gas), (pada -24,68°C) : 111,64 kal/g
- Kelarutan dalam air (1 atm) : 34% berat
- Kelarutan air dalam DME (1 atm) : 7% berat

- b. Sifat kimia (Mc.Ketta, 1977) :

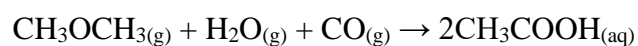
- Dengan reaksi oksidasi DME akan menghasilkan formaldehid.



- Bereaksi dengan sulfur trioksida membentuk dimetil sulfat



- DME bereaksi dengan karbon monoksida dan air menjadi asam dengan katalisator Col.



*Prarancangan Pabrik Dimetil Eter  
dari Metanol dengan Proses Dehidrasi  
Kapasitas 35.000 Ton/Tahun*

---

2. Air

a. Sifat Fisis (Yaws,1999) :

- Berat Molekul : 18,0153 g/gmol
- Rumus Kimia : H<sub>2</sub>O
- Titik Beku (1 atm) : 0°C
- Titik Didih (1 atm) : 100°C
- Suhu kritis : 374°C
- Tekanan Kritis : 220,55 bar
- Densitas (25°C) : 1,027 g/mL
- Panas pembentukan (gas) : -241,8 kJ/mol
- Energi bebas pembentukan : 228,6 kJ/mol
- Kapasitas panas (25°C) : 75,55 J/mol.K
- Viskositas (25 °C) : 89,68 cP
- Tekanan uap (25°C) : 2,338 kPa