

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1. LATAR BELAKANG

Perkembangan teknologi di abad 21 berjalan sangat pesat, terutama pada industri transportasi. Adanya perkembangan industri transportasi menyebabkan peningkatan kuantitas serta kualitas bahan bakar bensin yang digunakan. Meskipun sudah ada yang menggunakan sumber energi listrik untuk menjalankan transportasi, tetapi cara tersebut masih tergolong sangat mahal dan susah dijangkau banyak masyarakat. Beberapa peningkatan kualitas bahan bakar bensin sudah memakai suatu zat aditif yaitu Tetra Etil Lead (TEL) dan Metil Tersier Butil Eter (MTBE). Penambahan zat aditif pada bahan bakar bensin tersebut guna mencegah terjadinya aus pada mesin kendaraan. Untuk beberapa negara penggunaan TEL telah dibatasi karena TEL mengandung timbal (Pb) yang bersifat karsinogenik dan neurotoksik. Hal tersebut berdampak negatif bagi kesehatan manusia karena dapat mengganggu sistem saraf pusat dan menimbulkan beberapa penyakit seperti jantung koroner dan hipertensi. Sehingga zat aditif lain yang digunakan adalah MTBE, MTBE selain digunakan sebagai zat aditif dalam bahan bakar bensin, MTBE juga berfungsi sebagai *anti-knocking agent* atau zat antiketuk. Selain itu, MTBE juga memiliki bilangan oktan yang cukup tinggi yaitu, RON 117-121 (Hamid & Ali, 1995), sehingga cukup baik jika digunakan untuk zat aditif bahan bakar bensin. MTBE juga dapat mengurangi emisi gas karbon monoksida (CO) sehingga secara tidak langsung mengurangi kerusakan ozon.

Kebutuhan MTBE di Indonesia masih banyak yang diimpor dari negara seperti Amerika, Cina, Korea dan Jerman. Untuk menambah pendapatan negara perlu didirikan pabrik MTBE, karena selain mengurangi jumlah impor, juga dapat memungkinkan peluang untuk ekspor ke negara lain.

## I.2 TINJAUAN PUSTAKA

### I.2. Sifat-Sifat Bahan Baku Utama dan Produk

#### I.2.1. Metil Tersier Butil Eter (MTBE)

Metil tersier butil eter (MTBE) merupakan senyawa volatil sintesa yang telah digunakan sejak tahun 1980 sebagai komponen bahan bakar bensin. MTBE merupakan senyawa eter yang terdiri dari gugus metil dan butil tersier dengan rumus molekul  $C_5H_{12}O$ . MTBE digunakan sebagai peningkat bilangan oktan karena angka oktan yang dimiliki oleh MTBE cukup tinggi yaitu 116-118 *Research Octane Number* (RON) (Taniguchi & Johnson, 1979), MTBE dalam komposisi RON 115-135 (Hamid & Ali, 1995). Efek dari penambahan 5, 10, dan 20% volume MTBE pada bensin dapat meningkatkan RON pada bensin premium bebas timbal dari 91,5 ke 92,4 dan 96,2. Penggunaan MTBE membuat produksi bahan bakar menjadi lebih efektif dengan menghasilkan keluaran bahan bakar menjadi 2,6-4 % tanpa meningkatkan volume minyak mentah yang diproses (Norieko, 1980). Senyawa aromatik dan kadar olefin rendah dapat mengurangi nilai campuran bilangan oktan dari MTBE (Unzelman, 1989).

MTBE memiliki berat jenis sebesar 0,7405 setara dengan bensin yang berkisar pada 0,72-0,76 (Dartnell & K, 1978). Tekanan uap reid dari MTBE berkisar antara 4,7 hingga 7,8 psi (Hamid & Ali, 1995) sangat cocok untuk bensin di Indonesia yang berkisar antara 7-9 psi. Berarti konsentrasinya tertentu dari MTBE diperlukan guna meningkatkan bilangan oktan campuran bahan bakar yang mana tergantung dari properti atau sifat dari MTBE

**I.2.2. PROPERTI MTBE**

Berikut adalah properti fisika dari MTBE disajikan pada Tabel I.1

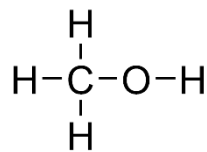
**Tabel I.1. Properti Fisika dari MTBE**

<b>Rumus molekul</b>	<b>C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>O</b>
Berat molekul (gram/mol)	88,15
Rasio C terhadap H	5
Densitas pada 25°C (gram/cm <sup>3</sup> )	0,7352
Tekanan uap Reid pada 25°C (psi)	4,7
Titik didih pada 1 atm (°C)	55
Titik beku pada 1 atm (°C)	-108,6
Kelarutan MTBE dalam air pada 25°C (% massa)	5
Viskositas pada 25°C (cP)	0,34
Panas spesifik (Kj/mol)	0,188
Panas laten dari penguapan (Kj/mol)	30,271
Panas pembentukan pada 25° C (Kj/mol)	21
Kapasitas panas pada 25° C (Kj/mol)	0,224

(Yaws, 1999)

**I.2.3. Metanol**

Metanol adalah senyawa metil alkohol yang merupakan bahan baku utama dalam pembuatan MTBE. Metanol merupakan bentuk paling sederhana dari alkohol yang akan direaksikan dengan isobutilen. Rumus senyawa metanol adalah sebagai berikut:



**Gambar I.1. Rumus Molekul Metanol**

Berikut adalah properti fisika dari metanol disajikan pada Tabel I.2 sebagai berikut.

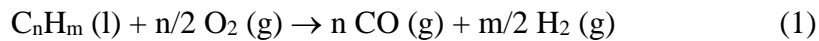
**Tabel I.2. Sifat Fisik dari Senyawa Metanol**

Sifat Fisik	Keterangan
Rumus molekul	CH <sub>3</sub> OH
Berat molekul (gram/mol)	32,04
Bentuk	Cair
Warna	Jernih
Titik lebur pada 1 atm (°C)	-97
Titik didih pada 1 atm (°C)	64,7
Densitas pada 25°C (gram/mL)	0,7918
Viskositas pada 25°C (cP)	0,5389
Panas penguapan (kJ/mol)	35,14
Panas pembentukan pada 25°C (kJ/mol)	-108,61
Kapasitas panas pada 25°C (J/mol.K)	45,163

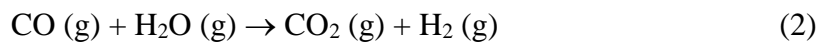
(Yaws, 1999)

Sifat kimia dari senyawa metanol adalah sebagai berikut:

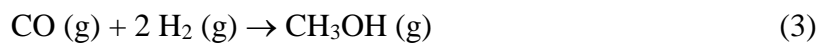
Metanol adalah gugus alkohol alifatik yang paling sederhana. Reaktivitasnya ditentukan oleh gugus hidroksil. Reaksi dengan metanol terjadi melalui pecahnya ikatan C-O atau ikatan O-H dan bercirikan reaksi substitusi gugus -H dan -OH (Kirk & Othmer, 1995). Ada 5 dasar reaksi dalam pembuatan MTBE. reaksi pertama adalah oksidasi parsial dari karbon dan hidrogen menggunakan oksigen murni.



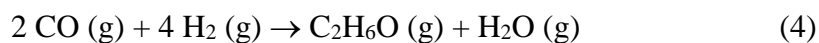
Reaksi selanjutnya adalah reaksi *water gas shift*, dimana reaksi ini menggunakan air dalam bentuk uap sebagai reaktan guna meningkatkan rasio H<sub>2</sub> terhadap CO untuk produksi metanol yang lebih optimal :



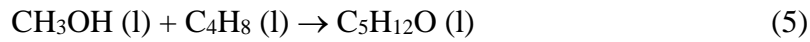
Kemudian metanol diproduksi dari karbon monoksida dan hidrogen melalui reaksi:



Pembentukan dimetil eter dan air sebagai hasil reaksi samping juga dapat terjadi akibat reaksi antara karbon monoksida dan dimetil eter untuk pembuatan metanol



Reaksi akhir melibatkan reaksi antara metanol hasil produksi dengan isobutilen untuk memproduksi MTBE:



(Gatehouse & Jr, 1999)

### 1.2.3. Isobutilen

Isobutilen merupakan senyawa hidrokarbon yang penting di industri. Senyawa ini biasanya merupakan produk intermediat dari beberapa variasi produk. Isobutilen direaksikan dengan metanol dan etanol guna memproduksi zat aditif untuk bahan bakar metil tersier butil eter (MTBE) dan etil tersier butil eter (ETBE). Alkilasi dengan butane menghasilkan isooktan, zat aditif lain. (Merck, 1989). Berikut sifat fisik dari isobutilen disajikan pada Tabel I.3

**Tabel I.3 Sifat Fisik dari Senyawa Isobutilen**

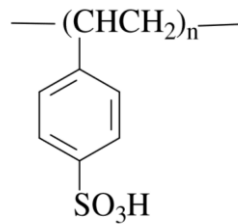
Sifat Fisik	Keterangan
Rumus molekul	$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)_2$
Berat molekul (gram/mol)	56,107
Bentuk	Cair
Warna	Jernih
Titik lebur pada 1 atm (°K)	132,9
Titik didih pada 1 atm (°K)	266,2
Densitas pada 25°C (gram/mL)	0,589
Viskositas pada 25°C (cP)	0,5389
Panas penguapan (kJ/mol)	35,14
Panas pembentukan pada 25°C (kJ/mol)	-16,90
Kapasitas panas pada 25°C (J/mol.K)	45,163

(Yaws, 1999)

### 1.2.4. Katalis Amberlyst

Katalis amberlyst merupakan suatu katalis heterogen asam yang biasanya digunakan untuk reaksi eterifikasi. Katalis amberlyst-15 banyak digunakan untuk mensintesa senyawa organik seperti contohnya sintesa senyawa MTBE. Dan amberlyst-15 merupakan resin retikular polisteriene dengan gugus asam sulfonat yang kuat. Katalis ini memiliki efektivitas reaksi yang tinggi karena memiliki diameter pori yang besar dan luas permukaan yang luas (Kulkarni dan Dalai, 2006). Katalis amberlyst-15 dapat dihilangkan pada akhir reaksi serta sangat mudah untuk diregenerasi dan dapat digunakan beberapa kali.

Berikut merupakan struktur kimia dari katalis amberlyst-15.



Amberlyst-15

**Gambar 1.2. Struktur Kimia dari Katalis Amberlyst-15**

(Pal, Sarkar, & Khasnobis, 2012)

Berikut sifat fisik dari katalis amberlyst-15 disajikan pada Tabel I.4

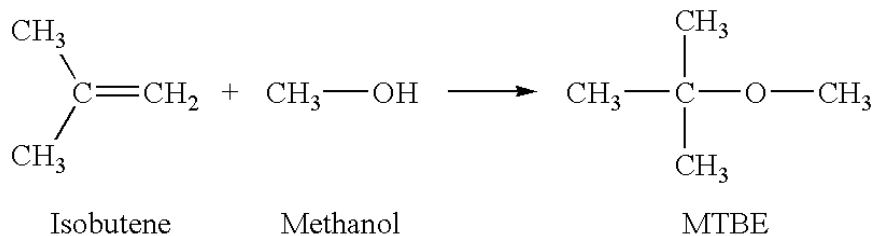
**Tabel I.4 Sifat Fisik dari Katalis Amberlyst-15**

Sifat fisik	Keterangan
Bentuk fisik	Manik – manik keruh
Luas permukaan (m <sup>2</sup> /g)	53
Densitas (gram/cm <sup>3</sup> )	0,8
Ukuran partikel (mm)	0,6 sampai 0,85
Diameter pori rata-rata (Å)	300
Volume pori-pori total (mL/g)	0,4
Temperatur maksimum (°C)	120

(Pal, Sarkar, & Khasnobis, 2012)

### I.2.5. Konsep proses

Pembuatan Metil tersier butil eter dihasilkan dengan mereaksikan bahan baku metanol dengan isobutilen, dan reaksi ini termasuk jenis reaksi eterifikasi. Berikut reaksinya :



**Gambar I.3. Reaksi Antara Metanol dengan Isobutilen**

Reaksi fasa cair – cair antara metanol dengan isobutilen di reaksikan dengan melalui reaktor berjenis *fixed bed*. Karena reaksi pembentukan MTBE merupakan reaksi

eterifikasi, maka katalis yang digunakan adalah amberlyst-15. Reaksi pembentukan MTBE menghasilkan panas sehingga reaksi bersifat eksotermis (Chu & Kuhl, 1987), tetapi panas yang dihasilkan relatif kecil.

### I.3. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku pembuatan Metil Tersier Butil Eter (MTBE) adalah metanol dan isobutilen. Metanol yang digunakan berasal dari PT. Kaltim Methanol Industri yang mempunyai kapasitas sebesar 660.000 ton/tahun dengan kemurnian metanol 99,8% (sisanya air atau H<sub>2</sub>O). Besarnya kapasitas produksi metanol di Indonesia mampu memenuhi kebutuhan metanol yang diperlukan untuk memproduksi MTBE. Serta Isobutilen diimpor dari BASF YPS., Cina dengan kapasitas produksi 500000 ton per tahun dengan kemurnian 99% (Sisanya 2-butene).

### I.4. Kapasitas Produksi

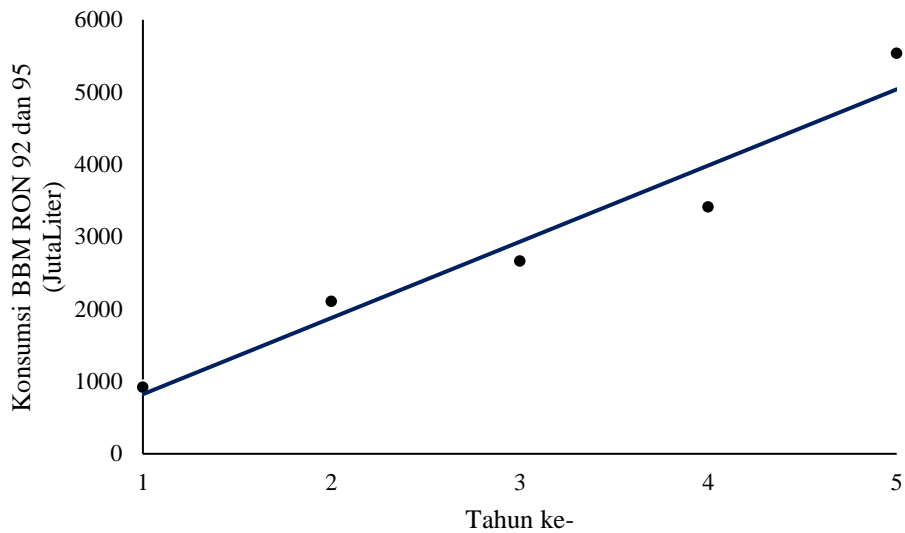
#### I.4.1. Kebutuhan Bahan Bakar di Indonesia

Berikut merupakan data kebutuhan bahan bakar di Indonesia dari tahun 2013 sampai 2017 yang disajikan pada Tabel I.5.

**Tabel I.5. Kebutuhan Bahan Bakar di Indonesia  
Tahun 2013-2017 (BPH Migas, 2017)**

<b>Tahun Ke</b>	<b>Tahun</b>	<b>Kebutuhan BBM (JutaLiter)</b>	<b>Konsumsi BBM RON 92 dan 95 (JutaLiter)</b>
1	2013	9.249	924,9
2	2014	21.095	2.109,5
3	2015	26.683	2.668,3
4	2016	34.161	3.416,1
5	2017	55.400,	5.540

Dari data kebutuhan BBM diatas, didapati bahwa 10% dari total kebutuhan BBM adalah konsumsi BBM dengan RON 92 dan 95. Serta kadar MTBE yang ditambahkan adalah 10% dari volume bahan bakar dengan RON 92 dan 95. Berdasarkan Tabel I.4. data kebutuhan BBM berjenis RON 92 dan 95 dinyatakan dalam Gambar I.1.



**Gambar I.4 Konsumsi BBM berjenis RON 92 dan 95 di Indonesia dari Tahun 2013, 2014, 2015, 2016 dan 2017**

Dari Gambar I.1 dapat diperoleh hubungan antara tahun dan jumlah konsumsi BBM berjenis RON 92 dan 95 yang dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut :

$$Y = 1053,7 X - 2.10^6$$

Dimana : Y = jumlah konsumsi BBM berjenis RON 92 dan 95

: X = tahun konsumsi BBM berjenis RON 92 dan 95

Data konsumsi BBM berjenis RON 92 dan 95 dapat dicari dari persamaan regresi liner yang diperoleh dari data Konsumsi BBM berjenis RON 92 dan 95 di Indonesia dari Tahun 2013, 2014, 2015, 2016 dan 2017. Berikut perhitungan untuk memperoleh data konsumsi BBM berjenis RON 92 dan 95 pada tahun 2018



Data konsumsi BBM berjenis RON 92 dan 95 pada tahun 2018

$$Y = 1053,7 X - 2.10^6$$

$$Y = (1053,7 \times 2018) - 2.10^6$$

$$Y = 12.636 \text{ JutaLiter}$$

Data Konsumsi BBM berjenis RON 92 dan 95 di Indonesia dari Tahun 2018-2022 dapat dihitung dengan cara yang sama dan hasilnya disajikan pada Tabel I.6.

**Tabel I.6. Konsumsi BBM berjenis RON 92 dan 95 di Indonesia dari Tahun 2018-2022**

Tahun	Konsumsi BBM berjenis RON 92 dan 95 (JutaLiter)
2018	12.636
2019	12.742
2020	12.847
2021	12.952
2022	13.058

Dari data diatas digunakan untuk menentukan jumlah kebutuhan MTBE di Indonesia pada tahun 2018-2022. Kadar volume MTBE yang digunakan adalah 10% dari volume BBM. Berikut contoh perhitungan untuk memperoleh data MTBE yang dikonsumsi pada tahun 2018.

Data MTBE yang dikonsumsi pada tahun 2020 :

Konsumsi BBM berjenis

$$\text{RON 92 dan 95 pada tahun 2018} = 12.636 \text{ JutaLiter}$$

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi MTBE pada tahun 2018} &= 10\% \times 12.636 \text{ JutaLiter} \\ &= 1.263 \text{ JutaLiter} \end{aligned}$$

$$\text{Densitas dari MTBE pada } 25^\circ \text{C} = 0,735 \text{ kgram/Liter}$$

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi MTBE pada tahun 2018} &= 0,735 \frac{\text{kgram}}{\text{Liter}} \times 1.263 \text{ JutaLiter} \\ &= 929.047 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Perhitungan diatas berlaku untuk menghitung konsumsi MTBE pada tahun 2019-2022. Berikut adalah data MTBE yang dikonsumsi dari tahun 2018-2022 disajikan pada tabel I.7.

**Tabel I.7. Data MTBE yang Dikonsumsi dari Tahun 2018-2020**

<b>Tahun</b>	<b>Volume MTBE yang ditambahkan (10%) (JutaLiter)</b>	<b>Massa MTBE (Ton)</b>
2018	1.263	929.047
2019	1.274	936.679
2020	1.284	944.540
2021	1.295	952.287
2022	1.305	960.344

Jika pembuatan pabrik direncanakan pada tahun 2018 dan akan selesai pada tahun 2022, maka dari Tabel I.7 diatas didapatkan data konsumsi MTBE pada tahun 2022 adalah 960.344 Ton. Rencana pendirian pabrik MTBE ini akan menutupi 30% kebutuhan konsumsi di Indonesia yaitu berkisar 300.000 ton. Jadi kapasitas yang digunakan untuk pendirian pabrik MTBE adalah 300.000 ton per tahun.