

# **BAB I**

## **PEMBAHASAN UMUM**

### **1.1 PENDAHULUAN**

Sektor industri kimia di Indonesia menjadi salah satu sektor industri yang berkembang pesat saat ini. Perkembangan industri ini menunjukkan bahwa bahan-bahan kimia merupakan komoditas yang strategis dan menjadi kontributor besar yang berperan penting dalam pembangunan nasional. Industri metanol merupakan salah satu industri kimia yang berpotensi akan berkembang pesat karena kebutuhan produk metanol yang banyak digunakan oleh industri di Indonesia.

Metanol atau metil alkohol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) merupakan salah satu senyawa kimia organik yang banyak digunakan oleh industri kimia sebagai bahan baku, solvent, maupun co-solvent. Di Indonesia, metanol sebagian besar digunakan oleh industri kimia sebagai bahan dasar formaldehid, dan digunakan pula sebagai bahan dasar polietilen tereftalat (PET), olefin, metil ter-butyl eter (MTBE), dimetil eter (DME), asam asetat, campuran bahan bakar, dan bahan kimia lainnya. Indonesia telah memproduksi metanol yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan baik dalam maupun luar negeri.

Kebutuhan metanol di Indonesia terus meningkat seiring dengan perkembangan sektor industri yang memanfaatkan metanol sebagai bahan baku utama, seperti industri kimia, bahan bakar, dan plastik. Namun, industri dalam negeri yang memproduksi metanol masih sangat terbatas, sehingga Indonesia harus mengandalkan impor untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

Berdasarkan data kebutuhan metanol, impor metanol terus meningkat setiap tahun. Pada tahun 2020, total impor metanol mencapai 840.408 ton, dan angka ini meningkat menjadi 1.186.273ton pada tahun 2024, dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 7,52% per tahun (BPS 2024).

PT Kaltim Methanol Industri (PT KMI) menjadi satu-satunya produsen metanol yang memenuhi kebutuhan metanol dalam 10 (sepuluh) tahun terakhir dengan kapasitas produksi mencapai 660.000 ton/tahun. Sekitar 90% produknya didistribusikan di dalam negeri dan selebihnya di-ekspor ke luar negeri. Dalam memenuhi kebutuhan metanol, Indonesia melakukan impor metanol dari berbagai negara di Asia. *The Observatory of Economic Complexity* (OEC) mencatat bahwa tahun 2021, Indonesia melakukan impor metanol dari negara Malaysia, Oman, Saudi Arabia, Brunei, dan negara-negara asia lainnya dengan jumlah impor sebesar \$397 juta atau setara dengan 6.234 triliun rupiah. Indonesia pun telah mengekspor metanol ke negara di Asia (China, Filipina, Thailand, Turki, Vietnam, Singapura) dan Australia dengan jumlah ekspor sekitar \$44,1 juta atau setara dengan 692 triliun rupiah.

Melihat urgensi dan potensi besar dalam pengembangan industri metanol di Indonesia, perancangan pabrik metanol menjadi langkah yang tepat dan strategis untuk mendukung ketahanan industri nasional. Pendirian pabrik ini tidak hanya bertujuan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan mengurangi ketergantungan terhadap impor, tetapi juga sebagai upaya pemanfaatan sumber daya lokal secara optimal dan berkelanjutan. Dengan mengusung proses yang efisien dan ramah lingkungan, seperti *dry reforming of methane* dan sintesis metanol, diharapkan pabrik ini dapat menjadi solusi

yang menjawab tantangan sekaligus mendukung pengembangan industri kimia nasional secara menyeluruh.

## 1.2 SEJARAH DAN PERKEMBANGAN

Proses pengawetan mayat pada zaman Mesir kuno melibatkan berbagai campuran, termasuk metanol yang dihasilkan melalui pirolisis kayu. Metanol murni pertama kali berhasil diisolasi pada tahun 1661 oleh Robert Boyle, yang menyebutnya *spirit of box* karena diperoleh dari distilasi kayu kotak. Istilah ini kemudian dikenal sebagai *pyroxylic spirit* (spiritus). Pada tahun 1834, ahli kimia Prancis, Jean-Baptiste Dumas dan Eugene Peligot, menentukan komposisi kimia metanol. Mereka juga memperkenalkan istilah *methylene* untuk kimia organik, yang berasal dari bahasa Yunani *methy* (anggur) dan *hýlē* (kayu). Istilah tersebut awalnya dimaksudkan untuk menggambarkan "alkohol dari kayu," meskipun terdapat kesalahan dalam interpretasinya.

Pada tahun 1840, kata *methyl* diambil dari *methylene* dan digunakan untuk mendeskripsikan "metil alkohol." Nama ini kemudian disingkat menjadi "metanol" pada tahun 1892 oleh International Conference on Chemical Nomenclature. Sufiks [-yl] yang digunakan dalam kimia organik untuk menamai radikal organik juga berasal dari kata "methyl."

Pada tahun 1923, ahli kimia Jerman, Matthias Pier, yang bekerja untuk BASF, mengembangkan metode mengubah gas sintesis (*syngas*, campuran karbon dioksida dan hidrogen) menjadi metanol. Proses ini memanfaatkan katalis seng kromat (*zinc chromate*) dan membutuhkan kondisi ekstrem, yaitu

tekanan antara 30–100 MPa (300–1000 atm) dan suhu sekitar 400 °C. Dalam perkembangan selanjutnya, produksi metanol menjadi lebih efisien dengan penggunaan katalis berbasis tembaga, yang memungkinkan operasi pada tekanan lebih rendah.

Penggunaan metanol sebagai bahan bakar mulai menarik perhatian pada era krisis minyak bumi tahun 1970-an karena ketersediaannya yang melimpah dan harganya yang relatif murah. Namun, pengembangan awal campuran metanol-bensin menghadapi berbagai tantangan. Untuk menekan biaya, beberapa produsen mencampur metanol dalam jumlah berlebihan atau menggunakan teknik pencampuran yang tidak tepat, sehingga menurunkan kualitas bahan bakar. Meski demikian, metanol tetap dianggap sebagai bahan bakar bersih yang menjanjikan. Kendaraan berbahan bakar fleksibel yang diproduksi oleh General Motors, Ford, dan Chrysler, misalnya, mampu beroperasi dengan berbagai campuran etanol, metanol, dan/atau bensin.

### **1.3 PROSES PEMBUATAN BAHAN KIMIA**

#### **1.3.1 Pembentukan Syngas (*Dry Reforming of Methane, DRM*)**

Proses diawali dengan pembentukan gas sintesis melalui reaksi *dry reforming of methane*. Umpan berupa gas metana kemurnian tinggi dan karbon dioksida dimasukkan ke reaktor tubular bertekanan yang berisi katalis Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Reaksi dijalankan pada suhu 850°C dan tekanan 50 bar dengan konversi 100% terhadap CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> (US11718575B2), menghasilkan campuran gas karbon monoksida (CO) dan hidrogen (H<sub>2</sub>) dengan rasio molar 1:1. Karena DRM bersifat endoterm, dibutuhkan suplai panas eksternal yang

besar, yang diperoleh dari pembakaran bahan bakar yang menyelimuti pipa reaktor untuk mempertahankan temperatur reaksi. Reaksi utama yang terjadi adalah:



### 1.3.2 Pembentukan Methanol

Gas sintesis hasil DRM kemudian menuju reaktor sintesis metanol. Sebelum masuk reaktor, komposisi gas diatur dengan menambahkan hidrogen sehingga rasio  $\text{H}_2/\text{CO}$  meningkat menjadi 3:1, yaitu rasio optimum untuk pembentukan metanol. Reaksi berlangsung pada suhu 250 °C dan tekanan 50 bar menggunakan katalis  $\text{Cu}/\text{ZnO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ . Di dalam reaktor, CO bereaksi dengan  $\text{H}_2$  dengan konversi CO 99% membentuk metanol dalam reaksi yang bersifat eksoterm (US11718575B2). Produk keluar reaktor terdiri dari campuran metanol, gas reaktan yang belum bereaksi, dan sejumlah kecil gas inert. Reaksi utama yang berlangsung adalah:



### 1.3.3 Pemisahan

Tahap akhir proses adalah pemisahan metanol dari campuran gas melalui pendinginan dan kondensasi. Gas keluar reaktor pertama-tama didinginkan menggunakan *Chiller-02* hingga suhu rendah sehingga metanol mulai mengembun. Campuran gas-cair kemudian masuk ke *dephlegmator*, yang memisahkan fraksi berat dan fraksi ringan melalui kondensasi parsial. Di dalam *dephlegmator*, metanol cair terkumpul di bagian bawah dengan

kemurnian hingga 99,99%, sementara gas ringan seperti H<sub>2</sub>, CO, dan inert keluar dari bagian atas untuk direcycle ke unit utilitas.

#### **1.4 DATA-DATA SIFAT FISIK DAN KIMIA BAHAN KIMIA YANG TERLIBAT**

##### **1.4.1 Bahan Baku**

###### 1.4.1.1 Metana

Rumus Molekul	:CH <sub>4</sub>
Berat Molekul	:16,04 g/Mol
Wujud	: gas
Densitas	: 0,415 g/cm <sup>3</sup>
Viskositas (25°C)	: 110,72 μP
Titik Leleh	: -182,6°C
Titik Didih	: -161,4°C

(Sumber: Perry, 2018 dan Yaws, 1999)

###### 1.4.1.2. Karbon Dioksida

Rumus Molekul	:CO <sub>2</sub>
Berat Molekul	:44,01 g/Mol
Wujud	: gas
Densitas (25°C)	: 0,713 g/cm <sup>3</sup>
Viskositas (25°C)	: 150,76 μP
Titik Leleh	: -56,6 °C
Titik Didih	: -78,5°C

(Sumber: Perry, 2018 dan Yaws, 1999)

#### 1.4.1.3. Hidrogen

Rumus Molekul	: H <sub>2</sub>
Berat Molekul	: 2,02 g/Mol
Wujud	: gas
Viskositas (25°C)	: 88,03 μP
Titik Leleh	: -259,1°C
Titik Didih	: -252,7°C

(Sumber: Perry, 2018 dan Yaws, 1999)

#### 1.4.1.4. Katalis Ni/ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Wujud	: padat
Porositas Katalis, φ	: 0,5
Diameter Katalis, d <sub>p</sub>	: 5 mm
Densitas Katalis, ρ <sub>k</sub>	: 900 g/cm <sup>3</sup>

#### 1.4.1.5. Katalis Cu/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Wujud	: Padat
Porositas Katalis, φ	: 0,3
Diameter Katalis, d <sub>p</sub>	: 5 mm
Densitas Katalis, ρ <sub>k</sub>	: 1.300 g/cm <sup>3</sup>

### 1.4.2. Produk Utama

#### 1.4.2.5. Metanol

Rumus Molekul	: CH <sub>3</sub> OH
Berat Molekul	: 32,042 g/mol
Wujud	: Cair

Densitas (25°C)	: 0,787 g/cm <sup>3</sup>
Viskositas (25°C)	: 96,27 μP
Titik Leleh	: -97°C
Titik Didih	: 65,7°C

(Sumber: Perry, 2018 dan Yaws, 1999)