

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dimetil eter (DME) merupakan senyawa ether yang paling sederhana, berbentuk gas yang tidak berwarna dengan bau khas eter dan larut dalam air maupun dalam minyak. DME dapat diproduksi dari berbagai sumber bahan baku seperti gas bumi, batubara, metanol, dan biomasa (Myung,2008). Dimetil eter (DME) merupakan bahan aditif yang baik dan tidak menimbulkan korosi logam pada industri kimia. Dimetil eter (DME) digunakan sebagai intermediate dalam industri kimia yaitu seperti pada industri asam asetat (CH_3COOH), formaldehid (CH_2O), dimetil sulfat ($(\text{CH}_3)_2\text{SO}_4$) sebagai insektisida dan dimetil sulfit ($\text{C}_2\text{H}_6\text{S}$) sebagai etilene. Selain itu, DME digunakan sebagai aerosol propellant untuk industri kosmetik, industri obat nyamuk dan industri cat. DME tidak bersifat karsinogenik, teratogenik, mutagenik dan tidak menimbulkan racun, lebih ramah lingkungan serta mudah ditransportasikan dan disimpan (*International DME Association*, 2012).

Tabel 1. Data Impor DME Di Indonesia

Tahun	Impor (Ribuan Ton)
2015	11.960
2016	13.200
2017	18.830
2018	29.115
2019	28.254

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2019)

Berdasarkan data kebutuhan impor DME di Indonesia terjadi peningkatan impor disetiap tahunnya. Saat ini DME hanya diproduksi oleh PT. Bumi Tangerang Gas Industri yang memasok 12.000 ton/tahun DME di Indonesia. Kebutuhan DME di Indonesia sebagian masih di impor dari Amerika Serikat, Jepang, China, Inggris,

dan Taiwan (DEPERIN, 2017). Berdasarkan data ENN Group Fuel DME Production Co. Ltd, 2018 data produksi DME di pasar global adalah 65,1%. Oleh karena itu, perlu didirikan pabrik DME di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan DME dalam negeri dan memenuhi pasar global. Pembangunan pabrik ini diharapkan mampu menjaga stabilitas produksi dan cadangan DME di Indonesia dan pasar global.

Tabel 2. Perbandingan Harga

Bahan	Harga (Rp)
Metanol	6.133/kg
Al ₂ O ₃ .SiO ₂	14.059/kg
Dimetil Eter	21.400/kg

(Sumber : www.alibaba.com)

Jika ditinjau dari bahan baku, maka prarancangan pabrik dimetil eter (DME) ini layak untuk dilaksanakan karena bahan baku yang melimpah dan harganya jauh lebih murah dibandingkan dengan produk yang akan dihasilkan yaitu Dimetil Eter (DME). Dimana harga bahan baku berkisar Rp 6.133/kg, sedangkan harga produk DME berkisar Rp 35.567,/kg.

Berdasarkan prediksi kebutuhan pasar dan harga DME di Indonesia, prarancangan ini akan membangun pabrik DME dengan kapasitas 50.000 ton/tahun. Dengan pertimbangan tersebut, pembangunan pabrik DME layak dilaksanakan di Indonesia karena dapat memenuhi kebutuhan DME dalam negeri dan memasok pasar global, mengurangi ketergantungan impor, mendukung pembangunan industri di Indonesia yang berkelanjutan dan berbasis bahan lokal dan memberikan peluang lapangan pekerjaan baru.

1.2 Perumusan masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut, maka penulis dapat merumuskan :

“Suplai DME di Indonesia masih kurang, sehingga pembangunan pabrik Dimetil Eter (DME) proses dehidrasi metanol dengan katalis Al₂O₃.SiO₂ kapasitas 50.000 ton/tahun perlu dilakukan untuk menjadi pabrik kedua penghasil DME

dengan kualitas yang baik dan layak dalam segala aspek sehingga dapat memenuhi kebutuhan DME dan mengurangi kegiatan impor DME di Indonesia”

1.3 Tujuan

Menerapkan disiplin ilmu Teknologi Rekayasa Kimia Industri dalam Prarancangan Pabrik Dimetil Eter (DME) meliputi neraca massa, neraca energi, spesifikasi peralatan, utilitas, Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3), pengendalian proses, pengolahan limbah dan ilmu lainnya serta menilai kelayakan ekonomi dalam pembiayaan pabrik sehingga memberikan gambaran kelayakan pendirian pabrik Dimetil Eter (DME) Proses Dehidrasi Metanol Dengan Katalis $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ Kapasitas 50.000 Ton/Tahun.

1.4 Kerangka Pemikiran

Dimetil eter (DME) merupakan salah satu energi alternatif bahan bakar yang dapat menggantikan diesel dan LPG. DME memiliki angka cetane yang tinggi yaitu 55-60, sehingga pembakaran yang dihasilkan mampu mengurangi emisi NO_x , asap yang dihasilkan sedikit dan kebisingan mesin lebih rendah. DME dapat diproduksi menggunakan beberapa bahan baku seperti gas bumi, metanol, batubara dan biomassa. Pembuatan DME dapat dilakukan dengan 2 (dua) proses yaitu dehidrasi metanol dan *direct synthesis*. Masing-masing proses memiliki kelebihan dan kekurangan yang berbeda. Pada prarancangan pabrik DME ini direncanakan menggunakan proses dehidrasi metanol menggunakan katalis $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ dengan pertimbangan antara lain bahan baku metanol melimpah dan investasi peralatan lebih rendah.

Prarancangan pabrik DME dengan proses dehidrasi metanol telah dilaksanakan oleh beberapa engineer dan peneliti. Kebaharuan prarancangan pabrik DME ini adalah menggunakan data terbaru 5 tahun terakhir yang digunakan sebagai penentuan kapasitas, dan penggunaan aplikasi visio dalam pembuatan *flowchart*.

1.5 Hipotesis

Hipotesis yang dapat dirumuskan adalah pembangunan pabrik Dimetil Eter (DME) Proses Dehidrasi Metanol Dengan Katalis $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ Kapasitas 50.000 Ton/Tahun pabrik DME layak secara teknis, ekonomi dan ramah lingkungan.

1.6 Kontribusi

Kontribusi prarancangan ini dapat memberi informasi mengenai proses dan segala aspek teknis maupun ekonomi yang mendukung prarancangan kepada pembaca dan engineer sebagai referensi penelitian dan prarancangan selanjutnya.

II. SELEKSI DAN URAIAN PROSES

2.1 Kapasitas Pabrik

Kapasitas adalah jumlah output maksimum yang diproduksi dalam satuan waktu. Kapasitas perancangan dimetil eter (DME) direncanakan menggunakan perhitungan rata-rata per tahun.

Saat ini DME di Indonesia diperoleh dari industri lokal yaitu PT. Bumi Tangerang Gas Industri dan impor. PT. Bumi Tangerang Gas Industri memproduksi DME kapasitas 12.000 ton/tahun.

Tabel 3. Perhitungan Pertumbuhan Rata-Rata Per Tahun

Tahun	Import/Tahun	Kenaikan Import %
2015	11.960	-
2016	13.200	0,1037
2017	18.830	0,4265
2018	29.115	0,5462
2019	28.254	-0,0296
Rata-rata pertumbuhan		0,2617

Pendirian pabrik DME direncanakan akan berdiri pada tahun 2025. Pada produksi ini, data yang digunakan adalah data impor dari tahun 2015-2019, sehingga perkiraan penggunaan dimetil eter pada tahun 2025 dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$m = P ((1+i)^n) \quad (\text{Kusnarjo,2010 dan Haryadi, 2018})$$

Dimana:

- P = Data Impor pada tahun 2019
- m = Perkiraan import pada tahun 2025
- i = Rata-rata kenaikan Impor tiap tahun
- n = Selisih tahun 2019 dan 2025 (6 tahun)

Diperkirakan jumlah import pada tahun 2025 :

$$\begin{aligned}
 m &= P ((1 + i)^n) \\
 &= 28.254(1 + 0,002617)^{(2025-2019)} \\
 &= 28.700,57 \text{ ton/tahun.}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan rata-rata kenaikan impor sebesar 26,17% per tahun, diketahui perkiraan nilai impor pada tahun 2025 yaitu sebesar 28.700,57 ton/tahun, maka peluang kapasitas pabrik dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2)$$

Dimana :

- m_1 = nilai impor (ton)
- m_2 = kapasitas pabrik lama (ton)
- m_3 = peluang kapasitas pabrik baru (ton)
- m_4 = jumlah ekspor(ton)
- m_5 = konsumsi dalam negeri (ton)

- Pabrik akan didirikan sehingga nilai impor diasumsikan nol maka :
 $m_1 = 0$
- Karena di Indonesia terdapat pabrik yang memproduksi dimetil eter (PT. Bumi Tangerang Gas Industri), maka :
 $m_2 = 12.000 \text{ ton/tahun}$
- Kapasitas ekspor diasumsikan 60% dari kapasitas pabrik baru tahun 2025, maka:
 $m_4 = 0,6 m_3$
- Dari hasil perhitungan perkiraan import tahun 2025, maka diperoleh:
 $m_5 = 28.700,57 \text{ ton/tahun.}$

Dengan persamaan diatas maka peluang kapasitas pabrik baru DME di Indonesia yaitu :

$$\begin{aligned}
 m_3 &= (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2) \\
 &= (0,6 m_3 + 28.700,57) - (0 + 12.000) \\
 0,6 m_3 &= 16.700,57
 \end{aligned}$$

$$m_3 = 27.834,28 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan hasil peluang kapasitas pabrik pada tahun 2025 sebesar 27.834,28 ton/tahun.

Berdasarkan pertimbangan diatas, maka pemilihan kapasitas terpasang 50.000 ton/tahun, sehingga kapasitas tersebut diharapkan dapat memenuhi kebutuhan DME di Indonesia dan sisanya dapat di ekspor ke pasar global sehingga dapat menambah devisa Negara.

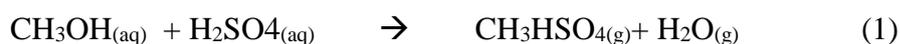
2.2 Pemilihan Proses

Secara umum DME dapat diproduksi dengan menggunakan dua proses yaitu dehidrasi metanol dan *direct synthesis*. Alur sintesa produksi DME dapat menggunakan dua proses yaitu dehidrasi methanol dan *direct synthetic*.

2.2.1 Dehidrasi Metanol

a. Dehidrasi Metanol Dengan Menggunakan Katalis H₂SO₄

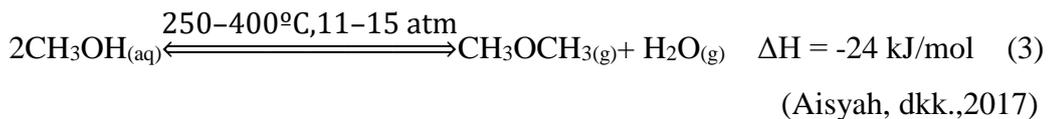
Proses dilakukan dengan menguapkan metanol cair yang dialirkan ke dalam reaktor pada suhu 125–140°C dengan tekanan 2 atm (Ogawa, dkk., 2003). Produk keluaran reaktor berupa metanol, air dan dimetil eter dialirkan ke *scrubber* dan dimurnikan dengan proses destilasi. Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Keunggulan dari proses dehidrasi metanol dengan menggunakan katalis H₂SO₄ adalah suhu dan tekanan operasi digunakan di reaktor relatif rendah. Kekurangan dari proses ini adalah konversi yang diprodukkan rendah sekitar 45%, peralatan yang digunakan relatif banyak, katalis bersifat korosif sehingga membutuhkan bahan konstruksi dan biaya perawatan yang relatif mahal (Ogawa, dkk., 2003).

b. Dehidrasi Metanol Dengan Menggunakan Katalis $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$

Proses dilakukan dengan mengontakkan langsung antara metanol dengan katalis $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ pada *fixed bed reactor*. Reaksi berlangsung pada suhu 250–400°C dengan tekanan 11–15 atm dalam fasa gas (Turton, 2012). Pada proses ini tidak ada reaksi samping dan reaksinya bersifat reversible. Proses ini disebut proses *Sendereus*. Reaksi yang terjadi sebagai berikut :

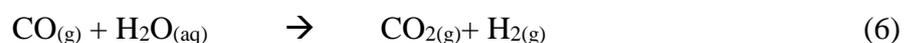


Konversi yang dihasilkan adalah 80% (Dagle dkk., 2007). Produk keluaran reaktor berupa DME, metanol dan air dialirkan ke kolom destilasi pertama dengan produk atas berupa DME murni yang dialirkan ke tangki penyimpanan dan produk bawah berupa metanol dan air yang dialirkan ke kolom destilasi kedua. Produk atas kolom destilasi kedua berupa metanol yang diumpankan kembali (*recycle*) ke vaporizer bersama dengan metanol segar dan produk bawah berupa air serta sedikit metanol di alirkan ke unit pembuangan limbah (UPL).

Keunggulan dari proses dehidrasi metanol dengan menggunakan $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ adalah konversinya lebih tinggi dibandingkan dengan katalis H_2SO_4 , investasi peralatan lebih rendah. Kekurangan dari proses ini adalah membutuhkan temperature operasi yang tinggi (Dagle, dkk., 2007 dan Turton, 2012).

2.2.2 Direct Synthesis

Proses *direct synthesis* menggunakan bahan baku dari gas alam, gas alam tersebut diubah menjadi *syngas* di dalam reaktor *Auto Thermal Reforming* (ATR). *Syngas* yang dihasilkandi kompresi lalu diumpankan ke dalam reaktor DME dan produk produk samping dipisahkan dari gas yang tidak bereaksi melalui proses destilasi. CO_2 produk pemisahan kemudian di *recycle* menuju reaktor ATR untuk diubah menjadi *syngas*. Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Keunggulan dari proses *direct synthesis* adalah konversi yang diproduksi tinggi, sekitar 90%. Sedangkan kekurangan proses ini adalah prosesnya lebih panjang, sehingga membutuhkan peralatan yang banyak dan biaya investasi yang tinggi (Dagle, dkk., 2007).

Tabel 4. Perbandingan Pemilihan Proses (US4605788)

Proses	Bahan baku	Katalis	Kondisi operasi	Reaktor	Konversi	Produk samping
Dehidrasi Metanol	Metanol	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$	250–400°C 11-15 atm	Fixed-bed reaktor	80%	Air
Direct Synthesis	Gas alam, syn-gas	CuO , ZnO , Al_2O_3	260°C 30-50 atm	Slurry-phase reaktor, Fixed-bed reaktor	90%	CO_2

Berdasarkan Tabel 4 dapat ditinjau perbandingan proses pembuatan DME dengan proses dehidrasi metanol dan *direct synthesis*. Proses yang dipilih pada Prarancangan pabrik DME ini adalah dehidrasi metanol dengan menggunakan katalis $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$. Proses dehidrasi metanol dengan menggunakan $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ dipilih dengan pertimbangan diantaranya biaya bahan baku yang digunakan pada proses dehidrasi methanol tidak memerlukan treatment sedangkan bahan baku pada proses direct synthesis yaitu gas alam/syngas memerlukan treatment untuk dijadikan methanol terlebih dahulu sehingga biaya investasi yang digunakan lebih tinggi. Kondisi operasi (tekanan) pada proses dehidrasi methanol lebih rendah dibandingkan dengan proses direct synthesis, sehingga tingkat kecelakaan kerja (peledakan) pada alat lebih rendah. Produk samping pada proses dehidrasi methanol yaitu air lebih ramah lingkungan dibandingkan produk samping yang dihasilkan pada proses direct synthesis yaitu CO_2 sehingga mempengaruhi kesehatan lingkungan sekitar pabrik.

2.3 Sifat Reaksi

Persamaan konstanta laju reaksi pembentukan DME merupakan reaksi orde 1 (adalah sebagai berikut :

$$-r_A = k \cdot C_A \quad (\text{Levenspiel, 1999})$$

$$k = k_0 \cdot e^{\frac{-E_a}{RT}}$$

Dengan :

$(-r_A)$ = Laju reaksi, kmol/(m³.cat.jam.kPa)

k = Konstanta laju reaksi kmol/(m³cat.jam.kPa)

E_a = Energi aktivasi, kJ/kmol

T = Suhu, K

R = Konstanta gas ideal

Persamaan tersebut berlaku untuk temperatur antara 250–400°C. Reaksi terjadi pada fase gas dengan menggunakan katalis Al₂O₃.SiO₂ (Turton, 1998).

