

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permintaan energi di masa depan terutama di kawasan Asia Pasifik diperkirakan akan sangat besar. Karena itu pasokan energi yang terbatas serta masalah lingkungan yang disebabkan oleh konsumsi bahan kimia akan sangat besar.

Dimetil Eter (DME) yang baru-baru ini diakui sebagai sumber energi pengganti yang bersih memiliki aplikasi yang sangat luas, seperti aplikasi pada pelarut, *propellant*, pengganti LPG dan bahan bakar transportasi. DME adalah suatu senyawa organik dengan rumus kimia CH_3OCH_3 yang dapat dihasilkan dari pengolahan gas bumi, hasil olahan dan hidrokarbon lain (Ng *et al.*, 1999).

Pemanfaatan DME dapat digunakan juga sebagai *propellant* dalam bentuk aerosol yang sekarang ini banyak digunakan dalam berbagai produk-produk konsumen seperti *hairspray*, obat pembasmi serangga, *foam* (sabun pencukur kumis bagi pria), pengharum ruangan, *colognes*, *personal care mousses*, *antiperspirants*. DME memiliki daya larut yang sangat baik dalam air dibandingkan dengan *propellant* lain seperti hidrokarbon. Hasil *blending* antara DME dengan air menghasilkan suatu campuran yang sangat homogen, lapisan kabut yang tipis, merata dan lebih penting lagi mempunyai kestabilan yang tinggi sehingga kualitas produk tetap terjamin.

DME adalah gas yang bersih dan tidak berwarna yang mudah dicairkan dan diangkut. Sehingga memiliki potensi yang luar biasa untuk meningkatkan penggunaan sebagai bahan bakar otomotif, untuk pembangkit tenaga listrik, dan dalam aplikasi domestik seperti pemanasan dan memasak.

DME telah digunakan selama beberapa tahun dalam industri perawatan pribadi (sebagai propelan aerosol baik), dan sekarang semakin dieksploitasi untuk digunakan sebagai pembakaran bersih untuk LPG (*liquid petroleum gas*), *diesel* dan bensin. Seperti LPG, DME adalah gas pada suhu dan tekanan normal, tetapi berubah menjadi cairan ketika mengalami tekanan atau pendinginan sederhana. Pencairan yang mudah ini membuat DME mudah dibawa dan disimpan. Sifat ini dan lainnya, termasuk kandungan oksigen yang tinggi, kurangnya sulfur atau senyawa berbahaya lainnya, dan pembakaran ultra bersih membuat DME solusi serbaguna dan menjanjikan dalam campuran bahan bakar terbarukan yang bersih dan rendah karbon yang dipertimbangkan di seluruh dunia (*International DME Association, 2015*).

1.2 Ketersediaan Bahan Baku

Karena pabrik direncanakan didirikan di Indonesia maka diperlukan informasi mengenai ketersediaan bahan baku untuk produksi DME. Produksi metanol di Indonesia saat ini mencapai 660.000 ton/tahun. Sebelumnya Indonesia memiliki kemampuan produksi metanol mencapai 990.000 ton/tahun, diperoleh dari PT. Medco Methanol Bunyu dan PT Kaltim Methanol Industri. Namun PT Medco Methanol Bunyu dihentikan operasionalnya pada bulan Maret 2009, karena kelangkaan suplai gas alam

yang mengakibatkan tidak tercapainya target ekonomis 30% kapasitas produksi. Sehingga Indonesia hanya memiliki produksi metanol tersisa sebesar 660.000 ton/tahun oleh PT Kaltim Methanol Industri dengan produk metanol grade AA. Pemasaran dari produk PT Kaltim Methanol Industri sekitar 70% dialokasikan untuk ekspor ke luar negeri, seperti Jepang, Korea, Malaysia, Amerika, Cina, Bangkok, Singapura, Taiwan, Australia, Filipina dan India.

Produksi DME juga dibantu katalis yaitu silica alumina. *Silica alumina* diimpor dari China karena belum ada pabrik yang membuat *silica alumina* di Indonesia. Beberapa produsen *silica alumina* di China adalah Zibo Yinghe Chemical Co., Ltd, [Pingxiang Gophin Chemical Co., Ltd.](#), dan Qingdao Double Dragon Industry Co., Ltd.

Ditinjau dari segi bahan baku, pendirian pabrik dimetil eter dengan bahan baku metanol ini sangat menguntungkan karena harga dimetil eter jauh lebih mahal dari harga metanol sebagai bahan baku.

1.3 Kapasitas Perancangan

Berdasarkan data dari BPPT, di Indonesia sudah ada pabrik DME yang beroperasi yaitu PT. Bumi Tangerang Gas Industri yang berlokasi di Tangerang dengan kapasitas produksi 3.000 ton/tahun.

Penentuan kapasitas perancangan pabrik DME ini berdasarkan kebutuhan DME dalam negeri dan sisanya diekspor ke beberapa negara seperti salah satunya adalah negara China. Berikut adalah tabel data kebutuhan dan kapasitas DME luar negeri.

Tabel 1. 1 Data perkiraan kebutuhan DME beberapa negara tahun 2010-2014

Negara	Kebutuhan (ton/tahun)
China	8.000.000
Korea	10.000
Jepang	100.000

(Sumber : *KOGAS R&D Division, IDA Conference*)

Kapasitas Produksi DME di beberapa negara dilihat pada Tabel 1. 2.

Tabel 1. 2 Data kapasitas produksi DME beberapa negara tahun 2011-2017

Negara	Kapasitas (ton/tahun)
China	4.840.000
Korea	300.000
Jepang	100.000

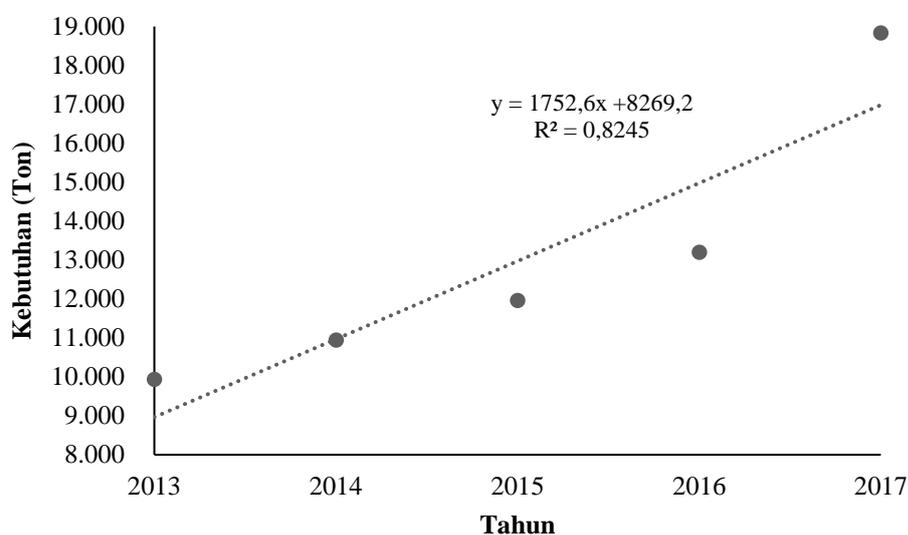
(Sumber : *ENN Group, Fuel DME Production Co. Ltd*)

Tabel 1. 3 Data kebutuhan impor DME Indonesia

Tahun	Impor (Ton)
2013	9.939
2014	10.941
2015	11.961
2016	13.199
2017	18.830

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2015)

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, kebutuhan impor DME di Indonesia selama lima tahun berturut-turut mengalami kenaikan. Dari data kebutuhan impor Tabel 1. 3 diatas dibuatkan grafik untuk memperoleh nilai regresi linear. Hal tersebut dimaksudkan untuk mendapatkan kecenderungan naik atau turunnya impor DME untuk beberapa tahun mendatang di Indonesia.



Gambar 1. 1 Grafik kebutuhan DME Indonesia

Dari pemaparan data di atas dapat dilihat bahwa kekurangan pasokan kebutuhan DME yang signifikan di Indonesia pada tahun lalu yaitu ditahun 2017 sebesar 29%. Berdasarkan perhitungan regresi linear kebutuhan DME di Indonesia diperoleh persamaan linear $y = 1752,6x + 8269,2$. Dengan persamaan tersebut dapat dihitung bahwa proyeksi kebutuhan DME di Indonesia pada tahun 2023 mencapai 29.300 ton.

Dengan mempertimbangkan data tersebut di atas maka pemilihan kapasitas produksi yang direncanakan adalah 50.000 ton/tahun untuk memenuhi

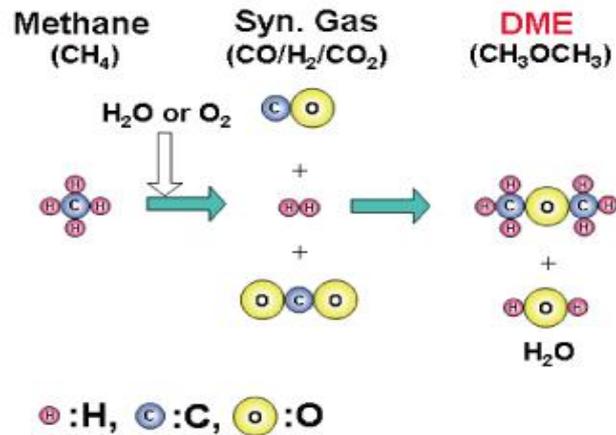
kebutuhan dalam negeri sebesar 26.300 ton dan sisanya diekspor ke negara China sebesar 1% dari kebutuhan DME negara tersebut. Jumlah ini masih berada di atas kapasitas minimum pabrik yang masih menguntungkan dan mengacu pada pabrik dimetil eter dengan proses sama yang telah beroperasi.

1.4 Tinjauan Pustaka

Hingga saat ini DME dapat diproduksi dengan dengan dua macam proses, yaitu *methanol dehydration process* dan *direct synthesis process*.

Methanol dehydration process atau proses dehidrasi metanol merupakan proses pembuatan DME yang paling umum dan banyak dipakai oleh metanol saat ini. Pembuatan DME dengan proses dehidrasi metanol sendiri terbagi menjadi dua macam, yaitu dehidrasi metanol dengan katalis asam sulfat dan proses dehidrasi metanol dengan katalis *silica alumina*.

Direct synthesis process atau yang dikenal sebagai proses langsung merupakan proses pembentukan *dimethyl ether* (DME) langsung dari gas alam tanpa melalui proses dehidrasi methanol. Gas alam diubah menjadi *syn-gas* bersama O_2 dan produk samping CO_2 di dalam reaktor ATR (*Auto Thermal Reforming*). Kemudian *syn-gas* dikompresi sebelum diumpankan ke dalam reaktor DME. Sintesis metanol dari *syngas* dan dehidrasi metanol pada *direct synthesis process* berlangsung di dalam reaktor yang sama.



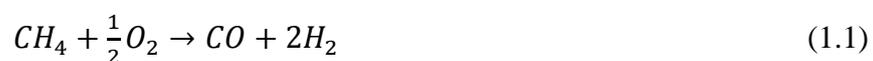
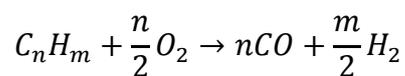
Gambar 1. 1 Proses pembentukan DME dengan proses *direct synthesis*

DME dan hasil produk samping kemudian dipisahkan dari gas-gas sisa yang tidak bereaksi. DME dan produk samping kemudian dipisahkan lebih lanjut melalui unit distilasi. CO₂ hasil pemisahan kemudian *direct cycle* ke dalam ATR *reactor* untuk selanjutnya diubah menjadi *syn-gas*. Proses *direct synthesis* merupakan proses yang ekonomis dan pengembang proses ini adalah *JFE Direct DME Synthesis*.

Berikut adalah reaksi-reaksi yang terjadi di dalam *direct synthesis process* DME:

Auto Thermal Reforming (ATR):

Partial Oxidation:



Steam reforming:



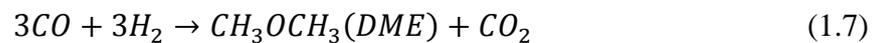
Water Gas Shift Reaction:



DME Reaktor:



Overall:



Karena di Indonesia sudah tersedia bahan baku metanol yang cukup banyak maka proses yang digunakan adalah *methanol dehydration*.

1.4.1 Dehidrasi metanol dengan katalis asam sulfat

Proses pembuatan DME dari metanol dengan katalisator asam sulfat H_2SO_4 yang berada dalam reactor pada suhu 125-140 °C dan tekanan 2 atm. Campuran produk keluar reaktor yang terdiri dari dimetil eter, air dan metanol dilewatkan ke *scrubber*, campuran produk keluar reaktor yang terdiri dari dimetil eter, asam sulfat, metanol dan air kemudian dimurnikan dengan proses distilasi. Reaksi yang terjadi dalam proses ini adalah sebagai berikut:



Keuntungan dari proses ini adalah suhu dan tekanan operasi metanol rendah.

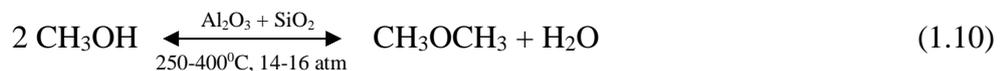
Kerugian :

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

(Ogawa *et al*, 2003)

1.4.2 Dehidrasi methanol dengan katalis *silica alumina*

Proses kontak langsung (*direct contact*) metanol dengan katalis silica alumina ($\text{Al}_2\text{O}_3, \text{SiO}_2$) disebut juga dengan metode *Sendereus*. Reaksi dilakukan pada suhu 250-400°C dalam fase *vapour* atau gas. Dengan demikian secara teoritis gas metanol dikontakkan secara langsung dengan katalis $\text{Al}_2\text{O}_3, \text{SiO}_2$ (padat) dalam *fixed bed reactor* pada suhu tinggi. Berikut adalah reaksi dalam dehidrasi metanol *direct contact* menggunakan katalis padat:



Konversi yang diperoleh dari reaksi ini sebesar 80%. Pada reaksi ini tidak ada reaksi samping dan reaksi yang terjadi adalah *reversible*.

Keuntungan :

- Prosesnya sangat sederhana, peralatan yang dipergunakan sedikit.

- Biaya investasi untuk peralatan yang dipergunakan sedikit.
- Konversinya tinggi, yaitu mencapai 80%.

Kerugian :

Suhu operasi reaktor tinggi

(Turton, 2012)

1.5 Pemilihan Proses

Proses pembuatan DME secara umum terbagi menjadi dua, yaitu *Methanol Dehydration Process* dan *Direct Synthesis Process*. Dalam perancangan pabrik DME ini proses yang dipilih adalah metode dehidrasi metanol dengan katalis silika alumina. Alasan utama memilih metode ini karena merupakan proses pembuatan DME yang ekonomis dengan bahan baku yang melimpah dan memiliki konversi yang besar serta tidak memerlukan proses yang panjang.

Tabel 1. 4 Perbandingan proses pembuatan DME

No.	Faktor Pembeding	Proses Pembuatan		
		Dehidrasi Metanol		<i>Direct Synthesis</i>
1	Bahan baku	Metanol		Gas alam, <i>syn-gas</i>
	Proses	Pembentukan DME tanpa proses reaksi lainnya		Pembentukan metanol dan DME terjadi di dalam reaktor yang sama
2	Katalis	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$	H_2SO_4	CuO , ZnO , Al_2O_3
3	Reaksi	$2\text{CH}_3\text{OH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	$\text{CH}_3\text{OH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{HSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CH}_3\text{OH} + \text{CH}_3\text{HSO}_4 \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OCH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$	$2\text{CO} + 4\text{H}_2 \rightarrow 2\text{CH}_3\text{OH}$ $2\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{OCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$

4	Jenis reaktor	<i>Fixed-bed reactor</i>	<i>CSTR</i>	<i>Slurry-phase reactor, Fixed-bed reactor</i>
5	Konversi CH ₃ OH	80 %	45 %	90 %
6	Kondisi operasi	250-370 °C ; 11-15 atm	125-140 °C ; 2 atm	260 °C ; 30-50 atm
7	Produk samping	Air	H ₂ SO ₄	CO ₂

1.6 Tinjauan Proses

Proses produksi dimetil eter dilakukan dengan proses dehidrasi metanol yang merupakan proses penghilangan air dari suatu senyawa. Dimana proses dehidrasi ini pada umumnya dilakukan pada alkohol untuk membentuk eter. Pembentukan dimetil eter dengan metode dehidrasi metanol dilakukan dengan reaksi berkatalis alumina (Al₂O₃) dan silika (SiO₂) yang disusun dalam reaktor fixed bed dengan suhu 290 °C dan tekanan 13 atm. Dan metode dehidrasi metanol merupakan reaksi yang tidak menghasilkan reaksi samping dan berlangsung sesuai reaksi sebagai berikut :



Metanol yang dialirkan ke reaktor kemudian masuk kedalam *distillation column* Dimetil Eter. Adapun hasil atas *distillation column* dialirkan kedalam tangki penyimpanan produk yaitu Dimetil Eter, dan hasil bawah yang terdiri dari sisa metanol, air dan sedikit Dimetil Eter dialirkan ke metanol *distillation column*. Hasil atas metanol *distillation column* berupa metanol dan sedikit Dimetil Eter yang kemudian *direcycle* ke *vaporizer*, dan hasil bawah metanol *distillation column* berupa air dan sedikit metanol dialirkan menuju UPL.

1.6.1 Sifat Reaksi

1. Tinjauan Termodinamika

Turton (1998) menyebutkan bahwa harga $\Delta H^{\circ}_{\text{reaksi}}$ negatif, maka reaksi pembentukan Dimetil Eter bersifat *eksotermis*, sehingga sistem membebaskan energi.

2. Tinjauan Kinetika

Persamaan konstanta laju reaksi pembentukan Dimetil Eter adalah sebagai berikut :

$$-r_A = k_0 \exp \left[\frac{-E_0}{RT} \right] p_{\text{metanol}}$$

Dengan :

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

k_0 : 1,21x10⁶ kmol/(m³cat.jam.kPa)

E_0 : 80,48 kJ/kmol

T : Suhu, K

P_{metanol} : Tekanan parsial metanol, kPa

R : Konstanta gas ideal

Persamaan tersebut berlaku untuk kisaran temperatur antara 250-370 °C. Reaksi terjadi pada fase gas dengan menggunakan katalisator Al₂O₃.SiO₂ (*Turton*, 2012).