

# Pra Desain Pabrik *Dimethyl Ether* (DME) dari Gas Alam

Ajeng Puspitasari Yudidiputri, Eviana Dewi Setiawati, Gede Wibawa dan Winarsih  
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia  
e-mail: gwibawa@chem-eng.its.ac.id

**Abstrak**— Berdasarkan data PT Pertamina (Persero), total konsumsi LPG 2008 mencapai 1,85 juta ton dan 600.000 ton di antaranya untuk program konversi. Pada 2009 kebutuhan LPG akan meningkat menjadi 3,67 juta ton dan 2 juta ton di antaranya untuk program konversi sampai akhir tahun. Namun, sumber pasokan LPG dari dalam negeri diperkirakan tidak akan beranjak dari angka 1,8 juta ton per tahun dalam beberapa tahun mendatang. Sehingga, Indonesia harus menutup kebutuhan dengan mengimpor LPG dalam jumlah cukup besar. Maka dari itu dibutuhkan bahan bakar gas lain yang mampu mengatasi permasalahan yang ditimbulkan tersebut. *Dimethyl Ether* (DME) merupakan senyawa ether yang paling sederhana dengan rumus kimia  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ . Produksi DME dapat dihasilkan melalui sintesis gas alam. DME berbentuk gas yang tidak berwarna pada suhu ambien, zat kimia yang stabil, dengan titik didih  $-25,1^\circ\text{C}$ . Tekanan uap DME sekitar 0,6 Mpa pada  $25^\circ\text{C}$  dan dapat dicairkan seperti halnya LPG. Viskositas DME 0,12-0,15 kg/ms, setara dengan viskositas propana dan butane (konstituen utama LPG), sehingga infrastruktur untuk LPG dapat juga digunakan untuk DME. Berdasarkan data Departemen ESDM pada Januari 2012, total cadangan gas alam Indonesia tercatat mencapai 150,70 Trillion Square Cubic Feet (TSCF). Berdasarkan jumlah tersebut, sebanyak 103,35 TSCF merupakan gas alam terbukti, sementara 47,35 TSCF sisanya masih belum terbukti. Berdasarkan hal tersebut, diketahui bahwa senyawa DME merupakan senyawa yang sesuai untuk bahan substitusi LPG. Dan ditinjau dari analisa ekonomi, didapatkan besar Investasi : \$ 636,447,074.69 ; Internal Rate of Return : 20.51% ; POT: 4.13 tahun; BEP : 37.36 %; dan NPV 10 year : \$ 518,848,692. Dari ketiga parameter sensitifitas yaitu fluktuasi biaya investasi, harga bahan baku, dan harga jual dari produk, terlihat bahwa ketiganya tidak memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap kenaikan atau penurunan nilai IRR pabrik. Sehingga pabrik DME dari *Gas Alam* ini layak untuk didirikan.

**Kata Kunci**— *Dimethyl Ether*, gas alam, LPG

## I. PENDAHULUAN

**B**ERDASARKAN data PT Pertamina (Persero), total konsumsi LPG 2008 mencapai 1,85 juta ton dan 600.000 ton di antaranya untuk program konversi. Pada 2009 kebutuhan LPG akan meningkat menjadi 3,67 juta ton dan 2

juta ton di antaranya untuk program konversi sampai akhir tahun. Namun, sumber pasokan LPG dari dalam negeri diperkirakan tidak akan beranjak dari angka 1,8 juta ton per tahun dalam beberapa tahun mendatang. Sehingga, Indonesia harus menutup kebutuhan dengan mengimpor LPG dalam jumlah cukup besar. Maka dari itu dibutuhkan bahan bakar gas lain yang mampu mengatasi permasalahan yang ditimbulkan tersebut.

DME adalah bahan bakar *multi-source* (dapat diproduksi dari banyak sumber), diantaranya dari gas alam, *fuel oil*, batubara, dan biomassa. Di China, pabrik DME komersial dengan kapasitas 30 ton per hari (10.000 ton/tahun) telah dibangun oleh Lituanhua Group Incorporation dengan Lisensi Teknologi dari Toyo Engineering Japan dan dioperasikan pada bulan Agustus 2003[1]. Secara tradisional, produksi DME melalui dua tahapan proses yaitu sintesis methanol (bisa diperoleh dari konversi biomass atau reaksi gas karbon monoksida dengan hidrogen), kemudian dua molekul metanol mengalami proses penarikan molekul air (dehidrasi) menghasilkan satu molekul DME.

Berikut merupakan keuntungan – keuntungan dari penggunaan DME dalam *blending* LPG :

- Kenaikan harga *crude oil* yang akan berpengaruh terhadap kenaikan harga propane dan butane, sehingga permintaan akan alternatif LPG yang mempunyai kesamaan karakteristik.
- Adanya langkah untuk pendistribusian energy pada daerah terpencil tanpa adanya investasi awal yang besar pada infrastrukturnya.
- Permintaan akan bahan bakar yang bersih, pembakaran pada *blending* DME dan LPG akan mengurangi 30 – 80% emisi  $\text{CO}_2$ , serta mengurangi 5 – 15% emisi NO (jika dibandingkan dengan pembakaran LPG)[2].

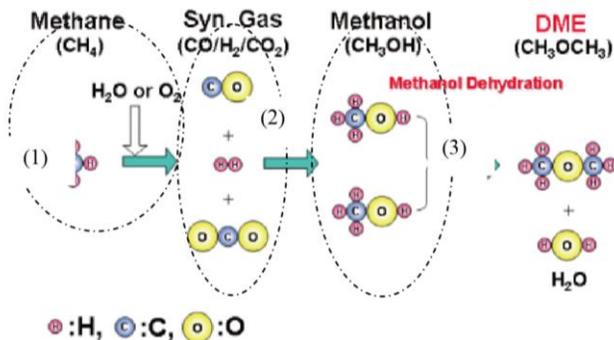
Gas alam seperti juga minyak bumi merupakan hidrokarbon ( $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ ) yang terdiri dari campuran beberapa macam gas hidrokarbon yang mudah terbakar dan non-hidrokarbon seperti nitrogen, helium, karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), hydrogen sulfide ( $\text{H}_2\text{S}$ ), dan air serta merkuri dalam jumlah kecil. Komponen utama dalam gas alam adalah metana ( $\text{CH}_4$ ) yang merupakan molekul hidrokarbon dengan rantai terpendek dan teringan. Selain itu, gas alam juga mengandung molekul – molekul hidrokarbon yang lebih berat, seperti etana ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), propane ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) dan butane ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ). Gas alam juga merupakan sumber utama gas helium[3].

Marketing Aspek *Dimethyl Ether* (DME) di Dunia dan Indonesia adalah DME (20%) yang dicampur dengan LPG dapat digunakan dalam fasilitas tanpa modifikasi sebagai bahan bakar perumahan dan komersial. Pendirian pabrik DME

dari Gas Alam ini berlokasi di Kabupaten Bontang. Hal yang perlu diperhatikan adalah faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya biaya produksi dan biaya distribusi dari produk yang akan di hasilkan dengan beberapa faktor, antara lain : letak dari sumber bahan baku ; kekuatan tanah ; transportasi ; sosial ekonomi ; prasarana yang ada ; letak dari pasar[4].

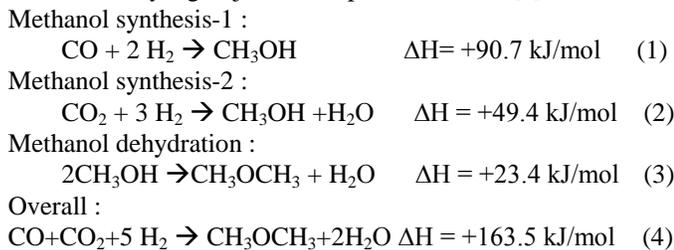
II. URAIAN PROSES

Pembuatan DME dari Gas Alam dapat diilustrasikan sebagai berikut:



Gambar 1 Proses Pembentukan DME dengan Indirect Process

Proses berlangsung dalam 2 tahap. Tahap pertama, metanol diproduksi dari syngas dari reaksi (1) dan (2) kemudian air dihilangkan. Selanjutnya DME diproduksi dengan mendehidrasikan metanol (3). Semua reaksi (1), (2) dan (3) berlangsung secara eksotermis. Di bawah ini merupakan reaksi-reaksi yang terjadi untuk proses indirect [5]:



Proses secara indirect berlangsung dalam dua reaktor yang berbeda. Toyo Engineering Corporation merupakan pihak yang mengembangkan dan menggunakan indirect process. Sedangkan metode sintesis dimetil eter yang dipakai di industri sebagian besar menggunakan proses dehidrasi metanol dengan direct contact dengan katalis alumina.

**DEHIDRASI METANOL DENGAN DIRECT CONTACT DENGAN KATALIS ALUMINA**

Proses kontak langsung (direct contact) antara metanol dengan katalis alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) mengandung 10,2% silika disebut juga metode Senderens karena ditemukan oleh Senderens. Reaksi dilakukan pada temperatur tinggi (250°C - 400°C) dalam fase vapor atau gas. Dengan demikian secara teoritik gas metanol dikontakkan secara langsung dengan katalis Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (padat) dalam reaktor pada temperatur tinggi. Secara umum sintesis senyawa eter dilakukan dengan dehidrasi senyawa golongan alkohol[6].

Reaksi :



Konversi : 80%

Proses ini dipilih karena memiliki konversi yang tinggi sehingga dapat memperoleh produk dalam jumlah yang lebih besar

Pada prinsipnya, reaksi sintesa DME berlangsung dalam fasa gas dengan perbandingan H<sub>2</sub> : CO = 1: 1 dengan persamaan reaksi sebagai berikut :



Konfigurasi proses pembuatan DME adalah sebagai berikut :

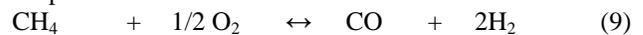
1. Seksi Primary Reforming : tahap penyediaan Gas Sintesa
2. Seksi Secondary Reforming: tahap penyediaan Gas Sintesa
3. Seksi Methanol Synthesis : tahap Sintesa Methanol
4. Seksi Methanol Distillation : tahap Pemurnian Methanol
5. Seksi Sintesa Dimethyl Ether (DME) dan
6. Purification DME : tahap pembentukan dan Pemurnian DME[7].

Seksi Primary dan Secondary Reforming, gas alam untuk proses dimasukkan ke Primary Reformer dan dikontakkan dengan steam dan kemudian menuju Secondary Reformer. Didalam Secondary Reformer dikontakkan dengan O<sub>2</sub>. Secondary Reformer akan membentuk gas sintesis dengan rasio H<sub>2</sub> : CO = 1:1. Tujuan dari proses reforming adalah untuk memperoleh gas H<sub>2</sub>, CO sebagai bahan baku yang digunakan dalam reaksi sintesa Methanol, yang didapat melalui suatu reaksi katalitik reforming antara hidrokarbon, steam, dan O<sub>2</sub>. Proses di primary reformer ini berfungsi untuk pemecahan gas alam dan penguraian CO dengan katalis yang berbasis nikel dengan temperatur operasi 550-900°C. Gas yang keluar dari Primary Reformer berupa CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> dan residual steam. Reaksi yang terjadi pada reformer ini adalah sebagai berikut :



Syn Gas yang keluar dari Primary Reformer (R-110) dengan temperatur 789°C selanjutnya dimasukkan ke Secondary Reformer (R-120). Secondary Reformer merupakan proses yang bertujuan untuk mengkonversi sisa methane dari Primary Reformer dan gas alam dengan menggunakan katalis berkadar Nikel tinggi yang beroperasi pada temperatur 950°C -1050°C. Di sini juga terjadi penambahan oksigen yang berasal dari oxygen storage (F-121),

Reaksi kimia yang terjadi pada Secondary Reformer (R-120) meliputi:





Gas keluar dari *secondary reformer* (R-120) ini disebut *gas synthetic* (*syn gas*) dengan temperatur keluar 1000°C.

Seksi *Methanol Synthesis*, selanjutnya *syn gas* dimasukkan ke dalam *Methanol Reactor* (R-210) yang beroperasi pada tekanan 50-100 barg. Reaktor ini berupa *multi tubular fixed bed reaktor* menggunakan katalis berbasis tembaga, di mana pada umumnya digunakan katalis Cu/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Reaksi yang terjadi pada *reaktor methanol* (R-210) adalah sebagai berikut:



Konversi yang dihasilkan dari proses ini dipengaruhi oleh tekanan, *syngas space velocity*, dan ratio H<sub>2</sub>/CO (komposisi *syngas*). Secara teoritis, konversi akan meningkat dengan naiknya tekanan, tetapi *capital cost* dan *syngas compression cost* juga naik. Oleh karena itu, pada proses ini digunakan katalis tekanan rendah yang mempunyai keaktifan dan selektivitas yang tinggi pada tekanan rendah sehingga tetap dihasilkan konversi yang tinggi.

Seksi *Methanol Distillation*, *Raw methanol* yang keluar dari dialirkan ke *Methanol Distillation Column* (D-310) masih mengandung air dan gas terlarut yang tidak dapat dipisahkan dengan titik didih di bawah titik didih methanol meskipun telah dipisahkan sebelumnya di *Separator II* (F-215), sehingga perlu dimurnikan pada kolom distilasi dengan kandungan methanol sebesar 99,8% berat. Sedangkan produk bawah berupa air dan methanol, dengan methanol 0,1% berat.

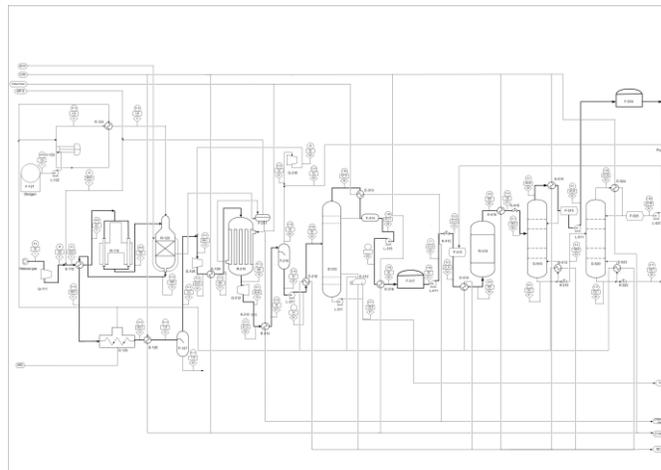
Seksi *Sintesa Dimethyl Ether*, aliran *methanol* yang berasal dari proses sebelumnya dengan kondisi yang sudah diatur masuk ke dalam reaktor yang kondisinya 250°C, dan tekanan 14.5 bar. Pada reaktor terjadi reaksi pembentukan DME (dalam *single reactor*) dengan reaksi:

*Methanol* dehydration :



Konversi dari metanol mencapai 80% di dalam reaktor.

Seksi *Purifikasi Dimethyl Ether*, di dalam unit separasi ini dilakukan dengan proses pemisahan produk menggunakan kolom distilasi. Unit separasi tersebut dibagi menjadi 2 tahapan proses separasi. Kolom distilasi pertama *DME Distillation Column* (D-510) bertujuan untuk memisahkan DME dari Methanol dan air serta impurities-impurities lainnya pada kolom destilasi ini digunakan *total condenser*, di mana liquid dengan titik didih di bawah titik didih DME akan kembali menuju kolom distilasi dan DME yang terbentuk akan menuju *DME Storage Tank* (F-516). Kolom distilasi yang kedua bertujuan untuk memisahkan metanol dan air dari komponen yang tidak diperlukan.



Gambar 2 Proses Flow Diagram Dimethyl Ether (DME) dari Gas Alam

### III. MATERIAL BALANCE

Berikut merupakan hasil perhitungan dari *material balance* pabrik *Dimethyl Ether (DME)* dari Gas Alam, dimana kapasitas *feed* sebesar 5230 kgmol atau 10455,0 kg gas alam dan produk yang dihasilkan sebesar 362.649 ton/tahun DME[8].

### IV. ANALISA EKONOMI

Dari hasil perhitungan pada neraca ekonomi didapatkan *Total Cost Investment* pabrik ini sebesar USD 256,365,552 dengan bunga 12% per tahun dan NPV 10 tahun sebesar USD 518,848,692. Selain itu, diperoleh IRR sebesar 20.51% dan BEP sebesar 37.36% dimana pengembalian modalnya selama 4.13 tahun. Umur dari pabrik ini diperkirakan selama 10 tahun dengan masa periode pembangunannya selama 1,5 tahun di mana operasi pabrik ini 330 hari/tahun. Berikut ini adalah Gambar 3 tentang parameter sensitifitas dari pabrik *Dimethyl Ether (DME)* dari Gas Alam[9].

### V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa ekonomi didapatkan nilai IRR sebesar 20.51% yang lebih tinggi dari suku bunga bank yaitu 12% per tahun, NPV 10 tahun sebesar USD 518,848,692 dimana pengembalian modalnya selama 4.13 tahun maka pabrik *Dimethyl Ether (DME)* dari Gas Alam ini layak didirikan.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kamijo, T., (1998), "Lecture Papers of The 8<sup>th</sup> Coal Utilization Technology Congress", 8th edition, Tokyo
- [2] Anam, A., (2010). "Campuran DME-LPG sebagai Bahan Bakar Gas Komplementer", Sub Bid Konversi dan Pengendalian Polusi, Bid Energi Fosil, B2TE, BPPT, Tangerang Selatan, Tangerang
- [3] Ohno Yotaro and Omiya Mamoru., (2003). "Coal Conversion into Dimethyl Ether as an Innovative Clean Fuel". 12<sup>th</sup> ICCS, Tokyo
- [4] Gray C. And Webster G., (2001). "A Study of Dimethyl Ether (DME) as an Alternative Fuel for Diesel Engine Application", Advanced Engine Technology Ltd.

- [5] Bondiera, J., and C. Naccache, (1991). "*Kinetics of Methanol Dehydration in Dealuminated H-Mordenite : Model with Acid and Base Active Centres*". Applied Catalysis, 69, 139-148
- [6] Ohno Yotaro, Inoue Norio, Ogawa Takashi, Ono Masami, Shikada Tsutomu and Hayashi Hiromasa. (2001). "*Slurry phase Synthesis and Utilization of Dimethyl Ether*". NKK Technical Review. Tokyo
- [7] Felder, R. M. And R. W. Rousseau, (2000). "*Elementary Principles of Chemical Processes (3<sup>rd</sup> ed)*". Wiley, New York.
- [8] Himmelblau, David M, (1989). "*Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering*", 5th edition, Prentice Hall International, Inc, Singapore,
- [9] Peters, MS., Timmerhauss, KD, (1991). "*Plant Design and Economics For Chemical Engineerings*", fifth edition, McGraw Hill Book Co, Singapore.