

PRODUKSI DIMETHYL ETHER DARI GAS SINTESA

Mohamad Youvial

Balai Besar Teknologi Energi (B2TE) – BPPT, Kawasan Puspiptek , Tangerang 15314, Indonesia
Email : jouvial_b2te@webmail.bppt.go.id

ABSTRAK

Untuk masa depan, perubahan medium pembawa energi harus memenuhi kriteria kemampuan bersaing dari segi harga energi, efisiensi, dan ramah lingkungan. *Dimethyl Ether* dapat digunakan sebagai alternatif medium pembawa energi dan perlu dikaji kemampuannya untuk memenuhi kriteria tersebut. Makalah ini mendiskusikan metoda produksi *dimethyl ether* dari gas sintesa secara langsung dan secara tidak langsung dari *methanol* yang dihasilkan oleh gas sintesa kemudian diikuti dengan pengeringan *methanol*.

Kata kunci: Medium pembawa energi, Gas sintesa, *Dimethyl ether*, *Methanol*

ABSTRACT

In the future, medium for energy carrier of fossil fuel should match the criteria such as energy prices, efficiency, and environment sound to win the competition. Dimethyl Ether can be used as alternative medium for energy carrier that need to be assessed its ability to fill these criteria. This paper discusses a production methode of dimethyl ether from syntesis gas, direct and indirect from methanol produced from syntesis gas and then followed by methanol drying.

Key words: Medium for energy carrier, Syntesis gas, Dimethyl ether, Methanol

1. PENDAHULUAN

Kecenderungan manusia untuk mengurangi polusi dari bahan bakar fosil memicu usaha merubah sumber energi fosil menjadi medium energi yang bebas dari sumber polutan. Medium energi, seperti listrik, adalah pembawa energi yang harus diproduksi. Di antara berbagai metoda penyediaan energi masa depan yang telah pernah diusulkan, hidrogen merupakan suatu pilihan saat dimana sumber bahan fosil sudah sirna. Hidrogen menjadi medium energi yang dapat diproduksi dengan proses elektrolisa dari sumber energi terbarukan. Produk hidrogen dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik menggunakan sistem fuel cell. Dalam bidang ini term ekonomi Hidrogen terkait dengan ekonomi, standard hidup dan berhubungan langsung dengan masalah energi [1].

Selain hidrogen, *dimethyl ether* (DME) dapat menjadi medium energi yang dapat digunakan pada *fuel cell* [2], dan juga dapat menjadi alternatif pengganti LPG dan bahan bakar diesel. Setiap alternatif pada perubahan sistem energi (metoda, material bahan baku dan peralatan) harus mampu memenuhi kriteria dapat bersaing dengan harga energi pada sistem energi yang telah ada sebelumnya dan saat ini, efisiensi konversinya minimal sama, dan menghasilkan emisi gas rumah kaca dan gas polutan yang jauh lebih rendah [3].

Potensi DME perlu dievaluasi dan dikaji kelayakan dan kemampuannya sebagai alternatif sumber energi dengan memenuhi kriteria di atas.

Walaupun sulit membandingkan antara Hidrogen dengan DME secara utuh, namun melihat bentuk fisik yang berbeda maka keselamatan operasi DME yang berbentuk cairan nampak lebih mudah dibandingkan dengan hidrogen yang berbentuk gas bertekanan tinggi. DME sebagai alternatif medium energi ini akan menjadi sangat menarik diterapkan pada rakyat Indonesia yang sudah terbiasa menggunakan bahan bakar cair seperti minyak tanah.

DME adalah senyawa kimia organik ether paling sederhana dari struktur *ether* dengan rumus kimia CH_3OCH_3 . DME tidak mengkorosi logam apapun dan tak mengandung unsur awal polutan seperti sulfur dan nitrogen. Saat ini, DME digunakan sebagai bahan aerosol untuk pendorong/propellant minyak wangi/parfum, cat dan bahan kimia pertanian [4]. DME sebagai alternatif medium pembawa energi dapat dimanfaatkan sebagai pengganti bahan bakar pada mesin diesel, pengganti *liquid petroleum gas* (LPG) pada kompor gas, bahan bakar pembangkit listrik tenaga turbin gas atau untuk menghasilkan listrik langsung dengan *fuel cell*. Sebagai bahan bakar diesel, DME mempunyai kelebihan dalam tingginya volatilitas (mudah menguap) dan bilangan cetane yang tinggi. Sifat fisis DME diberikan dalam **Tabel 1**. Sebelum mengevaluasi kelayakan DME perlu diketahui bagaimana cara memproduksi DME yang diuraikan dibagian 2 berikut ini.

Tabel 1. Sifat fisis DME [4]

Rumus Kimia	CH_3OCH_3
Tampilan fisis	Cairan stabil yang jernih, tak berwarna, tak berasa
Berat Molekul, g/mol	46
Titik Didih (tekanan atmosfer), [=K]	247,9
<i>Specific Gravity</i> gas terhadap udara	1,59
Densitas Cairan, [=gr/cc] pada 293 K	0,67
Tekanan uap, [=atm] pada 293 K	6,1
Nilai kalori [=MJ/nm ³] [=MJ/kg]	59,44 28,90
Panas Penguapan [=kj/kg]	467
Temperatur Penyalaan, [=K]	623
Batas Peledakan di Udara	3,4 - 17
Bilangan <i>Cetane</i>	55 - 60

2. PRODUKSI DME

DME diproduksi melalui alur produksi *methanol* secara langsung atau tidak langsung. Produksi secara tidak langsung, cara konvensional, dilakukan dengan mula-mula memproduksi methanol dari gas sintesa, kemudian *methanol* dikeringkan dengan dehidrasi katalitik untuk menghasilkan DME. Pada proses produksi secara langsung, tahapan di atas dilakukan dalam satu reaktor. Proses pemisahan air dilakukan secara kimia dengan reaksi shift. Kedua proses produksi ini menggunakan bahan baku gas sintesa yang diproduksi dari proses reformasi gas alam atau bahan hidrokarbon cair/gas atau proses gasifikasi batubara atau bahan hidrokarbon padat.

2.1. Produksi Gas Sintesa

Gas sintesa adalah campuran gas Karbon Monoksida (CO) dan Hidrogen (H₂). Gas ini penting dalam produksi bahan kimia di industri.

Di Indonesia gas sintesa digunakan sebagai bahan baku pupuk urea, pereduksi bijih besi dan diproduksi pada proses pengilangan minyak bumi. Proses reformasi gas alam yang menjadi tulang punggung industri di Indonesia digunakan untuk menghasilkan gas sintesa. Proses gasifikasi juga dapat digunakan untuk menghasilkan gas sintesa walaupun prosesnya lebih rumit karena bahan baku padat seperti batubara berpotensi mengandung sulfur sehingga produksi gas mengandung H₂S yang harus dihilangkan karena akan meracuni katalis reaksi shift pada proses selanjutnya untuk menghasilkan gas sintesa. Di Indonesia, proses gasifikasi skala besar belum ada.

2.1.1. Proses reformasi

Proses reformasi uap air adalah proses yang sudah matang secara komersial dan menjadi basis industri di Indonesia (pupuk dan baja), yang digunakan untuk memproduksi gas sintesa sebagai bahan baku industri [5]. Hidrokarbon yang digunakan pada industri di Indonesia terutama adalah gas alam yang kandungan utamanya metana. Pada prinsipnya semua jenis bahan bakar hidrokarbon cair dan gas dapat diolah dengan proses reformasi uap air. Metana selain diperoleh dari tambang sumber energi fosil juga dapat diperoleh dari sumber energi terbarukan biomassa melalui proses fermentasi. Produk proses fermentasi selain metana juga mengandung karbon dioksida yang juga menjadi bahan baku pada proses reformasi.

Proses reformasi melibatkan reaksi gas/cairan hidrokarbon dengan air dan/atau CO₂ yang menghasilkan gas Hidrogen dan Karbon Monoksida/CO (gas sintesa). Biasanya digunakan juga katalis shift untuk merubah gas CO menjadi Hidrogen. Berikut diberikan reaksi yang berlangsung dengan gas alam yang terutama mengandung metana.



Reaksi (3) adalah reaksi shift untuk mengendalikan rasio H₂/CO pada gas sintesa sesuai kebutuhan pemanfaatannya.

Sebelum menjalani proses reformasi gas alam yang biasanya mengandung senyawa sulfur organik harus dibersihkan dalam sistem *hydrodesulfurization* (HDS) untuk mencegah peracunan katalis pada reaktor *steam reformer* dan reaktor *shift*. Reaksi yang terjadi pada reaktor HDS dengan katalis Ni-Mo atau Co-Mo *bersupport* adalah :



H₂S yang terbentuk ditangkap pada unggun ZnO dengan menghasilkan Zn S.



Gas alam yang telah dibersihkan ini kemudian dikompresi untuk mengatasi *pressure drop* dalam reaktor dan dipanaskan sebelum masuk ke *pre-reformer*. Gas yang keluar dari *pre-reformer* dipanaskan lagi sebelum diumpangkan ke *reformer*. Pemanasan *reformer* dapat diperoleh dari pembakaran gas alam. Kemudian produk gas dari *reformer* didinginkan untuk kemudian diumpangkan ke reaktor *shift* temperatur tinggi. Produk gas dari reaktor ini kembali didinginkan sebelum memasuki reaktor *shift* temperatur rendah.

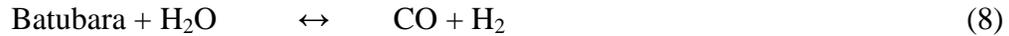
Selain reaksi yang diinginkan di atas, kemungkinan lain reaksi samping yang harus dihindari dalam pengoperasiannya adalah



Reaksi pembentukan karbon ini harus dihindari karena terbentuk *whisker*/serat pada katalis sehingga katalis pada reformer dapat hancur yang kemudian meningkatkan *pressure drop* sepanjang reaktor berkatalis. Biasanya untuk menghindari terjadinya pembentukan karbon digunakan rasio molar H₂O/CH₄ paling rendah 2 [1]. Pada pengoperasiannya yang terutama harus dijaga adalah kandungan pengotor H₂S yang dapat meracuni katalis.

2.1.2. Proses gasifikasi

Proses gasifikasi melibatkan reaksi hidrokarbon padat dengan air dan/atau CO₂ yang menghasilkan gas Hidrogen dan Karbon Monoksida/CO (gas sintesa). Biasanya digunakan juga katalis shift untuk merubah gas CO menjadi Hidrogen. Bahan baku menggunakan bahan bakar organik padat seperti batubara atau biomassa.



Reaksi *shift* (2) yang juga digunakan untuk mengendalikan rasio gas H₂/CO menggunakan katalis yang mudah rusak oleh gas H₂S yang terdapat dalam batubara, sehingga tahap pemurnian gas H₂S harus diikuti.

2.2. Produksi Methanol

Produksi methanol dari gas sintesa dengan katalis berbasis ZnO telah dilakukan secara komersial lebih dari 50 tahun [5]. Reaksinya adalah :



Reaksi *shift* (3) digunakan untuk mengendalikan rasio H₂/CO menjadi 2 untuk memproduksi *methanol*.

2.3. Produksi *Dimethyl Ether* Dengan Pengeringan Methanol

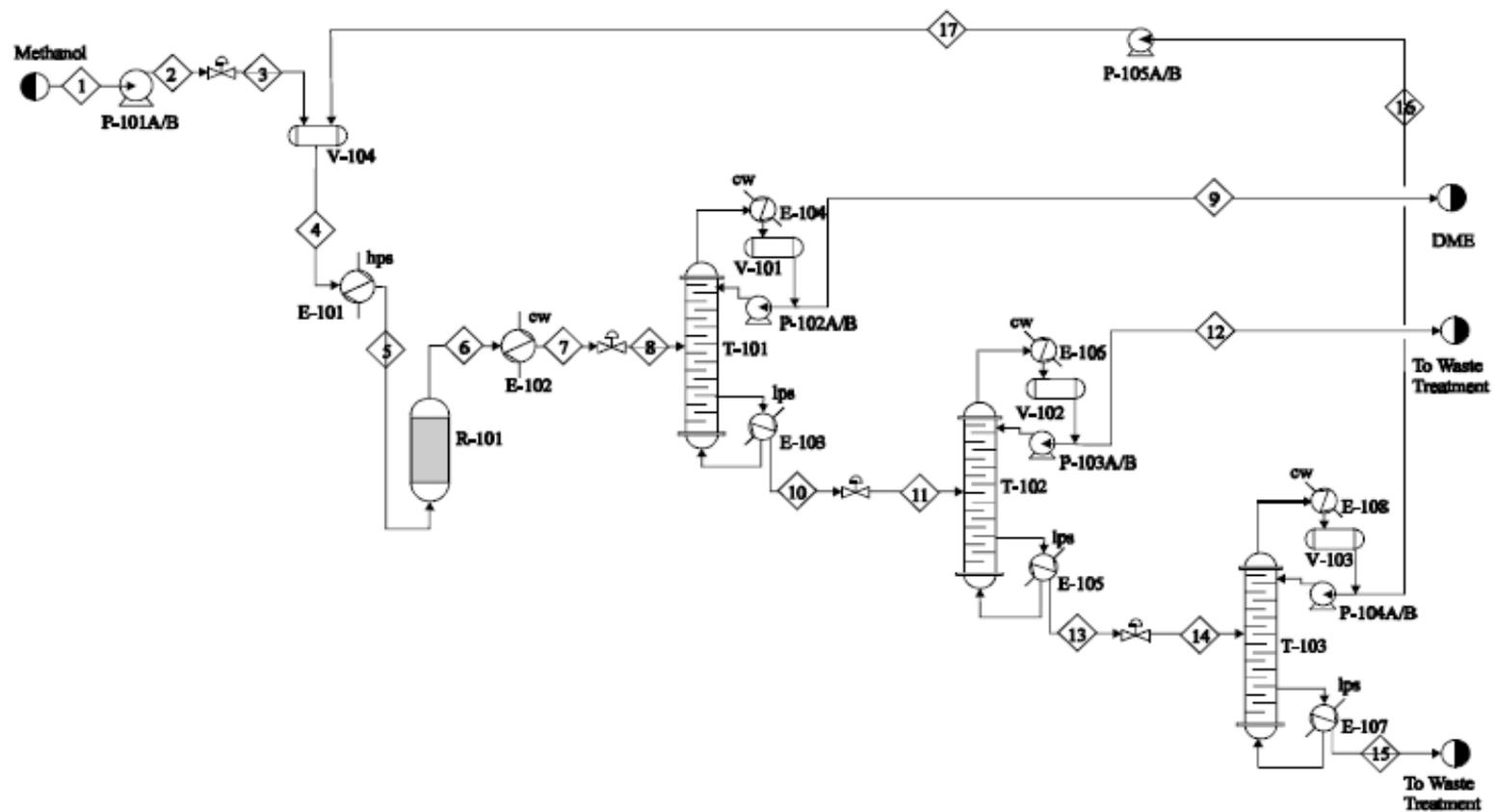
Produksi DME dilakukan melalui dehidrasi katalitik methanol dengan katalis alumina amorf/*amorphous alumina catalyst* yang diolah dengan 10,2% *silica* [6]. Konversi *methanol* sebesar kira-kira 80% dicapai dalam reaktor. DME diproduksi mengikuti reaksi berikut :



Pada daerah temperatur operasi normal, reaksi samping tidak cukup berarti, dan konversi kesetimbangan untuk umpan methanol murni melebihi 92%. Sehingga, reaktor terkendali secara kinetik/*kinetically controlled* pada rentang temperatur operasi normal.

Methanol dikonversi menjadi DME yang diagram alir prosesnya dapat dilihat pada **Gambar 1**. Tahapan prosesnya meliputi:

- pemanasan awal bahan baku (*methanol* berkemurnian tinggi)
- reaksi methanol membentuk DME,
- pemisahan produk,
- pemisahan pengotor/*contaminant*,
- pemisahan dan resirkulasi *methanol*.



Gambar 1. Diagram alir *methanol* dikonversi menjadi DME

Keterangan peralatan pada Gambar 1 diberikan sebagai berikut:

E-101 <i>Methanol Preheater</i>	P-104A/B <i>Reflux Pumps</i>
E-102 <i>Reactor Effluent Cooler</i>	P-105A/B <i>Recycle Pumps</i>
E-103 <i>Reboiler</i>	R-101 <i>Packed Bed Reactor</i>
E-104 <i>Condenser</i>	T-101 <i>DME Distillation Column</i>
E-105 <i>Reboiler</i>	T-102 <i>Impurities Distillation Column</i>
E-106 <i>Condenser</i>	T-103 <i>Methanol Distillation Column</i>
E-107 <i>Reboiler</i>	V-101 <i>Reflux Drum</i>
E-108 <i>Condenser</i>	V-102 <i>Reflux Drum</i>
P-101A/B <i>Feed Pumps</i>	V-103 <i>Reflux Drum</i>
P-102A/B <i>Reflux Pumps</i>	V-104 <i>Feed Drum</i>
P-103A/B <i>Reflux Pumps</i>	

Methanol dengan kandungan kira-kira 2 % mol pengotor, diumpankan berupa cairan pada Aliran 1, dipompa hingga 16,8 atm dan digabungkan dengan Aliran 17, yaitu aliran resirkulasi *methanol*. Aliran 4 lalu dikirim ke penukar panas E-101 hingga mencapai 250°C sebelum dikirim reaktor unggun paking/*packed bed reactor*, R-101, untuk menghasilkan DME. Reaksinya sedikit eksotermis dan hasil reaksi terpanaskan hingga kira-kira 365°C sebelum meninggalkan reaktor. Keluaran reaktor didinginkan dalam E-102 dan kemudian di-*throttle* hingga 10 atm sebelum masuk ke T-101. Di sini, DME dipisahkan dari komponen-komponen lain seperti *distillate*, Aliran 9. *Bottom product*, Aliran 10, di-*throttle* hingga 6,9 atm dan dikirim ke T-102 dimana *methanol* dan air dipisahkan dari komponen-komponen yang tak terpakai/limbah. Limbah keluar berupa *distillate*, Aliran 12, dan dikirim ke fasilitas pengolahan limbah. Air dan *methanol* keluar berupa aliran residu/sisa, Aliran 13. Aliran ini kemudian di-*throttle* hingga 1 atm dan kemudian dikirim ke T-103 dimana air dan *methanol* dipisahkan. Air keluar dari bawah/*bottom* kolom distilasi/*distillation column* sebagai Aliran 15, dan dikirim ke pengolahan limbah. *Methanol* keluar dari kolom berupa *distillate*, Aliran 16. Aliran 16 lalu dipompa hingga 16,8 atm dan diresirkulasi kembali untuk dicampur dengan *methanol* baru, aliran 3, pada bejana V-104.

2.4. Produksi DME Secara Langsung Dari Gas Sintesa

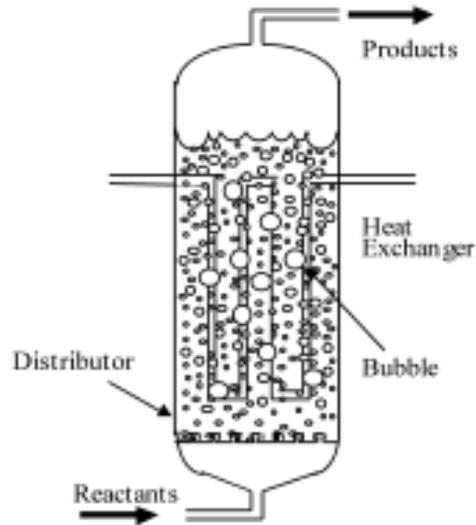
Reaksi yang terjadi pada sintesa langsung DME dari gas sintesa adalah [4, 7]:



Dan total reaksi :

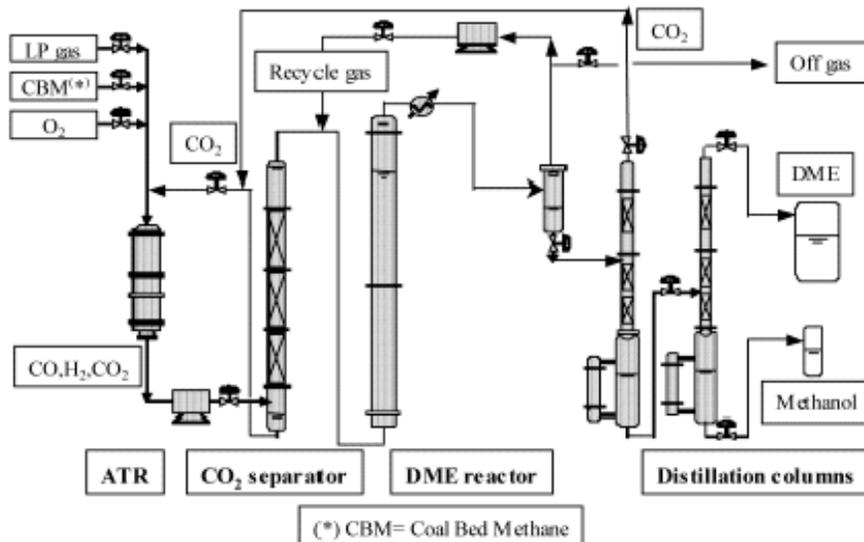


Reaksi berlangsung pada reaktor berfasa slurry katalis dengan pengaliran reaktan gas sintesa ke dalamnya, lihat **Gambar 2**.



Gambar 2. Konsep reaktor *slurry* untuk sintesa langsung DME dari gas sintesa

Gambar 3 berikut memperlihatkan diagram alir produksi DME dari gas sintesa. Tahapan prosesnya meliputi pembuatan gas sintesa (menggunakan *auto-thermal reformer*), sintesa DME (reaktor *slurry*), dan pemisahan/pemurnian (CO_2 , DME, kolom distilasi *methanol*). Gas sintesa diproduksi dengan *auto-thermal reformer* (ATR) dari LPG dan/atau *Coal Bed Methane*. Contoh ini merupakan plant berkapasitas 5 ton per hari DME yang dikembangkan oleh JFE Corp. 100 ton per hari produksi DME juga telah dibuat [9].



Gambar 3. Diagram alir proses produksi DME secara langsung dari gas sintesa

3. KESIMPULAN

Metoda produksi DME telah berkembang menjadi produksi langsung dari gas sintesa, namun masih dalam status skala demonstrasi dengan kapasitas 100 ton/hari. Diharapkan ketika harga komersialnya sudah seimbang dengan harga LPG, DME dapat menjadi pilihan lain sumber energi selain LPG, seperti untuk masak-memasak pada rumah tangga, pilihan lain dari bahan bakar mesin diesel, gas bakar bahkan sebagai bahan bakar pada *fuel cell*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bockris, J. O'M, "Energy The Solar-Hydrogen Alternative", Australia & New Zealand Book Co Pty Ltd, 1977.
- [2] Mench, M.M. *et al*, "Direct Dimethyl Ether Polymer Electrolyte Fuel Cells for Portable Applications", Journal of the Electrochemical Society 151 (1) A144-A150, 2004.
- [3] Evans, John P., "Experimental Evaluation of the Effect of Inlet Gas Humidification on Fuel Cell Performance", Master Thesis of Mechanical Engineering Department, Virginia Polytechnic and State University, 17 September 2003, Blacksburg, Virginia.
- [4] Ogawa, T, "Direct Dimethyl Ether Synthesis", Journal of Natural Gas Chemistry, vol. 12 no. 4, 2003, p. 219-227.
- [5] Rase, Howard F., "Fixed Bed Reactor Design and Diagnostics", Butterworth Publishers, 1990.
- [6] www.che.cemr.wvu.edu/publications/projects/large_proj/dimethyl_ether.PDF.
- [7] Inokoshi O. *et al*, "A New DME Production Technology – 100 tons/day DME Direct Synthesis Demonstration Plant Project", Proceedings of The Fifteenth (2005) International Offshore and Polar Engineering Conference Seoul, Korea, June 19 –24, 2005.