

# KAJIAN TEKNOLOGI *DIRECT-PROCESS* SINTESA *DI-METHYL ETHER* (DME) DARI BATUBARA, BIOMASSA DAN GAS ALAM

Bambang Suwondo Rahardjo

Pusat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi  
BPPT Gedung II Lt 20 Jl. MH Thamrin 8 Jakarta 10340  
E-mail: bamsr52@yahoo.com

## Abstract

*Di-Methyl Ether (DME) is the simplest ether compound with chemical formula  $CH_3OCH_3$  or also known as methyl ether or wood ether, which can be produced two ways namely direct-process and indirect-process. Direct-process is the process of syngas ( $H_2+CO$ ) formation which can be produced via gasification of coal / biomass or partial oxidation of natural gas, and then synthesized into DME. While the indirect-process is a process that begins with MeOH manufacturing, followed by MeOH dehydration in a separate reactor synthesized into DME. Utilization of energy resources means increased economical value and as an effort to reduce dependence on fossil fuels as well as solves the environmental pollution problems. Until now, most DME is made by indirect-process via the catalytic dehydration of MeOH in the fixed-bed reactor (a simple process and low capital investment) is licensed by Lurgi, Haldor-Topsoe, Mitsubishi Chemical Gas (MGC) and Toyo Engineering Corporation (TEC), while the direct-process technology with the high efficiency proposed by Haldor Topsoe, JFE and Air Products Chemicals Inc. is under development stage in Japan, USA as well as China, and so far not fully yet commercial. This paper will discuss about the technology of DME direct-process synthesis from syngas through coal/biomass gasification or natural gas partial oxidation process as an environmentally friendly alternative fuel.*

**Kata kunci:** DME, direct process, batubara, biomasa, gas alam

## 1. PENDAHULUAN

Teknologi *direct-process* sintesa DME telah dikembangkan, baik di Jepang, Amerika Serikat maupun China dengan umpan syngas ( $H_2$  dan CO) yang dihasilkan melalui proses gasifikasi batubara/biomasa atau proses oksidasi parsial gas alam.

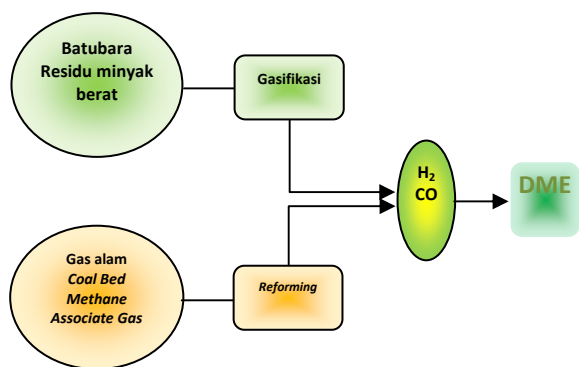
*Direct-process* sintesa DME dari syngas disintesa menjadi MeOH, kemudian sintesa MeOH menjadi DME terjadi dalam satu reaktor, sehingga memerlukan katalis yang berfungsi ganda sebagai katalis sintesa MeOH dan katalis dehidrasi MeOH. Produktivitas memungkinkan lebih besar karena ketiga reaksi pembentukan DME dapat berlangsung secara sinergi, namun proses pemisahan lebih rumit dan mahal daripada indirect process.

Syngas yang diperoleh melalui pemanasan transformasi (*steam reforming*) diumpankan ke reaktor sintesa secara simultan untuk melangsungkan proses dua reaksi dan reaksi *shift* yaitu sintesa MeOH dan dehidrasi MeOH.

Produk berupa campuran senyawa MeOH dan DME dipisahkan secara distilasi. Produk DME diambil secara kontinu sedangkan MeOH yang tidak bereaksi didaur-ulang ke dalam reaktor sintesa.

*Direct process* sintesa DME mengadopsi proses katalis bifunctional, yang merupakan hasil pencampuran dua jenis katalis, yaitu katalis sintesa MeOH dan katalis dehidrasi MeOH. Katalis sintesa MeOH berupa katalis kelompok Cu-Zn-Al (seperti BASF, S3-85 dan ICI-512), sedangkan katalis dehidrasi MeOH meliputi alumina, multiporous  $SiO_2-Al_2O_3$ , molecular sieve tipe Y, molecular sieve ZSM-5, mordenite, dan lain-lain.

Gambar 1 menunjukkan *direct-process* sintesa DME dari syngas hasil gasifikasi batubara dan residu minyak berat, maupun hasil proses *steam reforming* gas alam dan *coal bed methane* (CBM).



Gambar 1. *Direct-process* sintesa DME

Reaksi *direct process* sintesa DME

(1)	$\text{CO} + 2 \text{H}_2$	$\text{CH}_3\text{OH}$	$-\Delta H = 90.7 \text{ kJ/mol}$
(2)	$2 \text{CH}_3\text{OH}$	$\text{CH}_3\text{OCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	$-\Delta H = 23.5 \text{ kJ/mol}$
(3)	$\text{CO} + \text{H}_2\text{O}$	$\text{CO}_2 + \text{H}_2$	$-\Delta H = 41.2 \text{ kJ/mol}$
(4)	$3 \text{CO} + 3 \text{H}_2$	$\text{CH}_3\text{OCH}_3 + \text{CO}_2$	$-\Delta H = 246.1 \text{ kJ/mol}$
(5)	$3 \text{CO} + 3 \text{H}_2$	$\text{CH}_3\text{OCH}_3 + \text{CO}_2$	$+246 \text{ kJ DME mol}$
(6)	$2 \text{CO} + 4 \text{H}_2$	$\text{CH}_3\text{OCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	$+205 \text{ kJ DME mol}$
(7)	$2 \text{CO} + 4 \text{H}_2$	$2 \text{CH}_3\text{OH}$	$+181,6 \text{ kJ DME mol}$
(8)	$2 \text{CH}_3\text{OH}$	$\text{CH}_3\text{OCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	$+23,4 \text{ kJ DME mol}$
(9)	$\text{CO} + \text{H}_2\text{O}$	$\text{CO}_2 + \text{H}_2$	$+41 \text{ kJ DME mol}$
(10)	$2 \text{CH}_4 + \text{O}_2 + \text{CO}_2$	$3 \text{CO} + 3 \text{H}_2 + \text{H}_2\text{O}$	

Selama proses berlangsung pada waktu yang sama, reaksi eksotermis (1), (2) dan (3), memerlukan katalis tahan panas dan selektivitas yang baik pada suhu tinggi. Sintesa DME dengan *direct process* berlangsung pada kisaran suhu 210~290°C dan tekanan 3~10 Mpa. Katalis berfungsi menurunkan energi aktivasi pada proses sintesa MeOH dan dehidrasi MeOH membentuk DME.

Reaksi sintesa DME dari syngas terjadi pada reaksi (4) yang pada dasarnya terdiri dari 3 langkah, yaitu reaksi sintesa MeOH pada reaksi (5), reaksi dehidrasi pada reaksi (6), dan reaksi *water shift* pada reaksi (7). Jika reaksi *water shift* lambat, kombinasi reaksi (6) dan (7) menghasilkan reaksi (8). Reaksi keseluruhan eksotermis dengan suhu reaksi meningkat tajam pada sintesa MeOH.

Penggunaan syngas dari hasil gasifikasi batubara sebagai umpan sintesa DME, menerapkan rasio  $\text{H}_2/\text{CO}$  dalam syngas pada kisaran 0,5~1,0. Jika digunakan reaksi (1) ( $\text{H}_2/\text{CO} = 1$ ), maka ada sedikit penyesuaian yang diperlukan dalam komposisi gas dari reaksi (6) rasio ( $\text{H}_2/\text{CO} = 2$ ), hal ini menguntungkan dalam segi fasilitas dan biaya operasional. Jika gas alam atau coal bed methane digunakan sebagai bahan baku,  $\text{CO}_2$  yang diberikan sebagai produk samping sintesa DME dapat didaur-ulang ke unit *methane reforming* untuk menghasilkan rasio syngas  $\text{H}_2/\text{CO} = 1$  dengan reaksi (10).

Kesetimbangan laju reaksi sintesa DME dan proses produksi syngas ditunjukkan pada reaksi (5) lebih besar dibandingkan reaksi (6), reaksi

mana yang lebih mendominasi tergantung pada sifat katalis. Katalis harus memiliki daya sebaran yang cukup aktif untuk menjaga keberlangsungan reaksi, karena untuk memproduksi DME dengan kemurnian tinggi memerlukan proses pemisahan dan pemurnian lebih lanjut. Pada umumnya, produksi DME kemurnian tinggi secara *direct-process* ini banyak digunakan sebagai bahan bakar.

## 2. TEKNOLOGI *DIRECT-PROCESS* SINTESA DI-METHYL ETHER (DME)

Sampai saat ini terdapat 4 (empat) pengembang teknologi *direct-process* sintesa DME, di mana Haldor Topsoe (Denmark) menggunakan jenis reaktor *fixed-bed* dengan umpan gas alam, sementara ke 3 (tiga) pengembang teknologi lainnya: JFE Holdings Co. Ltd. (Jepang), Mitsubishi Gas Chemicals (Jepang), Air Products Chemicals Inc. (Amerika Serikat) menggunakan jenis reaktor *slurry-bed* dengan umpan batubara.

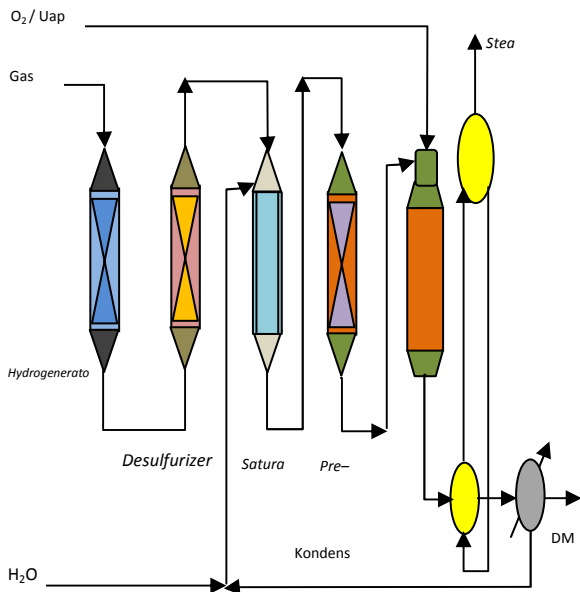
### 2.1. Haldor Topsoe (Denmark)

Teknologi *direct-process* sintesa DME Haldor Topsoe merupakan gabungan antara sintesa gas alam menjadi MeOH dan sintesa MeOH menjadi DME yang terintegrasi dengan meniadakan unit pemurnian MeOH sebagai intermedia sebelum diproses lebih lanjut menjadi DME.

Haldor Topsoe menggunakan jenis reaktor *isothermal fixed-bed reactor* yang terbagi menjadi beberapa tahapan untuk menjaga kondisi suhu reaksi. Reaktor tahap pertama digunakan untuk mensintesa MeOH dari gas alam, dan dilanjutkan pada reaktor tahap kedua untuk proses dehidrasi MeOH membentuk DME yang berlangsung secara adiabatik.

Proses Haldor Topsoe, terdiri dari: (1) preparasi syngas Auto Thermal Reformer (ATR), (2) sintesa gabungan MeOH dan DME, (3) pemisahan dan pemurnian produk [E., Jesper, 2007].

Teknologi ATR Haldor Topsoe adalah paling sesuai untuk proses *reforming*, yang punya kemampuan satu unit jalur produksi memproduksi lebih dari 7.500 ton/hari DME, dan telah dikembangkan dalam skala industri pada rasio steam/karbon hanya 0,61. Proses ini dilengkapi unit preparasi syngas seperti ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Preparasi syngas secara ATR

## 2.2. Air Products Chemicals Incorporation (Amerika Serikat)

Air Products Chemicals Inc. mengembangkan *slurry-bed reactor* untuk sintesa MeOH dengan menggunakan katalis sintesa MeOH dan katalis dehidrasi MeOH selama 600 jam (Air Product Chemical Incorporation, 1993].

## 2.3. JFE Holdings Co. Ltd. (Jepang)

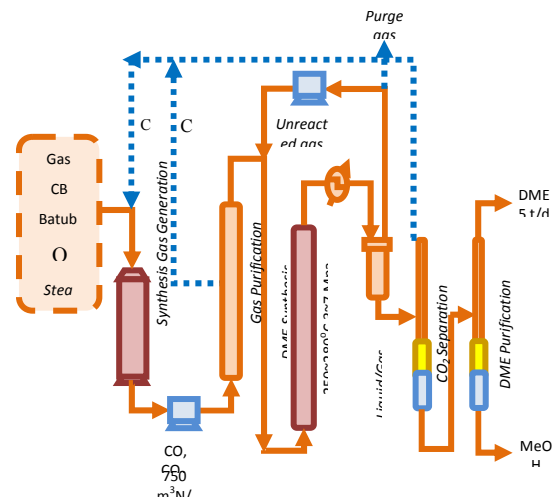
JFE Holdings Co. Ltd. adalah industri baja terbesar di Jepang mengawali penelitian dan pengembangan *direct-process* sintesa DME pada tahun 1989 dengan memanfaatkan *coke-oven gas* (mengandung gas CO+H<sub>2</sub>). Proses ini merupakan produk samping industri baja, melalui beberapa tahapan berikut yaitu: (1) pencarian katalis sintesa langsung, (2) *bench-plant* (5 kg/hari), (3) *pilot-plant* 5 ton/hari (1997~2001), (4) *demo-plant* 100 ton/hari yang selesai pada bulan Nopember 2003 dan beroperasi secara kontinyu dalam jangka panjang >2~5 bulan (2003~2006).

Pada tahun 1989 JFE mengembangkan *slurry-bed reactor* yaitu salah satu jenis reaktor dengan keunggulan di mana panas reaksi ditransfer dan disirkulasi secara baik serta mudah dalam mengontrol suhu reaksi. Disini, partikel katalis halus disuspensikan ke larutan minyak dalam bentuk *slurry*, sehingga terjadi reaksi sebagai gelembung reaktan gas naik ke permukaan. Panas reaksi dengan cepat diserap oleh larutan minyak, yang memiliki kapasitas panas besar.

Gelembung mengaduk larutan minyak, di mana minyak dan larutan memiliki laju perpindahan panas tinggi, sehingga suhu di

dalam reaktor dipertahankan stabil, agar lebih mudah untuk mengontrol suhu.

Gambar 3 menunjukkan diagram alir *direct-process* sintesa DME JFE skala pilot plant 5 ton/hari, di mana gas alam mengalami *pretreatment* untuk menghilangkan komponen sulfur, kemudian diumpungkan ke dalam reaktor *Auto-Thermal Reformer* (ATR) dengan O<sub>2</sub> dan steam bersama CO<sub>2</sub> didaur-ulang untuk menghasilkan syngas dengan rasio H<sub>2</sub>/CO = 1 pada suhu 1200°C dan tekanan 2,5 MPa. Setelah tahapan *quenching* dan pendinginan, syngas dikompresi pada kondisi operasi (5 Mpa, 280°C) diumpungkan ke dalam DME *slurry-bed reactor* untuk memisahkan gas CO<sub>2</sub> terlebih dahulu. *Effluent* di bagian atas reaktor DME dipisahkan dari unreacted gas yang kemudian di daur-ulang ke dalam reaktor, diikuti pemisahan gas CO<sub>2</sub> dan DME secara *cryogenic*. Produk DME dimurnikan lagi dan semua hasil gas CO<sub>2</sub> di daur-ulang ke dalam ATR.



Gambar 3. Diagram alir *direct-process* sintesa DME JFE (*Pilot Plant* 5 ton/hari)

*Syngas* yang terbentuk dari proses *steam reforming* gas alam selain terbentuk dari gas CH<sub>4</sub> juga dari gas CO<sub>2</sub> dapat di daur-ulang sehingga *syngas* mempunyai rasio H<sub>2</sub>/CO = 1.

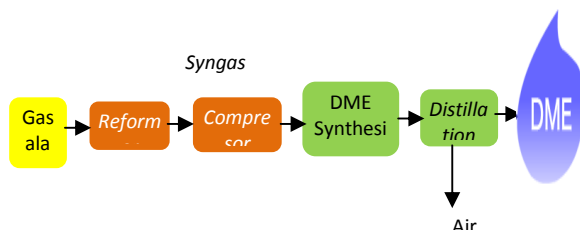
## 2.4. Mitsubishi Gas Chemicals Co. Inc. (Jepang)

Di Jepang, kegiatan yang mengarah aplikasi praktis DME sebagai bahan bakar dirintis oleh DME International Co. Ltd. dengan 10 perusahaan pendirinya membentuk DME Development Co, Ltd, yang bertujuan mempelajari komersialisasi DME. Japan DME Co, Ltd, yang didirikan oleh Mitsubishi Gas Chemical Co. Inc., Mitsubishi Heavy Industries, Ltd, JGC, Itochu Corp., Mitsui & Co. Ltd. dan

Toyo Engineering Corporation mengadopsi proses dehidrasi MeOH.

Karakteristik teknologi *direct-process* sintesa DME-MGC ini menerapkan *slurry-bed reactor* yang memiliki struktur sederhana agar mudah dikembangkan lebih lanjut menggunakan katalis yang efisien mensintesa DME secara langsung (Mitsubishi Gas Chemicals Co., 2008).

Suatu proyek pengembangan teknologi *direct-process* sintesa DME ke tahap komersial telah dimulai sejak tahun 2002 selama 5 tahun dengan memanfaatkan *demo-plant* 100 ton DME/hari. Pada tahun 2003~2006 telah dilakukan pengujian operasi secara kontinyu dengan produksi kumulatif DME mencapai sekitar 20.000 ton, di mana data teknis ini memastikan kelangsungan pengembangan teknologi kearah komersial.



Gambar 4. Diagram alir MGC *direct-process* sintesa DME

Gambar 4 menunjukkan diagram alir MGC *direct-process* sintesa DME, di mana pada awalnya menggunakan umpan gas alam, karena hanya memerlukan biaya investasi awal kecil. Di masa depan, diharapkan beralih ke umpan batubara yang memiliki cadangan lebih besar daripada gas alam. Pada penggunaan gas alam, gas CO<sub>2</sub> yang diperoleh dari kolom pemisahan CO<sub>2</sub> dikembalikan ke reaktor generasi *syngas*, sedangkan pada penggunaan umpan batubara, gas CO<sub>2</sub> akan dilepaskan ke atmosfer. Nantinya, jika teknologi penyimpanan gas CO<sub>2</sub> secara jangka panjang telah didirikan, proses berbasis batubara akan dapat memberikan gas CO<sub>2</sub> murni tanpa peralatan tambahan.

Di Eropa, DME telah menarik perhatian di berbagai bidang sebagai bahan bakar baru, namun, diharapkan dipakai terutama untuk kendaraan diesel mengingat pembakaran DME tidak menghasilkan jelaga.

### 3. PEMBAHASAN

Berdasarkan data yang ditunjukkan pada Tabel 1 bahwa Mitsubishi Gas Chemicals (Jepang) menjadi pengembang teknologi *direct-process* sintesa DME yang telah proven untuk dikembangkan ke arah skala komersial.

*Direct-process* sintesa DME dari *syngas* yang ditunjukkan pada persamaan reaksi (1)

terjadi persamaan-persamaan reaksi (2), (3) dan (4) berlangsung secara simultan, di mana 2 molekul MeOH disintesa dari CO dan H<sub>2</sub>, kemudian reaksi dehidrasi menghasilkan DME.

- $3 \text{ CO} + 3 \text{ H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OCH}_3 + \text{CO}_2 + 246 \text{ kJ DME mol}$
- $2 \text{ CO} + 4 \text{ H}_2 \rightarrow 2 \text{ CH}_3\text{OH} + 181,6 \text{ kJ DME mol}$
- $2 \text{ CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{OCH}_3 + \text{H}_2\text{O} + 23,4 \text{ kJ DME mol}$
- $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2 + 41 \text{ kJ DME mol}$

H<sub>2</sub>O yang dihasilkan dari persamaan reaksi (3) didaur-ulang sebagai H<sub>2</sub> yang dikonsumsi oleh CO untuk menjaga keseimbangan produk MeOH dan DME. H<sub>2</sub> yang dihasilkan pada akhir reaksi *direct-process* sintesa menjadi bahan baku reaksi tahap berikutnya. Dengan cara ini, siklus reaksi terbentuk dalam 3 reaksi dengan memanfaatkan produk samping pada masing-masing tahap.

Tabel 1. Perbandingan *direct-process* sintesa DME menurut pengembang teknologi

Parameter	JFE Holdings Co. Ltd. (Jepang)	Mitsubishi Gas Chemicals (Jepang)	Air Products Chem. Inc. (Amerika Serikat)	Haldor Topsoe (Denmark)
Rasio H <sub>2</sub> /CO	1	0,5~1,0	0,7	2
Tipe reaktor	<i>Slurry-bed</i>	<i>Slurry-bed</i>	<i>Slurry-bed</i>	<i>Fixed-bed</i>
Bahan baku	Gas alam / batubara	Batubara	Batubara	Gas alam
Suhu reaksi	250~280°C	280°C	250~280°C	210~290°C
Tekanan	3-7 MPa	5 MPa	5~10 MPa	7~8 MPa
Persamaan reaksi	1	1	2	2
Laju konversi sekali lewat	50%	70~80%	33%	18%
Rasio DME/(DME+MeOH)	90%	91%	30~80%	60~70%
Sejarah perkembangan	1989~1993: <i>Lab-scale</i> -1 kg/hari 1994~96: <i>Bench scale</i> -50 kg/hari 1997~2001: <i>Pilot plant</i> -5 t/d 2003~2006: <i>Demo-plant</i> -100 t/d	2002~2007: <i>Demo-plant</i> -100 ton/d 2003~2006: <i>Komersial</i> -20.000 ton/d	1986: <i>Lab-scale</i> 1991: <i>Pilot plant</i> -4 t/d	1993: <i>Bench-plant</i> 50 g/d

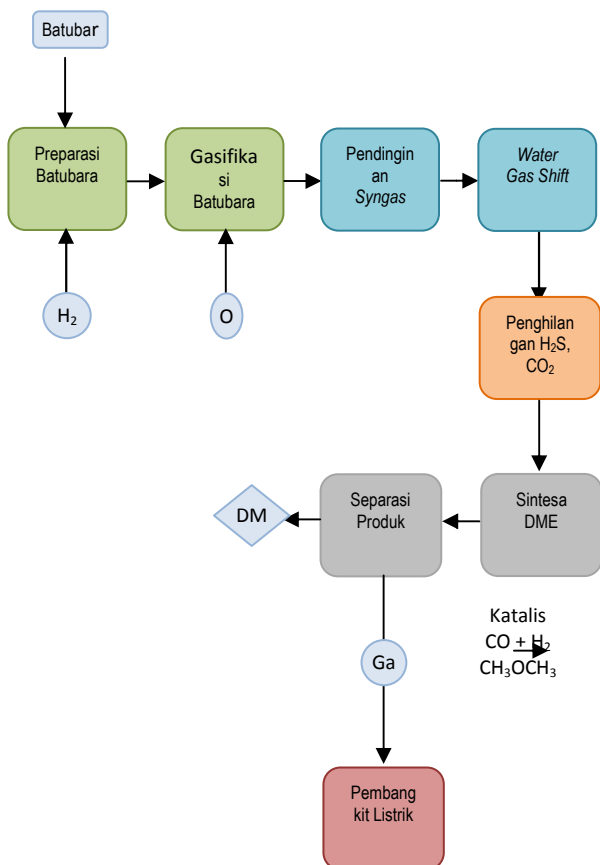
Produk samping reaksi terakumulasi pada tingkat minimal, diikuti efisiensi konversi tinggi untuk total persamaan reaksi (1). Persamaan reaksi (1) menjadi sangat eksotermis seiring naiknya tekanan pada kondisi operasi (250~280°C, 3~7 Mpa) (kondisi operasi dasar: 260°C, 5 Mpa) dengan menghasilkan DME (58,8 kcal/mol = 1280 kcal/kg). Panas reaksi ini harus

dihilangkan secara efisien dari reaktor untuk menjaga suhu reaksi stabil dan mengontrol kestabilan reaksi *direct-process* sintesa DME.

Pengembangan *slurry-bed reactor* tekanan tinggi dengan media reaksi pelarut yang mempunyai titik didih tinggi dicampur partikel katalis halus mampu mengontrol suhu reaksi secara mudah (Y., Ohno, Norio Inoue, Takashi Ogawa, 2001). Dari hasil analisis dan evaluasi terhadap ke 4 (empat) pengembang teknologi tersebut di atas, maka *direct-process* sintesa DME dapat dikelompokkan menurut umpan yang digunakan.

### 3.1. Direct-Process Sintesa DME Dari Batubara

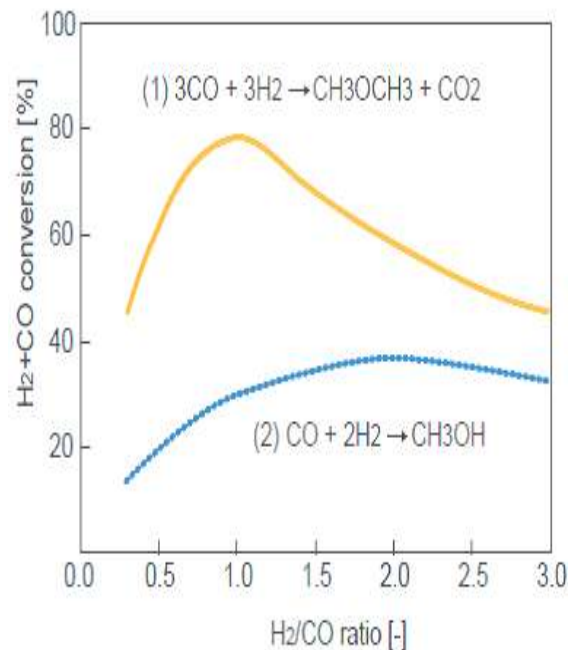
Gambar 5 menunjukkan diagram alir *direct-process* sintesa DME dari batubara (E.D., Larson, Huiyan Yang, 2004), di mana batubara digasifikasi menggunakan  $O_2$  menghasilkan *syngas* ( $H_2+CO$ ), lalu didinginkan dan dibersihkan, kemudian reaksi *water gas shift* untuk mengoptimalkan sintesa DME.



Gambar 5. Diagram alir *direct-process* sintesa DME dari batubara

Sebelum sintesa DME, dilakukan penghilangan gas  $H_2S$  dan  $CO_2$  untuk dipisahkan secara distilasi dari produk DME. Produk DME dapat secara langsung digunakan sebagai bahan alternatif sedangkan gas yang tidak terkonversi dibakar dalam turbin gas pembangkit listrik.

Pada Gambar 6 ditunjukkan laju kesetimbangan konversi *direct-process* sintesa DME, di mana laju kesetimbangan konversi reaksi sintesa MeOH relatif kecil. Keberhasilan tersebut dilanjutkan melalui pendirian *demo plant* DME skala 100 ton/hari, yang dioperasikan 5 kali selama 2~5 bulan tiap periode secara terus-menerus untuk memastikan kehandalan teknologi dan data rekayasa. Keberhasilan tahapan ini sebagai acuan dalam pengembangan disain secara komersial dengan capaian konversi *syngas* 96% (target: 95%), selektivitas DME: 91% (target: 90%), kemurnian produk DME: 99.8% (target: 99%), tingkat produksi: 109 ton/hari (target: 100 ton/hari), dan mampu menekan impuritis hingga <100 ppm.



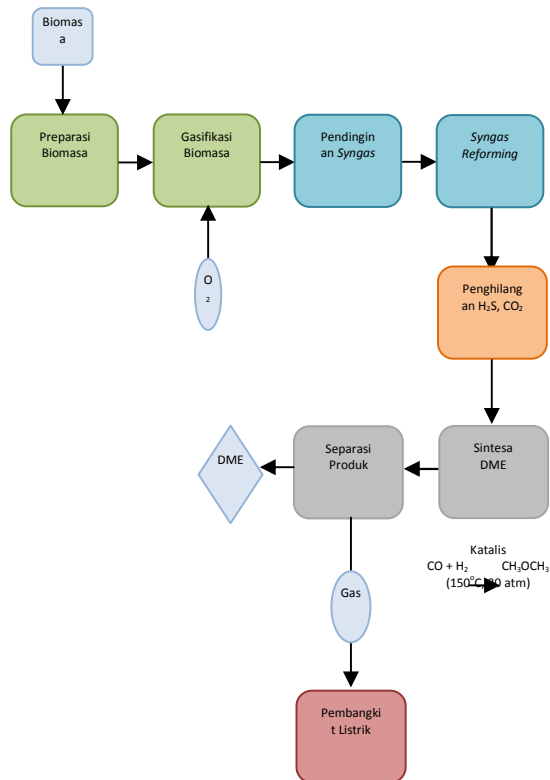
Gambar 6. Laju kesetimbangan konversi *syngas* MGC (280°C, 5 Mpa)

Komposisi *syngas* hasil gasifikasi batubara atau biomasa berada dalam kisaran rasio  $H_2/CO = 0,5\sim 1,0$ . *Direct-process* sintesa DME yang terbaik adalah rasio  $H_2/CO = 1$ , sedangkan *direct-process* sintesa MeOH yang terbaik adalah rasio  $H_2/CO = 2$ .



### 3.2. Direct-Process Sintesa DME Dari Biomasa

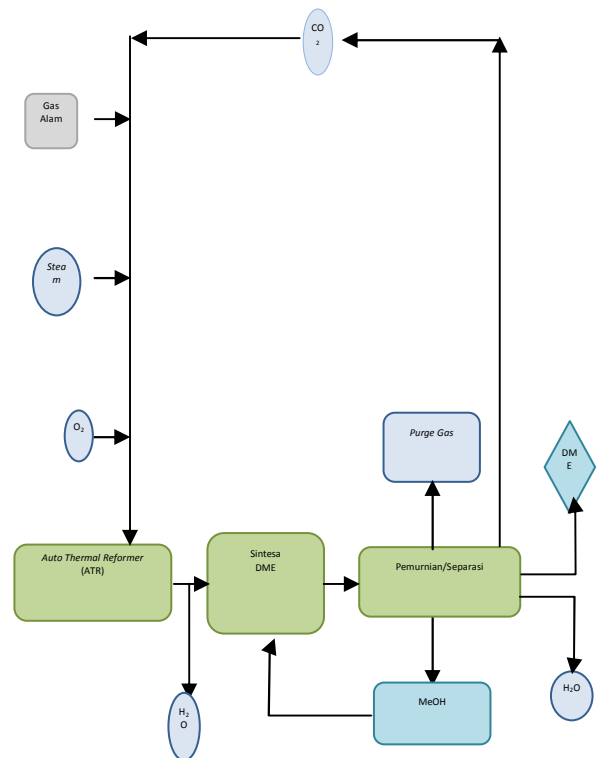
Gambar 7 menunjukkan diagram alir *direct-proses* sintesa DME dari biomasa (S.L., Hemstock, 2003). yang terdiri dari proses gasifikasi biomasa dan *syngas reforming*, dimana biomasa digasifikasi menggunakan O<sub>2</sub> menghasilkan *syngas* (H<sub>2</sub>+CO) dan hanya sebagian karbon dalam biomasa teroksidasi sempurna menjadi CO<sub>2</sub>. Produk *syngas* di-*reforming* untuk dikonversi menjadi DME.



Gambar 7. Diagram alir *direct-proses* sintesa DME dari biomasa

### 3.3. Direct-Process Sintesa DME Dari Gas Alam

Gambar 8 menunjukkan diagram alir *direct-proses* sintesa DME dari gas alam (T., Ogawa., et. al., 2003], yang terdiri dari 3 tahapan: preparasi *syngas*, sintesa DME dan pemisahan/pemurnian di dalam kolom distilasi. Gas alam dikonversi menggunakan O<sub>2</sub> atau steam menghasilkan *syngas* (H<sub>2</sub>+CO) yang dimasukkan ke dalam reaktor sintesa DME, sementara produk samping gas CO<sub>2</sub> di dalam *auto-thermal reformer* (ATR).



Gambar 8. Diagram alir *direct-proses* sintesa DME dari gas alam

DME yang dihasilkan dan produk samping yang berupa MeOH, CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O dimurnikan dan dipisahkan dalam kolom distilasi. Produk DME berupa cairan sedangkan produk samping berupa gas CO<sub>2</sub> didaur-ulang ke dalam ATR dan dikonversi menjadi *syngas*. Produk samping MeOH didaur-ulang ke dalam reaktor sintesa DME untuk dikonversi menjadi DME.

*Direct-process* sintesa DME dari gas alam

- *Auto Thermal Reformer*:  

$$2 \text{CH}_4 + \text{O}_2 + \text{CO}_2 \longrightarrow 3 \text{CO} + 3 \text{H}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
- Reaktor sintesa DME:  

$$3 \text{CO} + 3 \text{H}_2 \longrightarrow \text{CH}_3\text{OCH}_3 + \text{CO}_2 + 246 \text{ kJ DME mol}$$
- $$2 \text{CH}_4 + \text{O}_2 \longrightarrow \text{CH}_3\text{OCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$$

Air Products Chemicals Incorporation (Amerika), JFE Holdings Co. Ltd. (Jepang), dan Haldor Topsoe (Denmark) telah berhasil mengembangkan teknologi *direct-process* sintesa DME yang menggunakan umpan gas alam dengan keunggulan produk MeOH yang dihasilkan dari *syngas* melalui proses dehidrasi cepat menghasilkan DME yang menahan pembentukan reaksi balik MeOH.

JFE *direct-process* sintesa DME yang terdiri dari *syngas reforming* + sintesa DME diakui lebih efisien energi dan biaya lebih rendah daripada *indirect-process* sintesa DME yang terdiri dari *syngas reforming* + sintesa MeOH + sintesa DME melalui proses dehidrasi MeOH.

Kunci keberhasilan *direct-process* sintesa DME ini menerapkan *slurry-bed reactor* tekanan tinggi dengan media reaksi berupa pelarut yang mempunyai titik didih tinggi sehingga secara mudah melepaskan sejumlah besar panas dari hasil reaksi eksotermis *syngas reforming*.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian di atas dapat disimpulkan sebagai berikut.

Terdapat 4 (empat) pengembang teknologi *direct-process* sintesa DME, yaitu Haldor Topsoe (Denmark), Air Products Chemicals Incorporation (Amerika Serikat), JFE Holdings Co. Ltd. (Jepang), Mitsubishi Gas Chemicals (Jepang), di mana Mitsubishi Gas Chemicals (Jepang) menjadi pengembang teknologi *direct-process* sintesa DME yang telah proven untuk dikembangkan ke arah skala komersial.

*Di-Methyl Ether* (DME) dapat diproduksi dari *syngas* hasil proses gasifikasi batubara/biomasa atau proses oksidasi parsial/*steam methane reforming/**auto-thermal reforming* gas alam.

Pemanfaatan batubara, biomasa dan gas alam berarti telah meningkatkan nilai ekonomis sumberdaya energi tersebut sekaligus sebagai salah satu upaya mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak dan memecahkan masalah pencemaran lingkungan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Air Products Chemicals Incorporation, 1993. Technology Offerings: Synthesis of Dimethyl Ether and Alternative Fuels in the Liquid Phase from Coal-Derived Synthetic Gas, Topical Report, Pennsylvania. USA. 45 Hlm.
- Hemstock, S.L., 2003. Biomass Fuel Production Chains, SOPAC/ICCEPT Pacific Islands Biomass Energy Resource Assessment Training Course (<http://www.iccept.ic.ac.uk>).
- Jesper, E., Susanne L. J., 2007. Cost Effective Topsoe DME Production Technology, Haldor Topsoe A/S, Nymollevvej 55, DK-2800 Lyngby, Denmark 135 Hlm..
- Larson, E.D., Huiyan Yang (2004), Di-Methyl Ether from Coal as a Household Cooking Fuel in China, Energy for Sustainable Development, Volume VIII No.3, September, p.115~126
- Mitsubishi Gas Chemicals Co. Inc., 2008. Direct-Process DME Synthetic. Chiyoda-ku, Tokyo, 18 Hlm.
- Ohno, Y., Norio Inoue, Takashi Ogawa, 2001, Slurry Phase Synthesis and Utilization of Dimethyl Ether. NKK Technical Review No.85, p.23~28.
- Ogawa, Takashi, Norio Inoue, Tutomu Shikada, Yotaro Ohno, 2003. Direct Di-Methyl Ether Synthesis. Journal of Natural Gas Chemistry. No.12, p.219~227.