

Dimethyl Ether Sebagai Bahan Bakar Alternatif Ramah Lingkungan Pengganti Minyak Diesel

Suratno Lourentius

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala

Jl. Kalijudan 37 Surabaya 60114 Telp.(031)3891264,Fax.(031)3891267

e-mail : ratno@mail.wima.ac.id

Intisari

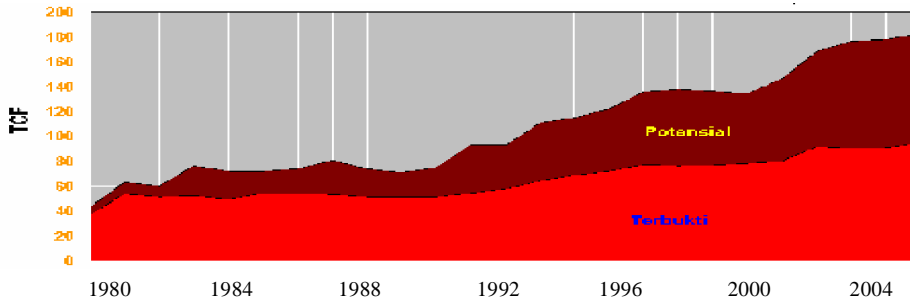
Cadangan minyak bumi terbukti (proven reserves) di Indonesia saat ini sebesar 9 miliar barel. Dengan tingkat produksi sekitar, 500 juta barel per tahun, maka jika tidak ditemukan cadangan baru, cadangan tersebut akan habis dalam waktu sekitar 18 tahun. Cadangan Gas bumi cukup besar yakni 182 triliun kaki kubik, maka cadangan gas bumi masih tersisa selama kurang lebih 61 tahun. Demikian juga dengan batu bara, dari total perkiraan cadangan sebesar 57 miliar ton dengan tingkat produksi sebesar 130 juta ton per tahun, maka cadangan batubara diperkirakan akan habis selama kurang lebih 147 tahun. Dengan menipisnya sumber daya energi dalam negeri tersebut, perlu dicari sumber energi alternatif baru. Dimethyl ether merupakan bahan bakar alternatif yang tidak mengandung belerang dan mudah terurai di lapisan troposfer dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif ramah lingkungan. Untuk itu telah diteliti konversi syngas menjadi dimethyl ether (DME). Sifat-sifat yang dimiliki DME hampir sama dengan sifat-sifat yang dimiliki minyak diesel khususnya dalam hal nilai angka setana, sehingga DME dapat dimanfaatkan sebagai pengganti minyak diesel pada masa mendatang. Dimethyl ether dapat diproduksi dengan cara reaksi konversi katalitik dari syngas. Syngas diproduksi dengan bantuan katalis nikel dari gas alam yang mengandung sedikit hidrokarbon ringan. Gas CO dalam syngas dapat juga dibuat dengan cara gasifikasi batu bara menggunakan gas CO₂. Penelitian konversi syngas menjadi DME telah dilaksanakan dalam reaktor unggun tetap dengan kondisi proses: perbandingan mol hydrogen terhadap karbon monoksida (CO) =2/1, kecepatan aliran umpan CO 0,00117-0,00160 gmol/menit, suhu 240-300⁰C; berat katalis 3 gram dan tekanan 40 bar. Dengan menggunakan katalis Cu-Zn-Al/ γ -Al₂O₃ dengan loading: Cu=9,49%, Zn=2,7% dan Al=2,9% dicapai konversi CO = 0,9008, selektivitas DME=1 dan yield DME=0,6488.

Kata kunci: dimethyl ether, gas sintesis (syngas), hidrogen, karbon monoksida, katalis

1. Pendahuluan

Cadangan minyak bumi terbukti (*proven reserves*) di Indonesia saat ini diperkirakan sebesar 9 miliar barel. Dengan tingkat produksi rata-rata sebesar 500 juta barel per tahun, maka jika tidak ditemukan cadangan baru, cadangan tersebut akan habis dalam waktu kurang lebih 18 tahun. Untuk gas bumi, cadangannya masih cukup besar yaitu 182 triliun kaki kubik, maka cadangan gas bumi masih tersisa selama kurang lebih 61 tahun. Demikian juga dengan batu bara, dari total perkiraan cadangan sebesar 57 miliar ton dengan tingkat produksi sebesar 130 juta ton per tahun, maka cadangan batubara diperkirakan akan habis selama kurang lebih 147 tahun (Yusgiantoro, 2005). Selain itu, kedua jenis bahan bakar di atas, produksi batu bara pada tahun 2004 sebesar 144 juta ton per tahun, dan *net coal export* sebesar 112,8 juta ton per tahun (Susanto dkk., 2004).

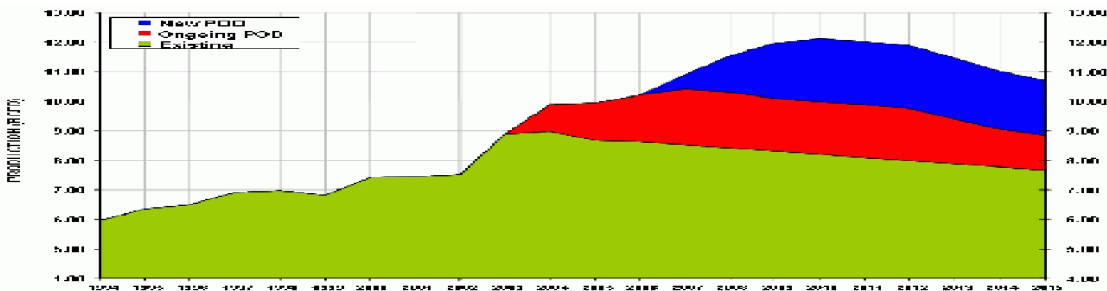
Cadangan gas bumi Indonesia, terbukti dan potensial, mengalami kenaikan secara nyata. Tahun 2004, total cadangan gas adalah 182,5 trillion cubic feet (TCF), terdiri dari 94,78 TCF cadangan terbukti, dan 87,73 TCF



Gambar 1. Cadangan Gas Bumi Terbukti dan Potensial Dalam Kurun Tahun 1980-2004

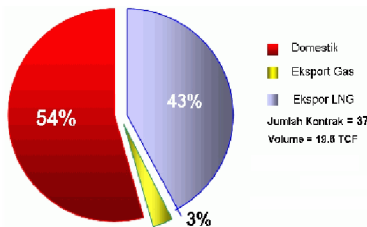
potensial, dapat diproduksi dalam jangka waktu 64 tahun. Cadangan gas tersebut terkonsentrasi di Indonesia bagian barat. Cadangan gas bumi terbukti dan potensial diilustrasikan dalam Gambar 1. (BP Migas, 2005).

Keadaan cadangan maupun produksi gas bumi Indonesia mengalami peningkatan secara nyata dalam kurun waktu 2 tahun terakhir ini. Badan Pelaksana Kegiatan Usaha Hulu Minyak dan Gas Bumi (BP Migas, 2005) mengadakan kegiatan eksplorasi dan melakukan pengembangan lapangan gas baru. Diperkirakan dengan status on-going and new Plan of Development (POD), produksi gas mencapai 7,8 bcf/d (billion cubic feet per day) di tahun 2004. Produksi akan mencapai puncak pada tahun 2008, dengan volume 8,3 bcf/d. Produksi gas bumi tersebut diilustrasikan dalam Gambar 2. berikut (BP Migas, 2005).



Gambar 2. Produksi Gas Bumi Dalam Kurun Tahun 1994-2015

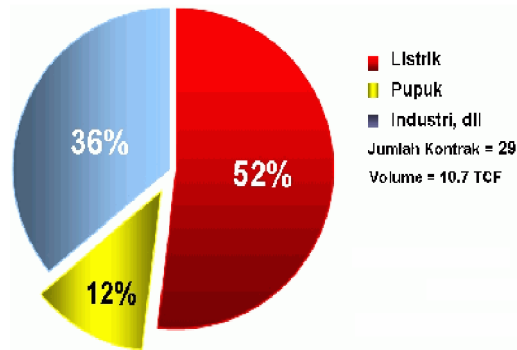
Metode pengangkutan gas bumi umumnya dengan sistem perpipaan atau dalam bentuk cair yang diangkat dengan kapal tanker. Oleh karena gas bumi ditambang dalam bentuk gas, gas bumi lebih sulit ditransportasikan ke tempat pemanfaatan daripada minyak bumi atau batu bara. Sistem perpipaan adalah salah satu pilihan model transportasi, akan tetapi penyaluran gas lewat perpipaan dari ladang gas biayanya cukup mahal terutama jika melalui jarak yang cukup jauh. Hal tersebut selain tidak ekonomis juga rawan terhadap keamanan transportasinya. Gas bumi dimanfaatkan untuk kebutuhan ekspor guna mendatangkan devisa bagi negara dan untuk kebutuhan domestik, sebagaimana diilustrasikan dalam Gambar 3. berikut (BP Migas, 2005).



Gambar 3. Pemanfaatan Gas Bumi Dalam Kurun Tahun 2002-2004

Berkenaan dengan ini pemanfaatan gas bumi untuk keperluan domestik diilustrasikan dalam gambar 4. Pemanfaatan gas alam yang merupakan bagian dari gas bumi memiliki keunggulan dibandingkan dengan minyak bumi dan batu bara, karena gas hasil pembakarannya yang lebih bersih. Cadangan gas alam terdapat di dekat Arun (Nangro Aceh Darrussalam: NAD), sekitar Badak (Kalimantan Timut), dan sejumlah tempat di

Papua dan Natuna (Priyanto dan Bakri, 2002). Penjualan gas alam dalam fase cair (*Liquefied Natural Gas*: LNG) seringkali lebih ekonomis dan keamanan suplainya lebih terjamin. Kendala yang dihadapi dalam pemanfaatan gas alam adalah masalah transportasi gas yang membutuhkan biaya investasi yang cukup besar.

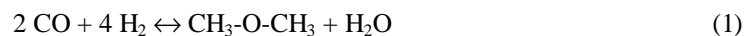


Gambar 4. Pemanfaatan Gas Bumi Domestik Dalam Kurun Tahun 2002-2004

Pemanfaatan teknologi *Gas-To-Liquid* atau disingkat GTL yang merupakan konversi gas alam ke gasolin dan konversi gas alam ke dimethyl ether (DME) dapat meningkatkan pemanfaatan gas alam. Teknologi tersebut sangat sesuai jika diterapkan di tempat terpencil yang tidak ekonomis jika diterapkan sistem perpipaan atau LNG. Sifat-sifat yang dimiliki dimethyl ether hampir sama dengan sifat-sifat yang dimiliki minyak diesel khususnya dalam hal nilai angka setana (*cetane number*). Angka setana dimethyl ether berkisar 55 sampai 60, sedangkan angka setana minyak diesel berkisar 40 sampai 55. Setana adalah nama lazim dari senyawa rantai hidrokarbon lurus heksadekana; $C_{16}H_{34}$ (Pudjantama, 1999). Pada masa mendatang, dimethyl ether diharapkan dapat mensubstitusi penggunaan minyak diesel dengan harga yang cukup kompetitif.

Dimethyl ether secara struktur kimiawi merupakan senyawa ether yang paling sederhana. Pada mulanya dimethyl ether ini merupakan produk samping dari sintesis metanol pada tekanan tinggi yaitu sekitar 40 bar. Akan tetapi, dengan adanya pengembangan proses sintesis metanol dari tekanan tinggi yang beralih ke tekanan rendah, maka dimulailah penelitian-penelitian untuk memproduksi dimethyl ether ini. Salah satu kelebihan yang dimiliki dimethyl ether adalah kemampuannya untuk dapat diperbarui karena gas sintesis yang memiliki penyusun karbon monoksida (CO) sebagai salah satu senyawa penyusun gas sintesis dapat diproduksi dari senyawa biomassa, selain dari gas alam. Selain itu, gas karbon monoksida dapat juga diproduksi dari proses gasifikasi batu bara dengan karbon dioksida. Konversi metana dalam gas alam menjadi gas sintesis (*synthesis gas = syngas*) sudah lazim dilaksanakan di industri. Jika sintesis gas dapat dikonversi menjadi senyawa hidrokarbon yang lebih tinggi, maka tentu saja dapat meningkatkan nilai tambah dari syngas tersebut. Penelitian konversi gas alam menjadi syngas sudah banyak dilakukan (Cheng dan Kung, 1994), sedangkan penelitian konversi syngas menjadi dimethyl ether sedang dikembangkan selama satu dasa warsa terakhir.

Reaksi pembentukan dimethyl ether dari syngas (campuran CO dan H_2) khususnya dengan perbandingan mol 1:2 sebagai berikut:



Reaksi tersebut secara termokimia adalah reaksi eksotermis dengan nilai panas reaksi, ΔH^0 berkisar dari -217,9 kJ/gmol pada 240^0C sampai -220,5 kJ/gmol pada 300^0C . Penelitian ini bertujuan untuk menyiapkan katalis yang dipreparasi dari logam aktif paduan Cu, Zn, dan Al dengan penyangga gamma alumina ($\gamma-Al_2O_3$) dan menguji katalis tersebut untuk mengkonversi gas sintesis menjadi dimethyl ether serta menentukan kondisi proses yang relatif baik untuk konversi syngas menjadi dimethyl ether.

Manfaat penelitian adalah meningkatkan nilai tambah syngas untuk dikonversi menjadi dimethyl ether yang diharapkan dapat menjadi sumber energi alternatif pengganti minyak diesel pada masa mendatang dan memberikan informasi tentang katalis bifungsional yang dipreparasi dari logam-logam aktif Cu, Zn dan Al sebagai promotor dan gamma alumina sebagai penyangga dapat mengkonversi syngas satu tahap menjadi dimethyl ether.

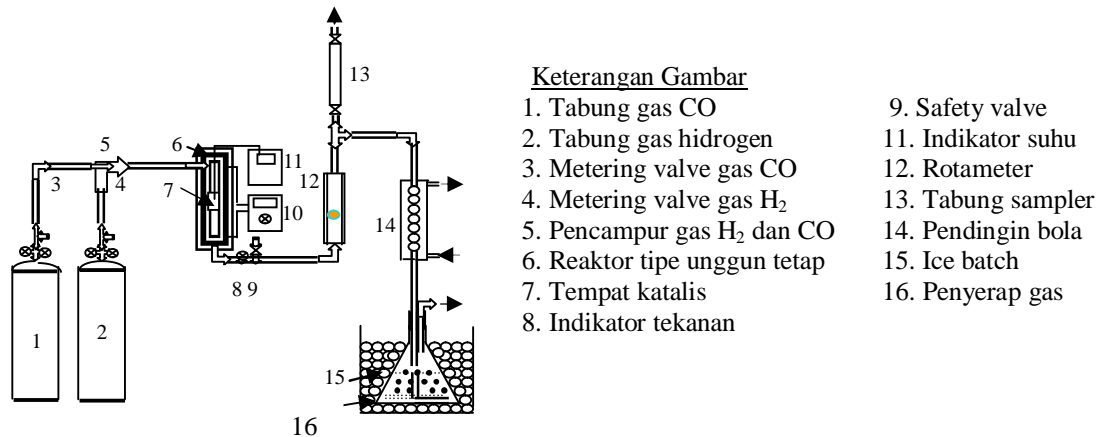
2. Metodologi

Sebagai bahan penyangga adalah gamma alumina (Al_2O_3) karena bahan ini memiliki luas permukaan spesifik tinggi sekitar $180 \text{ m}^2/\text{gram}$ dan tahan pada suhu tinggi. Sebagai logam aktif adalah logam tembaga (Cu), seng (Zn) dan aluminium (Al) yang ketiganya berasal dari garam-garam nitratnya $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$, $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$. Gas-gas yang dibutuhkan sebagai reaktan hidrogen (H_2) grade UHP, karbon monoksida (CO) grade HP dan nitrogen (N_2) grade HP.

Preparasi katalis dilakukan dengan merujuk pada Shikada dkk. (2000) melalui 4 tahap kegiatan yaitu:

1. Tahap Impregnasi. Mencampurkan larutan kupri nitrat, seng nitrat atau kobalt nitrat dan aluminium nitrat dengan konsentrasi dan volum tertentu ke dalam larutan yang mengandung gamma alumina dengan berat tertentu selanjutnya diaduk pada suhu kamar selama sekitar 1 jam.
2. Tahap Pengeringan. Campuran diuapkan dalam water bath pada $T = 80^\circ\text{C}$ sambil diaduk sampai terbentuk pasta. Pasta dikeringkan dalam furnace pada $T = 120^\circ\text{C}$ selama 14 jam.
3. Tahap Kalsinasi. Padatan hasil pengeringan selanjutnya dikalsinasi pada $T = 350^\circ\text{C}$ selama ± 6 jam sambil dialiri gas N_2 dengan kecepatan 100 ml/menit;
4. Tahap Reduksi. Padatan hasil kalsinasi selanjutnya direduksi dengan dialiri gas H_2 dengan kecepatan 100 ml/menit pada $T = 230^\circ\text{C}$ selama 4 jam.

Reaksi-reaksi yang terjadi selama tahap kalsinasi adalah reaksi peruraian dari garam-garam nitrat membentuk oksida logam dan sisa asam (nitrogen dioksida). Reaksi-reaksi yang berlangsung selama tahap reduksi adalah reaksi oksida logam dengan gas hidrogen membentuk logam aktif dan gas (uap) air. Katalis yang sudah dibuat diuji dengan peralatan XRD (X-Ray Diffraction) untuk mengetahui keberadaan logam aktif yang terimpregnasikan dalam penyangga dan diuji dengan AAS (ICPS) untuk menentukan persen logam aktif dalam katalis. Konversi syngas menjadi dimethyl ether dilaksanakan dalam reaktor unggun tetap dengan kondisi; perbandingan mol $\text{H}_2/\text{CO}=2/1$; kecepatan aliran total 80-183 ml/menit (diukur pada tekanan 1 atm dan 30°C); suhu reaksi $220\text{-}300^\circ\text{C}$; berat katalis 3 gram dan tekanan 30 bar. Diameter dalam reaktor 9 mm terbuat dari pipa kaca pyrex panjang reaktor 300 mm. Pipa kaca pyrex diperkuat dengan pipa stainless steel dengan diameter 12,7 mm di bagian luarnya. Reaktor dilengkapi dengan jaket pemanas dari kawat nikelin 750 watt. Peralatan untuk konversi syngas menjadi DME disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian Alat Konversi Gas sintesis Menjadi Dimethyl Ether

Konversi gas sintesis menjadi dimethyl ether dilaksanakan dalam reaktor unggun tetap bertekanan dengan kondisi; perbandingan mol $\text{H}_2/\text{CO}=2/1$; kecepatan aliran total bervariasi (diukur pada tekanan 1 atm); suhu reaksi $240\text{-}300^\circ\text{C}$; berat katalis 1 gram, dan tekanan 40 bar. Diameter dalam reaktor 10 mm terbuat dari stainless steel panjang reaktor 300 mm. Reaktor dilengkapi dengan jaket pemanas dari kawat nikelin 750 watt. Produk reaksi yang berupa gas diuji dengan alat Gas Chromatography. (GC) dengan kolom tipe packing MS 5A dengan detector TCD untuk menganalisis CO dan H_2 . GC dengan tipe packing Porapaq-Q dengan detector FID untuk menganalisis DME, metana dan penyusun lain yang terbentuk. Hasil analisis dengan kedua alat GC ditunjukkan dalam kromatogram, dan ini digunakan untuk menghitung komposisi baik umpan maupun produk reaksi serta konversi reaksi CO dan selektivitas DME.

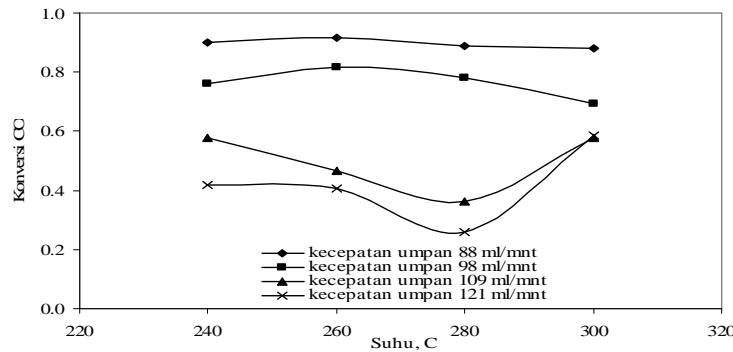
3. Hasil dan diskusi

Hasil uji konversi disajikan dalam Tabel 1 dan 2 serta diperjelas dengan Gambar 5, 6, 7 dan 8.

Tabel 1. Hubungan Suhu Terhadap Konversi CO dan Selektivitas DME

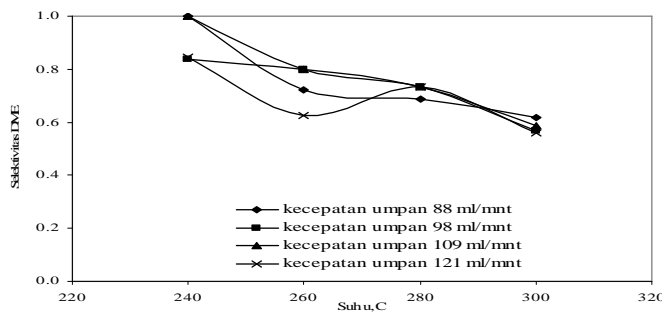
Suhu. C	Kecepatan Alir Umpan, ml/men							
	88		98		109		121	
	Konversi CO.	Selektivitas DME.	Konversi CO.	Selektivitas DME.	Konversi CO.	Selektivitas DME.	Konversi CO.	Selektivitas DME.
240	0,9008	1,0000	0,7595	0,8382	0,5793	1,0000	0,4168	0,8443
260	0,9176	0,7228	0,8149	0,7996	0,4665	0,7994	0,4057	0,6257
280	0,8881	0,6874	0,7818	0,7346	0,3633	0,7345	0,2573	0,7349
300	0,8813	0,6190	0,6930	0,5678	0,5769	0,5876	0,5839	0,5608

Dari Tabel 1. dapat dibuat gambar hubungan antara suhu terhadap konversi CO untuk berbagai kecepatan aliran umpan sebagai berikut.



Gambar 6. Hubungan antara suhu terhadap konversi CO untuk berbagai kecepatan umpan

Dari Tabel 1. dan Gambar 6. terlihat bahwa untuk suhu tertentu makin tinggi kecepatan aliran dari 88-121 mL/menit. maka konversi reaksi semakin kecil. Hal ini disebabkan karena makin tinggi kecepatan umpan, waktu tinggal reaktan dalam katalis makin singkat, sehingga kesempatan reaktan untuk teradsorpsi oleh katalis dan bereaksi membentuk produk juga makin kecil. Dengan demikian konversi CO juga makin kecil. Untuk kecepatan rendah konversi pada suhu rendah (240°C) lebih tinggi daripada konversi pada suhu yang lebih tinggi hal ini terkait dengan sifat termodinamik bahwa untuk reaksi pembentukan DME bersifat eksotermis di mana makin tinggi suhu maka konversi reaksi makin rendah. Pada kecepatan 109-121 ml/menit pada suhu 240-280°C, konversi CO mengalami penurunan hal ini sesuai dengan sifat termodinamika kesetimbangan. Akan tetapi pada 280-300°C konversi juga mengalami kenaikan; hal ini disebabkan bahwa pada suhu tinggi peluang untuk terjadinya reaksi samping pembentukan CH₄ semakin besar sehingga konversi CO total

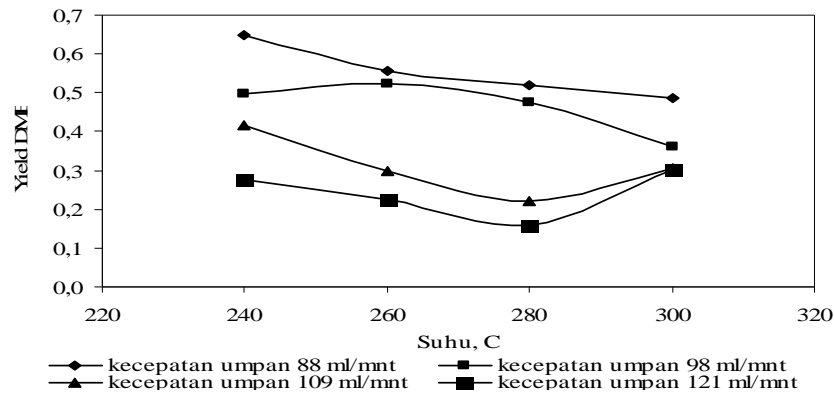


Gambar 7. Hubungan antara suhu terhadap selektivitas DME untuk berbagai kecepatan umpan

meningkat. Dari Tabel 1. dapat juga dibuat Gambar 7 hubungan antara suhu terhadap selektivitas DME Dari Gambar 7. terlihat bahwa secara keseluruhan selektivitas DME akan menurun dengan meningkatnya suhu. Hal ini disebabkan pada suhu yang semakin tinggi juga terjadi reaksi samping yaitu $\text{CO} + 3\text{H}_2 \leftrightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$. Dengan demikian selektivitas akan menurun pada suhu tinggi. Hubungan antara suhu dengan yield DME disajikan dalam Tabel 2. dan Gambar 8 di bawah ini. Dari Tabel 2. dan Gambar 8 dapat ditentukan kondisi reaksi yang relatif baik yaitu suhu 240°C dan kecepatan umpan = 88 ml/menit dengan yield tertinggi = 0,6488.

Tabel 2. Hubungan Antara Suhu Terhadap Yield DME Untuk Berbagai Kecepatan Aliran Umpan

Suhu, C	Kecepatan Aliran Umpan, ml/mnt			
	88	98	109	121
240	0,6488	0,4989	0,4172	0,2748
260	0,5545	0,5216	0,2985	0,2249
280	0,5211	0,4770	0,2216	0,1570
300	0,4854	0,3616	0,3076	0,3022



Gambar 8. Hubungan Antara Suhu Terhadap Yield DME Untuk Berbagai Kecepatan Aliran Umpan

4. Kesimpulan

1. Katalis yang telah dipreparasi dan berhasil untuk mengkonversi gas sintesis menjadi DME adalah Cu-Zn-Al/ γ - Al_2O_3 dengan loading: Cu=11%, Zn=1,74% dan Al=2,0%.
2. Kondisi proses yang relatif baik untuk konversi syngas dengan perbandingan mol $\text{CO}/\text{H}_2=1/2$ sebagai berikut: pada suhu 240°C , tekanan 40 bar, dan kecepatan volumetris umpan=88 ml/menit (diukur pada 30°C dan 1 atm) dicapai konversi CO = 0,9008, selektivitas DME=1 dan yield DME=0,6488.

Daftar Pustaka

- BP Migas, 2005, "Laporan Sumber Daya Energi Tahun 2004", BP. Migas, Jakarta
- Cheng, W. and Kung, H.H., 1994, "Methanol Production and Use", pp.1-132, Marcel Dekker Inc., New York
- Priyanto, U. dan Bakri, SK., 2002, "Peranan Gas Batubara Sebagai Sumberdaya Energi di Indonesia pada Abad 21", Prosiding SNTI XI Paradigma Baru Energi di Era Pasar Bebas, FTI ITS, Surabaya
- Pudjaatmaka, A.H. dan Qodratillah, M.T., 1999, "Kamus Kimia", hlm. 773, Balai Pustaka. Jakarta
- Shikada, et al., (2000), "Method and Apparatus for Producing Dimethyl Ether". US Patent 6147125, New York
- Susanto, Suwarna, N., dan Panggabean, H., (2004), "Potensi Energi Fossil Fuel dan Energi Alternatif Pangganti di Indonesia", Mineral dan Energi, Vol.2, No.4., pp.22-30,
- Yusgiantoro, P., (2005), "Kebijakan Energi Nasional", Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia, Jakarta