

ISSN : 1410-5667

Prosiding Seminar Nasional

FUNDAMENTAL dan APLIKASI TEKNIK KIMIA 2004

Surabaya, 7-8 Desember 2004



Diselenggarakan oleh :

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

bekerjasama dengan :
Himpunan Mahasiswa
Teknik Kimia FTI-ITS

PROSIDING

Seminar Nasional

Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia 2004

Editor :

Prof.Ir. Renanto Handogo, M.Sc., Ph.D.

Dr.Ir. A. Roesyadi, DEA.

Dr.Ir. Mahfud, DEA.

Dr.Ir. Sumarno, M.Eng.

Dr.Ir. Gede Wibawa, M.Eng.

Diterbitkan oleh Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Copyright©2004, 2003, 2002, 2001, 2000, 1999, 1998, 1997 oleh Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia.

ISSN : 1410-5667

PROSIDING

Seminar Nasional

Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia 2004

Editor :

Prof.Ir. Renanto Handogo, M.Sc., Ph.D.

Dr.Ir. A. Roesyadi, DEA.

Dr.Ir. Mahfud, DEA.

Dr.Ir. Sumarno, M.Eng.

Dr.Ir. Gede Wibawa, M.Eng.



Diterbitkan oleh Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Copyright©2004, 2003, 2002, 2001, 2000, 1999, 1998, 1997 oleh Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia.

ISSN : 1410-5667

- KR13 "Kinetika Reaksi Pembuatan Asam Oksalat dari Alang-Alang (*Imperata Cylindrica* (L) Beauv)"
Murni Y, David H. F. Wijayanto
Jurusan Teknik Kimia IST AKPRIND JOGJAKARTA
- KR15 "Pemanfaatan Tongkol Jagung Sebagai Bahan Baku Pembuatan Furfural Dengan Katalisator HCl"
Bambang Kusmartono, Muslikan
Jurusan Teknik Kimia, FTI-IST AKPRIND Jogjakarta
- KR16 "Kekuatan Asam Katalis dan Pengaruhnya Terhadap Jenis Reaksi Katalisis Asam Yang Terjadi Pada Trigliserida"
M. Nasikin dan S. Chitra
Program Studi Teknik Kimia, Departemen Teknik Gas dan Petrokimia, Universitas Indonesia
- KR17 "Pemanfaatan Silikat Dari Abu Sekam Padi (Rha) Untuk Reaksi Perengkahan Dan Aromatisasi"
Iswahyudi, Joko Susanto dan Didi Dwi Anggoro
Laboratorium Rekayasa Proses, Jurusan Teknik Kimia, FT-UNDIP
- ✓ KR18 "Pengaruh Logam-logam Dalam Katalis Cu-Zn-Al/ γ -Al₂O₃ Pada Konversi Gas Sintesis Menjadi Dimethyl Ether"
Achmad Roesyad⁽¹⁾, Mahfud⁽¹⁾, Suratno Lourentius⁽²⁾, Yeni Widinastuti⁽¹⁾ dan Evelyn Yulicia⁽¹⁾
⁽¹⁾Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
⁽²⁾Mahasiswa Program S₃ ITS dan Staf Jurusan Teknik Kimia UKWM Surabaya ✓

PENGEMBANGAN MATERIAL BARU

- MB01 "Analisa Kegagalan *Transfer Line Primary Reformer Effluent Chamber* 107-D Pabrik Amoniak Kaltim 2"
Posma M Pakpahan, Wildan Hamdani, dan Farahirazy Albiruni
Biro Inspeksi Teknik PT. Pupuk Kalimantan Timur, Tbk.
- MB02 "Pembuatan Dan Karakterisasi Membran Reaktor Zeolit"
Hens Saputra, Mochamad Rosjidi dan Anwar Mustafa
Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Industri Proses BPPT
- MB03 "Pengembangan Material Recycle Mdp (Middle Density Polyetylen) Sebagai Bahan Material Komposit Kayu (Tinjauan Terhadap Sifat Mekanis)"
Hendro Sat Setijo Tomo, Wawas Swathatafrijiah, M. Fatich Asror, Saeful Rochman
Balai Pengkajian Teknologi Polimer, BPP Teknologi, Puspiptek
- MB04 "Kajian Awal Pemanfaatan Clay Sebagai Filler Pada Metal Foam Open Cell Net"
Moh. Hamzah, Hens Saputra, Moch. Rosyidi
Staf Peneliti Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
- MB05 Sintesis Keramik Zirkonia Sebagai Material Biokeramik
Priyo Sardjono dan Erfin Y Febrianto
Kelompok Keramik & Gelas PPF- LIPI
- MB06 "Pembuatan Membran Dialisis dengan Bahan Lokal"
Kris Tri Basuki dan Imam Prayogo
Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Maju - BATAN
- MB07 "Analisa Termal Untuk Mengungkap Anomali Dan Degradasi Material Beton"
Amir Partowiyatmo
Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur - BPPT
- MB08 "Kopolimerisasi Graf Dari *Polyacrylamide* Pada *Starch* Dan Karakteristik Flokulasinya"
Ira Nurmasari, Any Sulistio, Sofia Silvanita, Sumarno
Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS
- MB09 "Pengaruh Perubahan Kristalinitas karena Temperatur dan Nitrogen Terlarut Terhadap Struktur Sel pada Pemrosesan Polipropilen Mikroسلuler"
Deddy Setyo Pribadi, Hary Dwi Widodo, Sumarno
Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS
- MB10 "Pengaruh Komposisi Polyol terhadap Properti dan Struktur Foam Fleksibel Polyurethane"
Herny Astuti, GAM Sri Budhayanti, Sumarno
Jurusan Teknik Kimia FTI ITS
- MB11 "Development of non-noble metal catalytic filter for the abatement of diesel particulate emissions"
Agus Setiabudi⁽¹⁾, Achmad Hanafi S, Wuryaningsih S.R, Blasius Hangkoso
⁽¹⁾Program Studi Kimia UPI, Peneliti tamu pada PP Kimia LIPI, Serpong
Team Riset Unggulan Terpadu Internasional (RUTI); LIPI-UPI-DUT
- MB12 "Pemanfaatan Limbah Serat Sagu Sebagai Bahan Komposit Panel"
Saeful Rohman, Hendro Sat Setijo Tomo dan Heru Santoso
Sentra Teknologi Polimer, PUSPIPTEK



Pengaruh Logam-logam Dalam Katalis Cu-Zn-Al/ γ -Al₂O₃ Pada Konversi Gas Sintesis Menjadi Dimethyl Ether

Achmad Roesyadi⁽¹⁾, Mahfud⁽¹⁾, Suratno Lourentius⁽²⁾, Yeni Widinastuti⁽¹⁾ dan Evelyn Yulicia⁽¹⁾

⁽¹⁾Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, Telp./Fax : (031)5995273; e-mail: jtk-its@idola.net.id

⁽²⁾Mahasiswa Program S₃ ITS dan Staf Jurusan Teknik Kimia UKWM Surabaya

Jl. Kalijudan 37 Surabaya Telp.: (031)3891264; Fax.(031)3891267, e-mail:ratno@mail.wima.ac.id

Abstrak

Dengan menipisnya cadangan dan produksi migas nasional, perlu dicari usaha untuk mengatasinya. Kini dikembangkan penelitian dengan bahan baku gas alam untuk diubah menjadi yaitu dimethyl ether (DME) yang setara dengan LPG. Sebelum disintesa, gas alam dikonversi terlebih dahulu membentuk gas sintesis (syngas). Katalis Cu-Zn-Al/ γ -Alumina dipreparasi secara impregnasi. Konversi syngas dilaksanakan dalam reaktor unggun tetap dengan kondisi: perbandingan mol hidrogen terhadap karbon monoksida, H₂/CO=2/1, kecepatan aliran 98-120 ml/menit, suhu reaksi 240-300^oC; berat katalis 3 gram dan tekanan 4 MPa. Disimpulkan bahwa untuk katalis Cu-Zn-Al/ γ -Alumina (8%Cu) pada kecepatan aliran umpan rendah (88 dan 98) konversi meningkat dengan meningkatnya suhu, sedangkan untuk kecepatan tinggi 109 ml/menit konversi menurun. Disamping itu selektivitas menurun dengan meningkatnya suhu. Untuk katalis Cu-Zn-Al/ γ -Alumina (11%Cu) konversi relatif tetap dengan meningkatnya suhu untuk berbagai kecepatan aliran gas. Selain itu selektivitas menurun dengan meningkatnya suhu. Katalis Cu/Zn/Al/ γ -Alumina relatif baik.

Kata kunci: gas alam, syngas, konversi, katalis, dimethylether

1. Pendahuluan

Selama kurun waktu 5 tahun terakhir produksi minyak bumi di Indonesia cenderung menurun dan berkisar dari 1,5 menjadi 1,4 juta barrel per hari (termasuk kondensat dan NGL), sedangkan konsumsi minyak bumi cenderung meningkat berkisar dari 0,9 menjadi 1 juta barrel per hari. Penurunan produksi tersebut dikarenakan penurunan produksi sumur-sumur minyak yang sudah cukup tua. Berbagai usaha telah dilakukan untuk mengkompensasi penurunan produksi tersebut antara lain: mengeksplorasi sumur-sumur minyak yang cadangannya relatif kecil. Proyek-proyek eksplorasi tersebut misalnya: proyek minyak lepas pantai Kalimantan Timur, Natuna Barat dan Jawa Timur; yang kesemuanya diharapkan dapat berproduksi sebelum tahun 2004. Akan tetapi dengan selesainya proyek-proyek minyak tersebut, tidak akan meningkatkan produksi minyak secara nyata (signifikan). Di lain pihak, konsumsi minyak bumi menunjukkan kecenderungan meningkat, yang pada gilirannya membawa Indonesia menjadi Negara pengimpor minyak pada 10 tahun mendatang (Priyanto dan Bakri, 2002). Cadangan gas alam dan batu bara yang dimiliki Indonesia cukup besar sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Pemanfaatan Gas alam sebagai salah satu jenis bahan bakar yang dapat diterapkan pada berbagai sektor yaitu pembangkit listrik, bahan bakar industri, rumah tangga dan transportasi sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 2. Pemanfaatan gas alam 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 Timur), ladang-ladang kecil di pantai Jawa, lepas pantai Kangean Jawa Timur, sejumlah tempat di Papua dan Natuna (Priyanto dan Bakri, 2002).

Tabel 1. Potensi Sumber Daya Energi

Sumberdaya Energi	Potensi (reserve)	R/P tahun 2002 ¹⁾
Minyak bumi	5 (milyard bbl)	10,1
Gas Alam	92,5 (TCF)	41,6
Batubara	5370 (juta ton)	58,0

1) R/P: rasio reserve terhadap produksi

Metode pengangkutan Gas alam umumnya dengan sistem perpipaan atau dalam bentuk cair yang diangkut dengan kapal tangker. Oleh karena gas alam ditambang dalam fase gas, gas alam lebih sulit ditransportasikan daripada minyak bumi atau batubara. Sistem perpipaan adalah salah satu pilihan model transportasi, akan tetapi penyaluran gas lewat perpipaan dari ladang gas ke konsumen adalah cukup mahal terutama bila melalui jarak yang cukup jauh. Hal tersebut selain tidak ekonomis juga rawan terhadap keamanan penyediaannya. Penjualan gas alam dalam fase cair (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.

Tabel 2. Pemanfaatan Gas Alam (juta SCF)

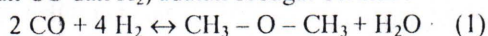
	2000	2001
Produksi kotor	2.901.302	2.807.150
Gas Injection	78.653	67.250
Gas Lift	181.740	178.432
Fuel Gas	157.238	152.677
Dipasarkan		
LNG Plants	1.588.512	1.489.935
Export	---	31.967
Electricity	223.564	222.271
Fertilizer Plants	214.428	181.449
City Gas	62.561	86.295
Petrochemicals	40.750	48.692
Oil/LPG	44.876	42.244
Cement plants	2.822	3.420
Others	157.990	148.540
Subtotal	2.335.503	2.253.325
Flared and losses	169.750	179.371

Pemanfaatan teknologi *Gas-to-Liquid* (konversi gas alam ke gasoline) (*GTL*) dan konversi gas alam ke dimethyl ether (DME) dapat meningkatkan pemanfaatan gas alam. Teknologi tersebut dapat sangat sesuai jika diterapkan di tempat terpencil yang tidak ekonomis untuk sistem perpipaan atau LNG. Sifat-sifat yang dimiliki DME hampir sama dengan sifat-sifat yang dimiliki LPG dengan panas pembakaran 31,75 MJ/kg. Pada masa mendatang, DME dapat mensubstitusikan minyak bumi di sektor transportasi dan rumah tangga (LPG) dengan harga yang cukup kompetitif sebagaimana dilaporkan oleh EIA (2002) dalam Tabel 3.

Tabel 3 Perbandingan Harga Berbagai Bahan Bakar

Fuel	Present CIF Price (US Cents/Mcal)	Future CIF Price (US Cents/Mcal)
Crude Oil	1.89	2.1 (2005)
LNG	1.87	2.5 (2005)
LPG	3.5	High
Gas Oil	2.71	---
Gasoline	2.58	---
Methanol	3.4	---
DME	---	2.3 (2005)
GTL(gasolin)	---	3.46
Steam Coal	0.92	1.0 (2005)

Reaksi pembentukan DME dan syngas (campuran CO dan H₂) adalah sebagai berikut :



Dalam permasalahan ini peneliti melakukan penelitian untuk mencari formulasi katalis yang relatif baik dalam konversi syngas menjadi DME, yang nantinya akan memberikan konversi syngas dan selektivitas DME yang relatif baik. Reaksi tersebut berlangsung dalam fase gas dengan panas reaksi dan energi bebas Gibbs pada 600^oK adalah $\Delta H_{600\text{K}} = -35,31 \text{ kJ/mole}$ dan $\Delta G_{600\text{K}} = +79,97 \text{ kJ/mol}$. Terdapat beberapa publikasi hasil penelitian tentang konversi syngas membentuk DME antara lain sebagaimana tersebut berikut. Sofianos dan Scurrill (1991) telah melakukan sintesis syngas menjadi DME dengan katalis Zn-Al/ γ -Al₂O₃ dengan metode preparasi coprecipitated. Dari penelitian tersebut dilaporkan bahwa konversi tertinggi CO adalah (55-60)% pada tekanan 4 Mpa, suhu 300^oC, rasio mol umpan H₂:CO=2:1 dan GHSV=16.000 jam⁻¹.

Li dkk. (1996) telah melakukan sintesa syngas menjadi DME dengan katalis CuO-ZnO/ γ -Al₂O₃

sebagai katalis hybrid yang dipreparasi dengan berbagai metode. Dari penelitian tersebut dilaporkan bahwa dengan metode preparasi Coprecipitation Cu-Zn dengan Na₂AlO₂, tekanan 3 Mpa, suhu 270^oC, GHSV=2000 h⁻¹ dan rasio mol H₂/CO/CO₂=64/31/5 dicapai yield DME 43,7% dan konversi CO 63,8%.

Pada tahun 1998, Ge dkk meneliti peran CuO-ZnO-Al₂O₃ sebagai katalis yang dipersiapkan dengan bermacam-macam metode prparasi dan penyangga. Dari kegiatan tersebut ditemukan bahwa CuO-ZnO-Al₂O₃/HZMS-5 dan CuO-ZnO-Al₂O₃/HSY dengan metode Co-precipitating sedimentation merupakan katalis dengan unjuk kerja terbaik. Dengan katalis tersebut pada kondisi operasi reaktor suhu=290^oC, tekanan=4 Mpa, GHSV=1500 h⁻¹ dan rasio mol umpan H₂/CO=2 serta CO₂=5% dicapai konversi CO=89% dan selektivitas DME=99%.

Takeguchi dkk. (2000) mempelajari pengaruh sifat asam padat terhadap konversi syngas-to-DME (STD) pada bermacam-macam katalis hybrid", melaporkan bahwa katalis yang tersusun dari katalis sintesis metanol dan silica-alumina yang kaya silica menunjukkan yield yang tinggi 55,5% dengan selektivitas 93,5% dimethyl ether (DME). Metode preparasi yang digunakan adalah *uniform-gelation method*. Kondisi operasi pada reaktor 270^oC, 5 MPa, GHSV = 4200 h⁻¹ dengan ratio umpan : H₂/CO/CO₂ = 67/30/3 (% mol).

Omata dkk. (2002) mempelajari Sintesis DME pada tekanan rendah dengan hybrid katalis berbasis Cu dengan gradient temperatur reaktor" mendapatkan konversi tertinggi CO menjadi DME adalah 90 % pada kondisi operasi (1-5) Mpa dan (498-550 °K) dengan metode preparasi oxalate-ethanol method. Selanjutnya, Sun dkk. (2003) telah mempelajari sintesis langsung dimethyl ether dengan katalis bifungsional. Metode preparasi katalis yang diterapkan Kondisi operasi yang diterapkan *coprecipitating sedimentation method*. Kondisi operasi unjuk kerja katalis yaitu komposisi umpan 30% CO, 3% CO₂ dan 67% H₂ dan kondisi reactor 3 MPa, 250 °C dan space velocity (SV) = 1.500 jam⁻¹.

Katalis yang dipakai untuk konversi syngas menjadi DME merupakan katalis padat yang tersusun dari penyangga dan logam-logam aktif yang terimpregnasi dipermukaannya. Logam-logam yang biasa digunakan antara lain tembaga, seng, dan aluminium. Katalis yang dipakai untuk konversi syngas menjadi DME merupakan katalis padat yang tersusun dari penyangga dan logam-logam aktif yang terimpregnasi dipermukaannya. Logam-logam yang biasa digunakan antara lain Cu, Zn, dan Al.

2. Metodologi Penelitian

Sebagai bahan penyangga adalah gamma alumina (γ -Al₂O₃) karena bahan ini memiliki luas permukaan spesifik tinggi sekitar 180 m²/gram dan tahan pada suhu tinggi. Sebagai logam aktif adalah logam Cu, Zn dan Al yang ketiganya berasal dari garam nitratnya Cu (NO₃)₂.3H₂O, Zn(NO₃)₂.6 H₂O. Dan Al(NO₃)₃.9H₂O Gas-gas yang dibutuhkan sebagai reaktan hidrogen (H₂) grade UHP, karbon

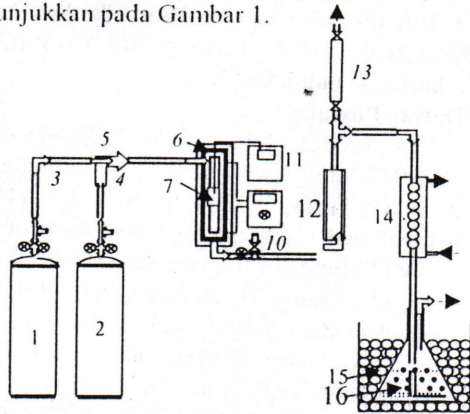
monoksida (CO) grade HP dan nitrogen (N₂) grade HP. Penelitian dilakukan melalui 2 tahap : preparasi katalis dan uji konversi syngas

Tahap Preparasi Katalis;

Preparasi katalis dilakukan dalam 4 tahap, yaitu :
 (1).Tahap Impregnasi; mencampurkan larutan kupri nitrat dan seng nitrat dengan konsentrasi dan volum tertentu ke dalam larutan yang mengandung γ - Al₂O₃ tertentu selanjutnya diaduk pada suhu kamar selama 1jam; (2).Tahap Pengeringan; Campuran diuapkan dalam *water bath* pada T = 80°C sambil diaduk sampai terbentuk pasta pasta dikeringkan dalam *oven* pada T = 120°C selama 4 jam; (3).Tahap Kalsinasi; padatan hasil pengeringan selanjutnya dikalsinasi pada T = 350°C selama ± 6 jam sambil dialiri gas N₂ sebagai media pembawa sisa asam gas NO₂ dengan kecepatan 100ml/menit; (4).Tahap Reduksi, Padatan hasil kalsinasi selanjutnya dialiri dengan gas H₂ dengan kecepatan 100ml/menit pada T = 230°C selama 4 jam. Reduksi dimaksudkan untuk mengubah oksid logam menjadi logam aktif.

Tahap uji konversi syngas

Peralatan untuk konversi syngas menjadi DME ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Alat Konversi Syngas Menjadi DME
 Keterangan Gambar

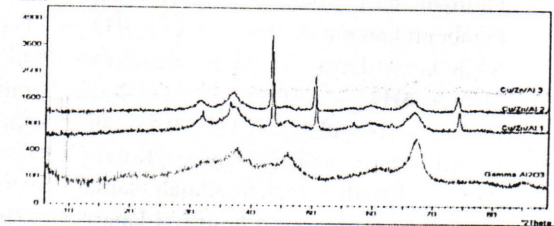
- | | |
|--------------------------------------|---------------------|
| 1. Tabung gas CO | 9. Safety valve |
| 2. Tabung gas hidrogen | 10. Indikator suhu |
| 3. Metering Valve gas CO | 11. Pengendali suhu |
| 4. Metering Valve gas H ₂ | 12. Rotameter |
| 5. Pencampur gas H ₂ & CO | 13. Tabung sampler |
| 6. Reaktor | 14. Pendingin Bola |
| 7. Tempat katalis | 15. Ice Bath |
| 8. Indikator tekanan | 16. Penyerap gas |

Konversi syngas menjadi DME dilaksanakan dalam reaktor unggun tetap bertekanan dengan kondisi; perbandingan mol H₂/CO=2/1; kecepatan aliran total bervariasi (diukur pada tekanan 1 atm); suhu reaksi 240-300°C; berat katalis 1 gram, dan tekanan 40 bar. Diameter dalam reaktor 10 mm terbuat dari *stainless stell* panjang reactor 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 H₂. 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 khromatogram, dan ini digunakan untuk menghitung komposisi baik

umpan maupun produk reaksi serta konversi reaksi CO dan selektivitas DME.

3. Hasil dan diskusi

Pada gambar 2 ditampilkan difraktogram katalis Cu-Zn-Al₃/γ- Al₂O₃. Keberadaan logam Cu ditunjukkan oleh puncak-puncak pada sudut 2θ berturut-turut adalah 43,35° dengan IR =100%; 50,46° dengan IR = 40,02%; dan 73,97° dengan IR = 14,72%. Keberadaan logam Zn terdapat dalam bentuk Zincite (ZnO) ditunjukkan oleh puncak pada sudut 2θ adalah 32,05° dengan IR = 18,04%; 36,54°



Gambar 2. Difraktogram Katalis-katalis Cu-Zn-Al/γ- Al₂O₃ dengan IR = 33,21% dan 66,24° dengan IR = 15,36%. Selain itu keberadaan logam Al terdapat dalam bentuk Al₂O₃ ditunjukkan oleh puncak pada sudut 2θ adalah 32,38° dengan IR = 26,22%; 39,01° dengan IR = 23,64%; 50,46° dengan IR = 40,02%; dan 66,24° dengan IR = 15,36%. Dari uji AAS tipe ICPS (Inductively Coupled Plasma Spectrometer), katalis ini memiliki persen loading Cu = 9,49%; Zn = 2,70% dan Al = 4,42%. Untuk katalis lainnya persen loading logam-logam ditabelkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Persen Loading Katalis Cu-Zn-Al/γ- Al₂O₃

Jenis Katalis	Persen Loading Cu,%	Persen Loading Zn,%	Persen Loading Al,%
Cu-Zn-Al1/γ-Al ₂ O ₃	8,11	1,98	0,99
Cu-Zn-Al2/γ-Al ₂ O ₃	11	1,74	2,0
Cu-Zn-Al3/γ-Al ₂ O ₃	9,49	2,7	2,9

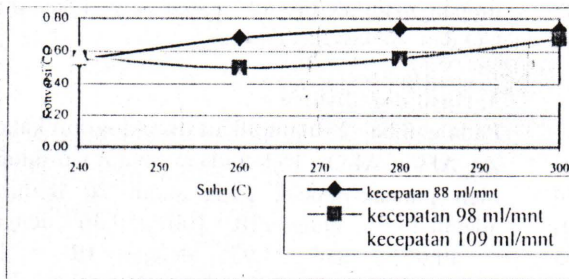
Dua dari ketiga katalis tersebut yang berhasil diuji dan hasilnya diuraikan di bawah ini:

Hasil Uji Kinerja Katalis Cu-Zn-Al1/γ-Al₂O₃. Kondisi reaksi untuk uji katalis ini, suhu berkisar dari 240-300°C, tekanan 40 Bar dan kecepatan aliran gas berkisar 88-109 ml/menit diukur pada tekanan 30°C dan 1 Bar. Hubungan antara suhu terhadap konversi dan selektivitas untuk berbagai kecepatan gas disajikan dalam Tabel 5 dan Gambar 3 di bawah ini.

Tabel 5. Hubungan Suhu Terhadap Konversi CO dan Selektivitas DME (Cu-Zn-Al1/γ-Al₂O₃)

Suhu,C	Kecepatan Alir Produk,ml/men					
	87,86		97,68		108,6	
	Kon-versi,	Selek-tivitas	Kon-versi	Selek-tivitas	Kon-versi,	Selek-tivitas,
240	0,570	1,00	0,558	0,871	0,542	1,0
260	0,682	0,776	0,497	0,807	0,426	0,815
280	0,736	0,688	0,556	0,692	0,487	0,645
300	0,731	0,536	0,679	0,532	0,400	0,526

Dari Tabel 5 dan Gambar 3 terlihat bahwa makin tinggi suhu, selektivitas DME makin kecil. Hal ini disebabkan adanya reaksi samping pembentukan metana pada suhu tinggi.



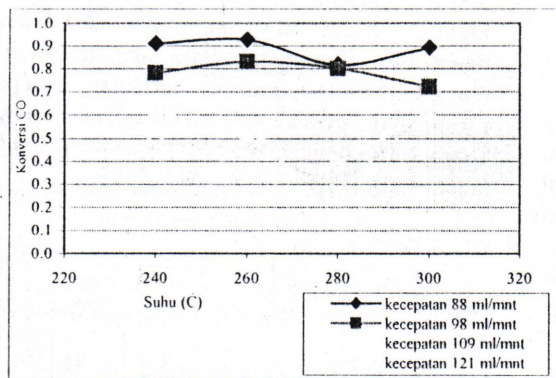
Gambar 3. Hubungan antara suhu terhadap konversi untuk katalis Cu-Zn-Al11/γ-Al₂O₃)

Ditinjau dari nilai ΔG pembentukan, nilai ΔG pembentukan untuk reaksi : $\text{CO} + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$ lebih kecil daripada ΔG pembentukan untuk reaksi $2\text{CO} + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$. Ini berarti bahwa peluang terbentuknya CH₄ pada suhu tinggi juga makin besar. Hasil Uji Kinerja Katalis Cu-Zn-Al12/γ-Al₂O₃ Kondisi reaksi adalah sama dengan yang dilaksanakan untuk uji konversi katalis Cu-Zn-Al11/γ-Al₂O₃. Hasil uji konversi ditunjukkan dalam Tabel 6 dan Gambar 5. Dari Tabel 6 dan Gambar 4 terlihat bahwa untuk suhu tertentu makin tinggi kecepatan aliran dari 88-121 mL/menit, maka konversi reaksi semakin kecil. Hal ini disebabkan karena makin rendah kecepatan gas, waktu tinggal reaktan dalam katalis makin besar sehingga kesempatan reaktan untuk teradsorpsi oleh katalis dan bereaksi membentuk produk juga makin besar.

Tabel 6. Hubungan Suhu Terhadap Konversi CO dan Selektivitas DME (Cu-Zn-Al12/γ-Al₂O₃)

Suhu °C	Kecepatan Alir Produk, ml/men							
	87,86		97,68		108,6		120,77	
	Konversi	Selektivitas	Konversi	Selektivitas	Konversi	Selektivitas	Konversi	Selektivitas
240	0,910	1,000	0,781	0,838	0,617	1,000	0,470	0,844
260	0,926	0,940	0,832	0,800	0,515	0,799	0,460	0,626
280	0,910	0,539	0,802	0,735	0,421	0,735	0,325	0,735
300	0,926	0,805	0,721	0,568	0,615	0,588	0,622	0,561

Dengan demikian konversi reaksi juga makin besar. Untuk kecepatan rendah konversi pada suhu rendah (240°C) lebih tinggi daripada konversi pada suhu tinggi hal ini terkait dengan sifat termodinamik



Gambar 4. Hubungan antara suhu terhadap konversi untuk katalis Cu-Zn-Al12/γ-Al₂O₃

bahwa untuk reaksi pembentukan DME bersifat eksotermis di mana makin tinggi suhu maka konversi reaksi makin rendah. Pada kecepatan 98-109 mL/menit pada suhu 240-280°C konversi 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 pengaruh kecepatan aliran gas yang besar terkait dengan kecepatan transfer reaktan ke katalis yang lebih dominan dibandingkan dengan pengaruh kesetimbangan termodinamik. Secara keseluruhan selektivitas akan menurun dengan meningkatnya suhu hal ini disebabkan pada suhu yang makin 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. Bila dibandingkan berdasarkan konversi dan selektivitas secara keseluruhan dari kedua katalis tersebut maka katalis Cu-Zn-Al12/γ-Al₂O₃ katalis dengan kandungan Cu lebih besar memiliki unjuk kerja yang lebih baik.

4. Kesimpulan

1. Untuk katalis Cu-Zn-Al11/γ-Al₂O₃ pada kecepatan aliran rendah (88 dan 98) konversi reaksi meningkat dengan meningkatnya suhu, tetapi untuk kecepatan tinggi 109 ml/mnt konversi reaksi menurun;
2. Untuk katalis Cu-Zn-Al12/γ-Al₂O₃ konversi reaksi relatif tetap dengan meningkatnya suhu untuk berbagai kecepatan aliran gas;
3. Bila dibandingkan berdasar nilai konversi CO dan selektivitas DME, maka katalis Cu-Zn-Al12/γ-Al₂O₃ relatif baik unjuk kerjanya.

Daftar Pustaka

1. EIA, (2002), "International Energy Outlook 2002", <http://www.eia.doe.gov/oiaf/index.html>
2. Ge, Q., Huang, Y., Qui, F., and Li, S. (1998), "Bifunctional Catalysts for Conversion of SynGas to DME", *Applied Catalysis A General*, 167, hal 23-30
3. Li, J.L, Zhang, XG and Inui, T. (1996), "Improvement in the Catalyst Activity for Direct Synthesis of DME from SynGas Through Enhancing the Dispersion of CuO/ZnO/γ-Al₂O₃ in Hybrid Catalysts", *Applied Catalysis A: General*, 147, hal 23-33
4. Omata, K., Watanabe, Y., Umegaki, T., Ishguro, G., Yamada, M. (2002), "Low Pressure DME Synthesis With Cu-Based Hybrid Catalysts Using Temperature Gradient Reactor", *Fuel*, 81, hal 1605-1609
5. 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*, 22-23 Oktober 2002
6. Sofianos, AC. and Scurrel, M.S., (1991), "Conversion of Synthesis Gas to DME over Bifunctional Catalytic Systems", *Ind. Eng. Chem. Res.* 30, hal 2372-2378
7. Sun, K., Lu, W., Qui, F., Liu, S., Xu, X., (2003), "Direct Synthesis of DME over Bifunctional Catalysts Surface Properties and Catalytic Performance"; *Applied Catalysis A, General* 252, hal 243-249
8. Takeguchi, T., Yanagisawa, K., Inui, T. and Inoue, M., (2000), "Effect of The Property of Acid Upon Syngas-to-DME Conversion on Hibrid Catalysts of Cu-Zn-Ga and Solid Acids", *Applied Catalysis A, General*, 192, hal 201-209