



## Oksidasi Parsial Metana Menjadi Metanol dan Formaldehida Menggunakan Katalis $\text{CuMoO}_3/\text{SiO}_2$ : Pengaruh Rasio Cu:Mo, Temperatur Reaksi dan Waktu Tingga

Husni Husin, Lia Mairiza, Zuhra

Laboratorium Teknik Reaksi Kimia dan Katalisis

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7 Darussalam, Banda Aceh - 23111, Indonesia

e-mail: husni\_husin2002@yahoo.com

### Abstrak

Oksidasi parsial metana menjadi metanol dan formaldehida menggunakan katalis tembaga molybdenum oksida berpenyangga silica ( $\text{CuMoO}_3/\text{SiO}_2$ ) telah dilakukan. Preparasi katalis dilakukan dengan metode impregnasi. Hasil identifikasi dengan XRD menunjukkan bahwa komponen katalis terdiri dari senyawa  $\text{MoO}_3$ ,  $\text{CuO}$ , dan  $\text{SiO}_2$ . Uji kinerja katalis dilangsungkan dalam reactor pipa lurus berunggun tetap, beroperasi pada temperature 400, 425, 450, 475, dan 500°C, dengan waktu tinggal (W/F) 5,82, 9,7, dan 14,55 gram katalis jam/mol. Produk reaksi dianalisis menggunakan gas kromatografi dengan kolom molsieve 5A dan porapak-Q. konversi metana tertinggi sebesar 36,83% diperoleh saat menggunakan katalis dengan rasio Cu:Mo=1:1,5 pada W/F 14,55  $\text{gr}_{\text{cat}}\text{jam/mol}$  dan temperatur reaksi 500°C. Selektivitas metanol tertinggi diperoleh 11,19 % menggunakan katalis dengan rasio Cu : Mo 1 : 3,5 pada W/F 5,82  $\text{gr}_{\text{cat}}\text{jam/mol}$  dan temperatur reaksi 400°C. Selektivitas formaldehida tertinggi diperoleh 20,75% menggunakan katalis dengan rasio Cu : Mo 1 : 2,5 pada W/F 9,7  $\text{gr}_{\text{cat}}\text{jam/mol}$  dan temperatur reaksi 400°C.

*Keywords:* formaldehida, katalis  $\text{CuMoO}_3/\text{SiO}_2$ , metanol, oksidasi metana

### 1. Pendahuluan

Peningkatan eksplorasi gas alam perlu diimbangi dengan peningkatan pemanfaatannya, sehingga diperlukan peningkatan produksi komoditi-komoditi turunan petrokimia berbasis gas alam yang lainnya selain LNG. Komoditi cair dari gas alam pada kondisi kamar selain LNG antara lain adalah metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) dan formaldehida ( $\text{CH}_2\text{O}$ ). Salah satu cara untuk produksi metanol dan formaldehida adalah melalui proses oksidasi parsial gas metana dimana kandungan gas metana dalam gas alam adalah sekitar 80-90%. Proses konversi metana menjadi metanol dan formaldehida selain dapat sebagai alternatif dari pemanfaatan gas alam juga mampu mengatasi masalah transportasi yang selama ini sering dihadapi dalam usaha pemanfaatan gas alam.

Metanol merupakan salah satu bahan kimia industri yang penting Sebagai bahan kimia industri, metanol telah digunakan secara luas untuk produksi berbagai bahan kimia yang lain. Sekitar sepertiga dari produksi metanol digunakan untuk membuat formaldehida dan selebihnya digunakan untuk pembuatan MTBE (Methyl Tertiary Buthyl Eter), asam asetat, pelarut, metaklirat, bahan bakar, dan lain-lain. Sementara itu, formaldehida yang

ditemukan oleh Butlerov pada tahun 1859 adalah suatu senyawa yang dapat bereaksi dengan hampir semua senyawa kimia baik organik maupun anorganik. Penggunaan terbesar formaldehida adalah sebagai bahan dasar pembuatan resin-resin formaldehida seperti urea formaldehida, melamin formaldehida, dan fenol formaldehida (Kirk dan Othmer, 1994)

Proses oksidasi parsial metana menjadi metanol dan formaldehida telah lama menjadi objek penelitian para peneliti. Umumnya, para peneliti memfokuskan studi bagaimana cara memperoleh konversi dan selektifitas metanol dan formaldehida yang tinggi diantaranya dengan cara memilih katalis yang aktif dan selektif. Berbagai katalis telah dicoba oleh beberapa peneliti untuk mendapatkan konversi dan selektifitas yang tinggi (Brown dan Parkyns, 1991). Karena gas metana mempunyai kestabilan yang kuat, maka sampai saat ini katalis-katalis yang telah diteliti belum memberikan selektivitas dan hasil yang memuaskan untuk diselenggarakan dalam skala komersial. Sifat metanol dan formaldehida yang reaktif menyebabkan pembentukan CO dan  $\text{CO}_2$  sebagai hasil oksidasi total sangat mudah berlangsung, sehingga selektifitas terhadap produk yang diinginkan masih sangat rendah

akibat pembentukan CO dan CO<sub>2</sub> yang belum dapat ditekan sampai tingkat yang serendah-rendahnya (Husin dkk., 2003). Spencer (1988) melangsungkan reaksi oksidasi metana menggunakan katalis molibdenum oksida berpenyangga silika. Hasil penelitian itu melaporkan bahwa perolehan produk formaldehida sudah mendapatkan hasil yang memuaskan. Sebelumnya Dowden dan Walker (dalam Pitchai dan Klier, 1986) meneliti beberapa katalis oksida multi komponen berdasarkan pada oksida molibdenum (MoO<sub>3</sub>) dan menyimpulkan bahwa jika molibdenum digabungkan dengan oksida lain maka katalis akan menjadi lebih aktif. Husin (2002) melaporkan bahwa senyawa kompleks Fe<sub>2</sub>(MoO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> dapat menghasilkan produk formaldehida yang tinggi. Selanjutnya Husin, dkk. (2003) mencoba menggabungkan senyawa tembaga dengan MoO<sub>3</sub> untuk digunakan pada reaksi oksidasi metana menjadi metanol dan formaldehida. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konversi metana, selektifitas metanol dan selektifitas formaldehida yang diperoleh masing-masing adalah sebesar 25,3%, 8,18% dan 39,8%.

Sementara itu, Husin dan Marwan (2004) telah mengevaluasi penggunaan katalis CuMoO<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub> untuk oksidasi metana menjadi metanol dan formaldehida. Dari hasil penelitian, diperoleh nilai konversi metana, selektifitas metanol dan selektifitas formaldehida masing-masing adalah 34,1%, 10,9% dan 31,75%. Husin dan Marwan (2004) menyarankan agar dilakukan penelitian variasi waktu tinggal karena waktu tinggal merupakan salah satu parameter yang dapat mempengaruhi kecepatan reaksi. Witt dan Schmidt (1996) telah mempelajari pengaruh laju alir umpan terhadap reaksi oksidasi metana pada katalis rhodium dilapisi monolit. Witt dan Schmidt (1996) menyarankan agar dievaluasi lebih lanjut pengaruh waktu tinggal dari reaksi tersebut karena waktu tinggal sangat berpengaruh pada perolehan konversi reaktan dan selektivitas produk.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh waktu tinggal pada reaksi oksidasi metana menjadi metanol dan formaldehida serta untuk mendapatkan katalis yang aktif dan selektif. Untuk mencapai tujuan ini, evaluasi kinerja katalis CuMoO<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub> pada berbagai kondisi operasi serta mengetahui karakterisasi komponen katalis CuMoO<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub> akan dilakukan.

## 2. Metodologi

### 2.1 Pembuatan Katalis

Pembuatan katalis dilakukan dengan cara impregnasi. Bahan-bahan yang digunakan adalah Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·3H<sub>2</sub>O, (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·4H<sub>2</sub>O, dan penyangga SiO<sub>2</sub>. Logam yang akan dipadukan adalah Cu dan Mo dengan perbandingan 1 : 1,5, 1 : 2,5, dan 1 : 3,5.

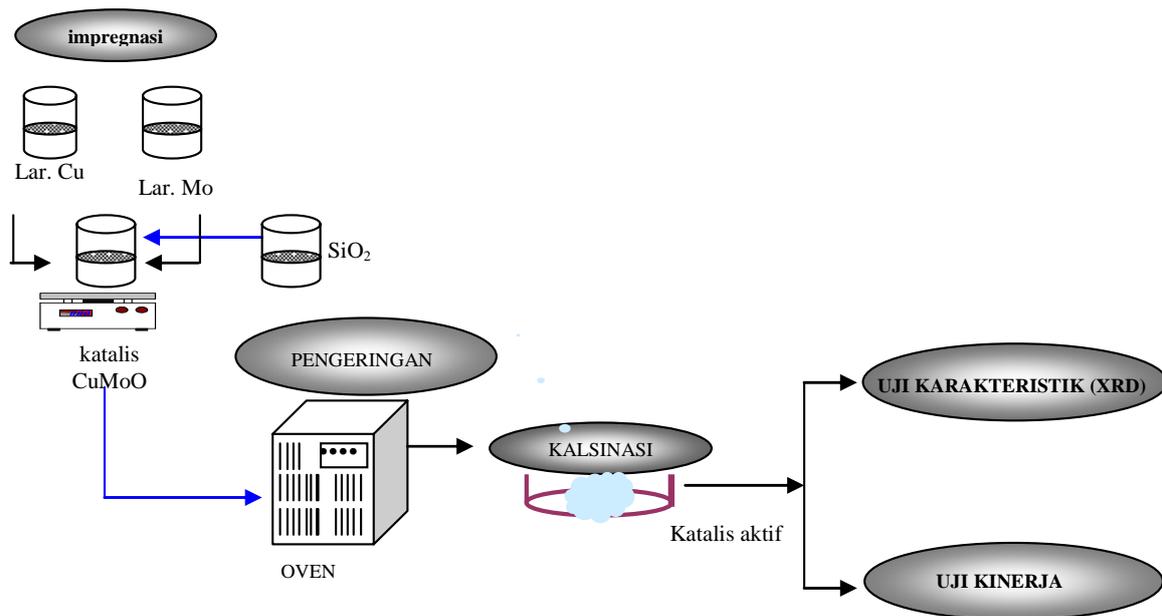
Garam Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·3H<sub>2</sub>O, (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·4H<sub>2</sub>O dan SiO<sub>2</sub> masing-masing ditimbang dengan perbandingan berat tersebut di atas, dilarutkan dalam suatu gelas kimia dengan aquades. Kemudian diaduk selama 1 jam. Selanjutnya campuran diimpregnasi ke penyangga SiO<sub>2</sub> dengan cara diaduk selama 4 jam menggunakan pengaduk magnetik pada temperatur ruang. Impregnasi adalah mendepositkan larutan garam pada padatan. Kemudian, campuran tersebut dituang ke dalam cawan porselin dan selanjutnya dikeringkan di dalam oven pada temperatur 110 °C selama 4 jam. Tujuan pengeringan adalah untuk mengurangi kadar air dan mengkristalisasi garam pada permukaan pori-pori. Hasil pengeringan dikalsinasi dalam reaktor pada temperatur 400°C selama 4 jam dengan dialirkan udara. Kalsinasi adalah pemanasan melebihi pengeringan. Kalsinasi bertujuan untuk mengubah garam yang telah terkristalisasi menjadi suatu oksida atau logam atau menjadi suatu bentuk kristal yang lebih stabil. Katalis hasil kalsinasi sebagian diidentifikasi dengan *x-ray difraktometer* (XRD) dan sebagian dievaluasi kinerjanya terhadap reaksi oksidasi metana. Diagram proses pembuatan katalis di tunjukan pada Gambar 1.

### 2.2 Karakterisasi Katalis

Karakterisasi katalis dilakukan dengan XRD untuk mengidentifikasi fasa kristal dari sampel. Grafik XRD yang akan diperoleh untuk nilai  $2\theta$  dari 10 sampai 60° dengan ukuran *scanning step* 0,02°. Grafik XRD sampel dapat dibaca dengan membandingkan nilai  $d$  dari masing-masing *peak* difraktogram sampel dengan nilai  $d$  difraktogram senyawa standar.

### 2.3 Reaksi Uji Kinerja Katalis

Keberhasilan proses pembuatan katalis dapat dilihat dari hasil uji kinerja katalis. Reaksi oksidasi metana sebagai reaksi uji kinerja katalis dilangsungkan dalam reaktor pipa lurus aliran kontinyu (*plug flow reactor*). Katalis dipasang dalam reaktor berunggun



Gambar 1. Skema proses pembuatan katalis

tetap (*fixed bed*) pada temperatur, tekanan, dan laju alir yang dijaga konstan. Umpam gas metana dan udara dialirkan dengan laju 25 ml/menit dengan perbandingan metana:oksigen:nitrogen yaitu 84:6:10 yang diukur dengan *bubble soap flow meter*.

Reaksi berlangsung pada temperatur 400, 425, 450, 475, 500°C dan tekanan atmosfer. Dilakukan pengecekan terhadap kemungkinan adanya kebocoran. Untuk mencapai temperatur operasi tersebut rangkaian alat dilengkapi *furnace* yang dihubungkan dengan pengendali temperatur untuk menjaga agar suhu reaksi konstan. Produk yang dihasilkan selanjutnya didinginkan menggunakan kondensor dan produk yang dihasilkan berupa gas. Produk gas yang terbentuk dialirkan melalui *bubble soap flowmeter* sehingga laju alirnya dapat diukur. Skema rangkaian alat dapat dilihat pada Gambar 2.

## 2.4 Analisis Produk

Hasil keluaran reaktor dianalisis dengan menggunakan *Gas Chromatograph GC-8A* buatan Shimadzu untuk mendeteksi dan menentukan jumlah fraksi mol produk. Analisis ini menggunakan detektor jenis TCD (*Thermal Conductivity Detector*) dengan kolom Porapak Q dan mole sieve 5A. Luas puncak dihitung dengan alat chromatopac C-R6B. Analisis produk dilakukan pada temperatur kolom 80°C dan temperatur injektor 110°C.

## 2.5 Penentuan Konversi dan Selektivitas

Nilai konversi (X) adalah perbandingan antara jumlah mol produk secara total terhadap jumlah mol reaktan persatuan waktu. Sedangkan nilai selektivitas (S) adalah perbandingan jumlah mol produk satu komponen terhadap jumlah mol produk total persatuan waktu. Nilai konversi dan selektivitas ditentukan masing-masing dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut:

- a. Penentuan konversi metana ( $X_{CH_4}$ ):

$$X_{CH_4} = \frac{n_{CH_4, in} - n_{CH_4, out}}{n_{CH_4, in}} \times 100 \% \quad (1)$$

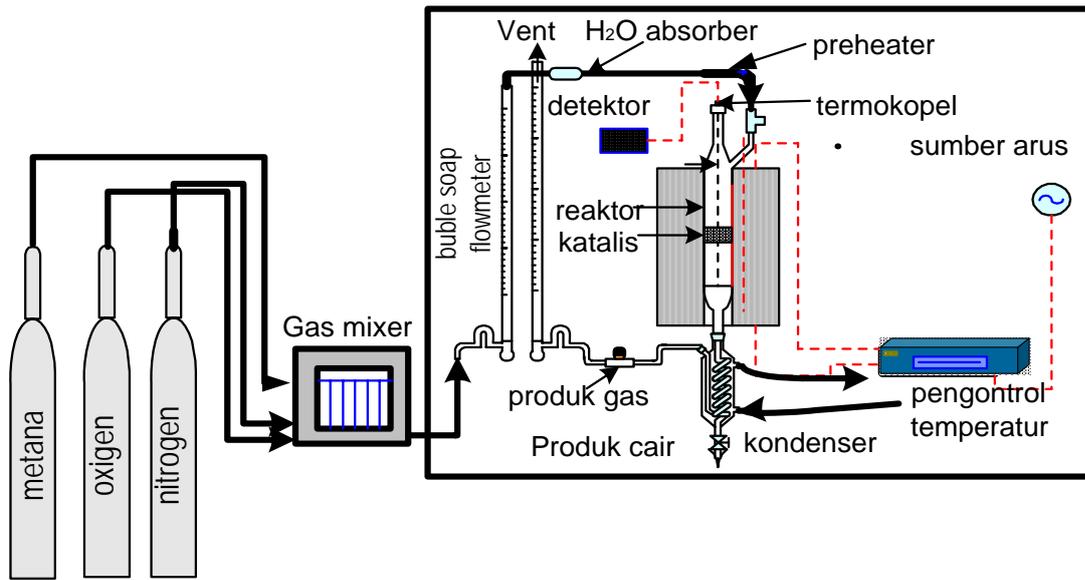
- b. Penentuan selektivitas komponen-i ( $S_{produk-i}$ ):

$$S_{Produk i} = \frac{n_{produk i, out}}{n_{CH_4 in} - n_{CH_4 out}} \times 100\% \quad (2)$$

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Hasil Analisis XRD

Hasil karakterisasi katalis menggunakan XRD ditampilkan pada Gambar 3 dan 4. Dari Gambar 3 sampai 4 terlihat bahwa komponen katalis terdiri dari  $MoO_3$ ,  $CuO$ , dan  $SiO_2$ . Tiga Puncak utama karakteristik  $MoO_3$  terletak pada  $2\theta$  25,97; 27,4; dan 33,18 derajat. Tiga puncak utama karakteristik  $CuO$  terdapat pada  $2\theta$  17,2; 26,71; dan 30,21 derajat. Sedangkan tiga puncak utama

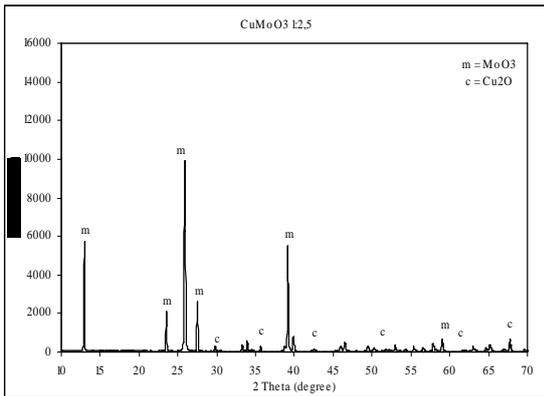


Gambar 2. Skema sistem reaktor reaksi oksidasi metana

karakteristik  $\text{SiO}_2$  terletak pada  $2\theta$  22,5; 29,2; dan 55,32 derajat.

Gambar 3 dan 4 adalah difraktogram XRD katalis  $\text{CuMoO}_3/\text{SiO}_2$  dengan perbandingan Cu:Mo = 1:2,5 dan 1:3,5. Sedangkan puncak-puncak karakteristik  $\text{Cu}_2\text{O}$  dan  $\text{SiO}_2$  terlihat intensitasnya hampir stabil.

Membandingkan kedua difraktogram katalis yang memiliki rasio Cu:Mo = 1:2,5 dengan 1:3,5 dapat disimpulkan bahwa puncak  $\text{MoO}_3$  memiliki intensitas yang lebih tinggi.

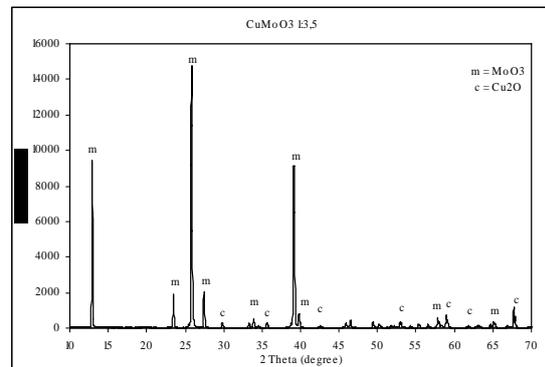


Gambar 3. Difraktogram  $\text{CuMoO}_3/\text{SiO}_2$ , rasio Cu:Mo 1:2,5

Intensitas  $\text{SiO}_2$  cenderung menurun pada katalis dengan kandungan Mo yang lebih besar. Dari ketiga difraktogram tersebut menunjukkan bahwa pembuatan katalis telah berhasil dengan baik karena komponen-komponen katalis yang diinginkan telah terbentuk yaitu:  $\text{MoO}_3$ ,  $\text{Cu}_2\text{O}$ , dan  $\text{SiO}_2$ .

### 3.2 Uji Kinerja Katalis

Kinerja katalis secara kuantitatif ditinjau dari aktivitas katalis. Aktivitas dinyatakan oleh konversi dan selektivitas.



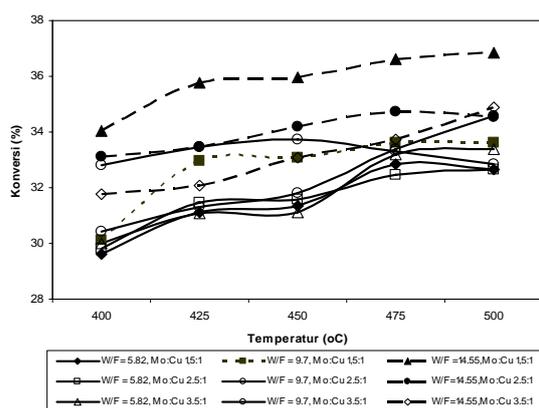
Gambar 4. Difraktogram  $\text{CuMoO}_3/\text{SiO}_2$ , rasio Cu:Mo 1:3,5

#### a. Konversi

Grafik pengaruh W/F dan temperatur reaksi terhadap konversi metana ditampilkan pada Gambar 5. Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa peningkatan waktu tinggal dan temperatur reaksi menyebabkan naiknya konversi metana.

Konversi metana saat menggunakan katalis dengan W/F 5,82  $\text{gr}_{\text{cat}}$  jam/mol, rasio Mo:Cu 1,5:1 dan temperatur reaksi  $450^\circ\text{C}$  adalah 31,33%. Konversi metana meningkat menjadi 33,08% pada W/F 9,7  $\text{gr}_{\text{cat}}$  jam/mol, selanjutnya akan meningkat lagi menjadi 35,95% pada W/F 14,55  $\text{gr}_{\text{cat}}$  jam/mol.

Peningkatan konversi juga terjadi pada rasio katalis Mo:Cu 2,5:1 dan temperatur reaksi 450°C. Pada harga W/F 5,82 gr<sub>cat</sub> jam/mol konversi metana yang diperoleh adalah 31,59%. Konversi metana pada W/F 9,7 gr<sub>cat</sub> jam/mol meningkat menjadi 33,74% dan selanjutnya konversi metana pada W/F 14,55 gr<sub>cat</sub> jam/mol meningkat kembali menjadi 34,20%. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa semakin meningkatnya harga W/F maka akan menghasilkan konversi reaksi yang semakin besar. Peningkatan konversi reaksi ini disebabkan karena makin besar W/F maka jumlah katalis yang digunakan juga semakin banyak. Dengan demikian reaktan akan lebih sempurna teradsorpsi pada permukaan katalis sehingga menyebabkan orientasi tumbukan molekul-molekul reaktan dapat lebih tepat (Husin, 2001). Fenomena ini juga sesuai dengan yang dilaporkan oleh Piccoli (1992) bahwa peningkatan W/F akan menyebabkan meningkatnya konversi reaksi.



**Gambar 5.** Pengaruh temperatur terhadap konversi metana pada berbagai variasi waktu tinggal

Kenaikan temperatur reaksi juga menyebabkan konversi metana semakin meningkat. Konversi metana menggunakan katalis  $\text{CuMoO}_3/\text{SiO}_2$  dengan rasio Mo:Cu 1,5:1 dan W/F 14,55 gr<sub>cat</sub>jam/mol pada suhu 400°C, 425°C, 450°C, 475°C, dan 500°C berturut-turut adalah 34,04%, 35,78%, 35,95%, 36,61%, dan 36,83%. Temperatur yang lebih tinggi akan menghasilkan energi yang lebih besar sehingga dapat mempercepat reaksi. Kenaikan konversi ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Arrhenius yang menyatakan bahwa semakin tinggi temperatur maka laju reaksi juga semakin tinggi (Fogler, 1992 dalam Husin, 2004). Akan tetapi, pada katalis dengan rasio Mo:Cu 2,5:1 dan W/F 9,7 gr<sub>cat</sub> jam/mol terjadi sedikit penyimpangan yaitu pada temperatur reaksi 475°C dan 500°C tampak

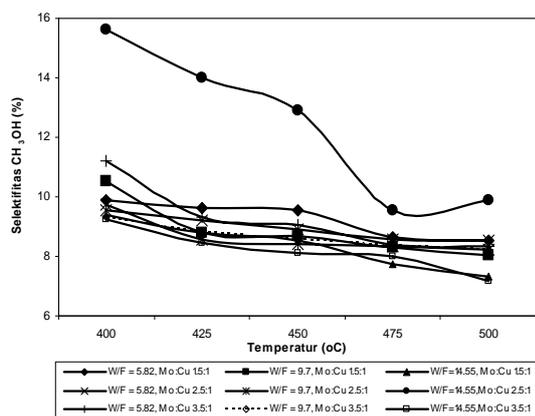
konversi metana turun dari 33,74% menjadi 33,29% dan 32,84%. Hal ini kemungkinan disebabkan karena sifat fisik dan kimia katalis tersebut belum stabil sehingga pada suhu 475°C katalis mulai terdeaktivasi (penurunan aktivitas). Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa konversi metana tertinggi diperoleh sebesar 36,83% pada W/F 14,55 gr<sub>cat</sub> jam/mol dan rasio katalis Mo:Cu 1,5:1 serta temperatur reaksi 500°C.

## b. Selektifitas

Gambar 6 sampai dengan 7 merupakan hubungan antara temperatur terhadap selektifitas metanol dan formaldehida pada berbagai variasi waktu tinggal. Dari Gambar 6 tampak bahwa kenaikan waktu tinggal dan temperatur reaksi menyebabkan penurunan selektifitas metanol. Selektifitas metanol lebih rendah pada waktu tinggal dan temperatur yang tinggi. Selektifitas metanol pada katalis dengan rasio Mo:Cu 1,5:1 dan temperatur reaksi 450°C pada W/F 5,82 gr<sub>cat</sub> jam/mol adalah 9,53% dan pada W/F 9,7 gr<sub>cat</sub> jam/mol menurun menjadi 8,67%, serta pada W/F 14,55 gr<sub>cat</sub> jam/mol selektifitasnya semakin rendah menjadi 8,53%.

Selektifitas formaldehida menunjukkan kecenderungan yang sama dengan metanol. Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa semakin tinggi waktu tinggal dan temperatur reaksi menyebabkan penurunan selektifitas formaldehida. Selektifitas formaldehida pada katalis dengan rasio Mo:Cu 1,5:1, temperatur reaksi 450°C, dan W/F 5,82 gr<sub>cat</sub> jam/mol adalah 15,74% dan pada W/F 9,7 gr<sub>cat</sub> jam/mol menjadi 12,46%, serta pada W/F 14,55 gr<sub>cat</sub> jam/mol selektifitas formaldehida semakin rendah menjadi 11,94%. Fenomena ini kemungkinan disebabkan karena terjadi reaksi lanjut dari metanol dan formaldehida membentuk CO dan CO<sub>2</sub>. Hal ini sesuai dengan yang dilaporkan oleh Husin dan Marwan (2004) bahwa kenaikan temperatur reaksi dapat menyebabkan terjadinya oksidasi total dari metanol dan formaldehida membentuk CO dan CO<sub>2</sub> sehingga menurunkan selektifitas metanol dan formaldehida. Kecenderungan yang sama juga pernah dilaporkan oleh Piccoli (1992), ketika menguji katalis besi molibdat untuk reaksi oksidasi metanol menjadi formaldehida yang menyimpulkan bahwa peningkatan W/F menyebabkan penurunan selektifitas. Penurunan selektifitas ini dikarenakan semakin besar W/F kemungkinan metanol dan formaldehida teradsorpsi kuat pada katalis sehingga terjadi oksidasi lanjut membentuk produk samping.

Membandingkan hasil selektifitas yang diperoleh untuk katalis berbagai rasio dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi waktu tinggal dan temperatur reaksi maka menyebabkan selektifitas methanol yang dihasilkan semakin rendah. Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa selektifitas metanol tertinggi diperoleh sebesar 11,19%.



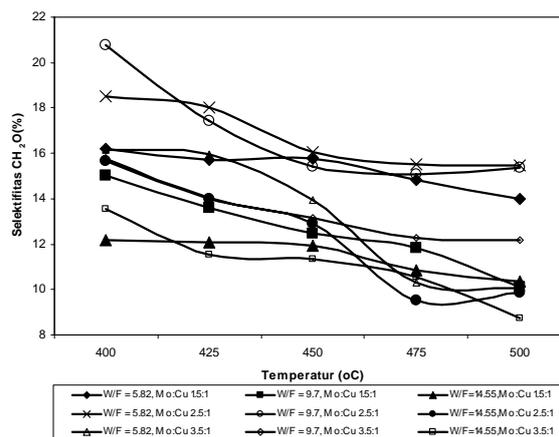
**Gambar 6.** Pengaruh temperatur terhadap selektifitas metanol pada berbagai variasi waktu tinggal

Sebagaimana terlihat pada Gambar 7, selektifitas formaldehida tertinggi diperoleh sebesar 20,75% pada W/F 9,7 gr<sub>cat</sub> jam/mol, temperatur reaksi 400°C dan menggunakan katalis dengan rasio Mo:Cu 3,5:1. Hasil yang diperoleh ini sedikit berbeda dengan yang dilaporkan oleh Husin dan Marwan (2004) yang memperoleh selektifitas metanol tertinggi 10,9% dan selektifitas formaldehida 31,75%. Hal ini kemungkinan disebabkan karena pengaruh W/F yang berbeda. Selain itu, sifat fisik dan kimia katalis juga belum sama. Akan tetapi, nilai selektifitas formaldehida yang diperoleh pada penelitian ini lebih tinggi dari yang dilaporkan oleh Husin (2002) yang hanya sebesar 15% dengan menggunakan katalis Fe/Mo/O untuk oksidasi metana menjadi metanol dan formaldehida.

#### 4. Kesimpulan

Komponen katalis CuMoO<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub> terdiri dari kristal: MoO<sub>3</sub>, CuO dan SiO<sub>2</sub>. Kenaikan waktu tinggal reaksi menyebabkan naiknya konversi metana, tetapi akan menurunkan selektifitas metanol dan formaldehida. Selain itu, kenaikan temperatur reaksi menyebabkan meningkatnya konversi metana tetapi juga menurunkan selektifitas metanol dan formaldehida. Derajat konversi tertinggi diperoleh 36,83% menggunakan katalis

CuMoO<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub> dengan rasio Cu : Mo 1 : 1,5 pada W/F 14,55 gr<sub>cat</sub> jam/mol dan temperatur reaksi 500°C. Selektivitas metanol tertinggi diperoleh 11,19 % menggunakan katalis CuMoO<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub> dengan rasio Cu : Mo 1 : 3,5 pada W/F 5,82 gr<sub>cat</sub> jam/mol dan temperatur reaksi 400°C. Selektivitas formaldehida tertinggi diperoleh 20,75% menggunakan katalis CuMoO<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub> dengan rasio Cu : Mo 1 : 2,5 pada W/F 9,7 gr<sub>cat</sub> jam/mol dan temperatur reaksi 400°C



**Gambar 7.** Pengaruh temperatur terhadap selektifitas formaldehida pada berbagai variasi Waktu Tinggal

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada DIKTI yang berkenan mendanai penelitian ini melalui Penelitian Dosen Muda dan Universitas Syiah Kuala yang menyediakan fasilitas laboratorium serta semua pihak yang telah membantu.

#### Daftar Pustaka

- Brown, M. J., Parkyns N. D. (1991) Progress in the partial oxidation of methane to methanol and formaldehyde, *Catalysis Today*, 8, 305-335.
- Husin, H. (2002) Oksidasi parsial metana menjadi metanol dan formaldehida, *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 1, 32-36
- Husin, H. (2001) *Diktat kinetika reaksi homogen*, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Husin, H., Fitri, R., Marwan (2003) Oksidasi parsial metana menjadi metanol dan formaldehida menggunakan katalis tembaga molibdenum oksida (CuMoO<sub>3</sub>), *Proceedings National Conference On*

- Chemical Engineering Sciences And Applications*, Banda Aceh.
- Husin, H., Marwan (2004) Studi penggunaan katalis tembaga molibdenum oksida berpenyangga silika ( $\text{CuMoO}_3/\text{SiO}_2$ ) untuk oksidasi metana menjadi metanol dan formaldehida, *Jurnal Reaktor*, 8, 1-6.
- Pitchai, R., Klier, K. (1986) Partial oxidation of methane, *Catalysis Review: Science and Engineering*, 28, 13-88.
- Piccoli, R. L. (1992) Kinetic study of methanol selective oxidation to formaldehyde on iron molybdate catalyst, *Research Report*, Laboratorium Voor Petrochemische Techniek, Faculteit Der Toegepaste Wetenschappen, Universiteit Ghent.
- Stuart H. T., Justin S. J. Graham J., Richard W. J. (1998) Partial oxidation of methane to methanol: an approach to catalyst design, *Catalysis Today*, 42, 217-224.
- Spencer, N. D. (1988) Direct oxidation of methane, *Journal of Catalysis*, 109, 187.
- Kirk Othmer (1994) *Encyclopedia of chemical technology*, Fourth edition, vol. II, Interscience, New York.
- Witt, P. M., Schmidt, L. D. (1996) Effect of flow rate on the partial oxidation of methane and ethane, *Journal of Catalysis*, 163, 465-475.