

Koaktivator Mo Pada Katalis Cu/Zeolit sebagai Reduktor N₂O

Oleh: **Chairil Anwar**

Peneliti Madya pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"
Jl. Ciledug Raya Kav. 109, Cipulir, Kebayoran Lama, P.O. Box 1089/JKT, Jakarta Selatan 12230 INDONESIA
Teregistrasi I Tanggal 10 Maret 2009; Diterima setelah perbaikan tanggal 1 Mei 2009
Disetujui terbit tanggal: 16 September

SARI

Katalis Cu-Mo/Zeolit sebagai pereduksi N₂O dipreparasi secara impregnasi dengan memanfaatkan Zeolit alami termodifikasi sebagai pengemban. Katalis dibuat sebagai variasi konsentrasi logam Cu 2%, 3%, dan 4% dan logam Mo 0,03% dan 2% sebagai koaktivator. Karakterisasi katalis menggunakan metode *Isotherm BET* menunjukkan bahwa terjadi penurunan luas permukaan berturut-turut sebesar 16,9% dan 38,6% setelah impregnasi Mo 0,03% dan Mo 2%. Analisis XRD terhadap difraktogram katalis memberikan spesies Cu teridentifikasi sebagai Cu⁰ dan Mo sebagai MoO₂. Uji aktivitas katalis menunjukkan bahwa katalis Cu-Mo/Zeolit dengan konsentrasi Mo 2% dan Cu 3% memiliki aktivitas terbaik dalam mengkonversi N₂O dengan nilai % konversi N₂ sebesar 73,55% pada temperatur 500°C. Hasil ini menunjukkan bahwa katalis ini efektif digunakan sebagai katalis reduktor N₂O.

Kata kunci: Katalis, koaktivator, karakterisasi, aktivitas, zeolit

ABSTRACT

The preparation of Cu-Mo/Zeolite catalyst as reductor of N₂O has been carried out by impregnation methods using modified Zeolite as supported material. The catalyst was prepared by applying Cu and Mo as a coactivator use concentration of 2, 3, 4% and 0.03, 2% respectively. Base on the BET analysis surface area decreased down to approximately 16.9% after impregnating with Mo in the concentration of 0.03% and 2% respectively. The characterization with x-ray diffractions shows the Cu and Mo species were identified as a Cu⁰ and MoO₂ respectively. The activity test of catalyst gives optimum conversion about: 73.55% at 500°C given by Cu 3% and Mo 2%. This result indicated that the catalyst had effective as a N₂O reductor.

Key words: catalyst, coactivator, characterization, activity, zeolite

I. PENDAHULUAN

Polusi udara dewasa ini telah menjadi isu global dunia. Banyak sudah negara berkembang berusaha keras untuk mengatasi masalah polusi udara yang diakibatkan dari aktivitas industri dan transportasi. Sebagian besar polutan udara yaitu 75 % berasal dari gas buangan hasil pembakaran bahan bakar fosil yang tidak sempurna pada sistem transportasi, baik motor ataupun mobil. Pembakaran tidak sempurna ini menghasilkan polutan yang berdampak negatif terhadap manusia dan lingkungan. Polutan-polutan ini

di antaranya CO₂, H₂, O₂, N₂, SO_x, CO, H₂, H₂S, NO_x, dan senyawa hidrokarbon tak terbakar (*unburned hydrocarbon*). NO_x mendapatkan perhatian yang cukup besar karena senyawa ini diketahui menyebabkan pembentukan hujan asam dan turut berperan terhadap rusaknya lapisan ozon.

Gas N₂O merupakan salah satu gas pencemar NO_x. Gas ini memberikan dampak negatif pada atmosfer yang menyebabkan terjadinya hujan asam. Keberadaan gas N₂O setiap tahun semakin meningkat. Kontribusi emisi gas N₂O pada atmosfer

mencapai 4,7-7 juta ton per tahun yang berasal dari produksi asam adipat, pembakaran biomassa regenerasi FCC (*Fluid Catalytic Cracking*) dan sebagainya^[1].

Berbagai upaya penanganan untuk mengurangi polutan tersebut telah banyak dilakukan antara lain dengan memperbaiki sistem mesin, penggunaan bahan bakar ramah lingkungan dan penggunaan katalis untuk menyempurnakan hasil pembakaran^[2]. Katalis merupakan salah satu solusi yang digunakan pada kontrol emisi otomotif sejak tahun 1974. Penggunaan katalis konverter telah banyak dilakukan untuk mengontrol polutan yang berasal dari emisi gas buang kendaraan bermotor seperti karbon monoksida, oksida nitrogen, dan hidrokarbon^[3]. Katalis tersebut umumnya merupakan katalis heterogen ber-pengemban dengan komponen utama; komponen katalitik yang berupa logam aktif, koaktivator, dan pengemban^[4,5].

Pada penelitian ini dilakukan pengembangan katalis yang penggunaannya selektif untuk mereduksi NO_x. Katalis Cu-Mo/Zeolit merupakan salah satu katalis yang dapat digunakan untuk mereduksi NO_x. Katalis ini merupakan katalis heterogen yang terdiri dari Zeolit alam sebagai pengemban, Cu sebagai logam aktif, dan Mo sebagai koaktivator.

Peneliti terdahulu, Xiao^[6] mempelajari bahwa logam Cu dapat digunakan sebagai katalis reduktor NO_x karena sisi katalitiknya terbukti dapat mereduksi senyawa NO. Salgado^[7] juga telah mempelajari bahwa katalis Pd-Mo/ZSM-5 lebih aktif pada temperatur tinggi dibandingkan Pd/HZSM-5, hal ini dikarenakan adanya promosi molibdenum sehingga molibdenum dapat berfungsi sebagai koaktivator yang baik untuk reduksi katalitik NO_x^[1]. Beer juga memperlihatkan bahwa sistem katalis Mo-Co/ γ -Al₂O₃ mempunyai aktivitas yang lebih tinggi dari pada sistem Mo/ γ -Al₂O₃ dalam proses hidrosulfurisasi tiofen^[8].

II. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan-bahan Penelitian

Bahan utama untuk pembuatan sampel digunakan serbuk Zeolit alam termodifikasi. Bahan-bahan kimia lainnya meliputi: tembaga nitrat (Cu(NO₃)₂·3H₂O), amonium heptamolibdat {(NH₄)₆ Mo₇ O₂₄·9H₂O}, AgNO₃ 0,5 M, HCl 6 M, NaOH 1 M, NH₃, H₂SO₄ 0,5 M, 8-hidroksikuinolin, CH₃COOH glasial, CH₃COONa, NaOH padat, kloroform, gas H₂, N₂,

N₂O, O₂ dan air deionisasi.

Alat-alat

Alat-alat yang digunakan meliputi : seperangkat alat gelas, saringan ukuran 65-100 mesh, Difraktometer Sinar X (XRD), *Quantachrome Instrument*, Kromatografi gas (GC) V-3700, Furnace 6000, neraca analitik, Oven *memert*, alat refluks, *Fixed Bed* reaktor.

Preparasi Katalis Cu-Mo/Zeolit Alam

Katalis Cu-Mo/Zeolit Alam dipreparasi dengan metode impregnasi basah melalui dua tahap. Pada tahap I, larutan Mo yang berasal dari amonium heptamolibdat divariasikan persen beratnya yaitu : 0,03% dan 2%. Zeolit direndam dalam larutan garam logam Mo dan diuapkan pada suhu 60°C hingga pelarutnya habis. Sampel kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C selama 3 jam. Pada Tahap II, sampel yang telah melewati tahap I akan diimpregnasikan dengan logam Cu yang berasal dari tembaga nitrat. Variasi persen berat logam Cu yaitu : 2%, 3% dan 4% untuk masing-masing sampel Zeolit. Pengeringan sebagaimana pada tahap I, diuapkan pada suhu 110°C hingga pelarutnya habis. Katalis dikalsinasi pada suhu 450 °C selama 5 jam, kemudian katalis direduksi dengan gas H₂ pada suhu 520°C selama 3 jam.

Uji Katalitik

Sampel katalis dikeringkan pada temperatur 110°C selama 1 jam. Kemudian ditimbang sebanyak 1 gram dan dimasukkan kedalam reaktor. Sampel dipanaskan dalam reaktor hingga mencapai temperatur uji yang dikehendaki, yaitu 300°C, 400°C, dan 500°C selama 1 jam yang bersamaan dengan dialirinya gas N₂O dengan laju alir 50ml/menit. Gas buang dari reaktor dianalisis sebagai kadar N₂ yang terbentuk dengan GC.

III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Preparasi Katalis Cu-Mo/Zeolit

Pada penelitian ini dilakukan preparasi katalis dengan metode impregnasi basah. Metode ini melalui dua tahap yaitu impregnasi logam I (amonium heptamolibdat) dan impregnasi logam II (tembaga nitrat). Keberadaan Cu di dalam Zeolit bertindak sebagai pusat aktif dan Mo sebagai koaktivator (pro-

moter). Zeolit termodifikasi diimpregnasi dengan larutan garam amonia heptamolibdat terlebih dahulu karena Mo mempunyai berat molekul yang lebih tinggi dibandingkan dengan Cu sehingga akan membuka pori-pori Zeolit dan memudahkan proses impregnasi II karena pori-pori pengemban menjadi lebih besar dan Cu yang berat molekulnya lebih kecil akan semakin mudah berdifusi ke dalam pengemban.

B. Analisis Luas Permukaan dan Volume Pori

Pengukuran luas permukaan internal dan volume pori Zeolit dan katalis diukur dengan metode *Isotherm BET*. Metode Brunauer-Emmet-Teller (BET) merupakan prosedur yang paling banyak dipakai untuk menentukan luas permukaan dan volume pori material padat. Pada metode ini, luas permukaan diukur dengan mengalirkan gas N₂ sebagai adsorbat pada permukaan katalis di mana sebagian dari gas tersebut akan menempel pada permukaan katalis dan membentuk suatu lapisan gas. Data hasil analisis BET untuk sample Zeolit dapat dilihat pada Table 3.1

Tabel 3.1 menunjukkan perbedaan sifat permukaan luas permukaan dan volume pori Zeolit alami dan Zeolit termodifikasi. Luas permukaan Zeolit meningkat dari 34,49 m²/gr menjadi 126,53 m²/gr sedangkan volume porinya meningkat dari 0,08655 cc/gr menjadi 0,15770 cc/gr. Hal ini menunjukkan bahwa pengotor-pengotor seperti logam-logam yang merupakan komponen penyusun Zeolit alami telah hilang akibat reaksi dealuminasi sehingga lebih banyak ruang kosong dalam pori Zeolit yang menyebabkan luas permukaan dan volume porinya meningkat.

Jari-jari pori Zeolit mengalami penurunan dari 50,18Å menjadi 24,92Å. Hal ini juga merupakan akibat dari reaksi dealuminasi di mana pori Zeolit mengerut karena terputusnya ikatan Al-O dengan panjang ikatan 1,69Å digantikan oleh Si-O yang panjang ikatannya lebih pendek yaitu (1,61Å).

Karakterisasi katalis yang meliputi luas permukaan dan volume pori katalis dilakukan terhadap seluruh katalis Cu-Mo/Zeolit. Hasil analisis dengan metode BET setelah perlakuan impregnasi memperlihatkan adanya perubahan terhadap sifat

geometri permukaan.

Karakter fisik katalis yang dirangkum pada Tabel 3.2 menunjukkan bahwa seluruh katalis mengalami penurunan luas permukaan dengan bertambahnya jumlah konsentrasi logam yang diemban. Hal ini dikarenakan ruang kosong dalam pori Zeolit telah terisi oleh logam yang berdifusi ke dalam pori dan menempel pada permukaan bagian dalam Zeolit.

Penurunan luas permukaan katalis Mo 0,03% mencapai 16,93% sedangkan katalis Mo 2% mengalami penurunan luas permukaan sebesar 38,6%. Dari Gambar 3.1 dapat dilihat bahwa luas permukaan katalis semakin menurun dengan bertambahnya jumlah konsentrasi dari logam Cu yang diembankan.

Perubahan geometri pada katalis lainnya dapat diamati dari Gambar 3.2 dan Gambar 3.3, pengaruh terhadap volume pori dan jari-jari pori katalis.

Gambar 3.2. menunjukkan variasi volume pori berbagai jenis katalis Cu-Mo/Zeolit, volume pori katalis bervariasi antara 0,09778 cc/g dan 0,1370 cc/g.

Tabel 3.1
Analisis BET untuk Pengemban Zeolit

Sampel	Luas permukaan (m ² /g)	Volume pori (cc/gr)	Jari-jari pori (Å)
Zeo-Alami	34,49	0,08655	50,18
Zeo-Modifikasi	126,53	0,15770	24,92

Tabel 3.2
Hasil analisis BET katalis Cu-Mo/zeolit

Sampel katalis		Luas permukaan (m ² /g)	Volume pori (cc/g)	Jari-jari pori (Å)
Mo 0,03%	Cu 2%	114,81	0,1370	23,87
	Cu 3%	95,46	0,1156	24,22
	Cu 4%	95,37	0,1292	27,09
Mo 2%	Cu 2%	118,6	0,1319	22,24
	Cu 3%	110,36	0,1240	22,47
	Cu 4%	72,82	0,0978	21,37

Penurunan jari-jari pori katalis terlihat bervariasi pada kisaran 21,37 hingga 27,09 Å. Nilai yang bervariasi ini merupakan akibat dari berbedanya luas permukaan dan volume pori masing-masing katalis.

C. Analisis XRD^[9]

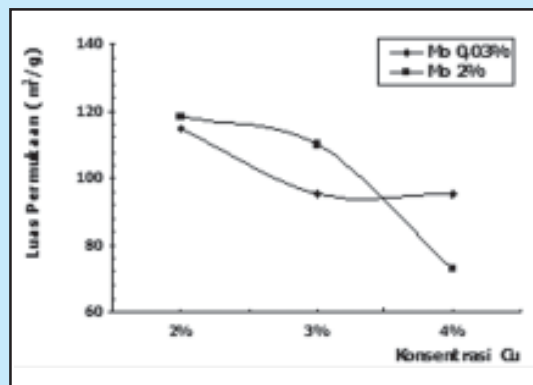
Analisis komposisi menggunakan difraktor XRD menunjukkan bahwa Zeolit alam termodifikasi, hanya mengandung mordenit dan alfa kuarsa. Difraktogram Zeolit termodifikasi dan katalis ditunjukkan berturut-turut pada Gambar 3.4 dan Gambar 3.5.

Difraktogram pada Gambar 3.4 menunjukkan bahwa Zeolit hanya mengandung mineral mordenit dan kuarsa. Pada 2θ 9,7504° muncul puncak yang diidentifikasi sebagai mordenit. Untuk Analisis Katalis Cu-Mo/Zeorit, hasil difraktogram ditampilkan pada Gambar 3.5.

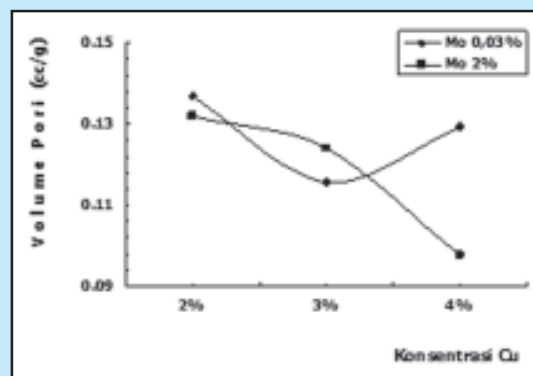
Hasil analisis difraktogram untuk katalis memberikan informasi antara lain tentang ada atau tidaknya logam yang terimpregnasi pada katalis dan identifikasi spesies logam. Pada difraktogram tersebut terlihat keberadaan logam aktif Cu dan koaktivator Mo, Cu teridentifikasi sebagai logam sedangkan Mo teridentifikasi sebagai oksidanya. Puncak Cu pada 2θ 43,2871° sedangkan puncak MoO₂ muncul pada 2θ 26,4584° ; 37,0075°; dan 53,5375°. Percontoh katalis yang dianalisis adalah katalis setelah mengalami perlakuan reduksi, untuk logam Mo pada difraktogram masih terbaca dalam bentuk oksidanya. Analisis terhadap spesies yang ada menunjukkan logam Mo belum tereduksi secara sempurna, sebaliknya logam Cu sudah tereduksi dalam bentuk logam murninya.

Zhe Li et al.^[10] melakukan penelitian menggunakan logam Cu-Mo yang diimpregnasikan pada HZSM-5. Sejumlah katalis dipreparasi sebagai variasi molar Cu/Mo dengan dasar konsentrasi Mo 5% berat. Spektrum XRD menunjukkan dispersi spesies Cu maksimum pada rasio Cu/Mo=1,5. Spesies Cu yang teridentifikasi adalah CuO dan MoO₃ dan puncak-puncak spesifik HZSM-5. Spesies yang berbeda teridentifikasi dalam penelitian ini, spesies Cu yang teridentifikasi adalah Cu⁰ sedangkan spesies Mo sebagai MoO₂ dan puncak-puncak spesifik mordenit. Karakteristik puncak CuO pada 38,5 dan 48,1 tidak teridentifikasi, hal tersebut memperlihatkan keberhasilan reduksi Cu oksida.

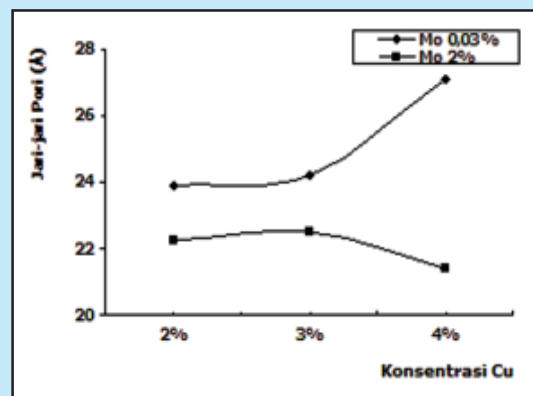
Pada penelitian sebelumnya^[11] difraktogram katalis Cu terdapat puncak baru pada 2θ : 43,3 dan



Gambar 3.1
Luas permukaan spesifik katalis



Gambar 3.2
Volume pori katalis

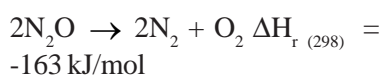


Gambar 3.3
Jari-jari Pori Katalis

2θ: 50,42 yang diidentifikasi sebagai puncak logam Cu, puncak ini merupakan karakteristik dari Cu⁰. Puncak spektrum Cu 3% memiliki intensitas tertinggi menunjukkan kuantitas keberadaan Cu.

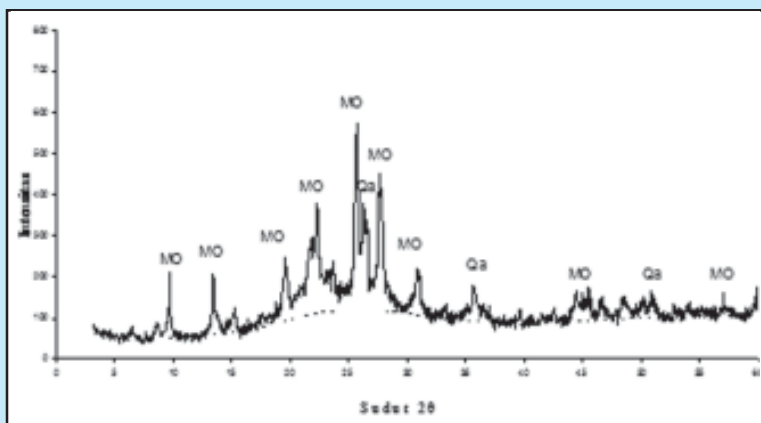
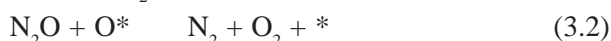
D. Uji Aktivitas Katalis

Molekul N₂O secara termodinamika tidak stabil, pada temperatur kamar mempunyai umur di atmosfer sekitar 150 tahun. Reaksi dekomposisi N₂O sebagai berikut;

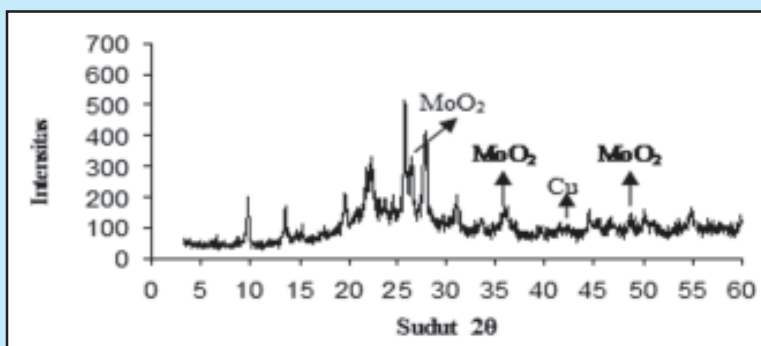


Energi aktivasi untuk pemecahan termal dari ikatan N-O sekitar 250-270 kJ/mol. Energi aktivasi yang tinggi dibutuhkan untuk pemecahan termal ikatan N-O, mengatasi tingginya energi aktivasi ini diperlukan suatu katalis yang dapat menurunkan energi aktivasinya. Pada prinsipnya peristiwa katalitik dapat diawali dari penyumbangan muatan pada orbital anti bonding, lemahnya ikatan N-O dan penurunan energi aktivasi dan temperatur reaksi.

Secara sederhana reaksi katalisis dekomposisi N₂O dapat digambarkan pertama sebagai adsorpsi N₂O pada pusat aktif katalis (*), yang diikuti dekomposisi membentuk N₂ dan oksigen pada permukaan. Oksigen permukaan dapat didesorpsi melalui penggabungan dengan atom oksigen lain atau bereaksi langsung dengan N₂O lainnya. Hal lain, juga dapat dihilangkan dengan keberadaan *agent* pereduksi lain. Reaksi-reaksi yang terlibat pada katalisis dekomposisi N₂O adalah sebagai berikut^[6]:



Gambar 3.4
Difraktogram zeolit termodifikasi



Gambar 3.5
Difraktogram katalis Cu-Mo/zeolit

Pada reaksi 3.1 dan 3.3 merupakan reaksi dapat balik (*reversible*) sedangkan pada tahap 3.2 dan 3.4 merupakan reaksi tidak dapat balik (*irreversible*). Reaksi N₂O dengan katalis pada pusat aktifnya secara umum digambarkan sebagai sumbangan muatan dari katalis pada orbital anti bonding dari N₂O, destabilisasi ikatan NO dan mengawali pemutusan ikatan. Permukaan logam, oksida logam dengan beberapa sumbangan muatan dan ion logam transisi yang mempunyai lebih dari satu valensi dapat bertindak sebagai pusat aktif. Dalam keadaan ini hanya *F-center* (orbital kosong dari permukaan oksida yang belum terisi penuh elektron) yang dapat diajukan sebagai permukaan aktif dari oksida. Reaksi yang terjadi pada umumnya reaksi orde 1, memberikan energi aktivasi 80-120 kJ/mol dengan keberadaan katalis.

Aktivitas katalitik diketahui dengan mengukur banyaknya gas N₂ yang terbentuk dari hasil umpan yang dilewati katalis dan dianalisis menggunakan kromatografi gas. Gas N₂ terbentuk akibat dekomposisi N₂O. Pada penelitian ini dilakukan penggunaan konsentrasi koaktivator yang cukup mencolok. Adapun hasil analisis konversi katalitik N₂ disajikan pada Tabel 3.3 untuk katalis dengan konsentrasi Cu 3% (konstan) dan konsentrasi Mo divariasikan 0,03% dan 2%.

Tabel 3.3 menunjukkan bahwa promosi karena penambahan konsentrasi (%) Mo dapat meningkatkan aktivitas katalis. Hal ini terlihat dari perbedaan hasil konversi yang cukup signifikan antara kedua percontoh katalis yang divariasikan konsentrasi koaktivatornya. Katalis dengan variasi Mo 0,03% hanya mampu mengkonversi N₂O menjadi N₂ maksimum sebesar 61,44 % pada temperatur uji 500°C, sedangkan katalis dengan variasi Mo 2% memiliki aktivitas yang lebih tinggi. Persen konversi pada kondisi temperatur reaksi 300°C dapat mencapai 62,99%. Nilai konversi ini melebihi nilai maksimum yang dapat dicapai oleh katalis Mo 0,03% pada temperatur uji 500°C. Penambahan konsentrasi Mo sebesar 0,03% sebagaimana ditunjukkan di atas belum menunjukkan Mo berperan sebagai koaktivator. Tabel 3.3 di atas juga menunjukkan bahwa konversi mengalami peningkatan seiring dengan kenaikan temperatur. Hal ini bersesuaian dengan teori Arrhenius $k = A e^{-E_a/RT}$ dan $v = k[A][B]$ dimana laju reaksi (v) berbanding lurus dengan

konstanta laju reaksi (k) dan juga berbanding lurus dengan temperatur. Pengaruh temperatur terhadap peruraian katalitik N₂O dapat dilihat pada Gambar 3.6.

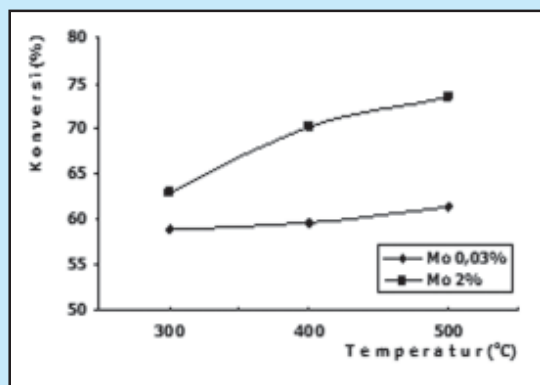
Gambar 3.6. memperlihatkan pada temperatur uji 300°C konversi N₂O masih relatif rendah yaitu 58,92 % untuk katalis Mo 0,03% dan 62,99 % untuk katalis Mo 2%. Aktivitas katalis meningkat pada temperatur uji 400°C, konversi mencapai 59,65 % untuk katalis Mo 0,03% dan 70,18 % untuk katalis Mo 2%. Pada temperatur uji yang lebih tinggi lagi yaitu 500°C,

Tabel 3.3
Aktivitas katalis dengan variasi Mo

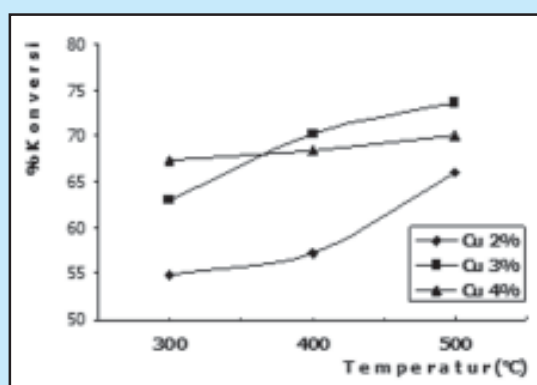
Konsentrasi Cu	Variasi Mo	Konversi N ₂ O (%)		
		300°C	400°C	500°C
3%	0,03%	58.92	59.65	61.44
	2%	62.99	70.18	73.55

Tabel 3.4
Aktivitas katalis dengan variasi Cu

Konsentrasi Mo (%)	Variasi Cu (%)	Konversi Katalitik N ₂ (%)		
		300°C	400°C	500°C
2	2	54.89	57.19	65.97
	3	62.99	70.18	73.55
	4	67.32	68.45	70.05



Gambar 3.6
Konversi N₂O pada variasi Mo [%]



Gambar 3.7
Konversi N₂O Pada Katalis dengan Variasi Cu

katalis Mo 0,03% mencapai konversi 61,44% sedangkan katalis Mo 2% mencapai 73,55 % untuk konversi N₂O.

Peran Mo sebagai koaktivator berpengaruh terhadap aktivitas katalis dengan variasi konsentrasi logam Cu. Pengujian dilakukan terhadap tiga katalis dengan konsentrasi Mo 2% (konstan) dan konsentrasi Cu divariasikan 2%, 3% dan 4%. Kecendrungan aktivitas katalis tergambarkan dari hasil konversinya sebagaimana dapat dilihat pada Table 3.4.

Pada Table 3.4. ditunjukkan bahwa kenaikan konsentrasi Cu juga meningkatkan konversi N₂O, terlihat dari perbedaan hasil konversi antara katalis Cu 2% dan 3%. Untuk katalis dengan Cu 2%, konversi minimum mencapai 54,89% terjadi pada temperatur 300°C dan mencapai konversi maksimum sebesar 65,97% pada temperatur 500°C. Katalis dengan Cu 4% mengalami peningkatan konversi menjadi 67,32 % untuk temperatur uji 300°C dibandingkan dengan Cu 2% dan 3%, tetapi konversi tertingginya masih lebih rendah dari katalis Cu 3% yaitu sebesar 70,05 %. Konversi ini menunjukkan bahwa katalis Cu 3% pada penelitian ini merupakan katalis dengan aktivitas terbaik. Kecendrungan aktivitas katalis sebagai variasi logam Cu dapat dilihat pada Gambar 3.7. Aktivitas katalis Cu 3% pada temperatur uji 300°C memiliki aktivitas yang lebih rendah dari katalis Cu 4% yaitu mampu mengkonversi N₂O sebesar 62,99%. Meskipun demikian pada temperatur uji yang lebih tinggi (400°C), konversinya meningkat menjadi 70,18%. Konversi maksimum 73,55% dicapai pada temperatur uji 500°C.

Uji katalitik memberikan kecendrungan katalis Cu 3% memiliki trayek konversi yang lebih luas dibandingkan dua katalis lainnya. Pengaruh luas permukaan katalis terhadap aktivitas katalis tidak terlihat secara signifikan. Data analisis XRD terhadap katalis menunjukkan intensitas relatif Cu 3% tertinggi bila dibandingkan dengan katalis lainnya. Dari analisis dapat diduga probabilitas distribusi partikel spesies Cu 3% lebih merata pada katalis, atau adanya interaksi diantara Cu dan Mo pada Cu-Mo/Zeolit.

IV. KESIMPULAN

- Analisis spektrum XRD menunjukkan bahwa Zeolit alam mengandung 49,60% mordenit, 14,81% klinoptilolit, dan 36,59% alfa kuarsa sedangkan Zeolit modifikasi mengalami perubahan komposisi

sehingga hanya mengandung 79,88 % mordenit dan 20,12 alfa kuarsa.

- Spesies Cu teridentifikasi adalah Cu⁰ sedangkan spesies Mo sebagai MoO₂.
- Peran Mo 2% sebagai koaktivator berpengaruh terhadap aktivitas katalis dengan variasi konsentrasi logam Cu.
- Katalis Cu-Mo/Zeolit dengan komposisi Mo 2% dan Cu 3% merupakan katalis dengan aktivitas terbaik yang memiliki konversi N₂O maksimum sebesar 73,55% pada temperatur uji 500°C.

KEPUSTAKAAN

1. Kapteijn, F., Jose, R.M, Jacob, A.M., 1996. Heterogenous Catalytic Decomposition of Nitrous Oxide. *Applied Catalysis B: Environmental* 9, 25-64.
2. Hamilton, R.S., Roy, M.H., 1991, *Studies in Environmental Science-Highway Pollution*, Elsevier Science, New York, Vol. 14, pp 378-379.
3. Hirao, O. and Pefley, R.K., 1988, *Present and Future Automotive Fuels*, John Wiley and Sons Inc., New York 486-494.
4. Ferdiaz, S., 1992., *Polusi Air dan Udara*, Kanisius hal 98-103
5. Taylor, K.C., 1984, *Automobile Catalytic Converters*, General Motors Research Laboratories, Michigan, pp 138-144.
6. Xiao F.S. Zhang, W. Jia, M., 1999, *Catal. Today*, 50:117.
7. Salgado A L S M, Passos F B, Schmal M., 2003, *Catal.Today*, 85:23.
8. Miftahudin., 1999, Pengaruh Difusi Terhadap Kandungan MoO₃ dan CoO dalam Preparasi Katalis Mo-Co/ γ -Al₂O₃. Skripsi FMIPA Universitas Diponegoro. Semarang.
9. Cullity, B.D., 1959, *Elements of X-Ray Diffraction*. London : Addison-Wesley.
10. Zhe Li, Dang Li, Wei Huang, Kechang Xie., 2005, A Novel Cu-Mo/ZSM-5 catalyst for NO_x Catalytic Reduction with Ammonia, *Journal of Natural Gas Chemistry* 14: 115-118.
11. Nur Aisah Indraswati., 2002, Preparasi, Karakterisasi dan Uji Katalitik Katalis Cu dan Co Untuk Dekomposisi N₂O dengan Pengembangan Zeolit Alam. Skripsi FMIPA Universitas Brawijaya Malang.