

THE INTERCALATION OF COPPER INTO ACTIVE CARBON AND ITS APPLICATION AS A CATALYST FOR n-AMYLALCOHOL DEHYDRATION

Interkalasi Cu Pada Karbon Aktif dan Pemanfaatannya sebagai Katalis Dehidrasi n-AMILAKOHOL

RUSMAN

Department of Chemistry, Faculty of Education, Syah Kuala University

IIP IZUL FALAH, RHA. SAHIRUL ALIM

Department of Chemistry, FMIPA Gadjah Mada University

ABSTRACT

The intercalation of CuCl_2 salts into active carbon and its activity as catalyst on dehydration of n-amyalcohol has been investigated.

In this research, the intercalation was conducted by reacting CuCl_2 powder with active carbon and Cl_2 gas at 3 atm, temperature 575°C , at various heating time. This process was then followed by the reduction in the flowing hydrogen gas. Characterization of intercalation product was conducted by gas sorption method to determine surface area, pore radius, and pore volume distribution, and atomis adsorption spectroscopy (AAS) was used to determine the content of Cu metal. The test of catalytic activity on dehydration reaction of n-amyalcohol, was carried out in a flow reactor system at various temperatures.

The results showed that the surface area and total pore volume increase with the longer time of intercalation process, and followed by increasing Cu content on active carbon. It was showed further that catalyst with highest Cu content, and the largest of both of surface area and total pore volume gives the best performance.

Keywords: Intercalation, characterization, active carbon and Activity.

PENDAHULUAN

Karbon aktif merupakan bahan yang dapat digunakan sebagai pengemban katalis seperti halnya zeolit, silika dan alumina. Dipilihnya karbon aktif sebagai pengemban katalis pada penelitian ini terutama karena persediaannya cukup melimpah. Sejauh ini karbon aktif baru dipakai sebagai adsorben, belum banyak diikuti sertakan dalam katalitik seperti di negara-negara lain.

Beberapa keuntungan yang dapat diperoleh dalam pemakaian karbon aktif sebagai pengemban katalis, diantaranya karena karbon aktif memiliki persyaratan seperti luas permukaan yang besar memungkinkan dispersi logam secara maksimal dan sifatnya yang inert dapat mengeliminir reaksi samping [3]. Menurut para peneliti terdahulu, karbon aktif menunjukkan sifat yang baik sebagai pendukung suatu katalis, salah satunya seperti yang disebutkan oleh Jung dkk [4] bahwa karbon aktif sebagai pendukung katalis Fe adalah lebih baik dibandingkan pendukung oksida logam karena dengan karbon aktif tingkat reduksi Fe menjadi lebih sempurna

dan dapat memberikan dispersi Fe yang sangat tinggi di atas pendukungnya.

Selama ini pendistribusian logam aktif pada karbon sering dilakukan dengan impregnasi, karena perlakuannya yang relatif mudah dan sederhana, namun dalam metode ini masih ditemui kekurangan diantaranya adalah bila logam yang terdistribusi pada karbon terlalu tinggi, dapat mengakibatkan mengecilnya ukuran pori. Hal ini disebabkan pori-pori yang ada pada karbon akan terisi oleh impregnan.

Berbagai usaha telah dilakukan untuk memperbaiki kinerja katalis yang meliputi seleksi terhadap pengemban dengan cara mengoptimalkan porositas, luas permukaan, meningkatkan aktivitas logam dan sebagainya. Salah satu usaha yang bertujuan untuk meningkatkan porositas dan luas permukaan adalah dengan mempelajari berbagai metode pengembanan logam pada pengemban.

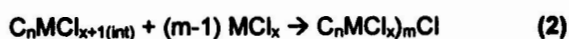
Mengembangkan logam katalis selain dengan impregnasi, dapat dilakukan dengan interkalasi. Interkalasi yaitu penyisipan suatu atom atau molekul yang mempunyai spesies kimia berbeda ke dalam suatu bahan yang mempunyai struktur lapisan [1]. Atom-atom atau molekul yang akan disisipkan biasa

disebut interkalant (*intercalant*), sedangkan lapisan yang merupakan tempat interkalant yang akan masuk disebut dengan interkalat (*intercalate*). Dengan demikian, mengembangkan katalis pada pengembangan tertentu dapat dilakukan dengan interkalasi.

Menurut Eickoff dan Metz (1997), mekanisme reaksi yang terjadi pada interkalasi logam klorida pada karbon, adsorbed MCl_x dan gas klorin yang menyebabkan suatu transfer nilai muatan dari grafit dengan inti negatif sehingga menghasilkan persamaan reaksi seperti berikut:



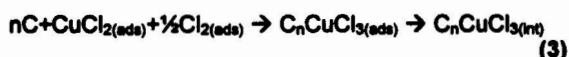
dimana ads dan int berturut-turut adalah spesies teradsorb dan terinterkalasi dan M suatu logam, selanjutnya MCl_x netral masuk ke sisi grafit dan membentuk kelompok interkalate menjadi lebih besar.



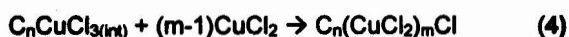
Proses interkalasi berlanjut dengan mengulangi dari reaksi (1) dan (2).

Mekanisme di atas sudah diterapkan pada reaksi interkalasi $CdCl_2$ oleh Eickoff dan Metz (1997) dan reaksi interkalasi $CoCl_2$ oleh Tilquin dkk. (1997).

Spesies adsorbed pada permukaan karbon ($CuCl_2$, Cl_2 dan $CuCl_3^-$) yang akan menyebabkan transfer muatan dari karbon, dan memperbesar jarak antara dua lapisan karbon, kemudian ion negatif $CuCl_3^-$ masuk ke antara lapisan karbon dan menghasilkan:



akibat perbesaran spesi interlayer, $CuCl_2$ netral akan masuk ke kristal dan menambah kelompok interkalat menjadi lebih besar.



Penyebaran kelompok pada pusat kristal memiliki kecepatan yang tergantung pada ukurannya. Interkalasi berlangsung terus menerus dengan mengulangi reaksi pembentukan spesi (3) dan (4) sampai keadaan seimbang.

Agar hasil interkalasi bisa berfungsi sebagai katalis, logam Cu^{2+} yang ada harus direduksi terlebih dahulu untuk mendapatkan logam tidak bermuatan (Cu). Proses reduksi

dilakukan dengan cara mengalir gas H_2 disertai dengan pemanasan.

EKSPERIMEN

Alat dan bahan: Semua bahan kimia yang digunakan berasal dari E'Merck dengan kualitas p.a. dan gas didapatkan dari Aneka Gas. Alat-alat gelas dari bahan Pyrex; Spektrometer Serapan Atom Perkin Elmer model 3110, Gas Sorption Analyzer Quantachrome Corporation NOVA-1000, Kromatografi Gas Shimadzu model GC-14B, Spektrometer massa Shimadzu model QP 5000, Tanur kalsinasi Thermolyne type 21100 Tube Furnace, reaktor aktivasi/kalsinasi/reduksi panjang 45 cm diameter 2 cm, reaktor uji katalitik panjang 26 cm diameter 1 cm dan reaktor interkalasi yang terbuat dari stainless steel panjang 20 cm diameter 4 cm, dilengkapi dengan penutup untuk mengisi sampel dan kran pengisi gas.

Prosedur: Karbon aktif yang digunakan sebagai sampel adalah yang lolos ayakan 80 mesh dan tertahan ayakan 100 mesh. Karbon aktif tersebut dibasahi dengan asam fosfat 10%, lalu dikeringkan pada suhu 110 °C selama 4 jam, masukkan ke dalam reaktor aktivasi yang terlebih dahulu diberi glasswool pada bagian dasarnya dan dialirkan gas karbon dioksida (CO_2) dan panaskan. Setelah suhunya mencapai 800 °C dibiarkan konstan selama 2 jam.

Preparasi Cu/karbon int. Ditimbang 10 g serbuk karbon aktif dan 2,5 g $CuCl_2$, dimasukkan dalam reaktor interkalasi kemudian reaktor dipanaskan dalam tanur pada suhu 250 °C agar kandungan air yang ada pada karbon dan $CuCl_2$ menguap keluar, posisi kran reaktor dalam keadaan terbuka, setelah pemanasan selama kira-kira 2 jam kran reaktor ditutup rapat, udara yang tersisa dalam reaktor disedot dengan pompa vakum. Selanjutnya reaktor diisi gas Cl_2 sampai tekanan lebih kurang 1,2 atm.

Reaktor dipanaskan dalam tanur pada temperatur 575 °C. Lama pemanasan tiap sampel berbeda (5-15 jam). Dengan rincian lama pemanasan terhadap sampel sebagai berikut:

- sampel A. dipanaskan pada suhu 575 °C, lama pemanasan 5 jam
- sampel B. dipanaskan pada suhu 575 °C, lama pemanasan 7 jam
- sampel C. dipanaskan pada suhu 575 °C, lama pemanasan 10 jam
- sampel D. dipanaskan pada suhu 575 °C, lama pemanasan 15 jam

Sampel hasil interkalasi dicuci dengan aquadest dan dilanjutkan dengan penyaringan kemudian dilanjutkan perendaman selama satu malam, hasil perendaman dibilas (3-4 kali pembilasan) dengan menggunakan aquadest agar sisa tembaga yang belum terinterkalasi larut. Kemudian sampel dikeringkan dalam oven pada temperatur 120 °C selama 8 jam.

Preparasi Cu/karbon imp. Impregnasi tembaga (II) klorida pada karbon aktif dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

200 ml larutan yang mengandung 0,4 dan 0,5 g Cu dari larutan CuCl_2 masing-masing dimasukkan ke dalam gelas piala yang didalamnya telah berisi karbon aktif sebanyak 10 gram. Selanjutnya diaduk dengan menggunakan pengaduk magnet selama 24 jam, kemudian disaring dan dikeringkan dalam oven pada suhu 110 °C.

Aktivasi katalis dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

Kalsinasi. Sampel katalis kering yang dipreparasi melalui metode interkalasi dan impregnasi masing-masing ditempatkan pada reaktor untuk dikalsinasi pada suhu 400 °C selama 4 jam sambil dialiri gas nitrogen untuk menghindari reaksi karbon dengan oksigen. Kalsinasi dilakukan sebagai berikut: sampel dimasukkan ke dalam kolom gelas kemudian dipanaskan, suhu dinaikkan dengan kecepatan 10 °C/menit sampai temperatur 400 °C selama 2 jam.

Reduksi. Terhadap sampel katalis yang sudah dikalsinasi melalui pendinginan dahulu, dilakukan reduksi dengan dialiri gas hidrogen dengan kecepatan alir 10 ml/menit. Dipanaskan dengan laju kenaikan 10 °C/menit sampai temperatur 400 °C selama 2 jam.

Karakterisasi meliputi, (1) penentuan kandungan logam Cu dalam karbon sengan AAS, (2) penentuan porositas katalis untuk menganalisis luas permukaan spesifik, volume total pori, rerata jejari pori, distribusi ukuran pori, dan (3) keasaman ditentukan dengan metode gravimetri gas NH_3 teradsorb.

Aktivitas katalis dari katalis Cu/ karbon hasil interkalasi dan impregnasi (Cu/karbon int. Cu/karbon imp.) yang telah dibuat diuji terhadap reaksi dehidrasi senyawa alkohol dilakukan dengan reaktor air. Uji aktivitas katalis dimaksudkan untuk mengetahui apakah katalis yang telah dibuat mempunyai kemampuan mengkatalisis suatu reaksi atau tidak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan logam Cu pada karbon.

Hasil analisis dengan Spektroskopi Serapan Atom masing-masing sampel diperlihatkan pada Tabel 1 dan Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 1. Kandungan logam Cu dalam sampel Cu/karbon int.

No	Sampel	Waktu interkalasi/jam	Kand. Cu
1	Int-5	5	3,1
2	Int-7	7	5,
3	Int-10	10	9,5
4	Int-15	15	13,5

Tabel 2. Kandungan logam Cu dalam karbon aktif dan karbon impregnasi (Cu/karbon imp.)

No	Sampel	Kandungan Cu
1	Karbon	0,0
2	Impregnasi (a)	3,2
3	Impregnasi (b)	3,9

Tabel 1 memperlihatkan adanya peningkatan kandungan logam seiring dengan waktu pemanasan, dengan kata lain makin lama proses pemanasan makin besar jumlah logam Cu yang ada dalam sampel, dari hasil ini dapat disimpulkan waktu interkalasi mempengaruhi kandungan logam Cu yang ada pada sampel. Peningkatan prosentase kandungan logam Cu pada karbon aktif ini dapat dijelaskan dari pemahaman tentang reaksi yang ditunjukkan pada persamaan (3) dan (4), terbentuknya spesies $\text{C}_n\text{CuCl}_{3(\text{int})}$ dan $\text{C}_n(\text{CuCl}_2)_m\text{Cl}$ berlangsung secara berkelanjutan. Atas dasar ini dapat memberikan keyakinan bahwa makin lama waktu perlakuan akan diikuti dengan penambahan konsentrasi $\text{C}_n(\text{CuCl}_2)_m\text{Cl}$, sehingga prosentase Cu meningkat. Disamping itu juga dapat dimungkinkan terjadinya peningkatan harga m dalam $\text{C}_n(\text{CuCl}_2)_m\text{Cl}$ tanpa diikuti oleh kenaikan harga n. namun untuk membuktikan fenomena ini tentunya memerlukan pembuktian dan kajian yang lebih mendalam, seperti bentuk kristalnya, struktur molekulnya, ikatan yang terjadi, struktur pori dan lain sebagainya.

Pengukuran luas permukaan spesifik, volume total pori dan rerata jejari pori.

Karakterisasi katalis dengan alat Gas Sorption Analyzer NOVA-100 didapatkan informasi tentang luas permukaan, volume total pori dan rerata jejari pori pada masing-masing katalis. Hasil pengukuran terhadap beberapa sampel tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengukuran luas permukaan spesifik, volume total pori dan rerata jejari pori.

Nama sampel	Luas permukaan spesifik (m ² /g)	Volume total pori (x10 ⁻³ cm ³ /g)	Rerata jejari pori (Å)
Karbon	286,9	171,5	12,0
Impreg	431,3	248,6	11,5
Int-7	373,0	213,2	11,4
Int-15	613,0	346,8	11,3

Pada sampel hasil pengembunan Cu dengan metode impregnasi menunjukkan terjadinya peningkatan luas permukaan, hal ini kemungkinan terjadi karena Cu terdispersi pada masing-masing pori, dimana Cu yang teradsorpsi pada dinding dari rongga pengembunan karbon menyumbangkan permukaannya di dalam pori tersebut, sehingga akan menambah luasan pada pori sampel. Demikian juga volume total pori pada sampel yang mengandung logam terlihat lebih besar dibanding dengan karbon yang tidak dilakukan impregnasi maupun interkalasi. Makin lama proses interkalasi didapatkan volume pori sampel bertambah besar (terlihat pada sampel int-7 dan int-15).

Faktor waktu interkalasi yang dilakukan terhadap sampel berpengaruh terhadap ketiga sampel di atas. Makin lama perlakuan interkalasi menyebabkan luas permukaan pori meningkat. Hasil karakterisasi pada sampel int-7 dibandingkan dengan sampel karbon memperlihatkan terjadinya peningkatan luas permukaan dan volume total pori. Demikian juga untuk sampel int-15 terlihat adanya peningkatan luas permukaan maupun volume

total pori yang lebih besar. Dari fenomena ini dapat disimpulkan bahwa semakin lama proses interkalasi, dalam struktur karbon terjadi perbesaran agregat yang akan mengakibatkan terbukanya lapisan-lapisan pada karbon, sehingga terbentuk rongga-rongga baru yang dapat meningkatkan luas permukaan dan volume total pori.

Berdasarkan distribusi ukuran pori seperti tersaji pada Tabel 4, peningkatan volume pori cenderung terjadi pada daerah berukuran mikropori (<20 Å⁰), sedangkan pada daerah mesopori ditemukan adanya penurunan volume pori untuk sampel impreg. Dan int-7, hal ini kemungkinan disebabkan oleh masuknya logam Cu ke dalam sebagian mesopori yang mengakibatkan pori-pori menyempit.

Tabel 4. Distribusi volume pori pada beberapa interval radius pori.

Sampel	Volume pori (cc/gxe ⁻³)			Total/ (x10 ⁻³ cc/g)
	Mikropori (<20 Å ⁰)	Mesopori (20-500 Å ⁰)	Makropori (>500 Å ⁰)	
Karbon	1002,3	294,0	1,5	297,8
Impreg	8713,4	258,4	1,8	131,6
Int-7	1002,4	203,9	0,8	207,9
Int-15	2299,3	309,6	1,3	2610,2

Keasaman katalis

Hasil perhitungan angka keasaman dari karbon aktif dan sampel katalis tersaji pada Tabel 5.

Tabel 5 memperlihatkan semua sampel katalis mempunyai sifat asam, ini menunjukkan bahwa karbon aktif itu sendiri mempunyai gugus H⁺. Secara keseluruhan sampel katalis mempunyai keasaman lebih besar dibandingan dengan karbon aktif tanpa perlakuan. Dengan meningkatnya sifat asam dan kandungan logam Cu pada sampel katalis diharapkan katalis mampu mengadsorpsi zat pereaksi (yang bersifat basa) dalam jumlah lebih banyak sehingga akan meningkatkan laju reaksi, dengan demikian fungsi katalis akan lebih baik.

Tabel 5. Adsorpsi amoniak (NH₃) oleh karbon dan sampel katalis.

Sampel	Kandungan logam (%)	Berat sampel (g)	Berat amoniak teradsorpsi (g)	Keasaman (mmol/g)
Karbon	0,0	1,0401	0,0234	1,3215
Impreg	4,0	1,0321	0,0270	1,5345
Int-5	3,1	1,0027	0,0260	1,5251
Int-7	5,6	1,0061	0,0278	1,6237
Int-10	9,5	1,0231	0,0216	1,8132
Int-15	13,5	1,0030	0,0333	1,9524

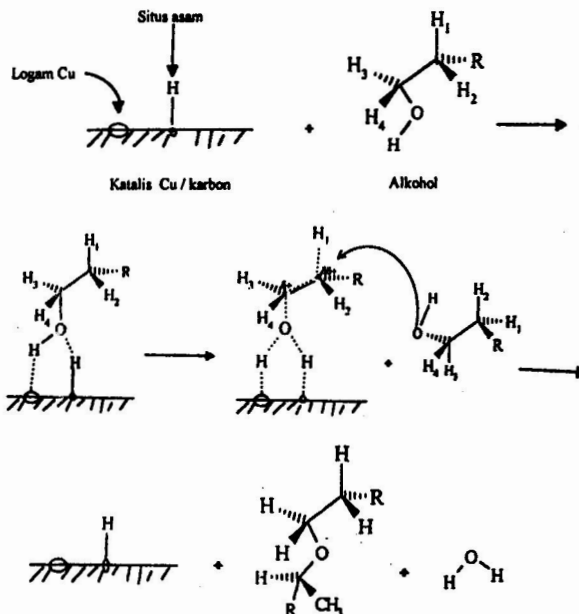
Uji aktivitas katalis hasil interkalasi dan impregnasi

Kinerja suatu katalis ditentukan berdasarkan parameter aktivitas dan selektivitas katalis terhadap sistem reaksi. Aktivitas katalis yaitu parameter yang menyatakan prosentase senyawa reaktan yang diubah menjadi senyawa-senyawa hasil reaksi per berat katalis, sedangkan selektivitas katalis adalah parameter yang menyatakan prosentase senyawa utama yang diharapkan dari hasil reaksi perberat katalis. Banyak faktor yang mempengaruhi laju pembentukan suatu hasil reaksi dalam reaksi katalitik. Faktor itu dapat berasal dari katalis itu sendiri baik yang berupa sifat kimia seperti komposisi kimia, jumlah logam yang terdeposit pada pendukung, interaksi elektronik antara logam-logam atau logam dengan pendukung maupun sifat fisika seperti struktur permukaan, luas permukaan, radius pori dan lain-lain. Dapat juga berupa faktor dari luar katalis seperti kondisi sistem pada saat katalis bekerja meliputi suhu reaksi, jenis senyawa umpan, gas pembawa, kecepatan lair, waktu reaksi dan lain-lain. Dalam pembahasan ini akan ditekankan pada sebagian faktor yang disebutkan di atas, yaitu faktor jumlah logam, luas permukaan, keasaman, suhu reaksi dan faktor ukuran pori.

Untuk mengetahui hasil yang terjadi dari konversi n-amilalkohol melalui reaksi katalitik Cu ini, terhadap produk yang didapatkan dilakukan analisis dengan menggunakan kromatografi gas (GC), untuk mengetahui produk reaksi dan sisa reaktan yang tidak bereaksi secara kuantitatif. Dari data kromatogram terlihat adanya beberapa puncak yang belum diketahui.

Untuk memastikan puncak tersebut, dilakukan analisis secara kualitatif dengan menggunakan GC-MS. Analisis dengan GC-MS menunjukkan kemungkinan puncak yang berada pada posisi waktu retensi 6,017 sesuai dengan puncak sesuai dengan puncak pada referensi nomer satu, kemungkinan senyawanya adalah 1-pentanol, puncak nomor dua yaitu: 1-pentanol, pentyl alkohol, n-amyl alcohol, n-butylcarbinol dan n-pentan-1-ol, sehingga dapat disimpulkan bahwa senyawa tersebut sesuai reaktan yang mempunyai berat molekul 88 yaitu 1-pentanol. Sedangkan senyawa yang berada di daerah waktu retensi 13,425, kemungkinan senyawanya sama dengan puncak yang diberikan pada referensi nomor dua, yaitu

senyawa dengan berat molekul 158, senyawa yang mungkin: Pentane, 1,1'-oxybis-, pentyl ether, n-pentyl ether dan amyl ether. Maka dihasilkan dari reaksi katalistik ini adalah amil eter. Diramalkan mekanisme reaksi yang terjadi pada reaksi tersebut adalah:

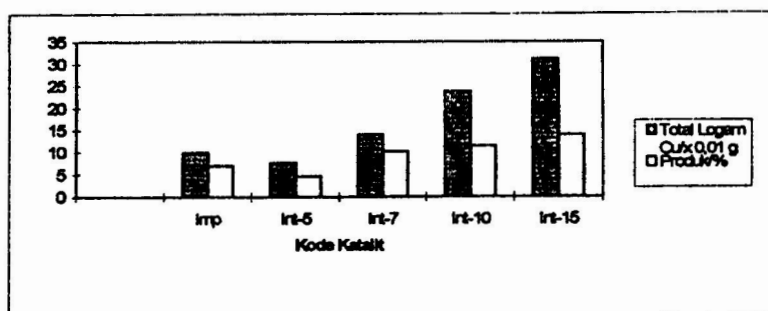


Dimana R adalah C₃H₇. Dalam reaksi ini mula-mula terbentuk ikatan antara atom O dari amilalkohol dengan atom H pada permukaan karbon, di sisi lain Cu berikatan dengan H yang ada pada gugus OH dalam amilalkohol, kemudian atom O dari amilalkohol lain menyerang C kedua dari sisi O yang diikuti oleh pemutusan dan pembentukan ikatan untuk membentuk senyawa eter dan molekul H₂O.

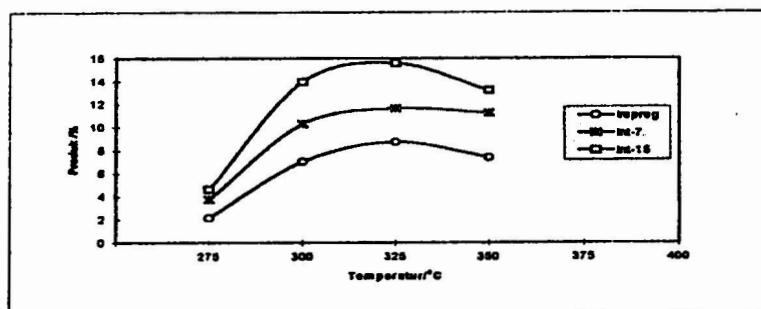
Hasil uji katalis terhadap reaksi dehidrasi n-amilalkohol disajikan pada Tabel 6. Tabel 6 memperlihatkan adanya perbedaan jumlah produk yang dihasilkan pada setiap katalis yang berbeda. Perbedaan yang tampak pada sampel dengan kode A, B, C dan D menunjukkan adanya hubungan antara waktu interkalasi dari katalis yang digunakan dalam reaksi dengan jumlah produk amil eter yang dihasilkannya. Penyebab yang paling dominan dari data yang ada dalam penelitian ini adalah oleh adanya perbedaan kandungan logam yang ada dalam katalis tersebut. Makin besar kandungan logam Cu dalam katalis akan semakin besar kemampuan katalis tersebut mengkonversi n-amilalkohol menjadi amil eter, dengan kata lain kandungan logam dalam katalis di sini mempengaruhi produk yang dihasilkan dalam reaksi yang dilakukan.

Tabel 6. Kinerja katalis pada reaksi dehidrasi n-amilalkohol pada suhu 300 °C.

Kode	Total Cu ($\times 10^{-1}$ g)	Sampel	Produk (%)
O	0,0	Karbon	0,0
Im (a)	0,8	Impreg	4,5
Im (b)	1,0	Impreg	7,0
A	0,8	Int. 5 jam	1,9
B	1,4	Int. 7 jam	10,3
C	2,4	Int. 10 jam	11,4
D	3,4	Int. 15 jam	14,0



Gambar 1. Grafik hubungan antara kandungan logam terhadap produk yang dihasilkan pada suhu reaksi 300 °C.



Gambar 2. Grafik perbedaan jumlah produk antara sampel impregnasi, interkalasi 7 jam dan interkalasi 15 jam pada variasi suhu reaksi.

Demikian juga perbedaan yang terjadi antara katalis yang dilakukan melalui impregnasi dengan metode interkalasi menunjukkan adanya hubungan positif antara kandungan logam yang ada dalam katalis terhadap produk yang dihasilkan melalui katalis tersebut. Hal ini bisa kita lihat pada grafik yang ada pada Gambar 1. Disamping itu juga tidak mengabaikan pada faktor fisika dari masing-masing katalis seperti luas permukaan, keadaan pori dan kondisi luar lainnya. Seperti yang telah diungkapkan di atas, faktor luar seperti faktor suhu reaksi juga mempengaruhi kuantitas produk yang akan dihasilkan pada reaksi. Hubungan antara suhu reaksi terhadap prosentase produk amil

eter dapat dilihat pada Gambar 2. Gambar tersebut juga memperlihatkan perbedaan persen produk senyawa eter yang dihasilkan dari tiga sampel impregnasi, interkalasi 7 jam dan interkalasi 15 jam. Dari Gambar 2 terlihat sampel yang mampu menghasilkan produk amil eter tertinggi ditemukan pada sampel int-15. Persen amil eter dari hasil reaksi katalitik dehidrasi n-amilalkohol paling tinggi didapatkan pada perlakuan dengan menggunakan katalis int-15 pada suhu reaksi 325 °C. Dari data ini maka dapat disimpulkan bahwa dari keempat sampel yang dicoba, katalis yang paling baik digunakan untuk reaksi dehidrasi n-amilalkohol adalah katalis int-15. Fenomena ini kemungkinan tidak

hanya dikaitkan dengan faktor termodinamik saja akan tetapi kemungkinan lain dapat dipengaruhi oleh daya adsorpsi gas pada permukaan padatan dan juga tergantung pada suhu terprogram.

KESIMPULAN

Bedasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya dapat disimpulkan bahwa:

1. Luas permukaan, volume pori dan jumlah logam pada sampel meningkat sejalan dengan makin lamanya interkalasi atau waktu pemanasan.
2. Keuntungan yang didapat dari pengembangan logam dengan interkalasi dibanding cara impregnasi diantaranya dapat meningkatkan luas permukaan yang lebih besar serta dapat meningkatkan volume pori meskipun kandungan logam makin tinggi.
3. Aktivitas katalis terhadap reaksi dehidrasi n-amilalkohol meningkat seiring dengan meningkatnya kandungan logam, keasaman, luas permukaan dan volume pori yang dimiliki oleh katalis.

DAFTAR PUSTAKA

1. Dresselhaus, M.S., and Dresselhaus, G., 1981, *Intercalation Compounds of graphite*, (dalam Martin, D.H., *Advances In Physics*), 30: 139-236, Taylor & Francis Ltd, London.
2. Eickoff, H.P., and Metz, W., 1997, The Formation of CdCl₂-Graphite from Melts with KCl: The Equilibrium of Nucleation, *Carbon*, 35: 299-306.
3. Guerrero-Ruiz, A.A., Supelveda-Escribano. And Rodriguez-Ramos, I., 1992, Carbon Supported Bimetallic Catalysts Containing Iron. I. Preparation and Characterization. *Appl. Catal.* 81: 81-100.
4. Martin-Martinez, J.M., and vanice, M.A., 1991, Carbon Supported Iron Catalysts; Influence of Support Porosity and Preparation Techniques on Crystallites, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 30: 2263-2275.
5. Tilquin, J.Y., Fournier, J., Guay, D., Dobelet, J.P. and Denes, G., 1997, Intercalation of CoCl₂ into Graphite: Mixing method vs molten salt method, *Carbon*, 35: 299-306.