

EFFECT OF PREPARATION METHOD OF Ni CATALYST USING BENTONITE AS THE SUPPORT MATERIAL

Pengaruh Metoda Preparasi Pada Katalis Nikel Dengan Penyangga Bentonit

Hery Haerudin, Silvester Tursiloadi, Galuh Widiyarti, Wuryaningsih Sri Rahayu
*Pusat Penelitian dan Pengembangan Kimia Terapan - Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Kawasan PUSPIPTEK, Serpong – Tangerang 15314*

ABSTRACT

Nickel catalyst has been prepared impregnation and precipitation with nickel content of 20% and 25% each using bentonite as support material. The effects of the preparation method were studied using temperature programmed oxidation (TPO) and temperature programmed reduction (TPR) and by determination of its specific surface area. The activity of catalysts has been tested in the hydrogenation of palm oil. The catalyst with 20% of nickel and prepared by impregnation shows a single peak at 301°C, compared to catalyst with 25% of nickel prepared by the same method which has a peak at 304°C and a shoulder at 330°C. The reduction curves of both catalysts, those are prepared by impregnation, show a homogeneity indicated by a high main peak at 426°C (20% Ni) and 430°C (25% Ni). The 25% nickel catalyst by impregnation has a shoulder at 508°C. The catalysts prepared by precipitation show peaks at 508°C and 661°C for 20% of Ni and peaks at 419°C and 511°C for 25% of Ni. The reduction curves of catalysts prepared by precipitation are significantly different from each other. Those are also very different comparing to the reduction curve of impregnated catalyst. The 20% precipitated nickel catalyst has a single peak at 540°C, but the 25% precipitated nickel catalyst shows peaks at 346°C and 503°C. The differences of peak position among the reduction curves of catalysts resulted in the differences of catalyst activities with the following order 20% Ni (impregnation) > 25% Ni (impregnation) > 20% Ni (precipitation) > 25% Ni (precipitation).

Keywords: *bentonite, nickel catalyst, hidrogenation.*

PENDAHULUAN

Secara Tanah liat atau *clay* banyak digunakan sebagai bahan dalam pembuatan katalis, baik untuk reaksi reforming minyak bumi, reaksi hidrogenasi, maupun dalam reaksi lainnya [1]. Salah satu jenis tanah liat yang banyak terdapat di Indonesia adalah bentonit, yang merupakan salah satu jenis clay yang mengandung komponen utama montmorilonit [2]. Bentonit di Indonesia pada umumnya adalah Ca-Bentonit dengan kandungan Montmorilonit sekitar 70%[3].

Montmorilonit memiliki struktur yang membentuk lapisan-lapisan. Ruang antar lapisan-lapisan tersebut biasanya ditempati oleh molekul air ataupun kation-kation yang dapat dipertukarkan. Dengan struktur montmorilonit seperti itu, maka bentonit tidak begitu tahan terhadap perlakuan suhu akan akan mengalami kerusakan struktur pada suhu sekitar 650°C [2,4]. Diketahui pula bentonit memiliki luas permukaan yang cukup besar, serta memiliki titik lebur yang tinggi (1330 -1430 °C) [2,4].

Modifikasi bentonit banyak dilakukan dalam rangka peningkatan stabilitas suhu, pengubahan keasaman maupun sifat kimia fisik lainnya [5,6,7,8]. Dalam tulisan ini dilaporkan suatu pengubahan Ca-bentonit melalui pertukaran kation menjadi Na-bentonit dan selanjutnya Na-bentonit dimodifikasi dengan melakukan penambahan Al^{3+} dalam bentuk larutan $AlCl_3 \cdot 6H_2O$. Bentonit yang telah ditukar kationnya serta mengalami modifikasi selanjutnya digunakan sebagai bahan penyangga katalis nikel dengan kandungan nikel sebesar 20% dan 25% (b/b). Pembuatan katalis nikel dengan bahan penyangga bentonit ini dimaksudkan untuk mencari katalis alternatif untuk hidrogenasi minyak sawit. Pada saat ini digunakan kieselguhr sebagai bahan penyangga katalis [9]. Pembuatan katalis menggunakan metoda impregnasi dan presipitasi dengan tujuan mengetahui pengaruh metoda preparasi ini terhadap karakteristik dan aktivitas katalis. Kedua metoda ini merupakan metoda yang paling lazim dalam pembuatan katalis logam terdispersi [10,11]. Katalis dianalisa dengan

menggunakan *temperature programmed oxidation (TPO)* dan *temperature programmed reduction (TPR)* dan pengukuran luas permukaan spesifik dengan metoda Brunnauer-Emmet-Teller (BET) serta uji aktivitas dalam reaksi hidrogenasi minyak sawit.

Cara Kerja

Pertukaran Kation dan Modifikasi Bentonit

Pertukaran kation dilakukan dengan mencampurkan bentonit dengan larutan NaCl jenuh dengan perbandingan bentonit/larutan NaCl sebesar 1/200 (g/ml) serta pengadukan selama 30 menit yang dilakukan sebanyak dua kali. Bentonit setelah proses pertukaran kation diberi nama NaB. Setelah pencucian dan pengeringan Na-bentonit dicampurkan dengan larutan 0.1 M $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan perbandingan bentonit/ Al^{3+} sebesar 1:2 (mg/meq) pada pH 11.2 serta pengadukan pada suhu 70°C selama 12 jam. Selanjutnya campuran disaring dan dicuci hingga Cl tidak terdesksi kembali (diuji dengan larutan AgNO_3 0.1 N). Bentonit yang telah dimodifikasi dengan penambahan Al ini diberi nama MNaB. Bentonit yang telah dimodifikasi kemudian dikeringkan pada suhu 120 °C selama 12 jam, yang dilanjutkan dengan kalsinasi pada suhu 500°C selama 6 jam dengan kecepatan pemanasan sebesar 10°C/menit. Bentonit termodifikasi dan telah dikalsinasi inilah yang kemudian digunakan sebagai bahan penyangga katalis.

Pembuatan Katalis Nikel

Katalis dibuat dengan kadar nikel sebesar 20% (b/b) serta 25% (b/b), di mana masing-masing katalis dibuat dengan dua metoda yaitu impregnasi dan presipitasi. Pembuatan katalis dengan metoda impregnasi dilakukan dengan menambahkan larutan $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0.5 M ke dalam suspensi bahan penyangga (MNaB) sedikit demi sedikit pada suhu 70°C disertai pengadukan. Selanjutnya campuran diaduk pada suhu tersebut hingga menjadi kering. Katalis kemudian dikeringkan pada suhu 120°C selama 10 jam, dan dilanjutkan dengan kalsinasi pada suhu 500°C dalam udara selama 4 jam serta reduksi pada suhu 450°C dalam aliran hidrogen (1ml/detik). Kecepatan pemanasan sewaktu kalsinasi dan reduksi masing-masing sebesar 10°C/menit. Masing-masing katalis diberi nama I20 dan I25. Sedangkan pembuatan katalis dengan metoda presipitasi dilakukan dengan menambahkan sedikit demi sedikit larutan Na_2CO_3 (1 M) kedalam suspensi (10%) yang terdiri dari bahan penyangga, larutan $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0.5 M, dan larutan H_3NCONH_3 (0.5 M). Prosedur pengeringan, kalsinasi dan reduksi dilakukan sama dengan katalis hasil impregnasi. Katalis yang dibuat

dengan metoda presipitasi diberi nama P20 dan P25.

Analisa SEM-EDX dan Difraksi Sinar-X

Analisa SEM-EDX untuk bahan penyangga dilakukan pada SEM 30 (Phillips). TPO dan TPR dilakukan dengan menggunakan TPD/TPR 2900 (Micromeritics) pada rentang suhu 25-700°C dengan kecepatan pemanasan sebesar 5°C/menit dengan menggunakan gas 10% O_2 dalam helium untuk TPO dan 5% H_2 dalam argon untuk TPR. Pengukuran luas permukaan spesifik (LPS) dilakukan dengan adsorpsi campuran gas 30% N_2 dalam Helium pada suhu nitrogen cair (-169°C) yang dikenal dengan metoda Brunnauer-Emmet-Teller (BET). Sebelum dilakukan pengukuran TPO, TPR dan BET masing-masing percontoh dipanaskan dalam aliran helium pada suhu 200°C selama 15-20 menit.

Uji Aktivitas dalam Hidrogenasi Minyak Sawit

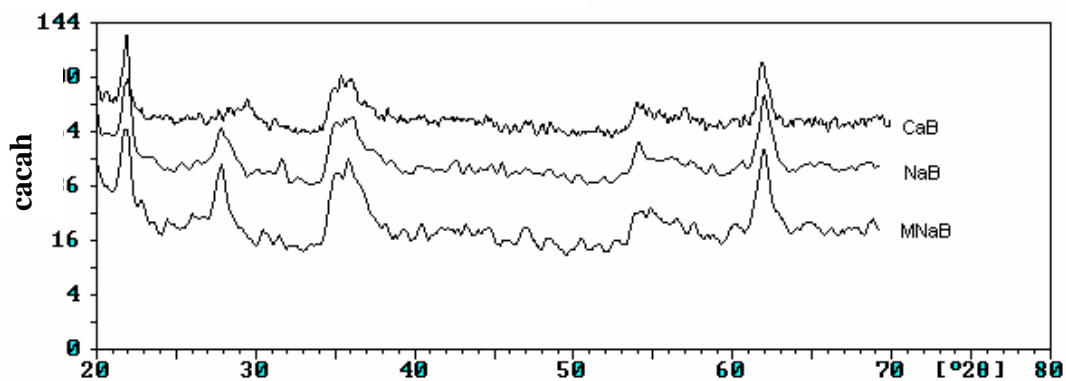
Masing-masing katalis diuji aktivitasnya dalam reaksi hidrogenasi minyak sawit pada tekanan 15 bar dan suhu 180°C dalam reaktor unggun tetap (*batch reactor*). Jumlah katalis yang digunakan untuk setiap percobaan adalah 0,025% Ni. Hidrogenasi berlangsung selama 60 menit, kemudian dilakukan pengambilan percontoh untuk dianalisa jumlah bilangan rangkap dengan mengukur bilangan iod (*iodine value*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

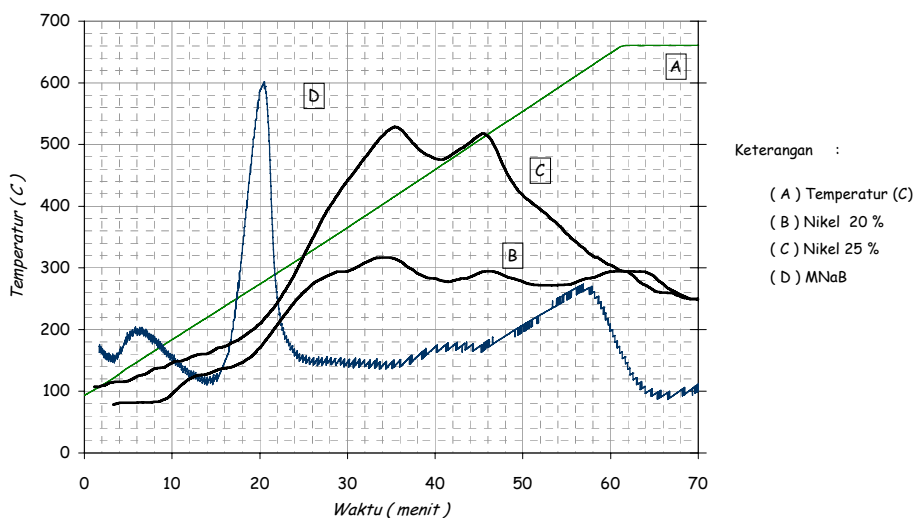
Dalam Tabel 1 berikut ditampilkan hasil analisa dengan menggunakan EDX (electron diffraction X-ray spectroscopy) pada alat SEM 120 serta hasil pengukuran difraksi sinar-X terhadap bahan penyangga yang digunakan (Natrium bentonit termodifikasi, MNaB), dibandingkan dengan bahan awalnya (Ca-bentonit/CaB maupun Na-bentonit/NaB). Perbedaan signifikan signifikan hanya pada peningkatan kandungan logam aluminium (Al), natrium (Na) dan magnesium (Mg) serta penurunan kandungan logam kalsium (Ca), besi (Fe) dan kalium (K). Logam Na, Ca dan K berupa kation yang terletak di dalam ruang antar lapisan struktur montmorilonit. Dengan proses pertukaran kation maka kation-kation selain Na^+ (Ca^{2+} , K^+) ditukar dengan kation Na^+ , sehingga kandungan Ca^{2+} dan K^+ menurun setelah pertukaran kation. Sedangkan Fe menempati posisi yang sama seperti Al dalam struktur oktahedra pada lapisan montmorilonit. Melalui penambahan Al maka sebagian Fe ditukarkan pula oleh Al.

Tabel 1 Komposisi bahan penyangga bentonit menurut hasil analisa dengan EDX

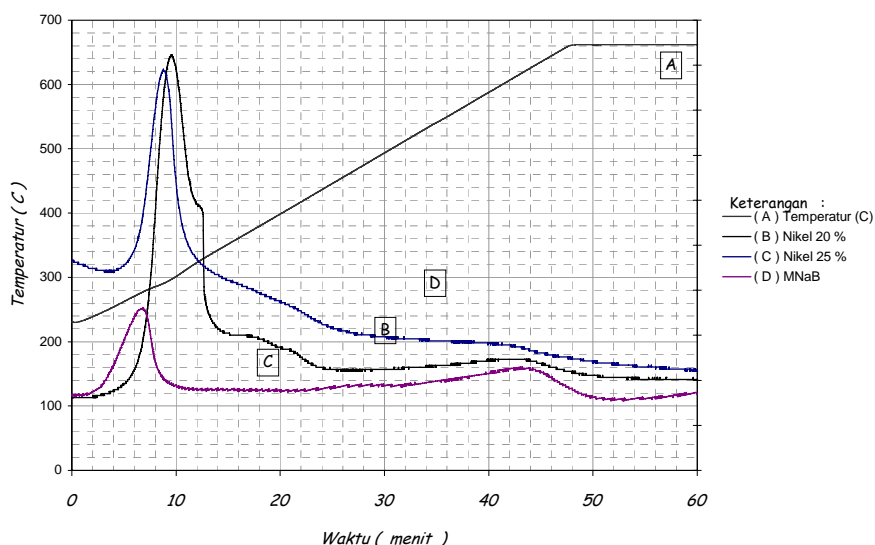
Komponen	CaB (%b/b)	NaB (%b/b)	M-NaB (%b/b)
Al	5,88	12,09	11,99
Na	0	1,98	1,13
Mg	0,41	3,04	2,49
Si	43,86	48,20	45,38
Fe	4,30	1,01	1,11
O	41,93	32,28	36,90
K	1,95	0,50	0,45
Ca	1,67	0,55	0,24
Cl	0	0,36	0,50



Gambar 1 Difraktogram sinar-X dari bahan penyangga Ca-Bentonit (CaB), Na-Bentonit (NaB) dan Na-Bentonit termodifikasi (MNaB).



Gambar 2 Oksidasi dengan suhu terprogram pada katalis hasil presipitasi



Gambar 3 Oksidasi dengan suhu terprogram pada katalis hasil impregnasi

Oksidasi dan Reduksi dengan Suhu Terprogram (OST, RST)

Pengukuran oksidasi dengan suhu terprogram (OST) atau *temperature programmed oxidation (TPO)* dan pengukuran reduksi dengan suhu terprogram (RST) atau *temperature programmed reduction (TPR)* dilakukan terhadap percontohan bahan penyangga katalis yang digunakan, yaitu MNaB. Selanjutnya pengukuran OST dan RST dilakukan terhadap I20, I25, P20 dan P25. Hasil pengukuran tersebut diperlihatkan dalam Gambar 2 dan Gambar 3.

Puncak pertama pada MNaB (153 C) merupakan puncak pelepasan air yang teradsorpsi pada MNaB, pada suhu ini oksidasi belum berlangsung. Puncak yang tinggi pada 279 °C yang dimulai pada suhu sekitar 200 °C dan berakhir pada suhu sekitar 320 °C merupakan puncak yang berasal dari oksidasi senyawa yang terdapat dalam MNaB. Bentuk puncak yang tunggal menunjukkan homogenitas proses oksidasi yang berlangsung, yang kemungkinan berasal dari satu jenis spesies yang dapat teroksidasi. Pada suhu 620 °C struktur lapisan bentonit mengalami kerusakan, karena molekul-molekul air terlepas dari hidrat logam yang berada di antara lapisan-lapisan struktur bentonit. Di samping proses oksidasi utama yang berlangsung pada suhu antara 200 °C dan 320 °C, bahu pada suhu 469 °C menunjukkan terjadinya oksidasi yang lain. Oksidasi pada suhu 469 °C ini berasal dari proses oksidasi spesies yang lebih sukar dioksidasi dibanding spesies sebelumnya, yang dapat dioksidasi pada suhu 297 °C.

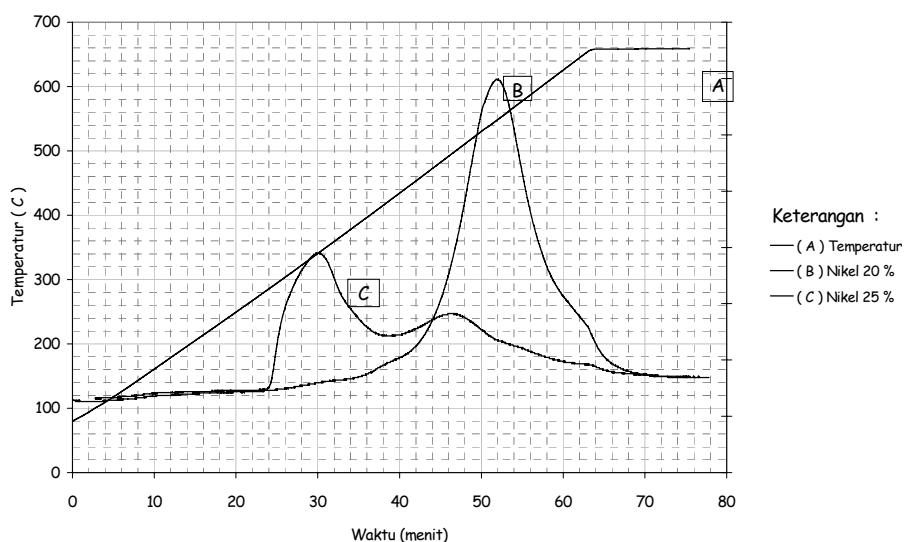
Seperti tampak pada Gambar 2, kurva suhu oksidasi pada katalis hasil presipitasi (P20 dan P25) tidak memiliki puncak yang tajam. Puncak-puncak tersebut berada pada suhu 397°C, 508°C dan 661°C untuk I20 serta 419°C dan 511°C untuk P25. Dibandingkan dengan kurva untuk bahan penyangganya, maka penambahan nikel ini memberikan puncak-puncak baru. Selain itu terdapat pergeseran posisi puncak dengan suhu tertinggi, yang semula pada 620°C pada MNaB menjadi 661°C pada katalis dengan P20 dan tidak tampak lagi pada katalis dengan P25.

Pada pembuatan katalis secara presipitasi menggunakan larutan NaCO_3 pada suasana basa, maka akan terjadi pembentukan partikel NiCO_3 yang juga kemungkinan disertai dengan pembentukan Ni(OH)_2 . NiCO_3 sendiri mengalami dekomposisi pada 204°C [Römpf, 1995], sehingga puncak-puncak pada suhu di atas 350°C itu bukanlah puncak dari dekomposisi NiCO_3 . Dalam suatu oksidasi dengan suhu terprogram, semakin tinggi suhu puncak oksidasi maka spesies tersebut sulit dioksidasi, yang dapat bergantung pada jenis senyawa sebelum dioksidasi maupun posisinya dalam suatu struktur berpori. Oleh karena itu puncak pada kurva oksidasi untuk katalis hasil presipitasi adalah berasal dari oksidasi nikel, di mana dapat disimpulkan terdapat setidaknya dua buah spesies oksida nikel pada katalis yang dibuat dengan metoda presipitasi ini. Sedangkan puncak pada suhu di atas 600 °C menunjukkan berlangsungnya kerusakan struktur lapisan bentonit [2].

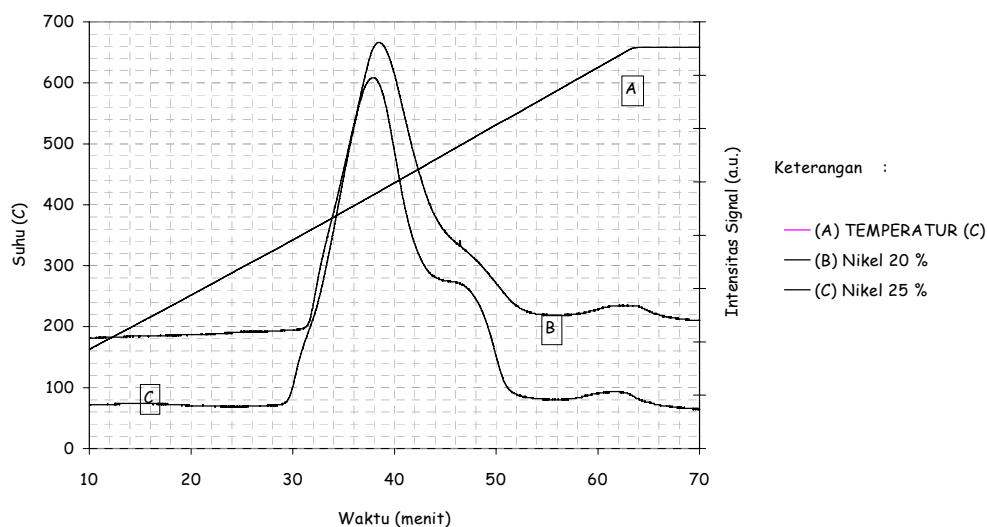
Berbeda dengan kurva oksidasi pada katalis hasil presipitasi, kurva oksidasi katalis hasil impregnasi memberikan bentuk yang berbeda, yaitu hanya terdapat satu puncak pada 301°C pada katalis I20 dan pada 304°C serta bahu pada 330°C untuk katalis I25. Puncak kurva oksidasi yang tunggal juga menunjukkan oksidasi pada katalis yang dibuat dengan metoda impregnasi ini berlangsung homogen pada satu jenis spesies.

Reduksi dengan suhu terprogram pada katalis yang telah dikalsinasi pada suhu 500°C dilakukan dengan hasil seperti terlihat pada Gambar 4 dan Gambar 5. Pada katalis yang dibuat

dengan metoda presipitasi terdapat perbedaan yang mencolok pada posisi puncak reduksi antara katalis P20 dan katalis P25. Katalis P20 menghasilkan satu puncak reduksi pada suhu 540°C, sedangkan pada katalis P25 terdapat dua puncak reduksi, masing-masing pada suhu 346°C dan 503°C. Hal ini berbeda pada katalis hasil impregnasi, baik katalis I20 maupun I25 memberikan puncak reduksi pada daerah yang sama serta dengan bentuk kurva yang juga hampir sama. Katalis hasil impregnasi memberikan puncak reduksi pada 426°C (I20) dan 430°C (I25) serta bahu pada suhu 510°C untuk keduanya.



Gambar 4 Reduksi dengan suhu terprogram pada katalis yang dibuat dengan metoda presipitasi (P20 dan P25).



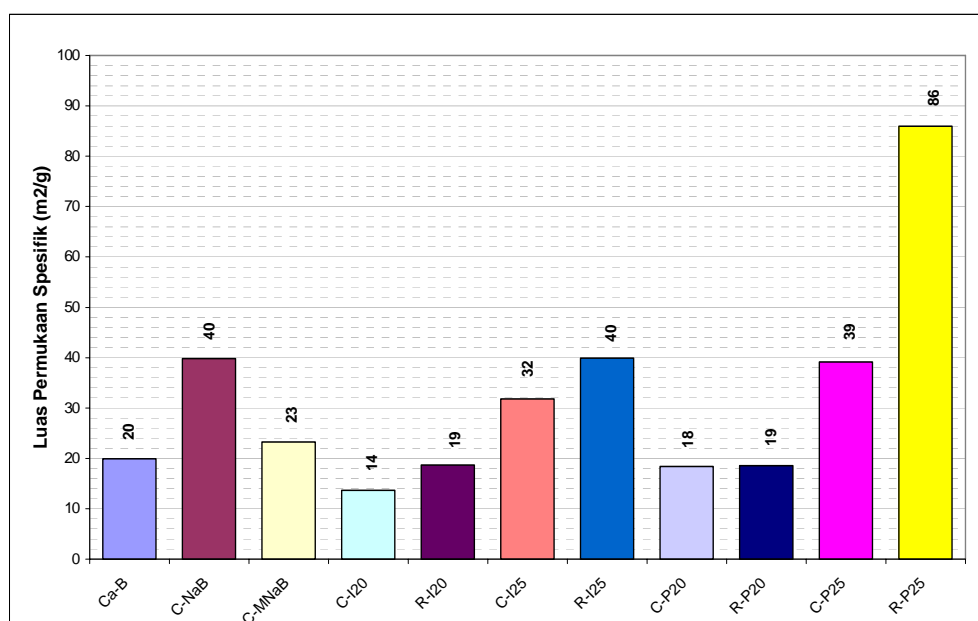
Gambar 5 Reduksi dengan suhu terprogram pada katalis yang dibuat dengan metoda impregnasi (I20 dan I25)

Dengan membandingkan hasil oksidasi dan hasil reduksi dengan suhu terprogram pada katalis hasil presipitasi, terlihat bahwa reduksi pada katalis dengan 20% Ni (P20) berlangsung homogen, meskipun pada awalnya terdapat beberapa jenis spesies yang dapat dioksidasi. Kalsinasi yang dilakukan pada suhu 500°C pada katalis P20 ini mengakibatkan terbentuknya spesies yang memerlukan suhu yang cukup tinggi untuk direduksi (540°C). Oleh karena bahan penyangga yang digunakan adalah bahan penyangga dengan struktur berlapis-lapis, terdapat kemungkinan bahwa selama oksidasi berlangsung, pembentukan oksida nikel pada daerah antar lapisan tersebut juga terjadi. Tingginya suhu yang diperlukan untuk mereduksi menunjukkan bahwa spesies oksida yang diperoleh selama kalsinasi adalah spesies yang memerlukan energi aktivasi yang lebih besar (suhu yang lebih tinggi) atau merupakan oksida yang terletak pada posisi di dalam pori-pori [12]. Sedangkan katalis dengan kandungan Ni 25% (P25) memberikan dua puncak berbeda, masing masing pada suhu yang lebih rendah (346°C) dan suhu yang cukup tinggi (503°C). Dengan peningkatan kadar Ni pada katalis diperkirakan bahwa sebagian logam menempati posisi yang cukup sulit untuk direduksi, serta sebagian lain menempati posisi yang lebih mudah direduksi, yaitu pada permukaan partikel bahan penyangganya.

Luas Permukaan Spesifik

Seperti diperlihatkan dalam Tabel 2 dan Gambar 6 katalis dengan kandungan nikel 20% memiliki luas permukaan spesifik yang lebih kecil dibandingkan dengan katalis yang dibuat dengan metoda yang sama dan dengan kandungan nikel 25%. Hasil presipitasi dengan kandungan nikel 20% (P20) memiliki luas permukaan spesifik (19 m²/g) sekitar 1/4 kali luas permukaan spesifik katalis dengan kandungan nikel 25% (86m²/g). Sedangkan luas permukaan spesifik katalis hasil impregnasi dengan kandungan nikel 20% (19 m²/g) hanya sekitar 1/2 dari katalis dengan kandungan nikel 25% (40 m²/g).

Untuk luas permukaan spesifik bahan penyangga (MNaB) adalah 23 m²/g. Penambahan logam nikel sebesar 20% dengan presipitasi ataupun dengan impregnasi tidak banyak mempengaruhi luas permukaan spesifik. Luas permukaan spesifik menurun sebesar 17%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan nikel sebesar 20% tidak berakibat pada perubahan struktur bahan penyangga, yaitu tidak adanya perubahan yang dapat memperluas luas permukaan spesifik. Logam nikel sebanyak 20% menempel pada permukaan bahan penyangga dengan sebaran (dispersi) yang cukup baik.



Gambar 6 Diagram hasil pengukuran luas permukaan spesifik katalis dengan suhu pengeringan pada 200°C, suhu kalsinasi pada 500°C dan suhu reduksi pada 450°C.

Tabel 2 Hasil pengukuran luas permukaan spesifik katalis dengan suhu pengeringan pada 200°C, suhu kalsinasi pada 500°C dan suhu reduksi pada 450°C.

Keterangan	Penamaan	Luas Permukaan Spesifik (m ² /g)
Ca-Bentonit (asal)	Ca-B	20
Na-Bentonit (Kalsinasi)	C-NaB	40
Na-Bentonit (Modifikasi, Kalsinasi)	C-MnaB	23
20% Ni/MnaB (Impregansi, Kalsinasi)	C-I20	14
20% Ni/MnaB (Impregansi, Reduksi)	R-I20	19
25% Ni/MnaB (Impregansi, Kalsinasi)	C-I25	32
25% Ni/MnaB (Impregansi, Reduksi)	R-I25	40
20% Ni/MnaB (Presipitasi, Kalsinasi)	C-P20	18
20% Ni/MnaB (Presipitasi, Reduksi)	R-P20	19
25% Ni/MnaB (Presipitasi, Kalsinasi)	C-P25	39
25% Ni/MnaB (Presipitasi, Reduksi)	R-P26	86

Tabel 3 Aktivitas katalis dalam reaksi hidrogenasi minyak sawit yang diukur dari pengurangan ikatan rangkap.

Katalis	Waktu Reaksi [menit]	Bilangan Iod	Penurunan [%]
P20	0	25.4	16.3
	60	21.2	
P25	0	40.6	31.5
	60	27.8	
I20	0	43.1	62.3
	60	16.2	
I25	0	42.5	39.3
	60	25.8	

Penambahan nikel sebesar 25% sangat berakibat pada perubahan luas permukaan spesifik secara keseluruhan, yaitu dari 23 m²/g menjadi 86 m²/g (P25) dan 40 m²/g (I25). Penambahan luas permukaan spesifik secara signifikan hanya dapat terjadi apabila penambahan nikel ini mengakibatkan perubahan struktur bahan penyangga katalis, yaitu perubahan struktur bahan penyangga menjadi bahan dengan luas permukaan spesifik yang jauh lebih besar. Dalam hal ini, struktur bentonit berupa lapisan-lapisan. Perubahan luas permukaan spesifik yang sangat signifikan pada bahan dengan struktur berlapis-lapis ini kemungkinan diakibatkan oleh perubahan jarak antar lapisan-lapisan menjadi lebih besar, misalnya dengan pembentukan semacam pilar di antara lapisan-lapisan tersebut.

Pengujian Aktivitas dalam Reaksi Hidrogenasi

Keempat katalis diuji aktivitasnya untuk reaksi hidrogenasi minyak sawit pada suhu 180°C dan tekanan 15 bar. Reaksi dilakukan dalam reaktor unggun tetap selama 1 jam. Pengurangan ikatan rangkap dinyatakan dalam bilangan iod yang ditentukan dengan metoda Wijs. Hasil uji aktivitas ini diberikan dalam Tabel 3.

Seperti terlihat pada tabel di atas, katalis hasil impregnasi memiliki aktivitas yang lebih baik dibandingkan dengan katalis hasil presipitasi. Dari kurva reduksi telah diketahui bahwa reduksi katalis hasil impregnasi memberikan kurva reduksi tunggal pada 425°C. Intensitas puncak reduksi yang tinggi juga menunjukkan bahwa jumlah logam tereduksi cukup banyak. Suhu reduksi yang tidak terlalu tinggi menunjukkan bahwa logam tersebut berada pada

posisi yang mudah direduksi. Aktivitas katalis hasil presipitasi P25 lebih tinggi dibandingkan dengan P20. Kurva reduksi katalis P25 menunjukkan adanya spesies yang tereduksi pada suhu rendah (346°C), sedangkan reduksi katalis P20 berlangsung pada suhu yang lebih tinggi (504°C). Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa keberadaan spesies yang dapat tereduksi pada suhu yang lebih rendah (<450°C) amat menentukan aktivitas katalis dalam reaksi hidrogenasi minyak sawit.

Data hasil uji aktivitas katalis ini juga memperlihatkan bahwa besarnya luas permukaan spesifik tidak menentukan aktivitas katalis. Perbandingan luas permukaan spesifik antara katalis P20 dan katalis P25, yaitu 19 m²/g dibanding 86 m²/g (sekitar 4 kali) hanya memberikan peningkatan aktivitas sekitar 2 kalinya, yang ditunjukkan dari besar penurunan bilangan iod masing-masing 16,3% (P20) dibandingkan dengan 31,5% (P25). Bahkan pada katalis hasil impregnasi diperlihatkan, bahwa peningkatan luas permukaan spesifik sebesar 100%, yaitu dari 19 m²/g untuk I20 menjadi 40 m²/g untuk I25 justru mengakibatkan penurunan aktivitas. Peningkatan luas permukaan yang tidak disertai dengan peningkatan aktivitas katalis kemungkinan menunjukkan pula bahwa nikel tidak dalam wujud fasa logam yang aktif.

KESIMPULAN

Hasil percobaan yang telah dilakukan memperlihatkan bahwa posisi logam katalis pada bahan penyangga amat mempengaruhi aktivitas katalis. Posisi logam katalis ini tampak dari posisi puncak kurva reduksi, di mana katalis yang memiliki spesies logam yang dapat tereduksi pada suhu yang lebih rendah memiliki aktivitas yang lebih tinggi seperti ditunjukkan pada katalis hasil presipitasi. Hasil percobaan juga memperlihatkan bahwa luas permukaan spesifik katalis nikel pada penyangga bentonit termodifikasi ini tidak menentukan aktivitas katalis dalam reaksi hidrogenasi minyak sawit ini, karena dalam proses reduksi nikel pada katalis menyebabkan perubahan struktur bahan penyangga.

DAFTAR PUSTAKA

1. Cheng S., 1999, *Catalysis Today*, 49,303-312
2. Mendioroz S., 1993, *Preparation of Thermalstable Pillared Clay*, dalam New Frontiers in Catalysis, Guezi, L. et. al.(eds), Elsevier Science Publisher, Belgium
3. Tursiloadi S., Haerudin H., Rahayu W. S., and Widiyarti G., 2003, *Proses Produksi Katalis dari Katalis Bekas dan Bahan Alam Untuk Hidrogenasi Minyak Sawit*, Laporan Teknis Proyek Bahan dan Proses Kimia, Puslitbang Kimia Terapan, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bandung.
4. Römpf , 1995, *Chemie Lexikon – Version 1.0*, Stuttgart/New York: Georg Thieme Verlag
5. Ocelli M. L., Bertrand J. A., Gould S. A. C., and Dominguez J. M., 2000, *Micropor. Mesopor. Mater.* 34, 195-206.
6. Canizares P., Valverde J.L., Sun Kou M.R., and Molina C.B., 1999, *Micropor. Mesopor. Mater.* 29, 267–281
7. Gil A., Vicente M.A., Gandia L.M., 2000, *Micropor. Mesopor. Mater.* 34, 115–125
8. Trombetta M., Busca G., Lenarda M., Storaro L., Ganzerla R., Piovesan L, Lopez A. J., Alcantara-Rodriguez M., and Rodriguez-Castellón E., 2000, *Appl. Catal. A: General*, 193, 55–69.
9. Thomas C. L., 1970, Academic Press, New York, London.
10. Fogar K., 1984, Dispersed Metal Catalysts, in *Catalysis Science and Technology*, Vol. 6, Anderson J. R., Boudart M. (Eds.), Springer Verlag, Berlin.
11. Pinna F., 1998, *Catal. Today*, 41, 129-137.
12. Stolz C., Sauvage A., Massiani P., and Kramer R., 1998, *Appl. Catal. A: General*, 167, 113-121.