

## PREPARATION, CHARACTERIZATIONS AND MODIFICATION OF Ni-Pd/NATURAL ZEOLITE CATALYSTS

### *Preparasi, Karakterisasi dan Modifikasi Katalis Ni-Pd/Zeolit Alam*

Wega Trisunaryanti\*, Endang Triwahyuni and Sri Sudiono

Chemistry Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences  
Gadjah Mada University, Yogyakarta

Received 10 November 2004; Accepted 6 January 2005

#### ABSTRACT

Preparation, and modification of Ni-Pd/natural zeolite as well as their characterizations had been carried out. The aim of this research for the future is to prepare the best characters catalyst for the conversion of waste plastics fraction to gasoline fraction ( $C_5$ - $C_{12}$  hydrocarbons). The preparation of catalysts was performed by reacting a natural zeolite with the precursor of  $Ni(NO_3)_2 \cdot 9H_2O$  and  $PdCl_2$  in an ammonia solution (25%). The modifications were performed by varying the ratio of Ni/Pd loaded to the zeolite, whereas the Pd was previously loaded and total metal content was 1 wt.% based on the zeolite.

The characterization of catalysts included determination of acidity gravimetrically by adsorption of ammonia or pyridine vapour base method, metal content by Atomic Adsorption Spectrophotometer (AAS) and X-ray Fluorescence (XRF) and crystallinity by X-ray Diffraction (XRD). The treatment of catalysts using Ethylene Diamine Tetra Acetic acid (EDTA) was performed to study the metal distribution on the outer or inner surface of the zeolite.

The characterization results showed that the loading of metals to the zeolite increased its acidity and decreased its specific surface area, however, did not defect its crystallinity. The metals loaded on the zeolite were distributed inside the pore and at outer surface of the zeolite. For all catalyst samples, the acidities determined using ammonia were higher than those of pyridine, and the acidities determined before the EDTA treatment was lower than those after the treatment. Metal contents of the zeolite before the EDTA treatment were higher than those after the treatment. The EDTA treatment enhanced the crystallinity of the sample. The relationship between the metal ratio towards the acidity of the catalyst samples were in variation. Catalyst samples produced in this research have good characters, thus promisingly can be used for conversion process of waste plastics to gasoline fraction.

**Keywords:** natural zeolite, acidity, metal content, crystallinity, EDTA

#### PENDAHULUAN

Tujuan jangka panjang penelitian ini adalah memanfaatkan sampah plastik yang dibuang sebagai sampah pada rumah tangga, perkantoran dan pertokoan untuk dikonversi menjadi fraksi bensin. Untuk proses tersebut dibutuhkan katalis perengkah dari bahan zeolit alam yang diimbangkan logam Ni-Mo atau Ni-Pd. Bahan pengemban berupa zeolit alam merupakan mineral alam dengan komposisi utama mordenit sekitar 70 % [1]. Zeolit alam banyak bercampur dengan materi pengotor (impurities) selain zeolit, baik kristalin maupun amorfus [2, 3]. Oleh karena itu, zeolit alam perlu diaktivasi dan dimodifikasi guna meningkatkan karakternya terutama aktivitas katalitiknya. Sebagai

katalis, salah satu sifat penting dalam proses konversi sampah plastik menjadi fraksi bensin adalah jumlah situs asam totalnya (keasaman). Keasaman zeolit dapat ditingkatkan dengan cara pengembanan logam-logam transisi yang memiliki orbital d belum terisi penuh. Logam-logam ini secara langsung dapat berfungsi sebagai katalis tanpa diimbangkan terlebih dahulu pada pengemban, tetapi memiliki kelemahan, diantaranya luas permukaan yang relatif kecil, dan selama proses katalitik dapat terjadi penggumpalan [4]. Pengembanan logam-logam tersebut pada zeolit akan mendistribusikannya secara merata pada permukaan pengemban, sehingga menambah luas permukaan spesifik sistem katalis secara keseluruhan. Jenis logam yang biasanya diimbangkan pada pengemban dan digunakan secara luas pada industri minyak bumi adalah Ni-Mo dan Ni-Pd pada pengemban  $\gamma$ -alumina [5] atau

\* Corresponding author.  
Email address : wegatri@yahoo.com

zeolit sintetis [6]. Sistem katalisnya disebut sebagai katalis bifunctional, yaitu melibatkan fungsi logam dan pengembannya sebagai katalis. Logam bimetal yang diembankan masing-masing berperan sebagai katalis (Ni) dan promotor (Mo atau Pd). Katalis seperti ini harganya sangat mahal dan Indonesia sampai saat ini masih mengimpornya dari negara lain. Untuk mengatasi penyediaan katalis yang baik bagi industri pengolahan minyak bumi dan proses-proses konversi lainnya untuk menghasilkan materi baru yang lebih bermanfaat, maka perlu dikembangkan penelitian terhadap preparasi katalis dan modifikasinya. Penulis telah banyak melakukan modifikasi zeolit alam dengan pengembanan logam Ni saja untuk reaksi perengkahan katalitik senyawa hidrokarbondan [2], demikian pula terhadap zeolit sintetis [3, 7, 8]. Penelitian yang lebih intensif untuk pengembangan metode preparasi dan modifikasi katalis masih perlu dilakukan untuk menghasilkan katalis dari bahan pengembanan yang berlimpah di Indonesia (zeolit alam) dan harganya relatif murah.

Berdasarkan latar belakang di atas, pada penelitian awal dilakukan preparasi dan karakterisasi katalis Ni-Pd/zeolit alam. Modifikasi dilakukan dengan memvariasi jumlah logam yang diembankan di mana Pd diembankan terlebih dahulu. Metode pengembangan dilakukan dengan mereaksikan zeolit alam dengan larutan garam prekursor Ni dan Pd. Perlakuan sampel padatan dengan larutan Etilen Diamin Tetra Asetat (EDTA) juga dilakukan untuk mengetahui penyebaran logam-logam yang diembankan pada bagian luar permukaan dan dalam rongga pengembanan [7]. Karakterisasi sampel padatan katalis meliputi penentuan jumlah logam terembanan dengan *Atomic Adsorption Spectrophotometer* (AAS) untuk logam Ni dan untuk logam Pd dengan *X-ray Fluorescence* (XRF). Karakter penting lainnya adalah keasaman katalis, ditentukan dengan adsorpsi uap basa amonia dan piridin pada permukaan katalis dengan metode gravimetri. Analisis kristalinitas padatan dilakukan dengan *X-ray Diffraction* (XRD).

Dengan metode preparasi dan modifikasi katalis berbasis zeolit alam Wonosari, Yogyakarta, diharapkan dapat dihasilkan katalis yang memiliki karakter yang baik dan selektif untuk digunakan sebagai katalis pada proses hidrokrekahan (*hydrocracking*) sampah plastik dari bekas kemasan air minum mineral menjadi fraksi bensin yang lebih bermanfaat.

Secara

## METODE PENELITIAN

### Bahan

Zeolit alam Wonosari yang dibeli dari PT. Prima Zeolita, Yogyakarta,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , HF, HCl (Merck),

$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{PdCl}_2$ , larutan  $\text{NH}_3$  25%, air bebas ion (*deionized water*), gas nitrogen, hidrogen dan oksigen

### Peralatan

Alat-alat gelas, termometer, pengayak 100 mesh, lumpang porselin, oven, furnace (*Thermolyne-Type-21100 Tube-Furnace*), reaktor kalsinasi dan oksidasi dari bahan stainless steel, timbangan elektrik, desikator, AAS, XRF, dan XRD.

### Prosedur Penelitian

#### Perlakuan awal zeolit alam

Zeolit alam dari Wonosari dibeli dari PT. PRIMA ZEOLITA, Yogyakarta, direndam dalam air bebas ion sambil diaduk dengan pengaduk magnet selama sehari semalam pada temperatur kamar, disaring dan endapan yang diperoleh dikeringkan dalam oven pada temperatur 100°C selama 24 jam.

#### Aktivasi zeolit dengan perlakuan HF, HCl dan $\text{NH}_4\text{Cl}$

Zeolit alam 5 g direndam dalam 100 mL larutan HF 1 % selama 30 menit, kemudian dicuci dengan akuades dan dikeringkan dalam oven pada temperatur 120 °C selama 24 jam. Sampel ini direndam ke dalam 125 mL larutan HCl 6N selama 30 menit pada temperatur 50 °C sambil diaduk dengan pengaduk magnet, kemudian disaring dan dicuci berulang kali sampai tidak ada ion  $\text{Cl}^-$  yang terdeteksi oleh larutan  $\text{AgNO}_3$ , dikeringkan pada temperatur 130 °C selama 3 jam dalam oven. Sampel ini direndam dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  1N pada temperatur 90 °C selama 1minggu sambil diaduk, kemudian disaring, dicuci, dikeringkan seperti prosedur di atas dan dihaluskan dengan ukuran lolos pengayak 100 mesh. Sampel ini digunakan sebagai katalis dan diberi nama zeolit alam aktif (sampel Z).

#### Sintesis sampel katalis Ni-Pd/Z

Sampel Z direndam dalam larutan campuran paladium klorida dan larutan  $\text{NH}_3$  25% (larutan kompleks  $\text{Pd}(\text{NH}_3)_4$ ) dan direfluks pada 40 °C selama 6 jam, kemudian disaring dan dicuci berulang kali, dikeringkan dalam oven 120 °C (diperoleh sampel Pd- $\text{NH}_3$ /Z). Sampel ini direfluks dengan larutan nikel nitrat pada temperatur 90 °C dan waktu yang sama, kemudian disaring dan dicuci berulang kali, dikeringkan dalam oven 120 °C (diperoleh sampel Ni-Pd- $\text{NH}_3$ /Z). Jumlah logam total awal yang diembankan sebesar 1% b/b terhadap berat sampel Z dan rasio Ni/Pd divariasi.

#### Kalsinasi, oksidasi dan reduksi sampel katalis

Sampel-sampel katalis yang diperoleh, dimasukkan dalam reaktor, dikalsinasi pada 500 °C

sambil dialiri gas nitrogen selama 5 jam, dilanjutkan oksidasi dengan aliran gas oksigen dan reduksi dengan gas hidrogen pada temperatur 400 °C selama 2 jam. Proses ini dimaksudkan untuk menghilangkan pengotor-pengotor organik dan air sehingga mulut pori zeolit terbuka dan luas permukaan spesifiknya meningkat. Proses reduksi untuk mereduksi logam-logam yang diimbangkan pada zeolit sehingga bermuatan nol.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini telah dilakukan preparasi dan karakterisasi katalis logam bimetal yang diimbangkan dalam rongga zeolit alam. Zeolit alam diambil dari daerah Wonosari, DIY. Logam yang diimbangkan adalah Pd dan Ni. Preparasi dilakukan dengan metode impregnasi garam Pd, dan Ni ke dalam rongga zeolit sehingga diperoleh katalis Pd/Zeolit dan Ni/Zeolit. Selanjutnya ke dalam katalis Pd/Zeolit diimpregnasi kembali dengan garam Ni untuk memperoleh katalis bimetal Ni-Pd/Zeolit.

Untuk setiap jenis katalis dilakukan variasi rasio berat antara kedua logam yang diimbangkan. Untuk mengetahui kualitas bahan-bahan tersebut sebagai katalis telah dilakukan karakterisasi yang meliputi penentuan distribusi logam dalam zeolit, keasaman dan kristalinitas. Hubungan antara variasi rasio berat ke dua logam dalam katalis dengan karakter katalis tersebut dibahas di bawah ini.

Dalam katalis Ni-Pd/Zeolit, fungsi Pd adalah sebagai kopromotor sedangkan Ni berfungsi sebagai promotor dalam proses katalitik. Diimbangkannya Pd terlebih dahulu ke dalam rongga zeolit dimaksudkan untuk meningkatkan keasaman zeolit. Pengembangan logam Ni ke dalam Pd/zeolit diharapkan akan meningkatkan keasaman katalis lebih tinggi lagi. Mengingat

kapasitas rongga zeolit dalam menampung logam Pd dan Ni terbatas, maka dimungkinkan logam-logam tersebut tidak seluruhnya dapat mengisi rongga zeolit, tetapi ada yang terbentuk di permukaan struktur. Distribusi ini sangat mungkin dipengaruhi oleh jumlah logam yang diimbangkan dalam zeolit. Oleh karena itu telah dilakukan kajian pengaruh jumlah logam Ni maupun logam Pd dalam Ni-Pd/zeolit terhadap distribusi ke dua logam dalam zeolit. Selain itu karena jumlah logam juga menentukan keasaman dari katalis tersebut, maka kajian pengaruh jumlah logam Ni maupun logam Pd dalam Ni-Pd/zeolit terhadap keasaman juga dibahas.

### Pengaruh jumlah logam Ni dan logam Pd terhadap distribusi logam Ni dan Pd dalam katalis Ni-Pd/Zeolit

Distribusi logam yang dimaksudkan adalah lokasi logam pada struktur zeolit yaitu berada di dalam rongga atau di permukaan luar. Logam yang terbentuk di permukaan luar ditentukan dengan cara melarutkan logam tersebut secara kuantitatif menggunakan larutan EDTA. Logam Ni dan Pd dapat bereaksi dengan molekul EDTA membentuk senyawa kompleks Ni-EDTA dan Pd-EDTA yang larut. Karena ukuran molekul EDTA relatif lebih besar daripada rongga zeolit, maka sangat mungkin hanya logam yang berada di permukaan saja yang larut. Jumlah logam yang larut dapat ditentukan dengan metode spektrometri serapan atom. Karena jumlah logam total diketahui maka jumlah logam yang tidak larut dapat dihitung. Logam yang tertinggal ini merupakan logam yang terbentuk di dalam rongga zeolit. Hubungan jumlah Ni dan Pd yang diimbangkan dalam zeolit terhadap distribusi logam-logam tersebut masing-masing ditunjukkan Tabel 1 dan 2.

**Tabel 1** Hubungan jumlah dengan distribusi logam Ni dalam Ni-Pd/Zeolit

Kode Sampel	Rasio berat Ni/Pd	Distribusi logam Ni dalam Ni-Pd/Zeolit					
		Total		Permukaan		Rongga	
		mg/g	% relatif	mg/g	% relatif	mg/g	% relatif
Ni <sub>1</sub> -Pd <sub>1</sub> /Z	3 : 1	3,012	100	0,587	30,38	1,106	69,62
Ni <sub>2</sub> -Pd <sub>1</sub> /Z	6 : 1	6,076	100	2,470	40,65	1,404	59,35
Ni <sub>3</sub> -Pd <sub>1</sub> /Z	7 : 1	5,652	100	3,058	45,89	1,801	54,10

**Tabel 2** Hubungan jumlah dengan distribusi logam Pd dalam Ni-Pd/Zeolit

Kode Sampel	Rasio berat Ni/Pd	Distribusi logam Pd dalam Ni-Pd/Zeolit					
		Total		Permukaan		Rongga	
		mg/g	% relatif	mg/g	% relatif	mg/g	% relatif
Ni <sub>1</sub> -Pd <sub>1</sub> /Z	1 : 0,5	4,354	100	1,953	44,86	2,401	55,14
Ni <sub>1</sub> -Pd <sub>2</sub> /Z	1 : 0,75	1,852	100	0,722	38,98	1,130	61,02
Ni <sub>1</sub> -Pd <sub>3</sub> /Z	1 : 1	1,106	100	1,046	94,58	0,060	5,43

Data dalam Tabel 1 dan 2 menunjukkan secara umum bahwa logam Ni dan Pd dalam katalis Ni-Pd/ Zeolit terletak di dalam rongga maupun di permukaan luar. Untuk kedua logam Ni dan Pd, jumlah logam yang berada di dalam rongga lebih banyak daripada yang menempati permukaan luar. Persentase logam Ni maupun Pd yang berada di dalam rongga semakin berkurang dengan meningkatnya jumlah logam total masing-masing. Hal ini karena kapasitas rongga zeolit terbatas, sehingga semakin besar jumlah logam yang diimbangkan maka jumlah logam yang tidak tertampung di dalam rongga zeolit juga semakin banyak. Logam ini akan terdispersi di permukaan luar.

#### Pengaruh jumlah logam Ni dan Pd dalam Ni-Pd/Zeolit terhadap keasaman katalis

Keasaman ditentukan dengan cara penyerapan ammonia maupun piridin yang bersifat basa oleh zeolit yang mempunyai situs asam pada kerangkanya. Oleh karenanya keasaman zeolit selain dinyatakan sebagai jumlah mmol ammonia pergram katalis juga sebagai mmol piridin pergram katalis. Pengaruh jumlah logam Ni dalam Ni-Pd/Zeolit terhadap keasaman katalis disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3 memperlihatkan bahwa pengembanan logam Pd ke dalam rongga zeolit dapat meningkatkan keasaman zeolit. Fenomena yang sama juga teramati jika Ni diimbangkan ke dalam zeolit. Keasaman meningkat lebih tinggi lagi setelah logam Ni diimpregnasikan ke dalam katalis Pd/zeolit. Kenaikkan Ni yang diimbangkan ke dalam katalis Pd/zeolit, dimana jumlah logam Pd tetap, memberikan peningkatan keasamaan, namun kenaikan yang lebih tinggi lagi ternyata menyebabkan penurunan keasaman. Hal ini

mengimplikasikan bahwa dalam jumlah yang sedikit, logam Ni dapat terdispersi dalam Ni-Pd/zeolit dengan merata, namun jika jumlahnya sangat banyak maka logam ini akan membentuk agregat/gumpalan yang dapat menutupi situs asam dan atau menutup pori-pori zeolit.

Namun demikian, jika jumlah Pd yang diimbangkan ke dalam zeolit yang kemudian dibuat menjadi katalis Ni-Pd/zeolit, semakin banyak sedangkan jumlah logam Ni relatif tetap, maka terlihat bahwa keasaman mengalami kenaikan. Hal ini disebabkan jumlah Pd yang diimbangkan relatif rendah jumlahnya, sehingga dapat terdispersi merata pada kerangka struktur zeolit.

Selain itu, juga terlihat dalam Tabel 3 bahwa keasaman yang dinyatakan sebagai mmol ammonia selalu lebih besar daripada keasaman piridin. Ukuran molekul ammonia ( $\text{NH}_3$ ) relatif lebih kecil daripada ukuran rongga zeolit sehingga memungkinkannya masuk ke dalam rongga dan mencapai situs asam yang ada. Jadi ammonia tidak hanya berinteraksi dengan situs asam yang ada di permukaan saja tetapi juga dengan situs asam yang ada di dalam rongga. Oleh sebab itu, keasaman ini juga disebut dengan keasaman total. Sementara, ukuran piridin jauh lebih besar sehingga tidak dapat memasuki rongga zeolit. Akibatnya molekul ini hanya mencapai situs asam yang ada di permukaan saja. Selisih keasaman antara keasaman total dengan keasaman permukaan dapat dinyatakan sebagai keasaman rongga zeolit. Dari Tabel 3 tersebut juga dapat diketahui bahwa keasaman dalam rongga lebih besar daripada keasaman permukaan. Hal ini mengimplikasikan bahwa situs asam di dalam rongga zeolit, yang berperan dalam proses katalisis, memang relatif besar. Dengan demikian diharapkan aktivitas katalitik katalis ini juga tinggi.

**Tabel 3** Pengaruh jumlah logam Ni dan Pd dalam Ni-Pd/Zeolit terhadap keasaman katalis

Sampel	Rasio Ni/Pd dalam Ni-Pd/Zeolit	Keasaman (mmol/g)		
		Ammonia/ Total	Piridin/ permukaan	Dalam rongga zeolit
Zeolit	0 : 0	0,927	0,266	0,661
Pd/Zeolit	0 : 1	1,781	0,612	1,169
Ni <sub>1</sub> -Pd/Zeolit	3 : 1	2,908	0,928	1,980
Ni <sub>2</sub> -Pd/Zeolit	6 : 1	2,124	0,882	1,242
Ni <sub>3</sub> -Pd/Zeolit	7 : 1	1,740	0,441	1,299
Ni /Zeolit	1 : 0	1,429	0,314	1,115
Ni-Pd <sub>1</sub> /Zeolit	1 : 0,5	1,740	0,441	1,299
Ni-Pd <sub>2</sub> /Zeolit	1 : 0,75	1,850	0,456	1,394
Ni-Pd <sub>3</sub> /Zeolit	1 : 1	1,896	0,652	1,244

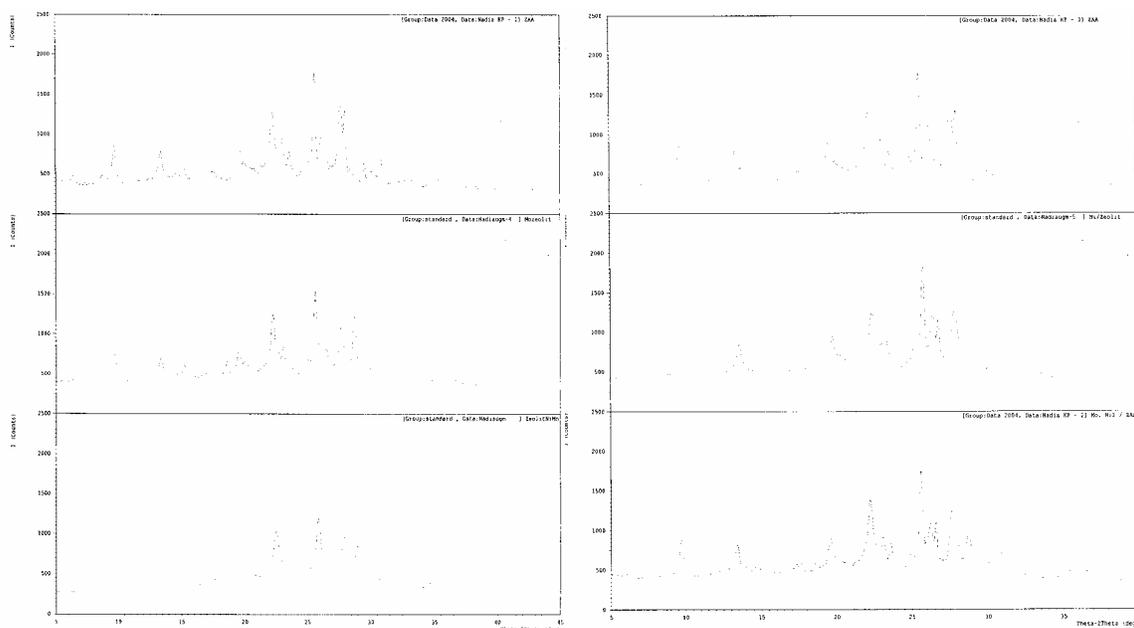
### Efek pencucian Ni-Pd/zeolit dengan larutan EDTA terhadap keasaman katalis.

Telah ditunjukkan di atas bahwa logam Ni dan Pd dalam Ni-Pd/zeolit dapat terdistribusi di dalam rongga zeolit maupun di permukaan. Logam yang berada di permukaan dapat memblock situs asam katalis atau menutupi pori-pori zeolit sehingga menurunkan aktivitas katalitiknya. Jadi penghilangan logam yang ada di permukaan perlu untuk dilakukan. Dalam penelitian ini digunakan larutan EDTA sebagai media pencuci. Pengaruh pencucian terhadap keasaman katalis ditampilkan sebagai Tabel 4.

Tabel 4 memperlihatkan bahwa pencucian dengan larutan EDTA telah menghasilkan peningkatan keasaman baik total, permukaan, maupun dalam rongga. Hal ini mengindikasikan bahwa adanya logam di permukaan luar telah menutupi situs asam atau bahkan menutup pori-pori zeolit, sehingga penghilangan logam ini dapat membuka kembali situs asam maupun pori-pori zeolit. Hal ini sejalan dengan data distribusi logam dalam Ni-Pd/zeolit. Jadi jelas dengan pencucian katalis dalam larutan EDTA selain dapat diketahui jumlah logam yang ada di permukaan luar, juga sekaligus dapat menghilangkan logam tersebut sehingga kualitas katalis meningkat.

**Tabel 4** Efek pencucian Ni-Pd/zeolit dengan larutan EDTA terhadap keasaman

Rasio Ni/Pd	Keasaman ammonia (mmol/g)		Keasaman piridin (mmol/g)		Keasaman dalam rongga (mmol/g)	
	Sebelum	Setelah	Sebelum	Setelah	Sebelum	Setelah
0 : 1	1,781	2,034	0,612	0,743	1,169	1,292
2,5 : 1	2,908	3,614	0,928	1,905	1,980	2,519
5 : 1	2,124	3,746	0,882	1,023	1,242	2,723
7,5 : 1	1,740	3,870	0,441	2,502	1,299	1,368
1 : 0	1,429	2,594	0,314	0,658	1,116	1,936
1 : 0,5	1,740	3,870	0,441	2,502	1,299	1,368
1 : 0,75	1,850	3,947	0,456	1,034	1,394	2,913
1 : 1	1,896	3,533	0,652	1,440	1,244	2,093



**Gambar 1** Pengaruh penambahan Pd dan Ni-Pd terhadap kristalinitas (a) sampel Z, (b) sampel Ni/Z, (c) sampel Ni-Pd/Z

**Gambar 2** Pengaruh perlakuan sampel Ni-Pd/Z oleh EDTA terhadap kristalinitas (a) sampel Z, (b) sampel Ni/Z, (c) sampel Ni-Pd/Z

### Pengaruh pengembunan logam Pd dan Ni-Pd terhadap kristalinitas

Pengaruh pengembunan logam Pd dan Ni-Pd terhadap kristalinitas sampel katalis sebelum dan setelah perlakuan EDTA diamati dengan XRD, dengan hasil kromatogram seperti ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2.

Dari Gambar 1 dan 2 terlihat bahwa pengembunan logam pada zeolit alam (sampel Z) tidak merusak kristalinitasnya. Setelah perlakuan EDTA ternyata terjadi peningkatan intensitas puncak-puncak utama dan penurunan/penghilangan puncak pengotor pada kromatogram, yang berarti terjadi peningkatan kristalinitas sampel. Hal ini membuktikan bahwa perlakuan sampel katalis dengan EDTA dapat menghilangkan fasa amorphus non-framework sehingga karakter kristal lebih murni.

### KESIMPULAN

1. Dalam katalis Ni-Pd/zeolit, Ni /zeolit, maupun Pd/zeolit hasil preparasi, ditemukan bahwa logam-logam Ni dan Pd terdistribusi di dalam dan luar rongga zeolit.
2. Katalis Ni-Pd/zeolit mempunyai keasaman yang lebih tinggi daripada katalis logam tunggal.
3. Kenaikkan jumlah Ni dalam Ni-Pd/zeolit menyebabkan terjadinya penurunan keasaman, sebaliknya peningkatan jumlah logam Pd meningkatkan keasaman katalis Ni-Pd/zeolit.
4. Pengembunan logam Ni, Pd dan Ni-Pd tidak merusak kristalinitas zeolit, di mana setelah perlakuan EDTA karakter kristal lebih murni.
5. Harga keasaman dari semua katalis hasil preparasi menunjukkan bahwa katalis tersebut berkualitas baik, sehingga layak diterapkan untuk proses hidrorengkah.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi atas pembiayaan penelitian ini melalui Proyek Penelitian Hibah Bersaing XII-2004.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Trisunaryanti, W., Bambang, S., and Nazarudin, 2000, *Determination of an Indonesian Natural Zeolite by Acids and Hydrothermal*, Prosiding Seminar Nasional FMIPA-UGM, Yogyakarta.
2. Trisunaryanti, W., Shiba, R., Miura, M., Nomura, M., Nishiyama, N., and Matsukata, M., 1996, *J. Japan Petrol. Inst.*, 39, 1, 20-25.
3. Triwahyuni, E., 2000, *Synthesis of Iron oxide Nanoparticles in Zeolite Structure*, 2<sup>nd</sup> Pasific Basin Conference on Adsorption Science and Technology, Brisbane, Australia.
4. Augustine, J.R., 1996, *Heterogeneous Catalysis for The Synthetic Chemist*, 1<sup>st</sup> ed., Marcel Decker, Inc., New York
5. Nomura, M., Kidena, K., Murata, S., Su, Y., Artok, L., and Miyatani, Y., 1999, *Am. Chem. Soc. Div. Fuel. Chem.*, 44(4), 755-761.
6. Sawa, M., Niwa, M. and Murakami, W., 1990, *Zeolites*, 10, 532-538
7. Triwahyuni, E., 2003, *Types and Distribution of the Iron Species Formed in The zeolite Structure*, 7<sup>th</sup> Eurasia Chemical Conference, Karachi, Pakistan.
8. Triwahyuni, E., 2003, *J. Ion Exchange*, 14-18.