



## Preparasi dan Karakterisasi Katalis Co/Zeolite Y and Co-Mo/Zeolite Y untuk Konversi Tar Batubara

Didi Dwi Anggoro dan Luqman Buchori

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudarto SH, Tembalang, Semarang

\*E-mail: anggorophd@gmail.com

### Abstract

Tar batubara (Coal tar) dapat dikonversi menjadi bahan bakar cair dengan proses perengkahan hidrogenasi (Cracking Hydrogenation). Proses ini memerlukan katalis yang mempunyai fungsi ganda yaitu komponen logam sebagai katalis hidrogenasi dan komponen asam sebagai katalis perengkah. Pada penelitian ini dibuat katalis Co/Zeolit Y dan Co-Mo/Zeolit Y dengan variabel adalah berat Co dan Mo dengan metode impregnasi. Desain eksperimen ditentukan menggunakan bantuan Software Statistica. Dari analisa XRD dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan logam Co dan Mo mempengaruhi persen kristallinitas. Penambahan logam Co menurunkan kristallinitas, sedangkan penambahan Mo menaikkan kristallinitas. Hasil analisa luas permukaan menggunakan BET Surface Area Analyzer menunjukkan bahwa dengan penambahan Co dan Mo menyebabkan penurunan luas area. Hal ini dibuktikan dengan analisa SEM yang menunjukkan bahwa logam Co dan Mo banyak menempel dipermukaan dan pori-pori katalis, sehingga mempengaruhi persen kristallinitas dan luas permukaan. Sedangkan dari analisa keasaman menggunakan gas amoniak menunjukkan dengan penambahan logam Co dan Mo mengakibatkan peningkatan keasaman.

**Keywords:** Co/Zeolit Y, Co-Mo/Zeolit Y, Hidrogenasi, Perengkahan, Tar batubara.

### Pendahuluan

Penggunaan energi di Indonesia secara umum meningkat pesat sejalan dengan bertambahnya penduduk, pertumbuhan perekonomian maupun perkembangan teknologi berdampak terhadap pemakaian energi. Dalam statistik Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral tahun 2012 menyebutkan bahwa cadangan dari minyak bumi yaitu 7.408,24 MMSTB (Million Sctok Tank Barrels) dengan tingkat produksi rata-rata mencapai 350 juta barel per tahun, dapat diprediksi bahwa cadangan minyak bumi akan habis sekitar 22 tahun, sedangkan untuk gas bumi yaitu 150,70 TSCF (Trillion Square Cubic feet) dengan tingkat produksi rata-rata mencapai 9000 MMSCFD, dapat diprediksi bahwa cadangan gas bumi akan habis sekitar 50 tahun.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah RI (PP) No. 5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional untuk menanggulangi lonjakan kebutuhan energi tersebut yaitu dengan mengeluarkan. Salah satu butir peraturan pemerintah ini menyebutkan tentang peranan minyak bumi menjadi kurang dari 20%, gas bumi menjadi lebih dari 30%, energi baru dan terbarukan lainnya, khususnya, biomassa, nuklir, tenaga air skala kecil, dan tenaga surya, serta tenaga angin menjadi lebih dari 5%, bahan bakar lain yang berasal dari pencairan batubara menjadi lebih dari 2% terhadap konsumsi energi nasional pada tahun 2025.

Batubara berpotensi menggantikan minyak bumi sebagai sumber energi utama di Indonesia dikarenakan cadangan batubara yang melimpah yaitu 21.131,84 juta ton (Badan Geologi ESDM, 2011). Batubara merupakan padatan mengandung banyak variasi dari komponen organik dan anorganik. Pencairan batubara mempunyai efek negatif yaitu terbentuknya limbah cair yaitu coal tar, karena kurang aman bagi lingkungan disebabkan oleh kandungan aromatik yang terkandung seperti benzena, toluena, fenol, dan lain-lain yang dapat membahayakan manusia, ikan, dan satwa liar (Kan, Tao, *et al.* 2011), oleh karena itu perlu dikembangkan usaha-usaha melalui penelitian untuk meningkatkan nilai guna dan nilai ekonomi yang tinggi dengan mengolah limbah batubara (Coal Tar) menjadi bahan yang lebih bermanfaat seperti bahan bakar.

Coal tar merupakan produk pencairan dari batubara. Berbeda dengan minyak bumi yang kualitasnya baik untuk bahan bakar, coal tar ini kualitasnya masih rendah karena berat molekul, viskositas, kandungan senyawa heretoatom (S dan N) masih tinggi (Krichko, A.A *et al.*, 1996). Coal tar mengandung campuran dari komponen alifatik, aromatik, alisiklik, dan komponen heterosiklik (Kan, Tao *et al.*, 2011). Coal tar ini didapatkan dari beberapa proses yaitu karbonisasi dan gasifikasi. Coal tar dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar cair seperti bensin dan minyak diesel melalui proses hidrogenasi/hidrocracking (Fanani Z., 2010). Hasil



bahan bakar cair ini sesungguhnya tidak sesuai standar bahan bakar kendaraan maka dari itu diperlukannya penyulingan.

Zeolit merupakan katalis yang baik, karena mempunyai pori atau saluran yang besar dan memiliki luas permukaan besar serta tingkat keasaman yang cukup tinggi. Dalam industri pengolahan minyak bumi, zeolit digunakan sebagai katalis asam dalam perengkahan (Chorkendorff and Niemantsverdriet, 2003). Mengingat zeolit sangat melimpah maka penggunaannya sebagai katalis dapat menurunkan biaya produksi. Katalis hidrocracking yang dibutuhkan yaitu kemampuan untuk menahan dari komponen sulfur dan nitrogen yang terkandung dalam *coal tar*, sehingga katalis dapat dalam kondisi baik. Dengan penggabungan katalis antara zeolit Y dan logam kobalt, pemilihan logam transisi (Co) dikarenakan memiliki selektivitas yang tinggi dan juga kemampuan untuk menahan racun dari komponen sulfur dan nitrogen yang terdapat dalam *coal tar*. Penggabungan logam kobalt dengan zeolit Y dan Co-Mo dengan zeolit Y dapat dilakukan dengan cara impregnasi atau pun *ion exchanger*.

Dalam penelitian ini, digunakan katalis Co dan Mo dengan pengemban Zeolit Y digunakan sebagai katalis perengkahan produk dari pencairan baturabara dengan harapan produk hasil perengkahan merupakan fraksi karbon ringan yang termasuk range bahan bakar cair. Katalis Co-Mo/Zeolit Y dibuat dengan metode impregnasi. Pada penelitian ini Desain Eksperimen dibuat dengan bantuan software Statistica.

## Metodologi

Penelitian ini difokuskan pada pembuatan katalis dengan variabel berubah berat Cobalt (Co) dan berat Molidenum (Mo), seperti dalam Tabel 1. Katalis dibuat dengan metode impregnasi. Rangkaian alat ini digunakan untuk perlakuan kimia impregnasi. Rangkaian ini terdiri dari labu leher tiga sebagai tempat untuk mencampurkan zeolit Y dengan  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  dan  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot (\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ . *Magnetic stirrer* digunakan untuk pengaduk campuran.

Tabel 1. Desain Eksperimen pembuatan katalis Co/Zeolit Y dan Co-Mo/Zeolit Y

Run	Jenis Logam dan Pengemban (gram)		
	Co	Mo	Zeolit Y
1	0	0	5
2	2	0	5
3	3.41	0.5	5
4	3	0.25	5
5	2	0.5	5
6	1	0.75	5
7	1	0.25	5
8	2	0.5	5
9	2	0.15	5
10	2	0.85	5
11	2	0.5	5
12	2	0.5	5
13	2	0.5	5
14	3	0.75	5
15	0.59	0.5	5

Pembuatan katalis logam Co dalam Zeolit Y dilakukan dengan metode impregnasi, dengan tahapan sebagai berikut:  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dilarutkan dalam aquadest 25 ml, Zeolit Y sebanyak 5 gram dimasukkan ke dalam campuran, Impregnasi  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dengan Zeolit Y selama 24 jam, Campuran disaring dengan saringan penghisap, Endapan hasil penyaringan dikeringkan dalam oven pada suhu  $110^\circ\text{C}$  selama 1 jam.

Pembuatan katalis Co-Mo-Zeolit Y dilakukan dengan metode impregnasi, dengan langkah-langkah sebagai berikut:  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dilarutkan dalam aquadest 25 ml,  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  dilarutkan dalam aquadest 25 ml, Zeolit Y sebanyak 5 gram dimasukkan kedalam campuran, Impregnasi  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dan



$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$  dengan Zeolit Y selama 24 jam, Campuran disaring dengan saringan penghisap, Endapan hasil penyaringan dikeringkandalam oven pada suhu  $110^\circ\text{C}$  selama 1 jam. Kemudian katalis yang sudah termodifikasi ini siap untuk di kalsinasi.

Hasil percobaan pembuatan katalis Co-Mo/Zeolit Y untuk produksi bahan bakar cair pada masing-masing variabel percobaan adalah berat Co dan Mo yang digunakan sebagai impregnasi aktivasi katalis zeolit Y. Konsentrasi Co dan Mo ini akan digunakan untuk mengetahui luas permukaan katalis dengan uji BET dan mengetahui situs aktif katalis pada uji XRD, SEM serta Keasaman.

### Hasil dan Pembahasan

Zeolit Y didapatkan dari Zeolyst International, Netherlands dengan nomer produk CBV712. Menurut katalog produk yang diberikan, diketahui bahwa Zeolit Y (CBV712) mempunyai karakteristik:

- $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  mole ratio : 12
- Nominal cation form : Ammonium
- $\text{Na}_2\text{O}$ , weight % : 0,05
- Unit cell size, Å : 24,35
- Surface area,  $\text{m}^2/\text{g}$  : 730

### Karakterisasi Katalis dengan X-Ray Diffraction (XRD)

Berdasarkan gambar Diffraktogram dari 15 sampel katalis terlihat bahwa semua sampel mempunyai *peak* yang sama, terutama diantara theta 0-35. Setelah *peak* theta 35 banyak terlihat *peak* kecil yang menandakan adanya logam Co dan Mo didalam permukaan katalis. Dengan kesamaan *peak* dari katalis Zeolit Y dan katalis Zeolit Y yang diimpregnasi dengan Co dan Mo, menandakan bahwa tidak ada perubahan bentuk kristal zeolit Y disemua sampel katalis.

Data dari *X-Ray Diffraction* dapat diketahui persen (%) kristalinitasnya, dengan rumus:

$$\% \text{ Kristallinitas} = \frac{\text{Luas area } peak \text{ sampel}}{\text{Luas area } peak \text{ standart}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Kristallinitas dihitung menggunakan rumus (1) diatas, dapat dibandingkan pengaruh Co terhadap kristallinitas. Pengaruh Co terhadap kristallinitas ditabulasikan dalam tabel 2. Dari data dalam tabel 2, menunjukkan bahwa semakin banyak Co yang ditambahkan pada katalis dengan jumlah Mo yang sama, menyebabkan persen kristallinitasnya turun. Hal ini dimungkinkan karena dengan penambahan Co menyebabkan tertutupnya sebagian pori katalis, sehingga menurunkan kristallinitas.

Tabel 2. Pengaruh penambahan Co terhadap kristallinitas katalis

Mo	Co	% Kristallinitas
0	0	93
0	2	57
0.5	0.6	83
0.5	2	67 (rata-rata)
0.5	3.4	63
0.25	1	75
0.25	3	60
0.75	1	78
0.75	3	68

Pengaruh Mo terhadap kristallinitas ditabulasikan dalam tabel 3. Dari data dalam tabel 3. menunjukkan bahwa semakin banyak Mo yang ditambahkan pada katalis dengan jumlah Co yang sama, menyebabkan persen kristallinitasnya naik. Hal ini kemungkinan dikarenakan logam Mo banyak yang menempel dipermukaan katalis, sehingga membentuk kristal dan menaikkan persen kristallinitas.



Tabel 3. Pengaruh penambahan Mo terhadap kristallinitas katalis

Co	Mo	% Kristallinitas
2	0	57
2	0.15	62
2	0.5	67 (rata-rata)
2	0.85	78
3	0.25	60
3	0.75	68
1	0.25	75
1	0.75	78

### Karakterisasi Katalis dengan BET Surface Area

Luas permukaan dari 15 sampel katalis ditentukan dengan menggunakan alat *Surface Area Analyzer* di Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro. Dari grafik *Relative pressure vs 1/((W/Po)-1)* terlihat bahwa harga slope berubah sekitar 4,924-7,085. Hal ini mengindikasikan dengan penambahan logam Co dan Mo terjadi perubahan luas permukaan di 15 sampel tersebut.

Pengaruh Co terhadap kristallinitas ditabulasikan dalam tabel 4. Dari data dalam tabel 4, menunjukkan bahwa semakin banyak Co yang ditambahkan pada katalis dengan jumlah Mo yang sama, menyebabkan slope naik tapi luas area turun. Hal ini dimungkinkan karena dengan penambahan Co menyebabkan tertutupnya sebagian pori katalis, sehingga menurunkan luas area.

Tabel 4. Pengaruh penambahan Co terhadap slope dan luas area katalis

Mo	Co	Slope	Luas area
0	0	5,276	674
0	2	6,099	583
0.5	0.6	5,664	628
0.5	2	5,259	678
0.5	3.4	7,085	502
0.25	1	5,467	650
0.25	3	4,983	714
0.75	1	5,542	642
0.75	3	5,780	615

Tabel 5. Pengaruh penambahan Mo terhadap slope dan luas area katalis

Co	Mo	Slope	Luas area
2	0	6,099	583
2	0.15	6,352	560
2	0.5	5,259	678
2	0.85	5,357	664
3	0.25	4,983	714
3	0.75	5,780	615
1	0.25	5,467	650
1	0.75	5,542	642



Pengaruh Mo terhadap luas area ditabulasikan dalam tabel 5. Dari data dalam tabel 5 menunjukkan bahwa semakin banyak Mo yang ditambahkan pada katalis dengan jumlah Co yang sama, menyebabkan slope naik tapi luas area turun. Hal ini kemungkinan dikarenakan logam Mo banyak yang menempel dipermukaan katalis dan menutup pori katalis, sehingga menurunkan luas area.

### Karakterisasi Katalis dengan SEM

Morfologi dari katalis dianalisa dengan menggunakan SEM. Gambar morfologi SEM dari sampel katalis run 2-15 menunjukkan bahwa logam Co dan Mo telah menempel dipermukaan dan pori-pori katalis. Hal ini yang menyebabkan perubahan persen kristallinitas dan luas permukaan dari katalis yang diimpregnasi logam Co dan Mo.

### Karakterisasi Katalis dengan keasaman menggunakan Gravimetri gas amoniak

Dengan analisa keasaman menggunakan metode gravimetri gas amoniak dapat ditentukan keasaman suatu katalis. Pengaruh Co terhadap keasaman sampel katalis ditabulasikan dalam tabel 6. Dari data dalam tabel 6, menunjukkan bahwa semakin banyak Co yang ditambahkan pada katalis dengan jumlah Mo yang sama, menyebabkan keasaman katalis meningkat. Hal ini dimungkinkan karena dengan penambahan Co menyebabkan penyerapan gas amoniak meningkat.

Pengaruh Mo terhadap keasaman katalis ditabulasikan dalam tabel 7. Dari data dalam tabel 7, menunjukkan bahwa semakin banyak Mo yang ditambahkan pada katalis dengan jumlah Co yang sama, menyebabkan keasaman katalis meningkat. Hal ini kemungkinan dikarenakan logam Mo meningkatkan penyerapan gas amoniak.

Tabel 6. Pengaruh penambahan Co terhadap keasaman katalis

Mo	Co	Keasaman
0	0	11,06
0	2	13,35
0.5	0.6	9,19
0.5	2	12,54
0.5	3.4	15,20
0.25	1	12,49
0.25	3	13,66
0.75	1	11,58
0.75	3	15,53

Tabel 7. Pengaruh penambahan Mo terhadap keasaman katalis

Co	Mo	Keasaman
2	0	13,35
2	0.15	15,48
2	0.5	12,54
2	0.85	18,49
3	0.25	13,66
3	0.75	15,53
1	0.25	12,49
1	0.75	11,58





## Kesimpulan

1. Dari analisa XRD dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan logam Co dan Mo mempengaruhi persen kristallinitas. Penambahan logam Co menurunkan kristallinitas, sedangkan penambahan Mo menaikkan kristallinitas.
2. Hasil analisa luas permukaan menggunakan BET *Surface Area Analyzer* menunjukkan bahwa dengan penambahan Co dan Mo menyebabkan penurunan luas area.
3. Analisa SEM yang menunjukkan bahwa logam Co dan Mo banyak menempel dipermukaan dan pori-pori katalis, sehingga mempengaruhi persen kristallinitas dan luas permukaan.
4. Analisa keasaman menggunakan gas ammoniak menunjukkan dengan penambahan logam Co dan Mo mengakibatkan peningkatan keasaman.

## Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang telah membiayai kegiatan ini melalui Penerimaan Negara Bukan Pajak (PNBP) Universitas Diponegoro Tahun Anggaran 2014, melalui Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Diponegoro Nomor DIPA – 023.04.02.189185/2014 tanggal 05 Desember 2013.

## Daftar Pustaka

- Anggoro, D.D., Istadi, dan Kasmui, 2008, Pengaruh Sifat Keasaman Katalis Zeolite Y Pada Proses Konversi Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Cair, *Prosiding Seminar Teknik Kimia Soehadi Reksowardojo*, ITB.
- Ardhyarini, N., Kurniawan, M., dan Herlina, L., 2011, Potensi Pemanfaatan Tar Batubara untuk Diolah menjadi Bahan Bakar Sintetik, *Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"*.
- Chorkendorff and Niemantsverdriet, 2003, *Concepts of Modern Catalyst and Kinetics*, WILEY-VSH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, ISBN : 3-527-30574-2.
- Fanani, Z., 2010, Hidrocracking Tir Batubara Menggunakan Katalis Ni-Mo-S/ZAA untuk Menghasilkan Fraksi Bensin dan Fraksi Kerosen, *Jurnal Penelitian Sains*.
- ....., 2013, Statistika Batubara, [http://www.esdm.go.id/statistik/data-sektor-esdm/cat\\_view/58-publikasi/240-statistik/342-statistik-batubara.html](http://www.esdm.go.id/statistik/data-sektor-esdm/cat_view/58-publikasi/240-statistik/342-statistik-batubara.html), Energi Sumber Daya Mineral, 15 Oktober 2013.
- ....., 2013, Statistika Gas Bumi, [http://www.esdm.go.id/statistik/data-sektor-esdm/cat\\_view/58-publikasi/240-statistik/342-statistik-gas-bumi.html](http://www.esdm.go.id/statistik/data-sektor-esdm/cat_view/58-publikasi/240-statistik/342-statistik-gas-bumi.html), Energi Sumber Daya Mineral, 15 Oktober 2013.
- ....., 2013, Statistika Minyak Bumi, [http://www.esdm.go.id/statistik/data-sektor-esdm/cat\\_view/58-publikasi/240-statistik/341-statistik-minyak-bumi.html](http://www.esdm.go.id/statistik/data-sektor-esdm/cat_view/58-publikasi/240-statistik/341-statistik-minyak-bumi.html), Energi Sumber Daya Mineral, 15 Oktober 2013.
- Kaduk, J.A., and Faber, J., 1995, Crystal Structure Of Zeolit Y as a Function of Ion Exchange, *The Rigaku Journal*, Vol.12, No.2.
- Krichko, A.A., Maloletnev, A.S., Mazneva, O., and Gagarin, S.G., 1996, Catalytic Properties of High-Silica Zeolite in Hydrotreatment of Coal Liquefaction Product, *Jurnal of Fuel*.
- Leofanti, G., Tozzola, G., Padovan, M., Petrini, G., Bordiga, S., and Zecchina, A., 1997, Catalyst Characterization : Characterization Techniques, *Journal of Catalyst*.
- Li, D., Li, Z., Li, W., Liu, Q., Feng, Z., and Fan, Z., 2013, Hydrotreating of low temperatur Coal tar to produce clean liquid fuels, *Journal Analytical Applied Pyrolysis*.
- ....., 2013, *Pemanfaatan Tar Batubara sebagai Upaya Efisiensi Penggunaan Sumber Energi di Indonesia*, <http://beranda.miti.or.id>, 16 Oktober 2013.
- Musta, R., 2010, Preparasi dan Karakterisasi Katalis CoMo/H-Zeolit Y, *Jurnal Fisika FLUX*, Vol. 7, No.2.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 5 tahun 2006
- Kan, T., Wang, H., He, H., Li, C., and Zhang, S., 2011, Experimental Study on Two-stage catalytic hydroprocessing of middle-temperature Coal tar to clean liquid fuels, *Fuel*, Elsevier, Vol. 90.





## Lembar Tanya Jawab

**Moderator : IGS Budieman (UPN "Veteran" Yogyakarta)**  
**Notulen : Putri Restu Dewati (UPN "Veteran" Yogyakarta)**

1. Penanya : Hendriyana (UNJANI)  
Pertanyaan :
  - Co dan Mo menempel semua pada penyangga atau tidak?
  - Jenis impregnasi apa dan bagaimana perbandingan Co dan Mo?
  - Temperatur operasi yang digunakan berapa?Jawaban :
  - Belum dianalisa untuk mengetahui jumlah yang menempel di permukaan atau di pori.
  - Impregnasi basah dan digunakan perbandingan Co dan Mo.
  - Temperatur operasi  $\pm 300^{\circ}\text{C}$ .
2. Penanya : Priska Damayanti (UPN "Veteran" Yogyakarta)  
Pertanyaan : Bagaimana metode impregnasi dan apakah ada metode lain pengganti impregnasi?  
Jawaban : Impregnasi adalah pencampuran serbuk Co dan Mo pada coke.  
Metode lain adalah direct syntesis, proses fisika (pengepresan dan sebagainya).

