

## Pengaruh Jumlah Katalis Zeolit Alam Asam dalam Proses Perengkahan Asap Cair Tempurung Kelapa

Tri Windari dan Ahmad Suseno

Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Diponegoro, Semarang

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh jumlah katalis zeolit alam asam dalam proses perengkahan asap cair tempurung kelapa. Katalis zeolit alam asam dibuat dengan aktivasi, kalsinasi dan proses hidrotermal zeolit alam wonosari. Karakter katalis meliputi rasio Si/Al, keasaman, luas permukaan, volume pori dan rerata jejari pori, masing-masing ditentukan dengan Spektroskopi Serapan Atom (AAS), metode adsorpsi  $\text{NH}_3$  dan *BET surface area analyzer*. Perengkahan asap cair tempurung kelapa dengan variasi berat katalis dilakukan dengan reactor batch dan produk cair yang diperoleh dianalisis dengan GC dan GC-MS. Hasil preparasi katalis menghasilkan katalis zeolit alam asam dengan Rasio Si/Al = 10,25, keasaman = 5,18 mmol/gram, luas permukaan = 96,60 ( $\text{m}^2/\text{g}$ ) volume pori = 51,00.  $10^{-3}$  ( $\text{cc}/\text{g}$ ) dan rerata jejari pori = 10,56 ( $\text{\AA}$ ). Proses perengkahan asap cair tempurung kelapa efektif terjadi pada penggunaan katalis seberat 2 gram.

*Keywords: asap cair, perengkahan, katalis*

### PENDAHULUAN

Indonesia menghasilkan lebih dari 10.800.000 ton kelapa pertahun. Umumnya dimanfaatkan sebagai kopra, minyak dan santan. Selain buah, kelapa juga mengandung tempurung yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal. Dengan berat sekitar 20,36% dari berat total kelapa berarti setiap tahun dihasilkan sekitar 2.199.150 ton tempurung kelapa. Produk bernilai ekonomi cukup tinggi yang bisa dimanfaatkan dari tempurung kelapa adalah karbon aktif dan arang, sedangkan asap cair yang merupakan produk lain dari proses pembuatan karbon aktif dan arang tersebut belum dimanfaatkan (Awang, 1991).

Tempurung kelapa mengandung selulosa sebanyak 36,3%, lignin 28,3%, hemiselulosa 25,1%, ekstraktif 8,3% dan zat-zat anorganik sebanyak 0,7%. Dengan proses pirolisis diharapkan akan diperoleh asap cair yang banyak mengandung senyawa aldehid, fenol, keton dan senyawa oksigen lainnya. Dengan metode yang tepat asap cair ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber hidrokarbon baru.

Asap cair yang dihasilkan dari proses pirolisis selanjutnya akan dilakukan perengkahan dengan bantuan katalis. Sebagai katalis dapat digunakan zeolit alam Wonosari. Dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Windarti, 2002) aktivasi terhadap zeolit alam Wonosari menghasilkan zeolit alam asam yang ternyata mampu

meningkatkan hasil pirolisis polietilena menjadi campuran olefin. Hal ini disebabkan karena proses aktivasi mampu meningkatkan luas permukaan, meningkatkan volume pori, mengurangi rerata jejari pori, meningkatkan rasio Si/Al dan meningkatkan keasaman zeolit alam, sehingga efektivitasnya sebagai katalis meningkat.

Haag dan Chen (1987), menjelaskan bahwa hidrotermal dapat meningkatkan stabilitas serta mereduksi densitas situs asam yaitu mengurangi kerapatan situs asam dalam zeolit. Sebagai akibatnya adalah aktivitas katalis akan sesuai dengan kecepatan transport massa sehingga selektivitas juga akan meningkat karena perengkahan lanjutan (*secondary cracking*) dapat dikurangi.

Untuk meningkatkan efektivitas katalis zeolit alam yang telah diperoleh dalam penelitian sebelumnya (Windarti, 2003), akan dilakukan proses hidrotermal sebelum katalis digunakan serta mempelajari pengaruh jumlah katalis tersebut dalam proses perengkahan asap cair tempurung kelapa. Dengan meningkatnya kualitas katalis serta semakin banyaknya katalis yang digunakan diharapkan akan dapat meningkatkan hasil perengkahan asap cair tempurung kelapa.

### METODE PENELITIAN

- **Preparasi Bahan**
  - Pembuatan Katalis

Sampel zeolit alam Wonosari dicuci dengan akuades untuk menghilangkan pengotor yang larut dalam air dan dilanjutkan dengan pengeringan. Zeolit kering kemudian diayak dengan ayakan 100 mesh, selanjutnya dilakukan perendaman dalam larutan HF 1% dengan rasio 1: 2 (v/v) selama 10 menit kemudian dicuci dengan akuades.

Selanjutnya dilakukan perendaman dalam larutan asam klorida 6 N dan direfluks selama 30 menit pada temperatur 90°C, rendaman dibiarkan semalaman, baru kemudian dicuci dengan akuades sampai pHnya sama dengan 6. Berikutnya zeolit dikeringkan dalam oven pada temperatur 130°C selama 1 jam untuk menghilangkan air dan dilanjutkan dengan perendaman dalam larutan NH<sub>4</sub>Cl 0,1 M dengan rasio 1: 2 (v/v) pada temperatur 90°C selama 3 jam per hari sampai satu minggu. Zeolit kembali dikeringkan dan dikalsinasi pada temperatur 500°C selama 4 jam. Proses dilanjutkan dengan hidrotermal selama 4 jam pada temperatur 500°C. Zeolit siap untuk dikarakterisasi dan digunakan sebagai katalis

- Pirolisis tempurung kelapa  
Pirolisis tempurung kelapa dilakukan dilaboratorium rekayasa milik Fakultas Teknologi Hasil Pertanian UGM. Sebanyak 4 kg tempurung kelapa yang telah dikeringkan dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis dan proses dilakukan selama 2 jam pada temperatur 400°C. Hasil pirolisis yang berupa cairan kemudian dipisahkan dari kandungan tarnya dan dilanjutkan dengan distilasi vakum untuk menghilangkan kandungan airnya.

• **Proses Perengkahan**

Asap cair tempurung kelapa sebanyak 15 ml dan katalis dengan variasi berat 2-4 gram ditempatkan dalam reaktor perengkahan kemudian reaktor ditutup dan ditempatkan dalam furnis. Proses dilangsungkan pada temperatur 300°C selama 1 jam. Uap organik asap cair akan melewati katalis dengan bantuan gas N<sub>2</sub> untuk kemudian didinginkan

dengan pendingin spiral dalam campuran es dan garam.

• **Analisis Hasil**

Karakterisasi terhadap katalis zeolit alam yang dihasilkan meliputi rasio Si/Al, keasaman, luas permukaan, volume pori dan rerata jejari pori. Rasio Si/Al dilakukan dengan spektroskopi serapan atom, keasaman ditentukan dengan metode adsorpsi basa sedangkan luas permukaan, volume pori, dan rerata jejari pori ditentukan dengan alat penganalisis luas permukaan (*BET surface area analyzer*) merk NOVA Data Analysis Package ver 2.00 milik Pusat Penelitian Nuklir Yogyakarta. Asap cair tempurung kelapa hasil pirolisis dan produk cair hasil proses perengkahan dianalisis dengan GC dan GC-MS. Kromatogram keduanya dibandingkan untuk melihat konversi katalitik yang terjadi.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**1. Katalis Zeolit Alam Asam**

Hasil preparasi yang dilakukan terhadap zeolit alam wonosari memberikan hasil sebagai berikut:

**Tabel 1.** Hasil karakterisasi katalis

Jenis Zeolit	Keasaman (mmol/g)	Rasio Si/Al	Luas Permukaan (m <sup>2</sup> /g)	Volume Pori (cc/g)	Rerata Jejari Pori (Å)
<b>Z1</b>	2,39	4,75	24,14	74,25.10 <sup>-3</sup>	60,54
<b>Z2</b>	5,56	11,73	204,64	147,02.10 <sup>-3</sup>	14,37
<b>Z3</b>	5,18	10,25	96,60	51,00.10 <sup>-3</sup>	10,56

Keterangan:

**Z1** = zeolit alam, **Z2** = zeolit alam asam tanpa hidrotermal, **Z3** = zeolit alam asam hidrotermal

Dari analisis keasaman diketahui bahwa keasaman zeolit meningkat lebih dari 100%. Rasio Si/Al juga meningkat lebih dari 100%. Peningkatan rasio Si/Al ini sangat diharapkan,

karena rasio Si/Al yang tinggi akan meningkatkan stabilitas thermal zeolit. Peningkatan rasio Si/Al berarti meningkatkan jarak antara situs [AlO<sub>4</sub>]-. Akibat dari keadaan ini adalah perlindungan elektrostatik kation-kation bermuatan tinggi tidak berpengaruh sehingga pembentukan ion-ion akan bertambah dengan adanya hidrolisis.

Peningkatan rasio Si/Al juga akan meningkatkan keasaman zeolit, karena pada umumnya sifat keasaman zeolit ditentukan oleh adanya gugus hidroksida yang terikat pada Aluminium atau pada situs Silikon-Aluminium (Gates, 1979). Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa kenaikan keasaman sebanding dengan kenaikan rasio Si/Al zeolit.

Analisis fisika menunjukkan telah terjadi peningkatan luas permukaan dan volume pori. Dengan demikian akan mendukung reaksi katalitik karena akan semakin banyak reaktan yang dapat masuk kedalam pori (Gates, 1979). Apabila diamati, ternyata penambahan proses hidrotermal pada preparasi katalis zeolit alam asam telah menurunkan luas permukaan, volume pori dan rerata jejari pori. Hal ini disebabkan karena proses hidrotermal telah mengakibatkan terjadinya penataan struktur, sehingga terbentuk struktur baru yang tertata lebih baik, yang diharapkan dapat lebih stabil terhadap temperatur tinggi (Haag, 1987).

## 2. Proses Perengkahan Asap Cair Tempurung Kelapa

Terdapat 3 macam produk pirolisis tempurung kelapa yaitu produk padatan yang berupa arang, cairan hasil kondensasi dan gas yang tidak terkondensasi.

Produk cair yang diperoleh masih mengandung tar sehingga harus dilakukan pemisahan. Selanjutnya karena kandungan airnya masih cukup banyak, dilakukan distilasi dengan pengurangan tekanan untuk menghilangkan air. Hasilnya disebut sebagai asap cair tempurung kelapa. Dari analisis GC-MS diperoleh penyusun utama asap cair tempurung kelapa seperti pada tabel berikut.

**Tabel 2.** Produk pirolisis tempurung kelapa

Nama senyawa	Konsentrasi (%)
Fenol	71,61
2,6-dimetoksi fenol	13,67
2-metoksi fenol	9,52
3-meti-1,2-siklopentanadion	5,2

Dari tabel di atas, asap cair hasil pirolisis tempurung kelapa merupakan potongan dari senyawa lignin yang banyak terdapat dalam tempurung kelapa (28,3%). Hal ini disebabkan karena pada temperatur 400°C selulosa dan hemiselulosa sudah menjadi arang (Agra, 1995).

Proses perengkahan dilakukan dalam suatu reaktor batch yang dibuat dalam kondisi inert dengan mengalirkan gas N<sub>2</sub> selama proses berlangsung ke dalam reaktor yang berisi asap cair dan katalis. Gas produk perengkahan kemudian akan keluar melalui suatu pendingin spiral yang berada dalam suatu wadah yang berisis campuran es dan garam. Hasil perengkahan adalah cairan hasil kondensasi dan gas yang tidak terkondensasi. Distribusi hasil tersebut berdasarkan berat katalis yang digunakan dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 3.** Volume produk berdasarkan berat katalis yang digunakan

Berat katalis (gram)	Volume produk (ml)	
	Cair	Gas
2,0	6,5	8,5
2,5	5,1	9,9
3,0	5,0	10,0
3,5	7,1	7,9
4,0	5,0	10,0

Perolehan hasil tersebut disebabkan karena proses perengkahan pada temperatur 300°C mengakibatkan terbentuknya senyawa dengan rantai pendek yang tidak terkondensasi dengan sistem pendingin es-garam. Analisis GC-MS terhadap produk cair memperlihatkan

bahwa puncak-puncak utama pada kromatogram untuk proses dengan berat katalis berbeda menunjukkan adanya senyawa yang sama tetapi berbeda konsentrasinya.

**Tabel 4.** Produk perengkahan asap cair tempung kelapa

Senyaw a	Konsentrasi (%) pada variasi berat katalis					
	0 gr	2 gr	2,5 gr	3 gr	3,5 gr	4gr
Asam asetat	-	48,91	29,7	41,68	32,86	33,81
Asam propanoat	-	3,58	18,16	15,62	5,79	-
Metoksi fenol	9,52	34,42	4,59	10,16	38,73	30,39
Fenol	71,61	13,09	47,15	32,54	22,63	35,80

Dari tabel terlihat bahwa pada berat katalis 2 gram diperoleh konsentrasi fenol paling rendah (13,09%). Hal ini berarti pemutusan ikatan siklik fenol menjadi senyawa rantai terbuka paling tinggi terjadi pada penggunaan katalis seberat 2 gram. Pada berat katalis 2 gram juga diperoleh volume produk cair yang relatif lebih banyak yaitu 6,6 ml. Hasil ini mengindikasikan bahwa kontak antara katalis dengan reaktan yang menyebabkan terjadinya reaksi perengkahan efektif terjadi pada berat katalis 2 gram.

**KESIMPULAN**

Hasil preparasi katalis menghasilkan katalis zeolit alam asam dengan keasaman = 5,18 mmol/gram, Rasio Si/Al = 10,25, luas permukaan = 96,60 (m<sup>2</sup>/g) volume pori = 51,00. 10<sup>-3</sup> (cc/g) dan rerata jejari pori = 10,56 (Å). Proses perengkahan asap cair tempung kelapa efektif terjadi pada penggunaan katalis seberat 2 gram.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Proyek Peningkatan Penelitian Pendidikan Tinggi Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] Agra, S. W., 1995, Pirolisis getah beberapa jenis tanaman untuk membuat bahan bakar

cair pengganti bahan bakar minyak bumi, Disertasi, UGM, Yogyakarta.

[2] Awang, S. A., 1991, Kelapa: Kajian sosial ekonomi, Aditya Media, Yogyakarta.

[3] Fengel, D. dan Wegner, D., penterjemah Sastrohamidjojo, H., 1995, Kayu: kimia, ultrastruktur, reaksi-reaksi, Gadjah Mada University press, Yogyakarta.

[4] Gates, B. C., Katzer, J. R. and Schuit, G. C., 1979, Chemistry of catalytic processes, McGraw- Hill, New York.

[5] Haag, W. O. dan Chen, N. Y., dalam Hegedus, L. L., 1987, Catalyst Design, Progress and Perspectives, John Wiley and Sons, New York.

[6] Windarti, T., 2002, Profil keefektivan katalis zeolit alam asam dalam proses pirolisis polietilena dari sampah plastik menjadi olefin akibat perubahan temperatur, Laporan penelitian DIK Rutin UNDIP, Semarang.

[7] Windarti, T., 2003, Konversi polietilena dari sampah plastik menjadi olefin dengan katalis zeolit alam, Laporan penelitian Dosen Muda, Semarang.