

**PENGARUH RASIO KATALIS ZEOLIT AKTIF/UMPAN
PADA PROSES PIROLISIS LIMBAH
SERBUK SAGU (*Metroxylon sp*)**

Endah Dewi Damayanti⁽¹⁾, Dra. Taslimah, M.Si⁽¹⁾, Rahmad Nuryanto, M.Si⁽²⁾

(1) Laboratorium Kimia Anorganik Jurusan Kimia Universitas Diponegoro Semarang

(2) Laboratorium Kimia Fisik Jurusan Kimia Universitas Diponegoro Semarang

Abstrak

Pirolisis katalitik limbah serbuk sagu menggunakan katalis zeolit aktif telah dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan rasio katalis/umpan optimum katalis dan membandingkan kandungan senyawa *bio-oil* hasil pirolisis. Karakterisasi katalis dilakukan menggunakan metode difraksi sinar-X dan adsorpsi gas N₂. *Bio-oil* yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan Kromatografi Gas-Spektroskopi Masa (GC-MS) untuk mengetahui kandungan senyawa *bio-oil* hasil pirolisis. Hasilnya, keasaman katalis zeolit aktif sebesar 0,003 mol/g, kandungan mineral zeolit adalah mordenite dan luas permukaan, rerata diameter dan total volume pori katalis masing-masing sebesar 199,115 m²/g, 20,55 Å dan 66,1445 cc/g. *Bio-oil* optimum dihasilkan pada rasio katalis/umpan 6% dengan kandungan senyawa paling besar adalah asam asetat dengan kelimpahan 29.48%. Selektivitas katalis zeolit aktif yaitu pada pembentukan senyawa metanol, 2-propanon aseton, dan 2-furanon.

Kata kunci : pirolisis katalitik, katalis zeolit aktif, *bio-oil*

Abstract

Catalytic pyrolysis of waste starch powder using active zeolite catalyst has been carried out. The purpose of this study was to determine the ratio of catalyst/feed and compare the optimum catalyst containing compounds pyrolysis bio-oil yield. Catalyst characterization performed using X-ray diffraction and N₂ gas adsorption. Bio-oil is produced characterized using Gas Chromatography-Mass Spectroscopy (GC-MS) to determine the content of compounds of pyrolysis bio-oil yield. As a result, the acidity of the active zeolite catalyst of 0.003 mol / g, the mineral content of the zeolite is mordenite and surface area, mean diameter and total pore volume of the catalyst amounted to 199.115 m² / g, 20.55 Å and 66.1445 cc / g. Bio-oil produced at the optimum ratio of catalyst/feed 6% with the content of the compound is acetic acid with an abundance of 29.48%. The selectivity of zeolite catalysts active in the formation of compounds, namely methanol, acetone 2-propanone, and 2-furanone.

Keywords: catalytic pyrolysis, catalytic active zeolites, bio-oil.

PENDAHULUAN

Pengembangan bioenergi sebagai sumber energi alternatif terbarukan sangatlah prospektif mengingat melimpahnya sumber daya alam nabati di Indonesia. Selain biodiesel, bioetanol ataupun biogas yang belakangan ini menjadi bahan bakar alternatif pengganti BBM terdapat juga *bio oil*. *Bio-oil* dapat diperoleh dengan proses termokimia yaitu pirolisis [2]

Sumber alam hayati yang dapat digunakan sebagai bioenergi diantaranya bahan-bahan yang banyak mengandung lignoselulosa. Lignoselulosa dapat diperoleh dari tumbuhan tingkat tinggi seperti sagu. Sampai saat ini, pemanfaatan sagu hanya sebatas sumber pati. Proses tersebut menghasilkan limbah berupa ampas dan kulit batang sagu, padahal limbah sagu mengandung lignin, selulosa dan hemiselulosa yang dapat digunakan sebagai sumber *bio-oil*.

Potensi sagu di Indonesia (1,4 juta ha) mencapai lebih dari 50% potensi pertanian sagu dunia (2,2 juta ha) [8].

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Saputra (2007) memperoleh *bio-oil* dari Pirolisis limbah padat sawit yang menghasilkan senyawa etanol, benzene dan toluene, selain itu *bio-oil* juga telah berhasil diperoleh dari pirolisis sampah organik padat yang menghasilkan senyawa keton, fenolik, asam karboksilat, alkohol, ester dan aldehid (Haji, 2007) dan pirolisis serbuk kayu menghasilkan senyawa yang paling banyak yaitu asam asetat dan fenol (Fatimah, 2010). Pirolisis katalitik juga telah dikembangkan. Penelitian yang dilakukan oleh Danarto (2010) yaitu pirolisis limbah serbuk kayu menggunakan katalis zeolit alam dengan variasi bentuk dan rasio katalis terhadap sampel. Hasil *bio oil* optimum diperoleh dengan bentuk katalis serbuk rasio katalis terhadap sampel adalah 10%.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui rasio optimum katalis zeolit aktif terhadap sampel pada proses pirolisis limbah serbuk sagu untuk mengoptimalkan hasil *bio-oil*

serta untuk mengetahui kandungan senyawa *bio-oil* hasil pirolisis.

METODE PENELITIAN

Variabel bebas pada penelitian ini adalah rasio berat katalis yaitu 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% terhadap sampel. variabel tetapnya adalah berat limbah serbuk sagu yaitu 100 gram dan temperatur pirolisis yaitu 400°C.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah ayakan 100 dan 140 mesh, cawan porselen, timbangan digital, oven, *furnace*, peralatan gelas, kertas saring, seperangkat alat pirolisis, *Surface Area Analyzer (SSA)*, *X-Ray Diffraction (XRD)* dan *Gas Chromatography - Mass Spectroscopy (GC-MS)*.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah zeolit alam dari Bayat (Klaten), larutan HF 1%, larutan HCl 1M dan akuabides.

Aktivasi Zeolit Alam

Zeolit yang digunakan adalah zeolit alam berasal dari Bayat, Klaten. Zeolit alam diayak untuk mendapatkan zeolit dengan ukuran 100-140 mesh kemudian diaktivasi asam dengan HF

1%, HCl 1 M selanjutnya dioven pada suhu 120°C selama 4 jam, lalu dikalsinasi selama 4 jam dengan dialiri gas N₂. Zeolit yang sudah dikalsinasi disebut dengan katalis zeolit aktif. Katalis dikarakterisasi menggunakan *Surface Area Analyzer (SAA)* dan *X-Ray Diffraction (XRD)*.

Pirolisis Katalitik

Sebanyak 100 gram serbuk limbah sagu dikeringkan pada temperatur kamar, setelah itu limbah sagu dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis dan ditambahkan katalis zeolit aktif dengan variasi rasio berat katalis terhadap sampel yaitu 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% pada suhu 400°C. Pirolisis dihentikan saat gas hasil pirolisis tidak dihasilkan lagi. *Bio-oil* yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy (GC-MS)*.

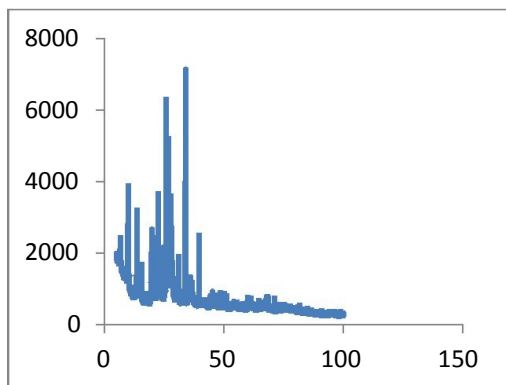
HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivasi Zeolit

Aktivasi zeolit alam bertujuan untuk membersihkan zeolit alam dari campuran pengotor agar pori-pori zeolit alam lebih terbuka dan

meningkatkan aktivitas zeolit. Aktivasi zeolit dilakukan dengan direndam dalam larutan HF 1% untuk melarutkan silika bebas sehingga pori-pori zeolit lebih terbuka selanjutnya direndam dalam larutan HCl 1 M untuk menghilangkan oksida bebas seperti Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Na_2O , MgO , CaO , dan lain-lain.

Karakterisasi Katalis Menggunakan *X-Ray Diffractin (XRD)*



Gambar 1. Difraktogram zeolit aktif
Hasil difraktogram dari zeolit aktif, ditentukan dari nilai 2θ kemudian dicocokkan dengan data yang ada pada *Joint Committee on Powder Diffraction Standar (JCPDS)*, dimana terdapat puncak-puncak tinggi pada 2θ yaitu 9.752; 22.301 dan 27.719 yang menunjukkan jenis mineral yang

terkandung pada zeolit adalah mordenit.

Karakterisasi Katalis Menggunakan *Surface Area Analyzer (SAA)*

Untuk mengetahui karakter luas permukaan, rerata diameter dan total volume pori katalis, dilakukan pengukuran padatan katalis dengan metode adsorpsi gas N_2 .

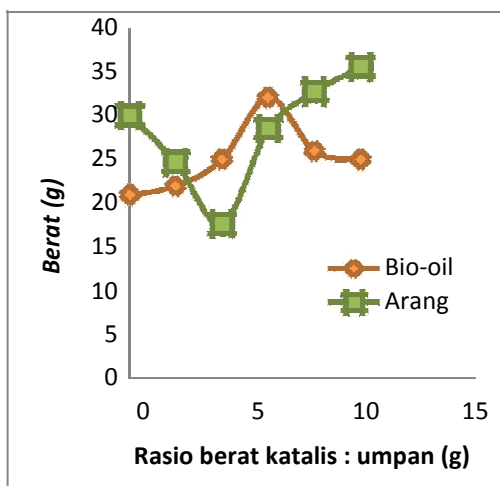
Tabel 1. Hasil pengukuran luas permukaan, rerata diameter dan total volume pori

Parameter yg diukur	Zeolit aktif
Luas permukaan (m^2/g)	199.115
Rerata diameter pori (Å)	20,55
Total volume (cc/g)	66,1445

Pirolisis Katalitik

Tujuan pirolisis pada penelitian ini yaitu untuk mengetahui kandungan senyawa *biooil* hasil pirolisis dengan katalis zeolit aktif. Pirolisis dilakukan dengan menambahkan katalis zeolit aktif dengan variasi berat katalis.. Pirolisis katalitik bertujuan untuk memperbanyak *bio-oil* yang dihasilkan. Adanya situs asam katalis

akan meningkatkan perengkahan lignoselulosa menjadi senyawa sederhana, selain itu ukuran pori zeolit dapat mempengaruhi selektivitas senyawa produk. Senyawa hasil perengkahan secara termal dimana memiliki ukuran molekul lebih kecil dari pori zeolit selanjutnya dapat masuk ke dalam pori dan menghasilkan produk sesuai dengan ukuran pori zeolit.



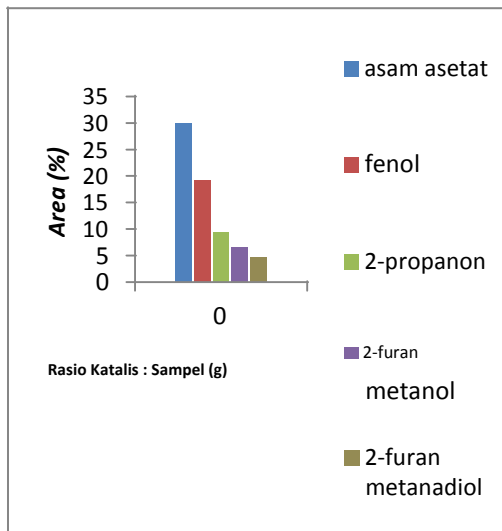
Gambar2. Hasil pirolisis menggunakan katalis zeolit aktif

Secara umum, dari data tersebut, katalis zeolit aktif menghasilkan *bio-oil* yang lebih banyak daripada tanpa katalis. Hal tersebut disebabkan karena katalis

zeolit aktif meningkatkan reaksi perengkahan yang mengakibatkan semakin banyaknya hidrokarbon rantai panjang yang terpecah menjadi hidrokarbon rantai pendek sehingga semakin banyak *bio-oil* yang dihasilkan. Pirolisis untuk menghasilkan *bio-oil* optimum adalah 6% menggunakan katalis zeolit aktif. Semakin meningkatnya rasio katalis terhadap sampel, semakin banyak pula arang yang dihasilkan. Pembentukan arang ini dipengaruhi oleh katalis yang digunakan, di samping faktor kondisi reaksi seperti temperatur. Katalis yang memiliki situs asam memiliki situs aktif untuk perengkahan (*catalytic acid sites*), dimana aktivitas katalitik ditandai dengan pembentukan arang sebagai salah satu produk samping.

Semua sampel *bio-oil* diuji menggunakan alat Kromatografi Gas Spektroskopi Massa (GC-MS) untuk mengetahui senyawa hasil pirolisis serbuk sagu. Sampel yang diuji sebanyak 6 sampel, yaitu : 1 sampel pirolisis tanpa katalis dan 5 sampel pirolisis menggunakan zeolit aktif. Senyawa hasil pirolisis serbuk sagu

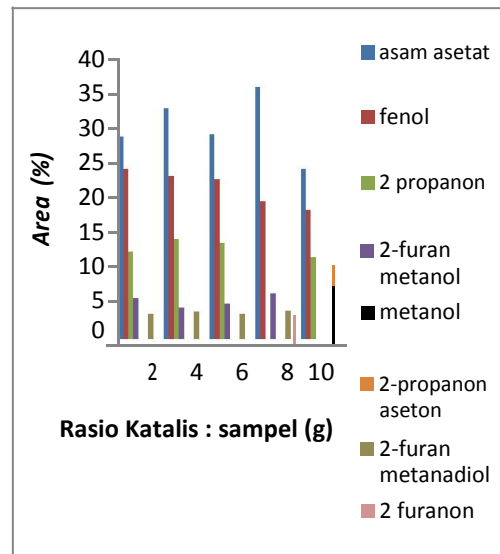
tanpa menggunakan katalis disajikan pada gambar 3 dan menggunakan katalis zeolit aktif pada gambar 4. Gambar tersebut menyajikan 5 senyawa hasil pirolisis dengan area (%) yang paling tinggi.



Gambar 3. Kandungan senyawa hasil pirolisis tanpa katalis

Gambar di atas dapat diketahui bahwa senyawa yang paling banyak dihasilkan pada pirolisis limbah serbuk sagu adalah asam asetat dan fenol.

Secara kuantitas, asam asetat paling banyak dihasilkan pada pirolisis tanpa katalis dengan kelimpahan 29,85%.



Gambar 4. Kandungan senyawa hasil pirolisis dengan katalis zeolit aktif

Secara kualitas, senyawa hasil pirolisis pirolisis menggunakan katalis zeolit aktif dan tanpa katalis menghasilkan beberapa senyawa yang berbeda, hal tersebut dipengaruhi adanya selektivitas katalis untuk menghasilkan senyawa yang berbeda. Secara kuantitas, asam asetat paling banyak dihasilkan pada pirolisis menggunakan katalis zeolit aktif 8% dengan kelimpahan 36,32%. Selektivitas katalis zeolit aktif yaitu pada pembentukan senyawa metanol, 2-propanon aseton, dan 2-furanon.

KESIMPULAN

- a. Katalis zeolit aktif yang diperoleh mengandung mineral mordenit dan memiliki luas permukaan $199.115 \text{ m}^2/\text{g}$, rerata diameter pori $20,55 \text{ \AA}$ serta volume pori $66,1445 \text{ cc/g}$.
- b. *Bio-oil* optimum dihasilkan menggunakan katalis zeolit aktif pada rasio 6% yaitu sebanyak 32.06 gram.
- c. Selektivitas katalis zeolit aktif yaitu pada pembentukan senyawa metanol, 2-propanon aseton, dan 2-furanon

DAFTAR PUSTAKA

- (1) Anggoro, D.D., Istadi, 2008, Teknologi Katalis, hlm 25-30, Semarang
- (2) Bahng, M.K., Mukarakate, C., Robichaud, D.J., dan Nimlos, M.R., 2009, Current Technologies for Analysis of Biomass Thermochemical Processing: A Review, *Analytica Chimica Acta*, 651, 117–138
- (3) Balat, M., Balat, M., Kirtay, E., dan Balat, H., 2009, Main Routes For The Thermo-Conversion Of Biomass Into Fuels And Chemicals Part 1: Pyrolysis Systems, *Energy Conversion and Management* 50, 3147–3157
- (4) Cheung, K.Y., Lee, K.L., Lam, K.L., Chan, T.Y., Lee, C.W., dan Hui, C.W., 2011, Operation Strategy for Multi-Stage Pyrolysis, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 91, 165–182
- (5) Danarto, Y.C., Utomo, P.B., dan Sasmita, F., 2010, Pirolisis Limbah Serbuk Kayu dengan Katalisator Zeolit, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia, Yogyakarta*
- (6) French, R., dan Czernik, S., 2010, Catalytic Pyrolysis of Biomass for Biofuels Production, *Fuel Processing Technology* 91, 25–32
- (7) Susanto, A.N., 2006, Potensi dan Perhitungan Luas Lahan Sagu untuk Perencanaan Ketahanan Pangan Spesifik Lokasi di Provinsi Maluku, *Prosiding Lokakarya Sagu dalam Revitalisasi Pertanian Maluku, hlm 173-184.*