

## Pirolisis Tandan Kosong Sawit Menjadi *Bio-Oil* dengan Katalis CoMo/ZSM-5

Sunarno, Yelmida, Syaiful Bahri, Edy Saputra, M. Irfan

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau  
Kampus Binawidya Km 12,5 Panam Pekanbaru  
narnounri@yahoo.com

### Abstrak

Kebutuhan akan sumber energi yang terus meningkat dan cadangan minyak bumi sebagai sumber energi utama yang terus menipis menjadi alasan utama betapa pentingnya mencari sumber energi alternatif pengganti minyak bumi. Biomassa khususnya tandan kosong sawit yang melimpah terdapat di Indonesia dapat diproses menjadi bio-oil melalui proses pirolisis. Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh rasio katalis CoMo/ZSM-5 dengan tandan kosong sawit (0, 1, 2, 3, 4%) dan suhu (290, 300, 310, 320 °C) terhadap yield bio-oil yang dihasilkan serta karakterisasi bio-oil pada proses yang optimal. Tahap penelitian meliputi sintesis katalis CoMo-ZSM5, pirolisis tandan kosong sawit dan analisa hasil. Sintesis ZSM-5 dijalankan pada reaktor autoclave pada suhu 175°C, Si/Al 30 dan waktu sintesis 18 jam. Pirolisis tandan kosong sawit dengan menggunakan reaktor slurry yang dilengkapi dengan kondensor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa makin tinggi suhu maka yield bio-oil makin besar. Pada penelitian ini diperoleh yield terbesar yaitu 71,6% yang terjadi pada suhu 320°C dan konsentrasi katalis 3%. bio-oil yang dihasilkan pada proses ini mempunyai titik nyala 48°C, densitas 1,079 gr/ml, viskositas 13,13 Cp dan nilai kalor 27,8MJ/Kg.

**Kata kunci :** *Bio-oil*; Katalis CoMo/ZSM-5; Pirolisis; Tandan Kosong Sawit

### 1 Pendahuluan

Jumlah konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM) di Indonesia terus meningkat secara signifikan sedangkan cadangan minyak bumi Indonesia terus berkurang. Sejak tahun 2003 konsumsi BBM di Indonesia lebih besar dari pada produksi sehingga Indonesia mengalami *defisit* BBM. Produksi BBM Indonesia pada tahun 2009 sebesar 1,021 juta barel perhari, sedangkan konsumsi BBM mencapai 1,344 juta barel perhari [BP *Statistical Review of World Energy*, 2010]. Untuk mengatasi permasalahan ketergantungan Indonesia pada bahan bakar fosil sudah saatnya melakukan pengembangan sumber bahan bakar alternatif terbarukan.

Seiring kebutuhan energi yang terus meningkat maka limbah-limbah biomassa berpotensi digunakan sebagai bahan bakar alternatif. Salah satu biomasa adalah tandan kosong sawit (TKS) yang memiliki kandungan selulosa sekitar 54-60%. Biomasa ini dapat dipirolisis menjadi *bio-oil*. Dari proses pirolisis konvensional yang selama ini digunakan, memiliki beberapa kelemahan yaitu dari konsumsi energi yang tinggi dan yield produk yang relatif rendah. Pada penelitian yang akan dikembangkan ini akan mencoba alternatif baru yaitu pirolisis dengan menggunakan katalis CoMo/ZSM-5 didalam reaktor slurry, dimana dengan proses tersebut diharapkan akan memiliki keunggulan dari segi konsumsi energi dan *yield* produk yang relatif tinggi. Tujuan penelitian adalah mensintesis *bio-oil* dari tandan kosong sawit (TKS) pada reaktor

slurry dengan variabel perbandingan berat katalis CoMoZSM-5/TKS (0, 1, 2, 3, 4%) dan suhu (290, 300, 310, 320 °C). Produk dari *bio-oil* yang dihasilkan dari proses pirolisis katalitik yang optimal dilakukan karakterisasi.

### 2 Tinjauan Pustaka

Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintetik, baik berupa produk maupun buangan yang dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar atau untuk produksi industri. Sumber energi biomassa mempunyai beberapa kelebihan antara lain merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui (*renewable*) sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan (*sustainable*).

Salah satu biomasa adalah tandan kelapa sawit (TKS). Kandungan utama TKS adalah selulosa, hemiselulosa dan lignin. Kandungan selulosa dalam TKS mencapai 54-60% sedangkan kandungan lignin mencapai 22 - 27% [Hambali, dkk. 2007]. TKS ini dapat dikonversikan menjadi *bio-oil* melalui pirolisis.

*Pyrolysis* berasal dari kata *Pyro* (Fire/Api) dan *Lyo* (Loosening/Pelepasan) untuk dekomposisi termal dari suatu bahan organik. Jadi *pyrolysis* adalah proses konversi dari suatu bahan organik pada suhu tinggi dan terurai menjadi ikatan molekul yang lebih kecil atau pendegradasian panas pada biomassa tanpa oksigen. Proses *pyrolysis* dikategorikan menjadi 4 tipe yaitu *Slow Pyrolysis* (Pirolisis Lambat), *Fast Pyrolysis*

(Pirolisis Cepat), *Flash Pyrolysis* dan pirolisis katalitik biomasa.

### 3 Metodologi Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, yaitu :

a. Persiapan bahan baku

Persiapan bahan baku meliputi produksi silika terpresipitasi, ZSM-5 dan CoMo/ZSM-5. Produksi silika terpresipitasi dibuat dengan mencampur abu sawit dengan larutan NaOH dan dipanaskan pada suhu 105C, diaduk dengan kecepatan 500 rpm selama 4 jam. Kemudian setelah kondisi dingin dilakukan penyaringan untuk memisahkan filtrat dan cake. Filtrat ditambahkan HCl pekat dengan cara dititrasi sampai larutan membentuk gel semua. Gel yang terbentuk dipisahkan dan dikeringkan dalam oven. Silika terpresipitasi ini dianalisa kadar silikanya yaitu 84,7%.

Produksi ZSM-5 dilakukan dengan melarutkan natrium aluminat dengan aquadest (suspensi 1). Silika terpresipitasi dicampur dengan aquadest (suspensi 2). Suspensi 1 dicampur dengan suspensi 2 (suspensi 3) dengan nisbah Si/Al 30. Suspensi 3 ditambahkan NaOH sehingga diperoleh nisbah  $Na_2O/Al_2O_3$  7,4, diaduk selama 30 menit dan dimasukkan dalam autoclaf pada suhu 175<sup>0</sup>C dan waktu 18 jam. Padatan yang terbentuk dicuci dengan aquadest dan dioven pada 110<sup>0</sup>C selama 6 jam.

Produksi CoMo/ZSM-5 dilakukan dengan mengimpregnasikan logam kobal dan molebdenum pada ZSM-5 pada suhu 90<sup>0</sup>C selama 12 jam. Kemudian padatan tersebut dikalsinasi pada suhu 500<sup>0</sup>C selama 4 jam, oksidasi pada suhu 400<sup>0</sup>C selama 2jam dan direduksi pada suhu 400<sup>0</sup>C selama 2jam. CoMo/ZSM-5 yang terbentuk digunakan sebagai katalis pada sintesis *bio-oil*.

b. Sintesis *bio-oil*

Sintesis *bio-oil* dilakukan dengan cara memasukkan tandan kosong sawit sebanyak 50 gram, silinap(thermo oil) sebanyak 0,5 liter dan katalis CoMo/ZSM-5 dengan prosentase tertentu ke dalam reaktor katalitik slurry cracking. Kemudian kedalam reaktor dialir gas nitrogen dan diaduk dengan kecepatan 300 rpm serta dipanaskan pada suhu operasi. Produk gas yang terkondensasi ditampung dan ditimbang tiap 10 menit sampai produk tidak menetes lagi.

c. Analisa produk

Produk *bio-oil* yang terbentuk pada kondisi proses optimum dilakukan karakterisasi seperti densitas, viscositas,titik nyala dan nilai kalor. Disamping itu dikarakterisasi juga produk hasil pirolisis tanpa katalis sebagai pembanding dengan pirolisis katalitik.

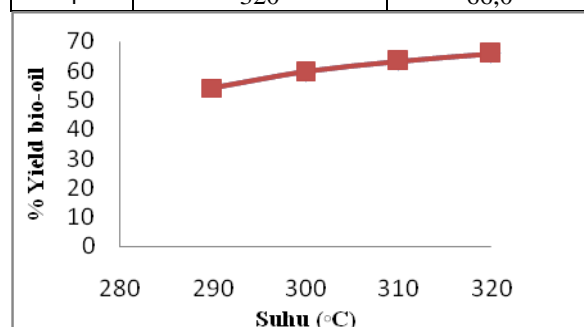
## 4 Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Pengaruh suhu pirolisis terhadap yield *bio-oil*

Pengaruh suhu terhadap yield *bio-oil* dilakukan pada suhu 290-320<sup>0</sup>C dengan katalis CoMo/ZSM-5 yang ditambahkan 2% dan waktu 200 menit.

Tabel 1. Pengaruh suhu pirolisis terhadap yield *bio-oil*

No.	Suhu ( ° C)	Yield ( %)
1	290	54,2
2	300	59,6
3	310	63,4
4	320	66,0



Gambar 1. Pengaruh suhu pirolisis terhadap yield *bio-oil*

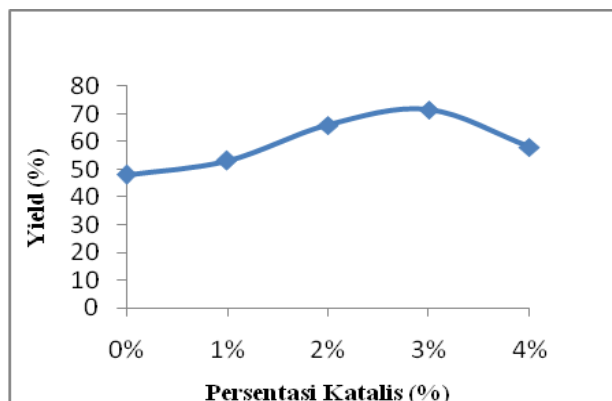
Dari Tabel 1 dan Gambar 1 menunjukkan bahwa makin tinggi temperatur, maka yield *bio-oil* yang dihasilkan semakin besar. Hal ini karena semakin tinggi temperatur maka semakin besar selulosa pada tandan kosong sawit yang terdekomposisi membentuk *bio-oil*. Pada penelitian ini yield terbesar terjadi pada temperatur 320<sup>0</sup>C.

### 4.2 Pengaruh Rasio katalis CoMoZSM-5 /Biomass terhadap yield *bio-oil*.

Pengaruh rasio katalis/biomass terhadap yield *bio-oil* dilakukan pada range 0- 4%, dengan suhu pirolisis 320<sup>0</sup>C. Dari Tabel 2 dan Gambar 2 terlihat bahwa pada rasio 0 sampai 3% terjadi peningkatan yield *bio-oil*, namun pada rasio 4% terjadi penurunan. Hal ini karena makin besar konsentrasi katalis maka makin mudah terdekomposisinya selulosa tandan kosong sawit membentuk produk, namun pada rasio 4% kemungkinan terjadi kenaikan produk gas noncondesable, sehingga pada penelitian ini rasio katalis/biomasa yang optimum terjadi pada 3%.

Tabel 2. Pengaruh rasio katalis/biomasa terhadap yield *bio-oil*

No.	Persentase Katalis ( %)	Yield ( %)
1	0	48.02
2	1	53.2
3	2	66
4	3	71.6
5	4	58



Gambar 2. Pengaruh rasio katalis/biomasa terhadap yield *bio-oil*

#### 4.3 Karakterisasi *Bio-oil*

Setelah mendapatkan kondisi proses yang optimum, maka produk *bio-oil* yang dihasilkan dari proses tersebut dikarakterisasi massa jenis, viskositas dan titik nyala seperti tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakterisasi produk *bio-oil*

No	Parameter	Bio_Oil		<i>Bio-oil</i> (Smallwood, 2008)
		Tanpa Katalis	CoMo/ZSM-5	
1	Massa Jenis, gr/ml	1.113	1.079	0.94-1.2
2	Viskositas, cP	17.075	13.13	10-150
3	Titik Nyala, °C	51	48	48.55
4	Nilai kalor, MJ/Kg	5,344	27,8	21,3-40,1

Dari Tabel 3 terlihat ada perbedaan kualitas antara *bio-oil* yang dihasilkan pada pirolisis non katalitik dengan pirolisis katalitik. Jika ditinjau titik nyala bahwa pirolisis dengan katalis ZSM-5, kualitasnya lebih baik dan mendekati standar *bio-oil* (smallwood, 2008). Dengan demikian ada pengaruh katalis ZSM-5 terhadap peningkatan kualitas *bio-oil* yang dihasilkan.

## 5 Kesimpulan

1. Makin tinggi suhu pirolisis maka yield *bio-oil* yang diperoleh semakin besar.
2. Pada Pirolisis katalitik ini diperoleh yield yang terbesar yaitu 71,6% yang terjadi pada suhu 320°C dan konsentrasi katalis 3%.
3. Karakterisasi *bio-oil* yang dihasilkan pada pirolisis katalitik mempunyai titik nyala 48°C, masa jenis 1,079 gr/ml, viskositas 13,13 cP, dan nilai kalor 27,8 MJ/Kg.

## Daftar Pustaka

- Anderson dan Khalid. 2000. *Decomposition Processes and Nutrient Release Patterns of Oil Palm Residu*. Journal of Oil Palm Research.12(1). 46-63.
- Bain dan Richard,.L. 2004. *An Introduction to Biomass Thermochemical Conversion*. DEO/NASLUGC Biomass and Solar Energy Workshop. August 3-4.
- Biomass Technology Group. 2004. *Flash pyrolysis*. <http://www.btgword.com/technologies/pyrolysis.html>. 16 Mei 2005.
- DynaMotive Energy System Corporation. 2005. *Renewable Resources Bio-oil From Fast Pyrolysis*. <http://www.dynamotive.com>. 19 Desember 2005.
- Ensyn Group INC. 2001. *Bio-oil Combustion Due Diligence : The Conversion Of Wood And Another Biomass*. Cole Hill Associates.
- Freel,.B, Graham,.R.G. 2002. *Bio-oil Preservatives*. US Patent No. 6485841B1
- Kartasasmita, G., 1992, "Sumber Energy yang Tersedia Cukup untuk Ratusan Tahun", Buletin Pusat Pengembangan Tenaga Perminyakan Gas Bumi, 8, 4-8.
- Miura,.K, Masuda,.T, Funazukuri,.T, Suguwara,.K, Shirai,.Y, Hayashi,.J, Karim,.M,.I,.A, Ani,.F,.N dan Susanto,.H. 2003. *Efficient Use of Oil Palm as Renewable Resource for Energy & Chemical*. Project Design Document.
- New Hampshire. 2004. *Bio –Oil Oppurtunity Analysis*. Inovative Natural Resource Solution LLC Handbook.
- Oregon Department of Energy,. Biomass Energy Fuel. 2005. *Fast Pyrolysis of Biomass to Produce Synthetic Fuel Oil*. <http://www.cdsanalytical.com/product/pyrowhy.html>. 13 Oktober 2005.
- Panaka,.P. *The Role Of Biomass For The Energy Sustainable Development In Indonesia*. Energy Technology Center (BBTE), Agency for the Assessment and Application of Technology (BPPT). Jakarta, Indonesia.
- Prasad, Y.S. dan N.N.Bakhshi, 1986, "Catalytic Conversion of Canola Oil to Fuel and Chemical Feedstock, Part I. Effect of Process Condition on the Performance of ZSM-5 Catalyst", *The*

- Canadian Journal of Chemical Engineering*”, Vol. 64
- Renewable Oil International, LLC. 2001. *Uses of Bio-oil as a Boiler Fuel*. <http://www.ensyn.com.html>. 13 April 2005.
- Ridwan Muhammad, 1997, Tantangan Iptek Menyongsong Abad ke-21, Pidato Ilmiah pada Dies Natalis UGM ke-51, Yogyakarta.
- Ryohei dan Tanaka. 2001. *Utilisation Of Oil Palm Biomass For Various Types Of Pulp*. Forestry and Forest Products Research Institute. Japan.
- Saputra, E., Sunarno, Utama, P., S., 2004, “Penanggulangan Limbah Padat Industri Sawit: Zero Waste Manajemen”, Prosiding Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri., UGM, Yogyakarta.
- Song, C, Hu, H, Wang, G, dan Chen, G. 2000. *Liquefaction of Biomass with Water in Sub – and Supercritical States*. Scientific Research Fund For Doctoral Award Unit In Chines University.
- Suwono, A., 2004, “Indonesia’s Potential Contribution of Biomass in Sustainable Energy Development”, International Conference 10<sup>th</sup> THE APCCHE Congress, Kitakyushu, Japan.
- Wikipedia. 2005. *Thermal Depolymerization*. <http://www.wikipedia.org> . 25 Juni 2005.