

## PENGARUH PENAMBAHAN KATALIS ZSM-5 PADA PIROLISIS TANDAN KOSONG SAWIT MENJADI BIO-OIL DALAM REAKTOR SLURRY

Sunarno, Edy Saputra, Ida Zahrina

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau  
Kampus Binawidya Km 12,5 Panam Pekanbaru; [narnounri@yahoo.com](mailto:narnounri@yahoo.com)

### Abstrak

Salah satu biomasa adalah tandan kosong sawit(tks) yang memiliki kandungan selulosa sekitar 73,85%. 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 menggunakan media pemanas termo-oil pada reaktor slurry dengan katalis ZSM-5. Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh perbandingan berat katalis ZSM-5/tks(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. Hasil penelitian menunjukkan bahwa makin tinggi suhu maka yield bio-oil makin besar. Pada penelitian ini diperoleh yield terbesar yaitu 70,2% yang terjadi pada suhu 320°C dan konsentrasi katalis 3%, bio-oil yang dihasilkan pada proses ini mempunyai titik nyala 49°C.

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

### Pendahuluan

Pada dasawarsa 70-an dan sebelumnya, minyak dan gas bumi telah memainkan peranan penting dalam penyumbang devisa bagi negara dan menjadi andalan ekspor Indonesia. Keadaan ini tidak dapat lagi dipertahankan pada dasawarsa 90-an. Bahkan pada abad 21 sekarang ini Indonesia diperkirakan akan menjadi net importir bahan bakar fosil [Kartasmita, 1992; Ridwan, 1997]. Sumber energi alternatif sudah saatnya untuk dikembangkan di Indonesia, salah satunya mengolah biomasa sebagai limbah perkebunan dan pertanian menjadi sumber energi *bio-oil* yang dapat terbarukan.

*Bio-oil* dapat diperoleh dengan melakukan pembakaran biomasa tanpa oksigen yang biasa disebut pirolisis. Salah satu biomasa adalah tandan kosong sawit(tks) yang memiliki kandungan selulosa sekitar 54-60%. 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 **Catalytic Slurry Cracking** 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

ZSM-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.

### **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 biomassa 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* (*Pyrolysis* Lambat), *Fast Pyrolysis* (*Pyrolysis* Cepat), *Flash Pyrolysis* dan pirolisis katalitik biomassa.

### **Metodologi Penelitian**

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, yaitu

#### **a. Persiapan bahan baku**

Persiapan bahan baku meliputi produksi silika terpresipitasi dan 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  $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$  7,4, diaduk selama 30 menit dan dimasukkan dalam autoclaf pada suhu  $175^\circ\text{C}$  dan waktu 18 jam. Padatan yang terbentuk dicuci dengan aquadest dan dioven pada  $110^\circ\text{C}$  selama 6 jam. Produk ZSM-5 selanjutnya digunakan untuk pirolisis tks menjadi 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 ZSM 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 dan titik nyala. Disamping itu dikarakterisasi juga produk hasil pirolisis tanpa katalis sebagai pembanding dengan pirolisis katalitik.

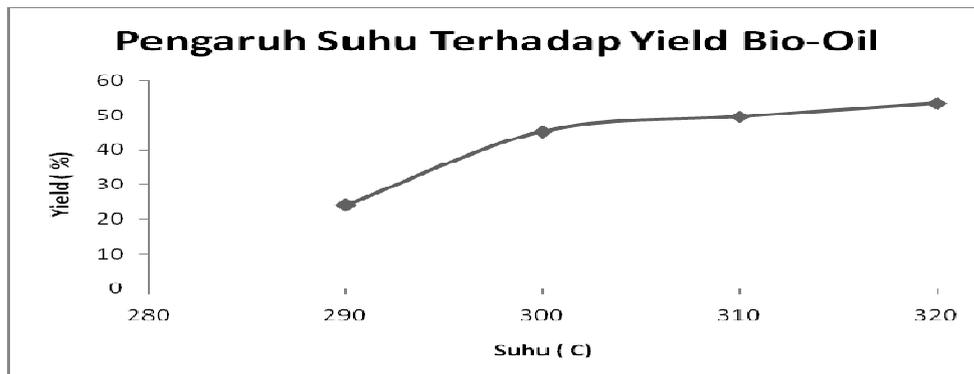
## **Hasil Penelitian dan Pembahasan**

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

Pengaruh suhu terhadap yield bio-oil dilakukan pada suhu  $290-320^\circ\text{C}$  dengan katalis yang ditambahkan 2% dan waktu 200 menit.

**Tabel 5.1** Pengaruh suhu pirolisis terhadap yield bio-oil

No.	Suhu ( $^\circ\text{C}$ )	Yield (%)
1	290	24.038
2	300	45.3
3	310	49.6
4	320	53.4



**Gambar 5.1** Pengaruh suhu pirolisis terhadap yield bio-oil

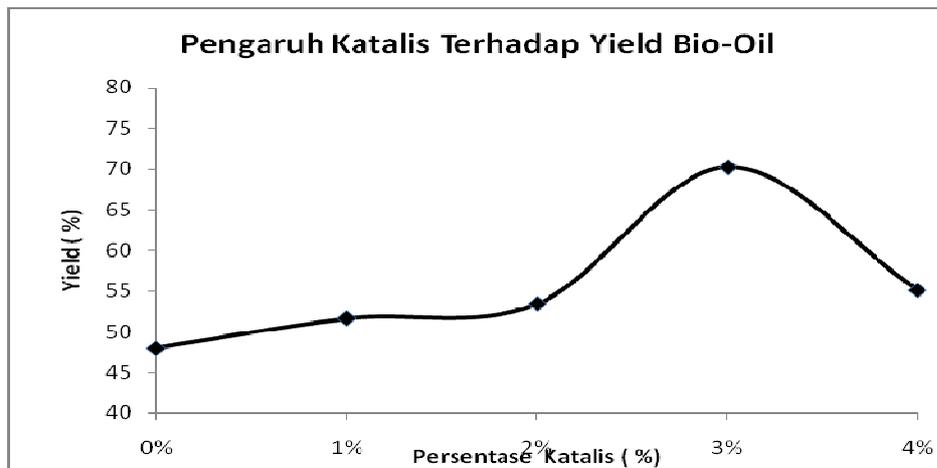
Dari tabel 5.1 dan gambar 5.1 menunjukkan bahwa makin tinggi temperatur, maka yield bio-oil yang dihasilkan semakin besar. Hal ini karena semakin tinggi temperatur maka semakin besar selulosa pada tandan kosong sawit yang terdekomposisi membentuk bio-oil. Pada penelitian ini yield terbesar terjadi pada temperatur 320<sup>0</sup>C.

**Pengaruh Rasio katalis ZSM-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 5.2 dan gambar 5.2 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 5.2 Pengaruh rasio katalis/biomasa terhadap yield bio-oil

No.	Persentase Katalis ( %)	Yield ( %)
1	0	48.02
2	1	51.64
3	2	53.4
4	3	70.2
5	4	55.12



Gambar 5.2 Pengaruh rasio katalis/biomasa terhadap yield bio-oil

### 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 5.3.

Tabel 5.4 Karakterisasi produk bio-oil

No.	Parameter	Bio_Oil		Standar Bio-Oil(Smallwood.2008)
		Tanpa Katalis	ZSM-5	
1	Massa Jenis, gr/ml	1.113	1.182	0.94-1.2
2	Viskositas,cP	17.075	14.78	10-150
4	Titik Nyala, °C	51	49	48.55

Dari tabel 5.3 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 bi-oil. Dengan demikian ada pengaruh katalis ZSM-5 terhadap peningkatan kualitas bio-oil yang dihasilkan.

## Kesimpulan

1. Makin tinggi suhu pirolisis maka yield bio-oil yang diperoleh semakin besar.
2. Pada Pirolisis katalitik ini diperoleh yield yang terbesar yaitu 70,2% yang terjadi pada suhu 320<sup>o</sup>C dan konsentrasi katalis 3%, dengan titik nyala bio-oil yang dihasilkan adalah 49<sup>o</sup>C.

## Daftar Pustaka

- [1]. Anderson dan Khalid. 2000. *Decomposition Processes and Nutrient Release Patterns of Oil Palm Residu*. Journal of Oil Palm Research.12(1). 46-63.
- [2]. Bain dan Richard,.L. 2004. *An Introduction to Biomass Thermochemical Conversion*. DEO/NASLUGC Biomass and Solar Energy Workshop. August 3-4.
- [3]. Biomass Technology Group. 2004. *Flash pyrolysis*. [http:// www.btgword.com/technologies/ pyrolysis.html](http://www.btgword.com/technologies/pyrolysis.html). 16 Mei 2005.
- [4]. DynaMotive Energy System Corporation. 2005. *Renewable Resources Bio-Oil From Fast Pyrolysis*. [http:// www.dynamotive.com](http://www.dynamotive.com). 19 Desember 2005.
- [5]. Ensyn Group INC. 2001. *Bio-Oil Combustion Due Diligence : The Conversion Of Wood And Another Biomass*. Cole Hill Associates.
- [6]. Freel,.B, Graham,.R.G. 2002. *Bio-oil Preservatives*. US Patent No. 6485841B1
- [7]. Kartasmita, G., 1992, "Sumber Energy yang Tersedia Cukup untuk Ratusan Tahun", Buletin Pusat Pengembangan Tenaga Perminyakan Gas Bumi, 8, 4-8.
- [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
- [9]. New Hampshire. 2004. *Bio –Oil Oppurtunity Analysis*. Inovative Natural Resource Solution LLC Handbook.
- [10]. Oregon Department of Energy., Biomass Energy Fuel. 2005. *Fast Pyrolysis of Biomass to Produce Synthetic Fuel Oil*. [http:// www.cdsanalytical.com/product/pyrowhy.html](http://www.cdsanalytical.com/product/pyrowhy.html). 13 Oktober 2005
- [11]. 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
- [12] 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
- [13]. Renewable Oil International, LLC. 2001. *Uses of Bio-Oil as a Boiler Fuel*. <http://www.ensyn.com.html>. 13 April 2005



- [14]. Ridwan Muhammad, 1997, Tantangan Iptek Menyongsong Abad ke-21, Pidato Ilmiah pada Dies Natalis UGM ke-51, Yogyakarta.
- [15]. Ryohei dan Tanaka. 2001. *Utilisation Of Oil Palm Biomass For Various Types Of Pulp*. Forestry and Forest Products Research Institute. Japan
- [16] 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
- [17]. 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
- [18]. Suwono,.A., 2004, “Indonesia’s Potential Contribution of Biomass in Sustainable Energy Develompment”, Internationanal Confrence 10<sup>th</sup> THE APCChE Congress, Kitakyushu, japan.
- [19]. Wikipedia.2005. *Thermal Depolymerization*. [http://www.wikipedia.org/wiki/thermal depolymerization.html](http://www.wikipedia.org/wiki/thermal_depolymerization.html). 25 Juni 2005