

## PENGARUH SUHU PADA PROSES CATALYTIC CRACKING UNTUK UP-GRADING BIO-OIL DARI HASIL PIROLISIS TANDAN KOSONG SAWIT (TKS) DENGAN KATALISATOR LEMPUNG GAMBUT

Doni Rahmat Wicakso\*, Riani Ayu Lestari, Rahman Maulana, Dimas Andriya

Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

Jl. A. Yani KM. 36 Banjarbaru Kalimantan Selatan

\*Corresponding author: doni.rahmat.w@ulm.ac.id

**Abstrak.** Lempung gambut memiliki kandungan silika dan alumina yang berpotensi sebagai katalis dalam proses *up-grading* bio-oil. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh penggunaan lempung gambut sebagai katalis pada proses *up-grading* bio-oil dari hasil pirolisis tandan kosong sawit (TKS) dalam reaktor *fixed bed*. Variabel yang dipelajari adalah suhu reaktor 500 – 600 °C. Percobaan diawali dengan menguapkan bio-oil pada suhu 450 °C, kemudian dilewatkan pada reaktor *fixed bed* yang berisi katalis. Gas yang keluar dari reaktor didinginkan, kemudian cairan dan gas yang tidak terkondensasi masing-masing diukur volumenya. Sedangkan katalis yang sudah digunakan ditimbang beratnya untuk mengetahui jumlah karbon yang terdeposit dalam pori-pori. Hasil menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu proses, *upgraded* bio-oil semakin menurun dalam jumlah, viskositas, dan densitasnya.

**Kata kunci:** lempung gambut, *upgraded* bio-oil, pirolisis

### 1. PENDAHULUAN

Saat ini, sumber utama bahan bakar masih mengandalkan fosil baik itu minyak bumi maupun batubara. Namun pemakaian bahan bakar yang terus meningkat menyebabkan harga bahan bakar fosil semakin meningkat dan cadangan bahan bakar fosil mulai menipis. Salah satu sumber energi alternatif yang menjanjikan adalah biomassa berupa limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS).

TKKS merupakan hasil samping dari industri minyak sawit dan terdapat dalam jumlah banyak. Sampai saat ini belum dimanfaatkan dengan baik, biasanya dipakai sebagai kompos untuk pemuliaan tanah perkebunan sawit. TKKS tersusun dari beberapa zat penting yang dapat dimanfaatkan dan diolah menjadi bahan lain yang lebih bernilai ekonomi. Komponen penyusunnya antara lain selulosa, lignin, holoselulosa, hemiselulosa, air dan zat ekstraktif lain. Komposisi zat penyusun TKKS dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik dari tandan kosong kelapa sawit (Dewanti, 2018)

Karakteristik	Nilai
Komposisi (%)	
Kadar air	8,56
Lignin	25,83
Holoselulosa	56,49
Selulosa	33,25
Hemiselulosa	23,24
Zat ekstraktif	4,19

Salah satu proses termokimia untuk memanfaatkan TKKS menjadi bahan bakar adalah proses pirolisis. Pirolisis mempunyai beberapa keuntungan dibandingkan dengan proses-proses yang lain, yaitu: konfigurasi reaktor yang sederhana, waktu reaksi lebih cepat, produk cair lebih banyak (sedikit energi untuk pemisahan produk) dan adaptif untuk berbagai jenis biomassa (Kudo *et al.*, 2012). Proses pirolisis menghasilkan gas, char, dan bio-oil (Brown, 2011). *Char* adalah produk utama yang digunakan sebagai agen reduksi, sementara bio-oil dan gas adalah produk samping yang mengandung karbon dan energi yang cukup besar (Cahyono *et al.*, 2014). Bio-oil yang dihasilkan dari pirolisis belum dapat langsung digunakan untuk bahan bakar, banyak terkandung senyawa-senyawa berat (tar), viskositas dan densitasnya masih tinggi, sehingga menimbulkan kerak yang dapat menutupi dan mengotori saluran pembakaran, filter, mesin, dan turbin.



Upgrading bio-oil dari TKKS dengan kalisator lempung gambut perlu dilakukan. Komposisi kimia tanah lempung gambut yang diaktivasi secara kimia dan fisika mengandung Alumina ( $Al_2O_3$ ) sebanyak 20% serta mengandung kadar silika yang cukup tinggi sekitar 65% (Putra *et al.*, 2017). Saat ini lempung biasanya digunakan untuk bahan baku pembuat genteng, pot bunga dan keperluan rumah tangga lainnya seperti tungku dan keramik, padahal sebenarnya lempung gambut dapat kita optimalkan kegunaannya. Kandungan alumina silika yang tinggi pada lempung gambut dapat dibuat suatu katalis untuk proses bio-oil. Penelitian ini bertujuan untuk melakan upgrading bio-oil dengan menggunakan lempung gambut dengan variasi suhu.

## 2. METODE

### 2.1. Persiapan Bahan Baku TKS

Tandan kosong sawit terlebih dahulu dicuci, dijemur, kemudian dirajang dan dipotong-potong dengan ukuran 5 mm-10 mm. Selanjutnya dikeringkan dalam oven untuk menghilangkan kadar airnya sampai beratnya konstan. TKS dianalisis kandungan karbonnya dengan analisis *proximate* dan *ultimate*.

### 2.2. Pembuatan Bio-oil dari TKS

Bio-oil dihasilkan dari proses pirolisis TKS dalam furnace pada suhu 500 °C (sudah dilakukan optimasi dari penelitian sebelumnya). TKS diletakan dalam reaktor (furnace) kemudian dipanaskan sampai suhu 500 °C dan dijaga konstan. Setelah itu, gas yang keluar dari reaktor akan dikondensasi untuk pemisahan bio-oil dan gas. Bio-oil yang dihasilkan akan digunakan sebagai bahan baku dalam proses *catalytic cracking*.

### 2.3. Aktivasi dan Karakteristik Katalis

Lempung gambut yang berasal dari wilayah Kalimantan Selatan dicetak dengan diameter 2 mm. Untuk menghilangkan kadar air maka dilakukan pemanasan pada suhu 105 °C selama 2 jam di dalam oven, kemudian dilakukan kalsinasi dengan mengalirkan gas  $N_2$ . Suhu kalsinasi divariasikan dari 500 – 600 °C. Katalis kemudian didinginkan dalam desikator. Untuk mengetahui karakteristik katalis sebelum digunakan dilakukan analisis BET untuk menentukan ukuran pori dan luas permukaan katalis, analisis AAS untuk menentukan perbandingan antara Si/Al, analisis XRD untuk mengetahui struktur kristal katalis dan analisis SEM untuk mengetahui struktur morfologi katalis.

### 2.4. Proses *Catalytic Cracking* Bio-Oil dengan Katalis Lempung Gambut

Bio-oil hasil pirolisis TKS diuapkan dan kemudian dialirkan ke dalam reaktor yang sudah berisi lempung gambut bersama gas inert  $N_2$  dengan kecepatan tertentu. Suhu reaktor akan divariasikan antara 500 – 600 °C. Produk yang keluar dari reaktor akan melewati pendingin, sehingga ada yang terkondensasi berupa cairan dan ada yang tidak terkondensasi berupa gas. Masing-masing produk diukur volume atau beratnya. Untuk produk padat yang berupa *char/coke* yang menempel dikatalis dihitung dari selisih berat katalis setelah proses dekomposisi dikurangi berat katalis mula-mula.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Karakteristik Bio-Oil

Sifat fisik-kimia atau karakteristik dari proses *up-grading* bio-oil dapat diketahui dengan melakukan analisis yang meliputi analisis sifat fisik (viskositas, densitas) dan analisis GC-MS. Analisis tersebut dilakukan pada produk *bio-oil* (fase organik) yang dihasilkan.

### 3.1.1 Analisis Sifat Fisik

Analisis sifat fisik dilakukan untuk mengetahui nilai viskositas serta densitas pada produk *bio-oil*. Hasil analisis sifat-sifat fisik dari produk *bio-oil* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisis Sifat-Sifat Fisik dari Produk *Bio-Oil*

Variasi	Densitas (g/cm <sup>3</sup> ) (15°C)	Viskositas (cP) (40°C)
Bahan Baku	1,007	18,357
Suhu 500°C	0,9734	6,3715
Suhu 600°C	0,9385	5,5941

Dari Tabel 2 terlihat bahwa nilai densitas dan viskositas sangat dipengaruhi oleh suhu, semakin tinggi suhu nilai densitas dan viskositasnya menurun. Hal disebabkan karena kenaikan suhu berakibat pada terjadinya proses deoksigenasi dan perengkahan menjadi senyawa hidrokarbon dan rantai karbon yang lebih pendek.

### 3.1.2. Analisis GC-MS

Analisis GC-MS dilakukan untuk mengetahui komponen kimia atau komposisi senyawa dari produk *bio-oil*. Dari hasil analisis GC-MS yang telah dilakukan, diambil 10 *peak* dengan % area yang paling besar. Data hasil analisis GC-MS pada bahan baku dan hasil proses dapat dilihat pada Tabel 3.

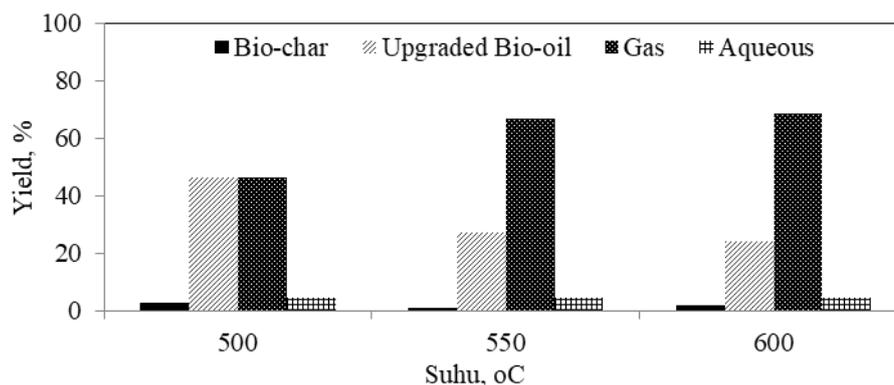
Tabel 3. Komposisi Bio-Oil Bahan Baku

No.	Senyawa	Rumus	BM	Persen
1	Asam			40,07
	Asam Asetat	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	74	0,34
	Asam Asetat/ Ethylic Acid	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	60	4,34
	Decanoic Acid	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	172	0,33
	Dodecanoic Acid, Methyl Ester	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	214	4,41
	Dodecanoic Acid	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	200	23
	2-propenyl nonanoate	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	198	0,46
	Tetradecanoic Acid, methyl ester	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	242	1,74
	Tetradecanoic Acid	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	228	3,06
	Hexadecanoic Acid, methyl ester	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	270	1,52
	Hexadecanoic Acid	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	256	0,37
	10-Octadecanoic Acid, methyl ester	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	296	0,5
2	Hidrokarbon			1,22
	Hexadecane	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	226	0,31
	5-Eicosene	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub>	282	0,22
	Eicosane	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	280	0,18
	Undecanenitrile	C <sub>11</sub> H <sub>21</sub> N	167	0,51
3	Keton			2,83
	Propanon/ Aceton	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	58	2,83
4	Oxigenated			7
	Benzen, 1,4-dimethoxy	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	138	4,42

	Fenol, 2,6-dimethoxy-	$C_8H_{10}O_2$	144	0,83
	2,4-Hexadienedionic Acid	$C_{12}H_{18}O_4$	226	0,93
	1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-ethylhexyl) ester	$C_{24}H_{38}O_4$	390	0,82
5	Tar			48,84
	Fenol dan turunannya			
	Fenol	$C_6H_6O$	94	33,64
	Fenol, 2-methoxy-	$C_6H_7O_2$	124	4,12
	Fenol, 2,3-dimethyl-	$C_8H_{10}O_2$	138	0,84
	Fenol, 4-ethyl-2-methoxy-	$C_9H_{12}O_2$	152	2,95
	Fenol, 2,6-dimethoxy-	$C_8H_{10}O_3$	154	4,37
	Lainnya			
	Pyridine, 3-methyl-, 1-oxide	$C_6H_7NO$	109	2,92

### 3.2. Pengaruh Suhu Terhadap Yield Produk

Suhu merupakan variabel yang sangat penting dalam proses *catalytic cracking* (Cahyono *et al.*, 2013). Pada penelitian ini, pengaruh suhu terhadap *yield* produk dipelajari pada kisaran 500 – 600 °C seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. *Yield* produk yang dianalisis adalah *coke*, gas (*syngas*), *bio-oil* dan *aqueous*.



Gambar 1. Pengaruh suhu pada proses upgrading bio-oil

Pada Gambar 1 terlihat bahwa semakin tinggi suhu maka *yield* bio-oil akan semakin menurun dan *yield* gas (*syngas*) dan *coke* akan meningkat, sedangkan *aqueous* fluktuatif dengan jumlah yang sangat kecil. Peningkatan *yield* gas dan penurunan *yield* bio-oil, mengindikasikan bahwa kecepatan reaksi dekomposisi tar meningkat dengan meningkatnya suhu (Fogler, 2006). Dengan meningkatnya suhu, tar yang didominasi oleh fenol, senyawa asam dan senyawa oksigenat akan terkonversi menjadi senyawa-senyawa hidrokarbon yang lebih ringan, metana, hidrogen,  $CO_2$  dan  $CO$ . Hal ini terjadi karena pada suhu yang tinggi terjadi ketidakstabilan gugus asam sehingga gugus fungsi oksigenat terdekomposisi membentuk  $CO$  dan  $CO_2$  (Morf *et al.*, 2002).

## 4. SIMPULAN

Dari penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa lempung gambut mempunyai potensi untuk menjadi katalis dalam proses upgrading bio-oil dengan luas area 150  $m^2$ /gram. Semakin tinggi suhu proses, *upgraded* bio-oil semakin menurun dalam jumlah, viskositas dan densitasnya.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan dengan Rektor Universitas Lambung Mangkurat yang telah membiayai penelitian ini melalui hibah dosen wajib meneliti.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Brown, R. C. (2011). *Thermochemical Processing of Biomass*. Wiley Series in Renewable Resources, United Kingdom, 124–127.
- Cahyono, B.B., Rozhan, A.N., Yasuda, N., Nomura, T., Hosokai, S., Kashiwaya Y., & Akiyama, T. (2013). Catalytic coal-tar decomposition to enhance reactivity of low-grade iron ore. *Fuel Process Technol.* 113: 84 – 89.
- Cahyono, R.B., Yasuda, N., Nomura, T., Nomura, T., & Akiyama, T. (2014). Optimum temperature for carbon deposition during integrated coal pyrolysis-tar deposition over low-grade iron ore for ironmaking applications. *Fuel Process Technol.* 119: 272 – 277.
- Dewanti, D. P. (2018). Potensi Selulosa dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Bahan Baku Bioplastik Ramah Lingkungan. *Teknologi Lingkungan*, 19.
- Fogler, H.S. (2006). *Element of Chemical Reaction Engineering*. 3rd Edition, Prentice-Hall International, Inc.
- Kudo, S., Norinaga, K., & Hayashi, J. (2012). Application of Catalysis in the Selective Conversion of Lignocellulosic Biomass by Pyrolysis. *Journal of Novel Carbon Resource Sciences*, 6. 1-8.
- Morf, P., Hasler, P., & Nussbaumer, T. (2002). Mechanisms and kinetics of homogeneous secondary reactions of tar from continuous pyrolysis of wood chips. *Fuel*. 81: 843 – 853.
- Putra, M. D., Wijayanti, H. & Jelita, R. (2017b). Produksi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis Cao/Zeolit Bersumber Pada Limbah Cangkang Telur Dan Tanah Lempung Gambut. Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru.