

# Pirolisis Limbah Pelepah Kelapa Sawit Menjadi *Bio-oil* Menggunakan Katalis Lempung Cengar

Tika Amelisa, Syaiful Bahri dan Yusnimar

Chemical Reaction Engineering Laboratory, Chemical Engineering Study Program  
Faculty of Engineering The University of Riau  
Kampus Binawidya UR Km 12,5 Panam, Pekanbaru Telp. 0761-566937  
E-mail: [Tikaamelisa\\_92@yahoo.co.id](mailto:Tikaamelisa_92@yahoo.co.id)

## ABSTRAK

The world demand of fossil fuel have trend increasing by time. On the other hand, the availability of conventional petroleum fuels diminishing due to its non-renewable. Therefore, it is necessary to develop a new alternative fuel that can be renewed, one of the solution is the processing of biomass into bio-oil. Bio-oil is a result of the pyrolysis of biomass. Availability of abundant palm midrib waste is converted into bio-oil by pyrolysis method using clay catalysts of Cengar. The purpose of this study was to determine the performance of the catalyst to produce bio-oil, characterize the density, viscosity, acid number, and flash point of bio-oil that produced, as well as analyze the chemical components of bio-oil by GC-MS method. Pyrolysis of palm midrib with clay catalyst from Cengar in the slurry reactor has been done by feeding 50 grams of palm midrib with the size -40 +60 mesh, silinap 500 ml, variation in levels of catalyst 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, and 5% w/w of the feedstock, whilst stirring speed is set to 300 rpm, temperature of 320°C, and the process was run for 120 minutes. The results showed that the optimum yield obtained on 1% clay catalyst, amounting to 72%. The test results obtained by the physical properties of density 1,011 g/ml, 10,26 cSt viscosity, acid number of 14,25 gr NaOH/gr sample. The result of chemical analysis by GC-MS, obtained the dominant chemical components in bio-oil were Acetic acid and Phenol.

Keywords: Bio-oil, pyrolysis, palm midrib, clay, alternative fuels

## 1. PENDAHULUAN

Minyak bumi merupakan sumber energi yang persediaannya terbatas dan tidak dapat diperbaharui. Minyak bumi merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam kehidupan, hampir semua kegiatan membutuhkan bahan bakar yang bersumber dari minyak bumi, seperti untuk transportasi, rumah tangga atau industri.

Kebutuhan bahan bakar minyak Indonesia diperkirakan akan mengalami peningkatan hingga tahun 2025 yaitu mencapai 830 juta barel, sementara produksi minyak bumi yang diperkirakan hanya mencapai 130 juta barel pada tahun

2025 [Permana dkk, 2011]. Dengan melihat kondisi penurunan produksi, peningkatan konsumsi, dan cadangan energi minyak bumi yang semakin menipis, prioritas utama yang harus dilakukan untuk menanggulangnya adalah mengurangi konsumsi bahan bakar minyak (BBM) dan usaha untuk mengganti energi fosil dengan energi alternatif. *Bio-oil* adalah salah satu sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui dengan pemanfaatan biomassa [New Hampshire, 2004].

Biomassa yang digunakan untuk memproduksi *bio-oil* dapat diperoleh dari

limbah pertanian, perkebunan, industri minyak sawit, dan limbah rumah tangga, contoh salah satunya adalah pelepah kelapa sawit. Selama ini limbah pelepah kelapa sawit hanya dibiarkan menumpuk atau dibakar pada lahan, padahal limbah pelepah kelapa sawit mengandung serat (selulosa dan hemiselulosa) sebesar 70,80% [New Hampshire, 2004]. Di Indonesia, Propinsi Riau merupakan daerah perkebunan kelapa sawit terluas dibandingkan daerah lainnya. Luas perkebunan kelapa sawit di daerah Riau hingga tahun 2012 mencapai 2,1 juta ha [Riau terkini, 2012]. Berdasarkan dari data departemen pertanian [2011], limbah pelepah kelapa sawit yang dihasilkan adalah 14,7 ton/ha luas areal perkebunan kelapa sawit. Maka diperkirakan jumlah limbah pelepah kelapa sawit di daerah Propinsi Riau pada tahun 2012 adalah sebesar 30,87 juta ton.

Lempung alam sudah banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang, diantaranya sebagai adsorben, resin penukar ion, katalis, komposit, membran dan bahan pembuat keramik. Lempung alam mempunyai cadangan yang besar di Propinsi Riau. Cadangan lempung alam berkisar sejumlah 4.313.700 m<sup>3</sup> yang tersebar di beberapa daerah seperti Desa Tolar, hulu sungai Batang Salo (Desa Cengar), kawasan Hulu lindung bukit Batabuh, Desa Kasang, Desa Teluk Beringin dan Desa Air buluh. Lempung kaolin, khususnya, diperkirakan dalam jumlah 562,500 m<sup>3</sup> yang ditemukan di Desa Air buluh dan Desa Pangkalan [Bahri dan Rahmat, 2010].

Jusniwarlis [2011] telah melakukan penelitian efek kandungan logam NiMo/NZA pada pirolisis limbah pelepah sawit menjadi *bio-oil* dengan variasi rasio kandungan logam NiMo/NZA 0; 1; 3; dan 5% b/b. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa *yield bio-oil* optimum diperoleh pada katalis dengan kadar pengembunan NiMo sebanyak 1 % terhadap NZA yaitu sebesar 56,4 %.

Hutabarat [2012] telah melakukan pirolisis pelepah sawit menjadi *bio-oil* dengan menggunakan katalis Mo/NZA. Kadar logam yang diembankan yaitu 0; 0,5; 1; 1,5% b/b. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa *yield* optimum diperoleh pada katalis dengan kadar pengembunan logam Mo sebanyak 1,5% terhadap NZA yaitu sebesar 54,7%.

Kesuma [2012] telah melakukan pirolisis cangkang sawit menjadi *bio-oil* dengan menggunakan katalis Ni/lempung. Kadar logam yang diembankan yaitu 0; 1; 3; dan 5% b/b. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa *yield bio-oil* optimum diperoleh pada katalis dengan kadar pengembunan logam Ni sebanyak 1 % terhadap lempung yaitu sebesar 68,50%.

Pada penelitian ini dilakukan pirolisis pelepah kelapa sawit menjadi *bio-oil* menggunakan katalis lempung dengan variasi lempung yang digunakan yaitu 0; 1; 2; 3; 4; dan 5% b/b. Lempung digunakan sebagai katalis karena struktur lempung memiliki pori lebih besar dibandingkan zeolit, stabilitas termal tinggi, luas permukaan lebih luas dan aktivitas katalitik yang baik [Darmawan dkk, 2003].

Hasil *bio-oil* yang diperoleh akan dianalisa secara fisika dan kimia. Pengujian secara fisika meliputi densitas, viskositas, angka keasaman dan titik nyala. Analisa komponen kimia pada *bio-oil* untuk menentukan monomer (turunan dari selulosa, hemiselulosa dan lignin) apa saja yang terkandung dalam *bio-oil*. Analisa komponen kimia *bio-oil* dilakukan dengan menggunakan Gas kromatografi-Spektroskopi massa (GC-MS).

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### Bahan dan alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah lempung dari daerah Desa Cengar, Kecamatan Kuantan Mudik, Kabupaten Kuantan Singingi, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1,2 M, BaCl<sub>2</sub>, aquades, gas N<sub>2</sub>, NaOH, KOH, PP, kertas lakmus, pelepah kelapa sawit dari daerah Sei Tibun dan silinap 280M

(*thermo oil*). Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini adalah lumpang porselin, pengayak 40, 60, 100 dan 200 mesh, reaktor alas datar ukuran 1 L, satu set motor pengaduk, oven, *furnace tube*, timbangan analitik, tabung serta regulator gas N<sub>2</sub>, reaktor pirolisis, *condenser*, *magnetic stirrer*, *thermocouple thermometer* (Barnant), piknometer, *viskometer* oswald, gelas piala, pengaduk listrik (*Heidolph*), bom kalorimeter, dan gas kromatografi- spektroskopi massa (GC-MS).

#### **Pembuatan Katalis Lempung**

Ada tiga tahapan pembuatan katalis lempung yang akan dilalui, yaitu:

##### **a) Perlakuan Awal Lempung**

Sintesis lempung mengacu pada prosedur yang telah dilakukan oleh Septriana [2006]. Lempung yang sudah membatu ditumbuk dan diayak dengan ukuran ayakan -100+200 mesh dengan ketentuan ukuran partikel yang diambil merupakan partikel-partikel yang lolos pada pengayak 100 mesh dan tertahan pada pengayak 200 mesh.

##### **b) Aktivasi Lempung dengan Perlakuan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**

Aktivasi lempung dengan cara refluks lempung cengar sebanyak 150 gram dalam larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1,2 M sebanyak 600 ml selama 6 jam pada suhu 50°C sambil diaduk dengan motor pengaduk pada reaktor alas datar volume 1 liter, kemudian sampel tersebut didiamkan selama 16 jam yang selanjutnya disaring dan dicuci menggunakan akuades berulang kali sampai tidak ada ion SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> yang terdeteksi oleh larutan BaCl<sub>2</sub>, *cake* dikeringkan pada suhu 120°C selama 4 jam dalam oven.

##### **c) Kalsinasi**

Sampel katalis dimasukkan ke dalam tube sebanyak 10 gram. Sebelumnya ke dalam *tube* telah diisi dengan *porcelain bed* sebagai *heat carrier* dan penyeimbang

unggun katalis, di antara *porcelain bed* dengan unggun katalis diselipkan *glass woll*. *Tube* ditempatkan dalam *tube furnace* secara vertikal, dikalsinasi pada suhu 500°C selama 7 jam sambil dialirkan gas nitrogen sebesar ±400 ml/menit.

#### **Pembuatan Bio-oil**

Tahap penelitian pembuatan *bio-oil* dari limbah padat sawit berupa pelepah, dengan proses pirolisis menggunakan katalis lempung terdiri dari beberapa tahap sebagai berikut :

##### **a) Tahap Persiapan Biomassa**

Pada tahap ini, biomassa berupa pelepah kelapa sawit yang diambil dari perkebunan kelapa sawit Sei Tibun, dicuci kemudian dijemur sampai kering di bawah terik matahari setelah itu dikeringkan dalam oven untuk menghilangkan kadar airnya sampai beratnya konstan. Biomassa tersebut kemudian dihaluskan dan diayak (*screening*) untuk memperoleh ukuran -40+60 mesh.

##### **b) Tahap Pirolisis**

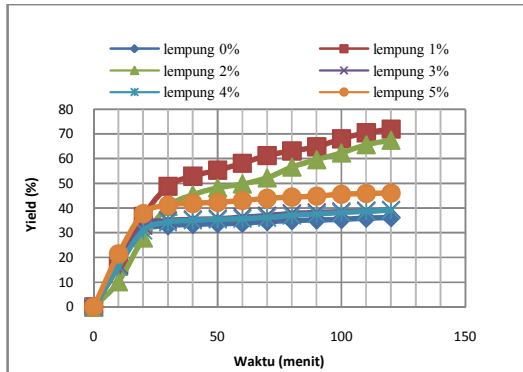
Biomassa yang telah dihaluskan sebanyak 50 gram beserta 500 ml *thermal oil* (silinap) dan katalis lempung, dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis. Pirolisis dilakukan pada suhu 320°C tanpa kehadiran oksigen dengan mengalirkan gas nitrogen 1,35 mL/detik. Diaduk dengan pengaduk listrik (*Heidolph*) pada kecepatan pengadukan 300 rpm selama waktu tertentu hingga tidak ada *bio-oil* yang menetes lagi, dan aliran air dengan menggunakan kondensor. *Bio-oil* yang dihasilkan ditampung dalam gelas piala.

### **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **3.1 Pengaruh Variasi Katalis Lempung Cengar Terhadap Yield Bio-oil**

Penentuan *yield bio-oil* yang dihasilkan pada proses pirolisis dihitung dari pertamakali *bio-oil* menetes hingga tidak ada lagi *bio-oil* yang menetes. Pengukuran massa *bio-oil* yang diperoleh

dilakukan dengan rentang waktu 10 menit dan dari penelitian ini diperlukan waktu penelitian 120 menit. Untuk menentukan pengaruh kadar katalis lempung cengar terhadap *yield bio-oil* yang diperoleh digunakan variasi kadar katalis lempung cengar 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5% b/b. Variasi kadar katalis lempung cengar yang digunakan dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 3.1** Pengaruh variasi katalis lempung cengar terhadap *yield bio-oil*

Gambar 3.1 menunjukkan bahwa penambahan katalis lempung cengar mempengaruhi perolehan *yield bio-oil* yang dihasilkan pada proses pirolisis. Dimana persentase *yield bio-oil* pada penggunaan katalis lempung cengar, 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% secara berturut-turut adalah 36,2%; 72%; 67,44% 39,31%; 39,13% dan 46,03%. *Yield bio-oil* optimum diperoleh pada penambahan katalis lempung cengar 1% terhadap biomassa yaitu 72%.

Secara keseluruhan penambahan katalis lempung cengar mempengaruhi *yield bio-oil*, dimana perolehan *yield bio-oil* dengan menggunakan katalis lebih besar dibandingkan dengan *yield bio-oil* tanpa katalis. Hal ini disebabkan adanya penambahan katalis lempung cengar akan memperbesar kemungkinan terjadinya reaksi dekomposisi selulosa, hemiselulosa dan lignin pada rongga katalis yang menyebabkan *yield bio-oil* semakin besar.

Katalis adalah salah satu faktor penting yang dapat mempercepat laju

reaksi. Katalis lempung cengar memiliki stabilitas yang tinggi terhadap asam dan tahan terhadap suhu tinggi. Dengan penggunaan katalis lempung cengar dapat menurunkan energi aktivasi pada proses pirolisis, sehingga dengan energi aktivasi yang semakin rendah akan menyebabkan nilai konstanta laju reaksi semakin besar. Persamaan Arrhenius menyatakan bahwa energi aktivasi reaksi berbanding terbalik terhadap nilai konstanta laju reaksi, dan nilai konstanta laju reaksi berbanding lurus terhadap kecepatan suatu reaksi. Semakin besar kecepatan reaksi yang terjadi akan menyebabkan pembentukan produk yang semakin besar pula. Sehingga pada suhu yang sama dan dengan adanya penambahan katalis lempung cengar menyebabkan *yield bio-oil* semakin besar.

Namun pada penambahan katalis lempung cengar sebanyak 2%, 3%, 4%, dan 5% b/b terjadi penurunan *yield bio-oil*. Secara teori seharusnya dengan penambahan jumlah katalis akan menyebabkan energi aktivasi semakin kecil dan kecepatan reaksi semakin besar sehingga *yield bio-oil* juga semakin besar. Hal ini diperkirakan terjadi karena semakin banyaknya produk gas *non-condensable* yang terbentuk yaitu gas  $CH_4$ ,  $CO_2$  dan  $H_2$  yang tidak terkondensasi sehingga *yield bio-oil* rendah. Penambahan katalis lempung cengar cenderung selektif terhadap pemutusan rantai C-C dan C-H [Vang dkk, 2005], akibatnya semakin banyak pula fraksi-fraksi hidrokarbon rantai pendek yang terbentuk dan tidak dapat dikondensasikan oleh air pada suhu kamar, sehingga *yield bio-oil* menjadi lebih kecil dan *yield gas* yang dihasilkan semakin besar. Namun, secara keseluruhan diperkirakan bahwa semakin besar penggunaan katalis akan mempercepat reaksi dan *yield produk* yang dihasilkan semakin besar, hanya saja dengan penggunaan katalis lempung cengar 2%, 3%, 4% dan 5% b/b menyebabkan *yield produk bio-oil* yang dihasilkan lebih sedikit dari pada *yield produk gas*. Menurut mohan [2005] *yield bio-oil* yang

diperoleh dari biomassa kayu berkisar 72-80%, tergantung dari kandungan selulosa dan lignin dari dalam kayu. Sehingga pada penelitian ini penambahan katalis 1% lempung cengar merupakan kondisi optimum yang menghasilkan *yield bio-oil* terbesar yaitu sebanyak 72%.

### 3.2 Hasil Karakterisasi *Bio-oil*

*Bio-oil* yang diperoleh pada penelitian ini dikarakterisasi berdasarkan sifat fisika dan sifat kimia. Berdasarkan sifat fisika meliputi pengujian densitas, viskositas, angka keasaman, dan titik nyala, sedangkan berdasarkan sifat kimianya dilakukan pengujian dengan GC-MS.

#### 3.2.1 Analisa Fisika *Bio-oil*

Hasil uji karakteristik sifat fisika *bio-oil* dari pelepah kelapa sawit menggunakan katalis lempung cengar dengan variasi jumlah 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5% diuji dengan pengukuran densitas, viskositas, angka keasaman, dan titik nyala. Secara keseluruhan hasil uji karakteristik sifat fisika *bio-oil* dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 3.1** Hasil Uji Karakteristik *Bio-oil* dari Pelepah Kelapa Sawit

Katalis	Densitas (gr/m)	Viskositas (cSt)	Angka Keasaman (gr NaOH/gr Sampel)	Titik Nyala (°C)	Yield
0%	1,008	22,32	36,168	50	36,2
1%	1,011	10,26	14,248	65	72
2%	0,996	11,95	35,072	58	67,44
3%	0,995	10,18	28,496	53	39,31
4%	1,003	10,62	32,88	56	39,13
5%	1,007	11,64	24,112	60	46,03

Tabel 3.1 menunjukkan nilai densitas, viskositas, angka keasaman dan titik nyala yang merupakan parameter yang menjadi standar mutu *bio-oil* secara umum. Secara keseluruhan nilai densitas *bio-oil* berkisar 0,995 – 1,011 gr/ml, nilai viskositas *bio-oil* berkisar 10,18 -22,32 cSt, angka keasaman *bio-oil* berkisar 14,248 – 36,168 gr NaOH/gr sampel, titik

nyala *bio-oil* berkisar 50 –65 °C dan *yield bio-oil* 36,2 % – 72%.

Nilai densitas dipengaruhi oleh kadar air yang terdapat didalam *bio-oil*. Dari tabel diatas terlihat bahwa nilai densitas terendah terletak pada penggunaan katalis 3% yaitu sebesar 0,995 gr/ml. Nilai densitas yang lebih kecil akan menguntungkan terhadap penggunaan *bio-oil* sebagai bahan bakar karena lebih ringan.

Nilai viskositas tertinggi terletak pada 0% katalis yaitu 23,32 cSt, viskositas merupakan tahanan yang dimiliki oleh fluida yang dialirkan dalam pipa kapiler terhadap gaya gravitasi, jika viskositas semakin tinggi maka tahanan untuk mengalir akan semakin tinggi. Hal ini berarti nilai viskositas yang lebih rendah akan lebih bagus untuk digunakan sebagai bahan bakar.

Nilai angka keasaman terbaik terletak pada penggunaan katalis 1% yang memiliki *yield* tertinggi dengan angka keasaman terendah yaitu 14,248 gram NaOH/gram sampel, sedangkan angka keasaman tertinggi terletak pada penggunaan katalis 0%. Angka keasaman yang tinggi menunjukkan tingginya sifat korosif dari *bio-oil*. Besarnya angka keasaman disebabkan adanya komponen asam volatile seperti acetic dan formic acid [Sipila dkk, 1998, Fagnas, 1995, dalam Oasmaa dkk, 2001].

Titik nyala diukur untuk mengetahui suhu maksimum suatu senyawa disimpan tanpa menimbulkan kebakaran serius. Titik nyala terendah terletak pada penggunaan katalis 0% yaitu 50°C, sedangkan titik nyala tertinggi terletak pada penggunaan katalis 1% yaitu 65°C. Titik nyala yang rendah dapat menyebabkan suatu senyawa mudah terbakar, semakin rendah titik nyala suatu bahan bakar maka semakin sulit dalam penyimpanan karena dapat menimbulkan api dan terbakar [Yi,2008]

Hasil karakterisasi fisika *bio-oil* dari pelepah kelapa sawit yang menghasilkan *yield* terbaik yaitu pada katalis variasi

jumlah 1% dibandingkan dengan hasil *bio-oil* dari peneliti terdahulu yang menghasilkan *yield* terbaik dengan menggunakan bahan dan katalis yang berbeda dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.2 Perbandingan Uji Karakteristik *Bio-oil* dengan Hasil Penelitian Terdahulu Menggunakan Katalis yang Berbeda

Peneliti	Uji Sifat Fisika			
	Densitas (gr/ml)	Viskositas (cSt)	Angka keasaman (grNaOH/gr sampel)	Titik nyala ( $^{\circ}$ C)
Tika (2013)	1,011	10,26	14,248	65
Kesuma (2012)	0,94	9,677	57,021	51
Hutabarat (2012)	0,972	3,082	47,41	50
Jusniwarlis (2008)	1,046	27,34	79,699	55
Smalwood (2008)	0,94 - 1,2	8,13-150	-	48-55
Dynamotiv (2011)	0,94-1,2	4-78	-	48-67

Tabel 3.2 menunjukkan bahwa uji karakteristik sifat fisika *bio-oil* seperti densitas, viskositas, angka keasaman, dan titik nyala yang didapat tidak jauh berbeda dengan yang dihasilkan oleh peneliti sebelumnya. Hasil uji karakteristik *bio-oil* pelepah kelapa sawit menggunakan katalis lempung 1% selanjutnya akan dibandingkan dengan karakteristik bahan bakar minyak berupa solar yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.3 Perbandingan Karakteristik *Bio-oil* dengan Karakteristik Solar

Karakteristik	Solar	<i>Bio-Oil</i> 1% Lempung
Massa Jenis (gr/ml)	0,82 - 0,87	1,011
Viskositas (cSt)	1,6 - 5,8	10,26
Angka Keasaman (gr NaOH/gr sample)	-	14,248
Titik Nyala ( $^{\circ}$ C)	66 min	65

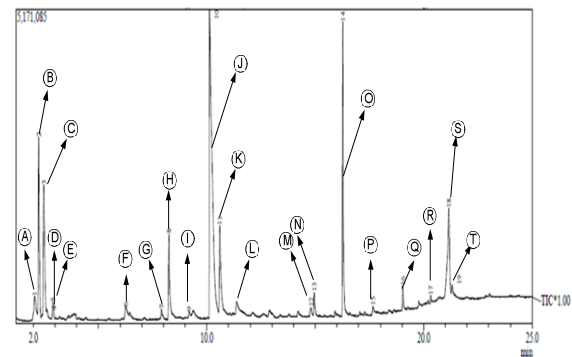
Sumber: [Pertamina, 2007]

Dari Tabel 3.3 terlihat bahwa karakteristik dari *bio-oil* sudah mendekati karakteristik solar, namun masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut agar *bio-oil* dapat digunakan sebagai bahan bakar.

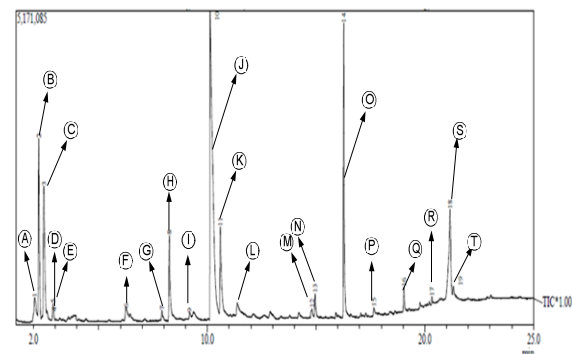
### 3.2.2 Analisa Kimia *Bio-oil*

Analisa kimia *bio-oil* dilakukan dengan menggunakan GC-MS (Kromatografi gas-spektrokopi massa).

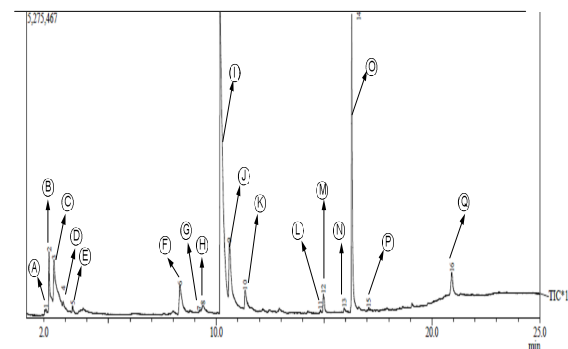
Analisa GC-MS menghasilkan kromatogram yang menyatakan jumlah persentasi komponen kimia yang terkandung di dalam *bio-oil*. Sampel yang diuji sebanyak 3 sampel yaitu sampel pirolisis tanpa katalis, katalis 1% dan 3% yang disajikan secara berturut-turut pada Gambar 3.2, 3.3 dan 3.4 berikut



Gambar 3.2 Kromatogram *Bio-oil* Pelepah Kelapa Sawit Tanpa Katalis



Gambar 3.3 Kromatogram *Bio-oil* Pelepah Kelapa Sawit dengan Penambahan Katalis Lempung Cengar 1%



Gambar 4.4 Kromatogram *Bio-oil* Pelepah Kelapa Sawit dengan Penambahan Katalis Lempung Cengar 3%

Hasil analisa senyawa kimia dari kromatografi gas-spektrokopi massa (GC-MS) yang disajikan pada gambar diatas dapat diketahui bahwa pirolisis pelepah kelapa sawit menjadi *bio-oil* menggunakan katalis lempung cengar menghasilkan senyawa-senyawa komponen organik antara lain, Senyawa-senyawa aromatik, Phenol, Furan, Alkohol, Asam-asa, Keton, Aldehid, Dan lain sebagainya. Menurut goyal dkk [2006] bahwa komponen organik yang terdapat dalam *bio-oil* adalah asam-asam, ester, alkohol, metanol, keton, aldehid, phenol, senyawa-senyawa aromatik, furan, guaiacols

Disamping itu menurut mohan [2005], secara kimia *bio-oil* merupakan campuran kompleks dari air, guaiacols, furancarboxaldehydes, asam asetat, asam formiat, asam karboksilat lainnya, gula dan phenol. Jadi senyawa-senyawa hasil pirolisis pelepah kelapa sawit menjadi *bio-oil* menggunakan katalis lempung cengar yang dihasilkan pada penelitian ini adalah senyawa-senyawa kimia yang sesuai dengan penelitian sebelumnya. Selanjutnya pada gambar diatas dapat dilihat terjadi perbedaan puncak hasil pirolisis pelepah kelapa sawit tanpa katalis, katalis 1% dan katalis 3%, hal tersebut dipengaruhi oleh adanya penambahan katalis. Dengan adanya penambahan katalis menunjukkan bahwa katalis lempung cengar memiliki kemampuan untuk mengkonversikan rantai panjang selulosa, hemiselulosa, dan lignin menjadi produk yang diinginkan yaitu kearah senyawa bahan bakar, dan mempercepat suatu reaksi diantara beberapa reaksi yang terjadi.

Secara umum kinerja katalis lempung dalam proses pirolisis pelepah kelapa sawit menjadi *bio-oil* sudah baik, karena telah dapat memperkecil dan mengarahkan komponen kimia dalam *bio-oil* dan memperbesar persentase beberapa komponen kimia penting yang terdapat pada *bio-oil* seperti phenol sebesar 34,13% pada katalis lempung cengar 3%. Menurut data dari BGT [2003], *bio-oil* dapat langsung dijadikan bahan bakar apabila

kandungannya phenolnya lebih besar dari 50%. Oleh karena itu, perlu dilakukan *upgrading bio-oil* untuk mendapatkan *bio-oil* yang dapat langsung dijadikan bahan bakar.

## 4 SIMPULAN DAN SARAN

### 4.1 Simpulan

1. Cairan kondensat hasil pirolisis dari penelitian yang dilakukan dapat dikategorikan sebagai *bio-oil* karena karakteristik fisiknya sesuai dengan karakteristik standar *bio-oil*.
2. Penambahan lempung cengar sebagai katalis pada pirolisis pelepah kelapa sawit terbukti mempengaruhi *yield bio-oil*. Penggunaan katalis menyebabkan bertambahnya *yield bio-oil* yang diperoleh, mampu mengarahkan reaksi menjadi produk yang diinginkan, dan dapat memperkecil produk samping
3. *Yield* yang diperoleh untuk jumlah katalis lempung cengar 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5% berturut-turut adalah 36,2%, 72%, 67,44%, 39,31%, 39,13%, dan 46,03%. Hasil *yield bio-oil* yang terbesar diperoleh pada pirolisis pelepah kelapa sawit menggunakan katalis lempung Cengar sebanyak 1% yakni 72%.
4. Sifat karakteristik fisika *bio-oil* dengan *yield* tertinggi 72% diperoleh densitas 1,011 gr/ml, viskositas 10,26 cSt, angka keasaman 14,248 gr NaOH/gr sampel, dan titik nyala 65°C.

### 5.2 Saran

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut tentang pirolisis untuk menghasilkan *bio-oil* dengan komposisi kimia yang lebih selektif pada *yield* yang maksimum.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan berkaitan tentang produk samping berupa gas yang tidak berhasil terkondensasi dengan antisipasi menggunakan *cooler* ataupun *waterbath cooling water*.
3. Diperlukan pengolahan lebih lanjut terhadap *bio-oil* yang didapat pada penelitian ini untuk keperluan industri kimia dan resin.

## 5. DARTAR PUSTAKA

- Bahri, S., dan R, Rivai., 2010. *Chemical Modification On Natural Clay And Its Application On Equilibrium Study Of The Adsorption Of Pb<sup>2+</sup> In Aqueous Solution*, Jurnal Sains dan Teknologi 9 (2), September 2010: 49-54.
- Darmawan, A., Sriatun, Y. Arryanto dan K. Wijaya., 2003. *Sintesis Katalis Mesopori Lempung Terpilar Sol Silika Berpengemban Ni, Zr, dan Ti dari lempung Alam Boyolali Untuk Hidrorengkah Fraksi Berat Minyak Bumi Minas*, <http://eprints.undip.ac.id/23521/>. Diakses pada 16 September 2011.
- Departemen Pertanian Direktorat Jenderal Perkebunan, 2011. Statistik Perkebunan Indonesia 2009-2011, <http://regionalinvestment.com>, (3 Mei 2012).
- Goyal, H.B., D.Seal, dan R.C.Saxena., 2006. Bio-Fuels from Thermochemical Conversion Of Renewable Resources: A Review, India Institute of petroleum, India.
- Hutabatar, B., 2012. *Pyrolysis Pelepah Sawit Menjadi Bio-Oil Menggunakan Katalis Mo/NZA*, Skripsi, Universitas Riau.
- Jusniwarlis., 2011. Efek Kandungan Logam Ni-Mo/NZA pada Proses Pencairan Langsung Biomassa menjadi *Bio-oil*, Skripsi, Universitas Riau.
- Kesuma, A. Z., 2012. *Pyrolysis Cangkang Sawit Menjadi Bio-Oil Menggunakan Katalis Ni/Lempung*, Skripsi, Universitas Riau.
- Mohan, D., Charles U. Pittman., dan Philip H. Steele (2006). Pyrolysis of Wood/Biomass for Bio-oil: A Critical Review. Journal Department of Chemistry.
- New Hampshire., 2004. *Bio oil Oppurtunity Analysis*, Inovative Natural Resource Solution LLC Handbook.
- Oasmaa, A. & Peacocke, C. (2001). A guide to physical property characterisation of biomass-derived fast pyrolysis liquids. *VTT Publication 450*, Technical Research Centre of Finland, Finland.
- Permana, A.D (Ed.), Sugiyono, A (E.d), Boedoyo, M.S (E.d), & Oktaufik. M.A.M. (E.d). (2011). *Minyak Bumi dan BBM. Outlook Energi Indonesia Teknologi Energi untuk Mendukung Keamanan Pasokan Energi*, 4-4.
- Pertamina, 2008. Silinap, [www.lubrisindo.tripod.com/index\\_file/page3558.htm-71k](http://www.lubrisindo.tripod.com/index_file/page3558.htm-71k), (28 April 2012).
- Riauterkini, 2012. Kebun Sawit Rakyat di Riau Capai 2,1 Juta Hektar, <http://www.riauterkini.com>, 30 Juli 2012.
- Septriana, D., S. Bahri., E. dan Syarbaini., 2006. Pembuatan Katalis Ni/Lempung Untu Reaksi Hidrogenasi Asam Lemak, *Skripsi*, Universitas Riau.
- Vang, R, T., Honkala, K., Dahl, S., Vestegaard, K, E., Schnadt, J., 2005. Controlling the Catalytic Bond-Breaking Selectivity of Ni Surfaces by Step Blocking, *Nature Material*, Vol: 4, p: 160- 162
- Yi, L.X., 2008. Development and Charaterisation of Continuous Fast Pyrolysis of Oil Palm Shell for Bio-oil Production, *Tesis*, Universiti Teknologi Malaysia.