

Konversi Cangkang Sawit menjadi *Bio-oil* Menggunakan Katalis Ni.Mo/Lempung Cengar

Anisa Sandra, Syaiful Bahri, Sunarno

Laboratorium Teknik Reaksi Kimia dan Katalis
Program Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Email : anisasandra@ymail.com

ABSTRAK

At this time the world experienced an energy crisis. This is due to the high dependence on fossil fuels, petroleum. Petroleum has the non-renewable nature and amount of production decline each year. Therefore, the innovation required to produce an alternative energy, that is bio-oil from biomass such as palm shells. Indonesia, has a vast plantation sector of palm oil. Bio-oil can be produced from palm shell waste through pyrolysis process using a catalyst Ni.Mo / Clay cengar. This study aimed to determine the effect of catalyst ratio Ni.Mo / Clay cengar the bio-oil produced. This pyrolysis used palm shell 50 grams, silinap 500 ml and the weight ratio of catalyst 0, 0.5, 1.5, 2.5, and 3.5% w / w biomass. Bio-oil produced at the optimum catalyst ratio of 0.5% w / w of biomass with yield 40.0%. Results of bio-oil analyzed physics, density 0.9625 g / ml, viscosity 8.99 cSt, flash point 48 ° C, acid value 45.71 g NaOH/ g sample, and heating value 51.47 MJ / kg. GC-MS analysis produced chemicals that bio-oil that can be processed further processed into alternative energy sources other than petroleum.

Keyword : *Bio-oil, palm shells, pyrolysis, Ni.Mo/Clay cengar*

1. PENDAHULUAN

Pada saat ini dunia sedang mengalami krisis energi. Ketersediaan sumber energi untuk mencukupi berbagai kebutuhan baik skala kecil dan besar sangat terbatas. Hal ini dikarenakan masih diandalkannya sumber energi dari fosil, yaitu minyak bumi. Sifat minyak bumi yang *non-renewable* atau tidak dapat diperbaharui semakin membuat keadaan semakin sulit. Untuk itu diperlukan suatu pemikiran kreatif yang untuk menciptakan suatu energi alternatif yang bersifat *renewable*, ramah lingkungan dan memiliki ketersediaan

yang melimpah, salah satunya adalah *bio-oil*.

Provinsi Riau memiliki potensi yang besar terhadap cangkang sawit. Luas perkebunan sawit yang dimiliki berdasarkan data tahun 2010 telah mencapai 2.103.175 ha dan produksi tandan buah segar (TBS) sebanyak 36.809.252 ton per tahun [Dinas Perkebunan Provinsi Riau, 2012]. Berdasarkan data dari DEPTAN, 2006, sebuah pabrik CPO mampu menghasilkan limbah cangkang sawit sebesar 7 % per ton tandan buah segar. Selama ini cangkang sawit hanya digunakan sebagai bahan bakar boiler untuk pembangkit uap serta bahan baku

karbon aktif. Pemanfaatan limbah dengan metode ini hanya mampu mengatasi limbah dalam skala kecil sedangkan limbah padat diproduksi dalam jumlah yang cukup besar [Saputra,2007]. Untuk itu, cangkang sawit ini akan diolah menjadi produk yang bernilai ekonomis, yaitu dengan menkonversinya menjadi *bio-oil*.

Lempung alam mempunyai cadangan yang cukup besar di daerah Riau. Di Kecamatan Kuantan Mudik saja lempung jenis tanah liat mempunyai cadangan kira-kira 4.313.700 m³ yang tersebar di beberapa lokasi yaitu Desa Toar, hulu sungai Batang Salo (Desa Cengar), kawasan hutan lindung Bukit Batabuh, Desa Kasang, Desa Telukberingin dan Desa Airbuluh. Untuk lempung kaolin cadangannya diperkirakan sekitar 562.500 m³ yang tersebar di daerah Desa Airbuluh dan Desa Pangkalan [Bahri dan Rahmat, 2010]. Lempung alam sudah banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang, diantaranya sebagai adsorben, resin penukar ion, katalis, komposit, membran dan bahan pembuat keramik. Metal berpengemban lempung dapat dimanfaatkan sebagai katalis untuk menyempurnakan proses *pyrolysis* cangkang sawit menjadi *bio-oil*

Pentingnya penelitian ini dikarenakan *bio-oil* merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui dan ramah lingkungan. *Bio-oil* dapat digunakan untuk keperluan industri antara lain sebagai *combustion fuel* dan *power generation* untuk memproduksi bahan kimia serta dapat dicampur dengan minyak diesel sebagai bahan bakar diesel.

Pada penelitian ini akan dilakukan konversi cangkang sawit menggunakan katalis Ni.Mo/ Lempung cengar. Variasi

rasio katalis yang digunakan yaitu 0; 0,5; 1,5; 2,5 dan 3,5 % b/b biomassa. Pemilihan lempung sebagai katalis dikarenakan struktur lempung yang memiliki pori yang lebih besar dibandingkan zeolit, stabilitas termal tinggi, luas permukaan lebih luas, dan aktivitas katalitik yang lebih baik. Kombinasi logam Ni dan Mo akan mampu meningkatkan luas permukaan dan stabilitas termal yang tinggi. Hasil dari proses pirolisis ini akan dikarakteristik sifat fisika dan kimianya

2. METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah lempung dari daerah Desa Cengar, Kecamatan Kuantan Mudik, Kabupaten Kuantan Singingi, H₂SO₄ 1,2 M, NiCl₂.6H₂O, BaCl₂, aquades, gas N₂, O₂, dan H₂, (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O, cangkang sawit dan silinap 280M (*thermo oil*). Sedangkan alat yang digunakan berupa 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 N₂, O₂ dan H₂, reaktor pirolisis, *condenser*, *magnetic stirrer*, *thermocouple thermometer* (Barnant), piknometer, *viskometer* Oswald, gelaspijala, pengaduk listrik (*Heidolph*), bom kalorimeter, dan Gas kromatografi- Spektroskopi Massa (GC-MS). Tahapan penelitian terdiri dari pembuatan katalis Ni.Mo/lempung cengar dan pembuatan *bio-oil*.

1) Pembuatan Katalis Ni/lempung terdiri dari 4 tahap yaitu :

a. Perlakuan Awal Lempung

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_2SO_4

Aktivasi lempung dengan cara refluks lempung cengar sebanyak 150 gram dalam larutan H_2SO_4 1,2 M sebanyak 600 ml selama 6 jam pada suhu $50^\circ C$ 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_4^{2-} yang terdeteksi oleh larutan $BaCl_2$, *cake* dikeringkan pada suhu $120^\circ C$ selama 4 jam dalam oven.

c. Pengembanan (Impregnasi) Logam Mo

Pengembanan (impregnasi) logam Mo dengan cara sampel lempung yang telah diaktivasi dilarutkan dalam 500 ml $((NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O)$ dan direfluks pada suhu $60^\circ C$ selama 6 jam sambil diaduk pada reaktor alas datar ukuran 1 L, kemudian disaring dan dicuci. *Cake* kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu $120^\circ C$ selama 3 jam (diperoleh sampel Mo/lempung). Sampel Mo/Lempung Cengar tersebut kemudian direfluks lagi dengan larutan $NiCl_2 \cdot 6H_2O$ pada suhu $90^\circ C$ selama 6 jam. Kemudian padatan yang telah diperoleh disaring, dicuci, dan dikeringkan dalam oven pada suhu $120^\circ C$ selama 3 jam sehingga diperoleh sampel Ni.Mo/Lempung Cengar

d. Kalsinasi, Oksidasi dan Reduksi 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 $500^\circ C$ selama 7 jam sambil dialirkan gas nitrogen sebesar ± 400 ml/menit, dilanjutkan dengan oksidasi pada suhu $400^\circ C$ menggunakan gas oksigen sebesar ± 400 ml/menit selama 2 jam dan reduksi pada suhu $400^\circ C$ menggunakan gas hidrogen sebesar $\pm 1,35$ ml/detik selama 2 jam.

2) Pembuatan *Bio-oil*

a. Tahap Persiapan Biomassa

Pada tahap ini, biomassa berupa cangkang yang diambil dari PTPN V Sei Pagar, 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 Penelitian

Biomassa yang telah dihaluskan sebanyak 50 gram beserta 500 ml *thermal oil* (silinap) dan variasi berat katalis Ni.Mo/lempung cengar, dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis. Pirolisis dilakukan pada suhu $330^\circ C$ tanpa kehadiran oksigen

dengan mengalirkan gas nitrogen 1,35 mL/detik. Diaduk dengan pengaduk listrik (*Heidolph*) pada kecepatan pengadukan 300 rpm selama 2 jam, dan aliran air dengan menggunakan kondensor. *Bio-oil* yang dihasilkan ditampung dalam gelas piala.

Selanjutnya *bio-oil* yang dihasilkan dianalisa sifat fisika seperti densitas, viskositas, angka keasaman, dan titik nyala serta analisa kimia menggunakan alat GC-MS untuk mengetahui komponen kimia yang terkandung pada *bio-oil*.

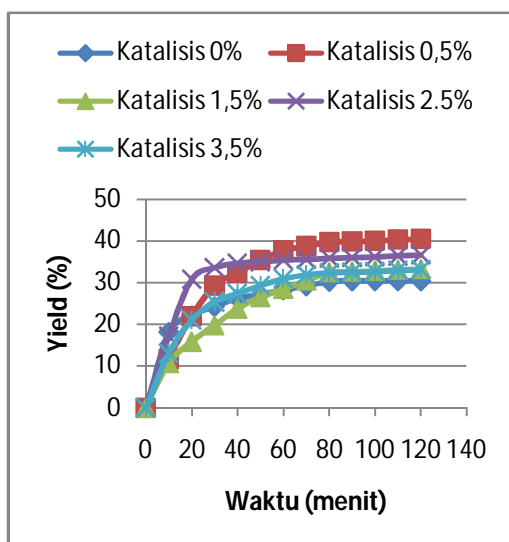
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Rasio Katalis Ni.Mo/Lempung Cengar dari Biomassa Cangkang Sawit terhadap Bio-oil

Untuk menentukan pengaruh rasio katalis Ni.Mo/Lempung Cengar dan biomassa cangkang sawit terhadap *bio-oil* dilakukan pirolisis menggunakan variasi rasio katalis, yaitu 0; 0,5; 1,5; 2,5; dan 3,5% b/b biomassa. Pirolisis dilakukan pada suhu 330°C. Pengaruh rasio katalis Ni.Mo/Lempung cengar terhadap *bio-oil* dihasilkan dapat dilihat pada tabel 3.1 dan gambar 3.1 berikut ini :

Tabel 3.1 Data Pengaruh Rasio Katalis Ni.Mo/Lempung Cengar dari Biomassa terhadap *Yield Bio-Oil*

Persentase Katalis (%)	Yield (%)
0	30,4
0,5	40,4
1,5	33,2
2,5	36,6
3,5	33,1



Gambar 3.1 Pengaruh Rasio Katalis Ni.Mo/Lempung Cengar dari Biomassa terhadap *Yield Bio-Oil* yang Dihasilkan

Pada gambar 3.1 dapat dilihat bahwa jumlah penggunaan katalis pada proses pirolisis dapat mempengaruhi jumlah *yield* yang dihasilkan. *Yield bio-oil* yang diperoleh pada masing-masing rasio penggunaan katalis berturut-turut adalah 0% b/b biomassa (30,4%); 0,5 % b/b biomassa (40,4%); 1,5% b/b biomassa (33,2%); 2,5% b/b biomassa (36,6%); dan 3,5% b/b biomassa (33,1%). Pada rasio katalis 0% b/b terhadap biomassa sampai 0,5 % b/b terhadap biomassa terjadi peningkatan *yield*, namun pada rasio katalis 1,5 % b/b terhadap biomassa terjadi penurunan *yield bio-oil*.

Penurunan *yield bio-oil* ini kemungkinan disebabkan karena banyaknya produk gas *non condensable* yang terbentuk sehingga uap organik yang terkondensasi lebih banyak menghasilkan gas dan cairan *bio-oil* menurun. Hal ini dapat juga disebabkan karena pada konsentrasi katalis yang relative tinggi menunjukkan terjadinya perengkakan yang banyak juga oleh katalis Ni.MO/Lempung cengar. Perengkakan tersebut membuat ikatan pada hidrokarbon rantai panjang banyak terputus menjadi hidrokarbon berantai pendek. Akibatnya, beberapa jenis hidrokarbon rantai pendek banyak berubah menjadi gas pada suhu keluaran kondensor karena pada jenis hidrokarbon tersebut memiliki titik didih lebih rendah daripada temperatur lingkungan, sehingga dengan penambahan konsentrasi katalis yang relative tinggi telah menurunkan jumlah *yield bio-oil* [Purwanto, 2011]. Namun, dengan penambahan katalis Ni.Mo/Lempung cengar pada proses pirolisis dapat meningkatkan *yield bio-oil* dihasilkan dibandingkan tanpa menggunakan katalis.

3.2 Hasil Karakterisasi

Bio-oil yang diperoleh kemudian dikarakterisasi berdasarkan sifat fisika dan kimianya. Karakterisasi fisika yang dilakukan meliputi penentuan massa jenis, viskositas, angka keasaman, nilai kalor dan titik nyala. Kemudian untuk karakterisasi sifat kimia dilakukan pengujian menggunakan GC-MS untuk mengetahui komponen kimia yang terkandung dalam *bio oil*.

3.2.1 Analisa Fisika *Bio-oil*

Hasil uji karakteristik sifat fisika *bio-oil* dari cangkang sawit menggunakan katalis Ni.Mo/Lempung cengar dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 . Hasil Uji Karakteristik Sifat Fisika *Bio-oil* Cangkang Sawit

Katalis (% b/b)	Suhu (°C)	Yield	Densitas (gr/ml)	Viskositas (cSt)	Angka Keasaman (gr NaOH/gr sampel)	Titik Nyala (°C)
0	330	30,4	0,9096	10,45	34,30	45
0,5	330	40,4	0,9625	8,99	45,71	48
1,5	330	33,2	0,9891	10,32	55,40	46
2,5	330	36,6	0,9993	10,55	56,84	50
3,5	330	33,1	0,9915	10,28	63,74	51

Dari Tabel 3.2 dapat dilihat bahwa parameter yang menjadi sifat karakteristik *bio-oil* adalah densitas, viskositas, angka keasaman, titik nyala dan nilai kalor. Pada penelitian ini, hasil uji fisika berdasarkan *yield* optimum pada penggunaan katalis 0,5% b/b biomassa diperoleh densitas 0,9625 gr/ml, viskositas 8,99 cSt, titik nyala 48° C, dan angka keasaman 45,71 gr NaOH/gr sampel

Nilai densitas terendah terletak pada katalis 0% b/b biomassa yaitu sebesar 0,9096 gr/ml, sedangkan nilai densitas tertinggi terletak pada katalis 2,5% b/b biomassa sebesar 0,9993 gr/ml. Nilai densitas dipengaruhi oleh

kandungan air yang terkandung didalam *bio-oil*. Penggunaan densitas yang lebih kecil sebagai bahan bakar akan lebih menguntungkan karena lebih ringan. Viskositas *bio-oil* terendah terdapat pada penggunaan katalis 0,5 % b/b biomassa yaitu sebesar 8,99 cSt, sedangkan viskositas tertinggi terdapat pada penggunaan katalis 2,5 % b/b biomassa sebesar 10,55 cSt. Penggunaan viskositas yang lebih rendah akan lebih memudahkan dalam proses pemindahan *bio-oil* dari suatu tempat ke tempat yang lain.

Pengujian angka keasaman *bio-oil* pada penelitian ini berkisar 34,3-63,74 gr NaOH/gr sampel. Angka keasaman pada *bio-oil* yang dihasilkan semakin meningkat dengan bertambahnya % berat katalis yang digunakan. Hal ini disebabkan karena hemiselulosa dan lignin selulosa pada cangkang sebagian besar terdegradasi sebagai asam asetat ditambah kadar lignin yang besar sehingga memungkinkan terdegradasi sebagai asam asetat. Sifat yang terlalu asam pada *bio-oil* dapat mempengaruhi dalam hal penyimpanan dan aplikasinya. Penyimpanan *bio-oil* dengan sifat yang terlalu asam dapat berdampak terhadap sifat korosif bagi tempat penyimpanan dan alat-alat yang terbuat dari logam. Untuk pengaplikasian *bio-oil* sebagai pengganti atau aditif dalam bahan bakar, diperlukan pemurnian atau penyingkiran komponen asam yang berlebihan dalam *bio-oil*.

Data hasil perbandingan karakterisasi sifat fisika *bio-oil* pada penelitian ini dan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 3.3

Tabel 3.3 Perbandingan Spesifikasi *Bio-oil* dengan Peneliti Sebelumnya

Peneliti	Densitas (gr/ml)	Viskositas (cSt)	Angka Keasaman (gr NaOH/gr sampel)	Titik Nyala (°C)
Sandra, 2013	0,9625	8,99	45,71	48
Dynamotive, 2011	0,94-1,2	4-78	-	48-67
Kesuma, 2012	0,94	9,667	57,021	41
Rito, 2011	1,01	13,27	76,11	64
Smallwood, 2008	1,23	8,13-121,95	-	48-55

Dari Tabel 3.3 terlihat bahwa uji karakteristik sifat fisika *bio-oil* yang meliputi densitas, viskositas, titik nyala, dan angka keasaman yang didapatkan masih berada pada range spesifikasi sifat fisika *bio-oil*. Hasil uji karakteristik *bio-oil* dari cangkang sawit menggunakan katalis Ni.MO/Lempung cengar sebanyak 0%; 0,5%; 1,5%; 2,5% dan 3,5% b/b biomassa masih jauh dari karakteristik bahan bakar minyak seperti solar (spesifikasi Pertamina). Perbandingan hasil karakteristik fisika *bio-oil* dari penelitian ini dengan karakteristik fisika bahan bakar minyak berupa solar dapat dilihat pada Tabel 3.4

Tabel 4.4 Perbandingan Spesifikasi *Bio-oil* dengan Spesifikasi Solar

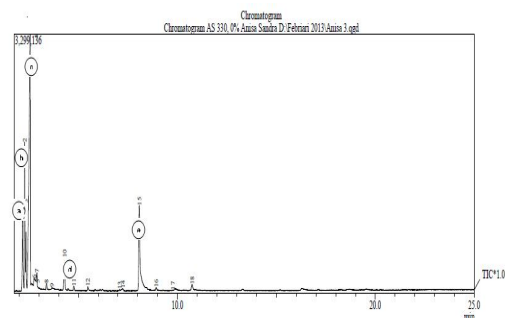
Karakteristik	Solar	<i>Bio-oil</i> Ni.Mo/Lempung Cengar
Densitas (gr/ml)	0,82-0,87	0,9096-0,9993
Viskositas (cSt)	1,6-5,8	8,99-10,55
Angka Keasaman (gr NaOH/gr sampel)	-	-
Titik Nyala (°C)	66	45-51

Dari Tabel 3.4 terlihat bahwa nilai densitas *bio-oil* sebesar 0,9096-0,9993 gr/ml lebih besar dibandingkan nilai densitas solar 0,82-0,87 gr/ml, begitu juga dengan nilai viskositas *bio-oil* sebesar 8,99-19,55 cSt jauh lebih

besar dari viskositas solar 1,6-5,8 cSt, dan nilai titik nyala pada *bio-oil* sebesar 45-51 masih jauh dibawah titik nyala dari solar yaitu minimal pada suhu 66 °C. Walaupun perbandingan antara *bio-oil* dari katalis Ni.Mo/Lempung cengar masih dibawah standar, namun *bio-oil* ini dapat digunakan sebagai *crude chemical* apabila direaksikan dengan ammonia, urea, atau komponen amiiino lainnya dapat menghasilkan campuran yang tidak beracun yang cocok untuk menghasilkan pupuk seperti amida, amina, dan lain-lain [Dynamotive Energy System, 2005].

3.2.2 Analisa Kimia *Bio-oil*

Bio-oil dengan *yield* terendah yaitu tanpa menggunakan katalis dan *bio-oil* dengan *yield* optimum pada penggunaan katalis Ni.Mo/Lempung cengar 0,5% b/b biomassa dilakukan analisa berupa kromatografi gas-spektroskopi massa (GC-MS). Analisa GC-MS menghasilkan kromatogram yang menyatakan jumlah persentasi komponen kimi yang terkandung di dalam *bio-oil*. Hasil kromatogram dari dua sampel *bio-oil* dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3

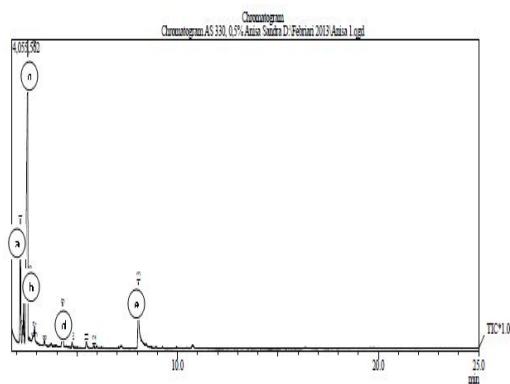


Gambar 3.2 Hasil Kromatogram GC *Bio-oil* Cangkang Sawit dengan 0 % katalis Ni.Mo/Lempung Cengar

Dimana hasil dari kromatogram MS :

- a = *Benzeneethanamine*
- b = *2-Propane*
- c = *acetic Acid*
- d = *2- Furancarboxaldehyde*
- e = *Phenol*

Hasil kromatogram *bio-oil* dengan menggunakan katalis Ni.Mo/Lempung cengar 0,5% b/b biomassa cangkang sawit dapat dilihat pada Gambar 3.3



Gambar 3.3 Hasil Kromatogram GC *Bio-oil* Cangkang Sawit dengan 0,5 % katalis Ni.Mo/Lempung Cengar

Dimana hasil dari kromatogram MS :

- a = *Formic acid*
- b = *Methyl ester*
- c = *acetic Acid*
- d = *2- Furancarboxaldehyde*
- e = *Phenol*

Kromatografi GC pada Gambar 4.2 dan 4.3 mempunyai 5 puncak tertinggi yang mempunyai luas area berturut-turut : 9,93%; 11,53%; 46,12%; 4,37%; 17,1% pada Gambar 4.2 dan 12,5%; 5,67%; 58,37%; 6,23%; 11,45% pada Gambar 4.3. Dari analisa MS (Lampiran C) diketahui bahwa asam asetat merupakan komponen yang paling banyak terkandung dalam *bio-oil* ini dengan jumlah 46,12% dan 58,37% sedangkan kandungan fenol 17,1% dan

11,45%. Asam asetat ini juga memengaruhi terhadap sifat asam dari *bio-oil* yang dihasilkan. Selain 5 puncak tertinggi tersebut, terdapat puncak lain yang teridentifikasi mengandung senyawa organik lainnya, seperti *2-Propanone*, *Propanoic acid*, *2-Furancarboxaldehyde*, dan beberapa turunan *Phenol* lainnya. Sebagian besar komponen kimia yang terkandung dalam *bio-oil* merupakan hasil dekomposisi dari selulosa dan hemiselulosa. Hal ini dikarenakan cangkang sawit yang digunakan sebagai biomassa sebagian besar terdiri dari komponen selulosa dan hemiselulosa. Selain itu pada suhu 330 °C, hanya sebagian kecil komponen lignin yang berhasil terdekomposisi.

Pada Gambar 3.2 dan 3.3 menunjukkan hasil puncak pada kromatogram *bio-oil* tanpa menggunakan katalis dengan *bio-oil* yang menggunakan katalis 0,5 %b/b biomassa tidak jauh berbeda. Hal ini diperkirakan karena katalis Ni.Mo/Lempung cengar yang digunakan pada proses pirolisis cangkang sawit kinerjanya kurang efektif

Dari analisa GC-MS, komponen kimia yang terkandung dalam *bio-oil* dapat dikelompokkan yang dapat dilihat pada Tabel 3.5

Tabel 4.5 Komponen Kimia yang Terkandung dalam *Bio-oil*

Komponen Kimia dalam <i>Bio-oil</i>	Area (%)	
	0% katalis	0,5% katalis
Kelompok Asam	52,46	65,54
Kelompok Aldehid	4,37	6,22
Kelompok Keton	13,8	3,38
Kelompok Alkohol	10,46	12,5
Kelompok Furan	0,46	0,9
Kelompok Fenol	18,13	11,45
Senyawa Lainnya	0,34	0,25

Dari hasil analisa sifat fisika dan kimia, serta data perbandingan dengan peneliti lainnya dapat disimpulkan bahwa *bio oil* dari penelitian ini dapat diolah lebih lanjut menjadi sumber energi alternatif pengganti minyak bumi.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

1. Pada konversi cangkang sawit menggunakan katalis Ni.Mo/Lempung Cengar didapatkan *yield bio-oil* optimum pada katalis 0,5% b/b biomassa sebesar 40,4 %
2. Hasil karakterisasi sifat fisika *bio-oil* Ni.Mo/Lempung Cengar 0,5% b/b biomassa memiliki karakteristik sifat fisika yaitu densitas 0,9625 gr/ml, viskositas 8,99 cSt, titik nyala 48°C, dan angka keasaman 45,71 gr NaOH/gr sampel.

4.1.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian pirolisis dengan menggunakan katalis yang berbeda jika menggunakan biomassa yang sama agar dapat dihasilkan komponen kimia yang lebih selektif dan *yield* yang lebih besar.
2. Perlu dilakukan uji karakterisasi katalis terlebih dahulu, untuk mengetahui katalis memiliki kinerja yang baik
3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan berkaitan tentang produk samping berupa gas yang tidak berhasil terkondensasi dengan antisipasi menggunakan *cooler* ataupun *waterbath*.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ditujukan kepada Bpk. Dr.Syaiful Bahri, Msi.,Ph.D dan Bpk. Sunarno, ST.,MT selaku Dosen Pembimbing beserta rekan-rekan seperjuangan dan juga laboran yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Bahri, S., dan R. Rivai., 2010,** *Chemical Modification On Natural Clay And Its Application On Equilibrium Study Of The Adsorption Of Pb²⁺ In Aqueous Solution,* Department of Chemical Engineering, 9(2), 49-54.
- Daniel, W. N. 2011.** Pengaruh Katalis Mo/NZA pada Pyrolysis Limbah Cangkang Sawit menjadi Bio-oil, *Skripsi,* Universitas Riau
- DEPTAN, 2006,** Pedoman Pengelolaan Limbah Industri Kelapa Sawit, Departemen Pertanian, Jakarta, 11-17
- DESDM, 2007,** Program Peningkatan Produksi Gas dan Minyak Bumi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta
- Foley, N. K. 1999.** *Environmental Characteristics of Clays and Clay Mineral Deposit,* <http://pubs.usgs.gov/info/clays>. Januari 10 2013
- Goyal, H.B., Seal, D., Saxena, R.C., 2008.** Bio-fuels from Thermochemical Conversion of Renewable Resources: A Review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 1(12), 504-517
- DynaMotive (2006).** DYNAMOTIVE The Bio Oil Information Book, edisi 13 Maret, Dynamotive Energy System Corporation, Vancouver (BC), Canada

- Innovative Natural Resource Solution LLC, (2004),** Bio oil Opportunity Analysis, New Hampshire, http://www.nh.gov/oep/programs/energy/documents/nh_biooilopportunityanalysis.pdf, 22 Februari 2012.
- Kesuma, A. Z. (2013),** Pyolysis Cangkang Sawit Menjadi Bio-oil Menggunakan Katalis Ni/Lempung, *Skripsi*, Universitas Riau.
- Rito, L. (2012).** Pyrolysis Cangkang Sawit menjadi Bio-oil menggunakan Katalis NiMo/ZSM-5, *Skripsi*, Universitas Riau
- Smallwood, (2008),** Hydroprocessing of Pyrolysis Bio-oil to Fuel and Chemical, *Pacific Northwest National Laboratory*, US Departemant of Energy
- Suarya, P., (2008),** *Adsorpsi Pengotor Minyak daun Cengkeh oleh Lempung Teraktivasi Asam*, Jurnal Kimia, 2(1), 19-24
- Sukiran, M.A.B., (2008,)** Pyrolysis Of Empty Oil Palm Fruit Bunches using The Quartz Fluidised- Fixed Bed Reactor, *Dissertation*, University of Malaya
- Sunarno, Bahri. S., dan Utama. P. S. (2011).** *Catalytic Slurry Cracking Cangkang Sawit menjadi Crude Bio-Fuel dengan Katalis Ni/ZSM-5 dan NiMo/ZSM-5*, Hibah Bersaing, Universitas Riau.