

KONVERSI BATANG SAWIT MENJADI *BIO OIL* DENGAN KATALIS Ni.Mo/LEMPUNG CENGAR

Dyah Mustika Dewi, Syaiful Bahri, Yusnimar Sahan
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
dyahmustikadewi@yahoo.co.id

ABSTRACT

Petroleum is non-renewable fuel sources, its production decline gradually, while consumption increase significantly. Therefore it is necessary to find a new alternative energy, such as bio oil from a waste of palm plantation such as stem palm. Stem palm can be converted to bio oil by pyrolysis process using Ni.Mo/Cengar Clay as a catalyst. This research is aimed to determine the ratio effect between weight of catalyst (grams) and sample weight (grams) (0:50; 0,25:50; 0,75:50; 1,25: 50) respectively. In the pyrolysis process is used 500ml silinap 280-M as heating media and temperature 330°C. The maximum yield of bio oil is around 70,54% under ratio catalyst : sample (0,75: 50). Bio oil properties having density of 0,988 g/ml, 10,74 cSt viscosity, flash point 52 °C, and the acidity content 71,34 g NaOH/g sample. Based on GC-MS analysis is found that bio oil contain several organic compounds, such as acids, ketones, aldehydes, phenols, alcohols, ect. It can be concluded that bio oil can be further processed into alternative energy sources instead of petroleum.

Key words: *Bio oil, Ni.Mo / Cengar Clay, Pyrolysis, Stem palm*

1. PENDAHULUAN

Indonesia masih dominan menggunakan energi bahan bakar yang bersumber dari bahan bakar fosil dimana energi bahan bakar fosil merupakan energi yang tidak dapat diperbaharui (*non-renewable*) karena proses pembentukannya membutuhkan waktu yang lama. Pada tahun 2011 tercatat konsumsi minyak nasional mencapai 1,2 juta barel per hari, hal ini berbanding terbalik dengan tingkat produksi minyak Indonesia yang terus menurun yaitu rata-rata 950 ribu barel per hari [Rubiandini, 2011]. Saat ini BPS mencatat bahwa cadangan minyak bumi Indonesia hanya 3,7 milyar barrel dan diperkirakan akan habis sekitar 10 tahun lagi [Sodikin, 2011]. Untuk itu perlu dilakukan suatu inovasi baru untuk menghasilkan energi alternatif bahan

bakar berbasis *non fossil* yang sifatnya terbarukan. Salah satu energi alternatif tersebut adalah *bio oil*.

Besarnya lahan perkebunan kelapa sawit sekitar 16 juta Ha berdampak terhadap limbah yang dihasilkan, khususnya limbah padat. Limbah padat sawit, diantaranya adalah batang sawit. Batang sawit akan semakin menumpuk seiring dengan adanya peremajaan pohon sawit. Pada saat sekarang luas areal perkebunan sawit yang perlu diremajakan adalah sekitar 120 ribu Ha dengan potensi batang sawit 26 juta m³ [Tardiyanto, 2011]. Selama ini batang sawit hanya ditebang begitu saja, dibakar atau dibiarkan melapuk dilapangan dan belum ada pemanfaatan yang optimal sehingga dapat mencemari lingkungan yang selanjutnya menjadi limbah.

Padahal batang sawit sendiri memiliki kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin yang besar membuat limbah batang sawit sangat potensial untuk dimanfaatkan sebagai sumber biomassa yang dapat dikonversi menjadi *bio oil* melalui proses pirolisis.

Provinsi Riau mempunyai sumber daya alam yang sangat melimpah seperti lempung alam. Di Kabupaten Kuantan Singingi khususnya, lempung jenis kaolinit diperkirakan terdapat sekitar 562.500 m³ yang tersebar di daerah Desa Air buluh dan Desa Pangkalan [Bahri dan Rivai, 2010]. Lempung alam telah dimanfaatkan menjadi material baru yang lebih berguna yaitu salah satunya sebagai katalis [Darmawan, 2004]. Lempung ini biasa disebut zeolit dua dimensional karena strukturnya berpori-pori menyerupai zeolit akan tetapi karakteristik lempung sebagai material dua dimensional masih tampak sehingga lempung ini bersifat lebih fleksibel dibanding zeolit [Istinia dkk, 2002]. Pengembangan Ni.Mo pada zeolit memberikan efektifitas katalis yang baik [Siswodiharjo, 2006]. Dalam katalis Ni.Mo zeolit ditemukan bahwa logam Ni dan Mo terdistribusi didalam dan diluar rongga zeolit, serta mempunyai keasaman yang lebih tinggi dari pada katalis dengan logam tunggal [Trisunaryanti, 2005]. Tujuan penelitian ini adalah Menentukan pengaruh jumlah rasio katalis : biomassa batang sawit terhadap *yield bio oil* yang dihasilkan dan menentukan karakteristik sifat fisika dan kimia *bio oil* yang dihasilkan.

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, (NH₄)₆Mo₇O₂₄. 4H₂O, BaCl₂, aquades, gas N₂, O₂, dan H₂, batang sawit dan silinap 280M (*thermo oil*). Sedangkan alat yang digunakan berupa lumpang, 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, gelas piala, pengaduk listrik (*Heidolph*), bom

kalorimeter, dan Gas kromatografi-Spektroskopi Massa (GC-MS). Tahapan penelitian terdiri dari pembuatan katalis Ni.Mo/Lempung, persiapan batang sawit dan pembuatan *bio oil*.

1) Pembuatan Katalis Ni.Mo/ Lempung terdiri dari 4 tahap yaitu :

a. Perlakuan Awal Lempung

Sintesis Ni.Mo/Lempung Cengar mengacu pada prosedur yang telah dilakukan oleh Septriana (2006). Lempung ditumbuk dan dihaluskan kemudian diayak dengan ukuran ayakan -100+200 mesh untuk mendapatkan lempung dengan diameter partikel yang lebih kecil.

b. Aktivasi Lempung dengan Perlakuan H₂SO₄

Aktivasi lempung dengan cara refluks lempung cengar sebanyak 150 gram dalam larutan H₂SO₄ 1,2 M sebanyak 600 ml selama 6 jam pada suhu 50°C sambil diaduk menggunakan motor pengaduk dengan kecepatan 60 rpm pada reaktor alas datar volume 1 liter, kemudian sampel tersebut didiamkan selama 16 jam yang selanjutnya disaring dan dicuci berulang kali dengan menggunakan aquades sampai tidak ada ion SO₄²⁻ yang terdeteksi oleh larutan BaCl₂, *cake* dikeringkan pada suhu 120°C selama 4jam dalam oven.

c. Pengembangan (Impregnasi) Logam Ni dan Mo

Pengembangan (impregnasi) logam Mo dan Ni dengan cara sampel lempung yang telah diaktivasi dilarutkan dalam 500 ml (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O dan direfluks sambil diaduk pada suhu 60°C selama 6jam pada reaktor alas datar ukuran 1 L, kemudian disaring dan dicuci menggunakan aquades [Jusniwarlis, 2011]. Padatan yang diperoleh kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C selama 3 jam (diperoleh sampel Mo/Lempung Cengar). Sampel Mo/Lempung Cengar tersebut kemudian direfluks lagi dengan larutan NiCl₂.6H₂O pada suhu 90 °C dengan waktu yang sama yaitu 6 jam. Kemudian padatan yang telah diperoleh disaring, dicuci, dan dikeringkan dalam oven pada suhu 120 °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°C selama 6 jam sambil dialirkan gas nitrogen sebesar ±400 ml/menit, dilanjutkan dengan oksidasi pada suhu 400 °C menggunakan gas oksigen sebesar ±400 ml/menit selama 2 jam dan reduksi pada suhu 400 °C menggunakan gas hidrogen sebesar ±400 ml/menit selama 2 jam.

2) Tahap Persiapan Biomassa

Biomassa berupa batang sawit diperoleh dari perkebunan yang telah melakukan peremajaan. Selanjutnya batang sawit dicuci kemudian dijemur. Setelah itu dikeringkan dalam oven untuk menghilangkan kadar airnya sampai beratnya konstan. Biomassa tersebut kemudian dihaluskan dan diayak untuk memperoleh ukuran -40+60 mesh.

3) Tahap Penelitian

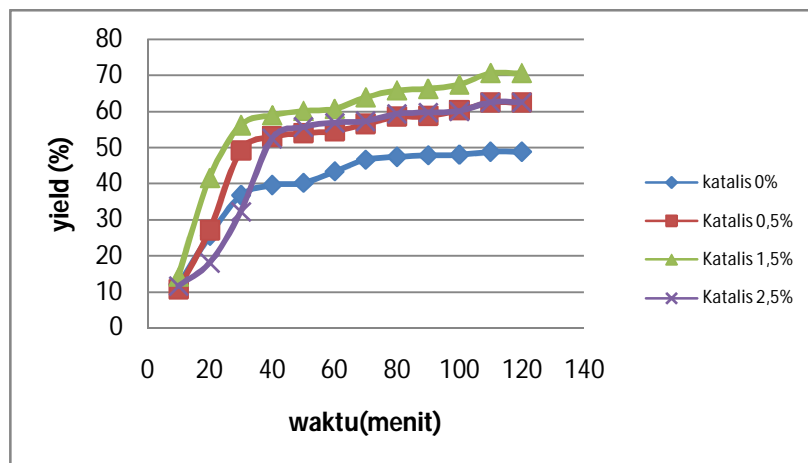
Biomassa sebanyak 50 gram dengan 500 ml *thermal oil* (silinap) dan variasi katalis Ni.Mo/Lempung Cengar dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis. Suhu pada pirolisis yaitu 330 °C [Sariyanto, 2012] tanpa

kehadiran oksigen dengan mengalirkan gas nitrogen ke dalam reaktor dari dalam tabung pada laju alir 1.3 mL/detik dengan tekanan yang rendah. Selanjutnya diaduk dengan pengaduk listrik (*Heidolph*) pada kecepatan pengadukan 300 rpm selama 2 jam dan aliran air dengan menggunakan kondensor. *Bio oil* ditampung dalam *Beaker Glass*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Persentasi Katalis Ni.Mo/ Lempung Cengar Terhadap Yield Bio oil yang Dihasilkan

Pengaruh persentase katalis diharapkan dapat mempengaruhi *yield bio oil* yang dihasilkan. *Bio oil* dihasilkan dengan menggunakan proses pirolisis pada suhu 330 °C dan massa bio oil yang diperoleh dihitung setiap 10 menit secara berkala. Proses pirolisis membutuhkan waktu 120 menit sampai *bio oil* tidak menetes lagi. Variasi katalis Ni.Mo/ Lempung Cengar yang digunakan yaitu 0%; 0,5%; 1,5%; dan 2,5% b/b terhadap batang sawit. Perolehan *yield bio oil* setiap variasi katalis dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Grafik Pengaruh Persentasi Katalis Ni.Mo/Lempung Cengar terhadap *Yield Bio oil* yang Dihasilkan pada Suhu 330 °C

Proses pirolisis pada gambar 3.1 menunjukkan bahwa *yield bio oil* yang dihasilkan tanpa menggunakan katalis adalah sebesar 48,77%. Sedangkan dengan menggunakan variasi katalis 0,5 dan 1,5% b/b

terjadi peningkatan *yield bio oil*. Adapun perolehan *yield bio oil* pada penggunaan katalis Ni.Mo/ Lempung Cengar 0,5% b/b adalah sebesar 62,45% dan dengan menggunakan katalis Ni.Mo/ Lempung Cengar 1,5% b/b diperoleh *yield bio oil*

optimum sebesar 70,54%. Peningkatan *yield bio oil* ini disebabkan semakin meningkatnya persentase katalis Ni.Mo/Lempung Cengar yang digunakan sehingga semakin luas media kontak antara fasa aktif dengan reaktan yang menyebabkan terjadinya reaksi dekomposisi atau pemutusan ikatan dari selulosa, hemiselulosa dan lignin yang semakin besar pada rongga katalis.

Katalis Ni.Mo/Lempung Cengar dapat menurunkan energi aktivasi reaksi pada proses pirolisis. 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. Sehingga dengan meningkatnya jumlah katalis Ni.Mo/Lempung Cengar 0,5% dan 1,5% b/b dapat menghasilkan *yield bio oil* yang semakin besar.

Pada penggunaan katalis Ni.Mo/Lempung Cengar 2,5% terjadi penurunan *yield bio oil* yaitu sebesar 62,52%. Hal ini diperkirakan dapat terjadi karena semakin banyak terbentuknya produk gas yang tidak terkondensasi [Gan,2012]. Logam Ni yang

diimbangkan cenderung selektif terhadap pemutusan rantai C-C dan C-H [Vang dkk, 2005], akibatnya semakin banyak fraksi-fraksi hidrokarbon rantai pendek yang terbentuk dan tidak dapat dikondensasikan oleh air pada suhu kamar, sehingga *yield bio oil* yang dihasilkan menjadi lebih kecil dan *yield gas* yang dihasilkan semakin besar. Namun secara keseluruhan penambahan jumlah katalis Ni.Mo/Lempung Cengar pada proses pirolisis dapat meningkatkan *yield bio oil* yang dihasilkan dibandingkan tanpa menggunakan katalis. Hanya pada penambahan katalis 2,5% *yield* produk *bio oil* yang dihasilkan lebih sedikit dibandingkan *yield* produk gas. Pada penambahan katalis Ni.Mo/Lempung Cengar 1,5% b/b terhadap biomassa batang sawit dengan suhu pirolisis 330 °C merupakan kondisi optimum yang dapat menghasilkan *yield bio oil* paling besar.

3.2 Hasil Karakterisasi Fisika *Bio oil*

Hasil uji karakteristik sifat fisika *bio oil* dari batang sawit menggunakan katalis Ni.Mo/Lempung Cengar sebanyak 0%, 0,5%, 1,5%, 2,5% b/b terhadap biomassa batang sawit secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hasil Uji Karakteristik *Bio oil* dari batang Sawit

Persentase Katalis Ni.Mo/Lempung Terhadap Batang sawit	Densitas (gr/ml)	Viskositas (cSt)	Titik nyala (°C)	Angka keasaman (gr NaOH/gr sampel)	Yield (%)
0%	1,003	10,38	50	45,79	48,77
0,5%	0,986	10,92	52	64,26	62,45
1,5%	0,988	10,74	52	71,34	70,54
2,5%	1,002	11	49	62,44	62,52

Dari Tabel 3.1 dapat dilihat bahwa parameter yang digunakan untuk menentukan standar mutu *bio oil* adalah densitas, viskositas, titik nyala, dan angka keasamaan. Untuk hasil uji fisika berdasarkan *yield bio oil* optimum yaitu pada penggunaan katalis Ni.Mo/Lempung Cengar 1,5% terhadap batang sawit diperoleh densitas 0,988 gr/ml, viskositas 10,74 cSt, titik nyala 52°C, dan angka keasaman 71,34 gr NaOH/gr sampel.

Untuk nilai densitas *bio oil* terendah diperoleh pada penggunaan katalis Ni.Mo/Lempung Cengar 0,5% b/b yaitu sebesar 0,986 gr/ml, sedangkan nilai densitas tertinggi yaitu tanpa penggunaan katalis 0% b/b sebesar 1,003 gr/ml. Nilai densitas dipengaruhi oleh kandungan air yang terkandung didalam *bio oil*. Dengan densitas yang lebih kecil, penggunaan *bio oil* sebagai bahan bakar akan menguntungkan karena lebih ringan [Negri,

2012]. Viskositas *bio oil* yang paling rendah yaitu pada penggunaan katalis Ni.Mo/Lempung Cengar 0% yaitu sebesar 10,38 cSt, sedangkan viskositas yang paling tinggi yaitu pada penggunaan katalis Ni.Mo/Lempung Cengar 0,5% b/b yaitu sebesar 10,92 cSt, dengan viskositas yang lebih rendah akan lebih memudahkan proses pemindahan *bio oil* dari suatu tempat ke tempat yang lain. Titik nyala *bio oil* yang paling rendah yaitu pada penggunaan katalis 2,5% b/b sebesar 49 °C, sedangkan titik nyala yang paling tinggi yaitu pada penggunaan katalis 0,5 dan 1,5% b/b sebesar 52 °C, dengan titik nyala yang terlalu rendah dikhawatirkan dapat menyebabkan *bio oil* mudah terbakar pada suhu lingkungan. Untuk angka keasaman terendah diperoleh

dari *bio oil* tanpa menggunakan katalis sebesar 40,77 gr NaOH/gr sampel, sedangkan angka keasaman tertinggi yaitu pada penggunaan katalis 1,5% b/b sebesar 70,54 gr NaOH/gr sampel. Semakin rendah angka keasaman pada *bio oil*, maka semakin sedikit asam-asam organik yang terkandung pada *bio oil* [Sukiran, 2008].

Data Hasil perbandingan karakterisasi sifat fisika *Bio oil* dari batang sawit dengan menggunakan katalis Ni.Mo/ Lempung Cengar 1,5% b/b terhadap batang sawit dan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Hasil Perbandingan Sifat *Bio Oil* dengan Literatur

Parameter	Penelitian ini	Dynamotive 2011	Kesuma 2012	Jusniwarlis 2011
Densitas (gr/ml)	0,988	0,94-1,2	0,940	1,047
Viskositas (cSt)	10,74	4-78	9,667	27,34
Titik Nyala (°C)	52	48-67	51	55
Angka keasaman (gr NaOH /gr sampel)	71,54	-	57,021	79,70
Yield (%)	70,54	-	68,50	66,20

Dari Tabel 3.2 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*. Yield yang dihasilkan pada penelitian ini lebih besar di bandingkan dengan peneliti sebelumnya. Hasil uji karakteristik *bio oil*

dari batang sawit menggunakan katalis Ni.Mo/ Lempung Cengar sebanyak 0%; 0,5%; 1%; 1,5% terhadap batang sawit masih jauh dari karakteristik bahan bakar minyak seperti solar (spesifikasi Pertamina). Perbandingan hasil karakterisasi fisika *bio oil* dari penelitian ini dengan karakteristik fisika bahan bakar minyak berupa solar dapat dilihat pada Tabel 3.3.

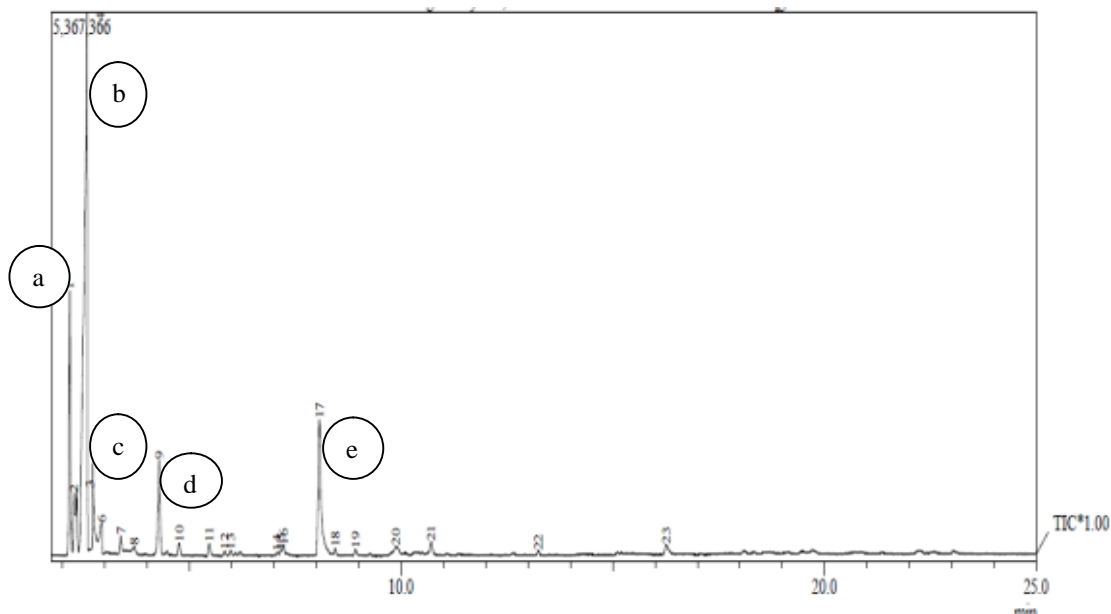
Tabel 3.3 Perbandingan Spesifikasi *Bio oil* dengan Spesifikasi Solar

Karakteristik	Solar	<i>Bio oil</i> Ni.Mo/lempung
Densitas (gr/ml)	0,82-0,87	0,986-1,003
Viskositas(cSt)	1,6 - 5,8	10,38-11
Angka Keasaman (gr NaOH/gr sampel)	-	45,79-71,34
Titik Nyala (⁰ C)	66 min	49-52

Dari Tabel 3.3 terlihat bahwa nilai densitas *bio oil* sebesar 0,986-1,003gr/ml lebih besar dibandingkan nilai densitas solar 0,82-0,87 gr/ml, begitu juga dengan nilai viskositas *bio oil* sebesar 10,24-22,83 cSt jauh lebih besar dari viskositas solar 1,6–5,8 cSt, dan nilai titik nyala pada *bio oil* sebesar 49-52 masih jauh dibawah titik nyala dari solar yaitu minimal pada suhu 66 ⁰C.

3.3 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 1,5% dilakukan analisa kimia berupa kromatografi gas-spektroskopi massa (GC-MS). Analisa GC-MS menghasilkan kromatogram yang menyatakan jumlah persentasi komponen kimia yang terkandung di dalam *bio oil*. Hasil kromatogram dari dua sampel *bio oil* dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3.

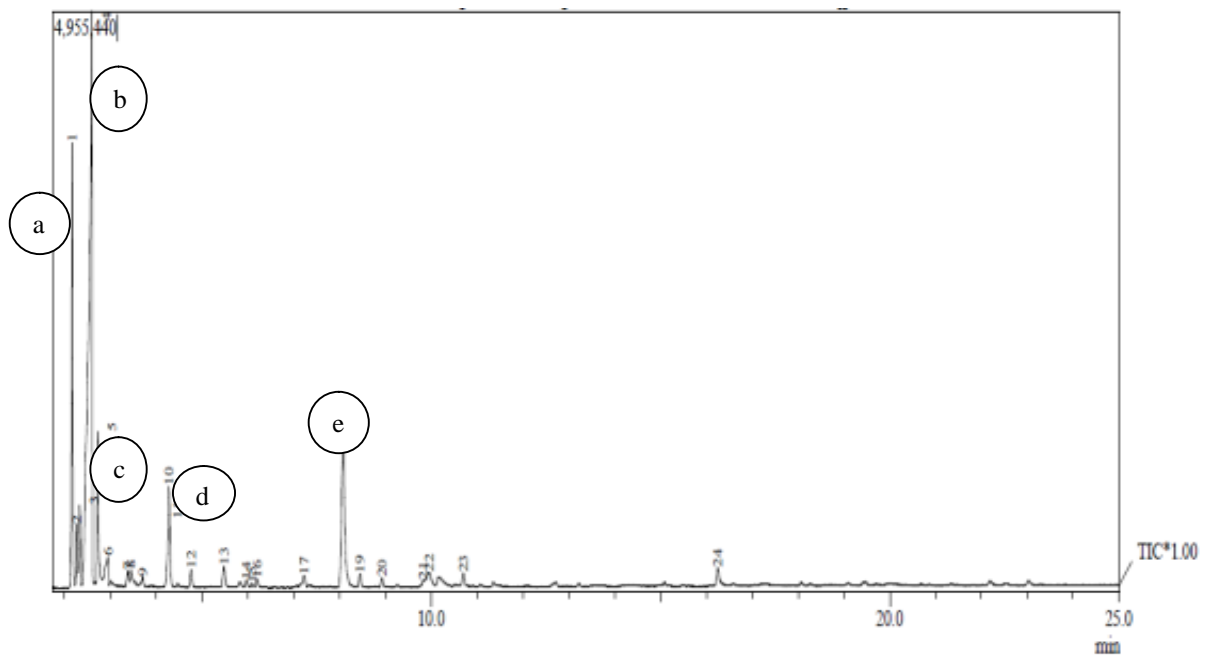


Gambar 3.2 Hasil Kromatogram GC *Bio oil* Batang Sawit dengan 0% katalis Ni.Mo/Lempung Cengar

Dimana :

a = 1-Propanol d = 2-Furancarboxaldehyde
 b = acetic Acid e = Phenol
 c = 2-Propanone

Hasil kromatogram *Bio oil* dengan menggunakan katalis Ni.Mo/Lempung Cengar 1,5 % terhadap biomassa batang sawit dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Hasil Kromatogram GC *Bio oil* Batang Sawit dengan 1,5 % katalis Ni.Mo/Lempung Cengar

Dimana:

a = *Oxiranemethanol* d = *Furfural*
 b = *acetic Acid* e = *Phenol*
 c = *2-Propanone*

Kromatografi GC pada gambar 3.2 dan 3.3 mempunyai 5 puncak tertinggi yang mempunyai luas area berturut-turut 10,41%; 52,17%; 6,19%; 12,99% pada gambar 3.2 dan 12,1%; 49,72%; 5,14%; 5,17%; 11,91% pada gambar 3.3. Dari analisa MS (Lampiran C) diketahui bahwa asam asetat merupakan komponen yang paling banyak terkandung dalam *bio oil* ini dengan jumlah 52,17 % dan 49,72 % sedangkan fenolnya 12,99% dan 11,91%. Asam asetat ini juga yang mempengaruhi terhadap sifat asam dari *bio oil* yang dihasilkan. Selain 5 puncak tertinggi tersebut, terdapat puncak-puncak lain yang teridentifikasi mengandung senyawa organik lainnya, seperti *2-Propanone*, *Propanoic Acid*, *Furanone*, dan beberapa turunan *Phenol*

lainnya. Sebagian besar komponen kimia yang terkandung di dalam *bio oil* ini merupakan hasil dekomposisi dari selulosa dan hemiselulosa. Hal ini dikarenakan batang 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 bahwa hasil puncak pada kromatogram *bio oil* tanpa menggunakan katalis dengan *bio oil* yang menggunakan katalis 1,5% b/b tidak jauh berbeda. Hal ini diperkirakan karena katalis Ni.Mo/Lempung Cengar yang digunakan pada proses pirolisis batang sawit kinerjanya kurang selektif.

Dari analisa GC-MS (Lampiran C), komponen kimia yang terkandung dalam *Bio oil* dapat dikelompokkan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Komponen Kimia yang Terkandung dalam *Bio oil*

Komponen Kimia <i>Bio oil</i>	Area (%)	
	0% katalis	1,5% katalis
Kelompok Asam	57,25	54,29
Kelompok Aldehid	6,46	6,29
Kelompok Keton	9,52	11,37
Kelompok Alkohol	11,79	13,26
Kelompok Furan	0,06	0,7
Kelompok Phenol	14,81	13,67
Senyawa lainnya	0,59	0,31

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 penggunaan katalis Ni.Mo/Lempung Cengar 1,5% b/b terhadap batang sawit dihasilkan *yield bio oil* optimum sebesar 70,54%.
- 2) Hasil karakterisasi sifat fisika *bio oil* Ni.Mo/Lempung Cengar 1,5% b/b memiliki karakteristik fisika yaitu densitas 0,988 gr/ml, viskositas 10,74 cSt, titik nyala 52 °C, dan angka keasaman 71,34 gr NaOH/gr sampel. Komponen kimia yang terkandung dalam *bio oil* adalah kelompok asam 54,29%, kelompok aldehid 6,29%, kelompok keton 11,37%, kelompok alkohol 13,26%, serta kelompok phenol 13,67%.

4.2 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 penelitian lanjutan berkaitan tentang produk samping berupa gas yang tidak berhasil terkondensasi denganantisipasi menggunakan *cooler* ataupun *waterbath*.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Ditujukan kepada rekan - rekan seperjuangan dan juga laboran yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Bahri, S., dan Rivai. R.** 2010, *Chemical Modification On Natural Clay And Its Application On Equilibrium Study OfThe Adsorption Of Pb²⁺ In Aqueous Solution*, Jurnal Sains dan Teknologi, Department of Chemical Engineering, 9(2): 49-54.
- Darmawan, A.,** 2004, *Hidrorengkah Fraksi Berat Minyak Bumi Menggunakan Katalis Lempung Terpillar Aluminium Berpengemban Nikel*, Laboratorium Kimia Anorganik Jurusan Kimia ,1(8).
- Gan, J.,** 2012, *Hydrothermal Conversion of Lignocellulosic Biomass To Bio Oils*. Mahattan. Department Biological and Agricultural Engineering College of Engineering. Kansas State Univesity
- Istina, Y., Rambat, Warjani, S.** 2002. *Penggunaan Cr₂O₃ Bentonit Sebagai Katalis Konverter Biofuel Menjadi Fraksi Benin*, Buletin Penalaran Mahasiswa UGM,2(10)
- Jusniwarlis.** 2011. *Efek Kandungan Logam Ni.Mo/NZA Pada Proses Pencairan Langsung Biomassa Menjadi Bio Oil*, Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru

- Negri,G,P.**, 2012, Konversi Pelepah Nipah menjadi Bio-oil Menggunakan Metode Pirolisis menggunakan Katalis CoMo/NZA, Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru
- Rubiandini**, 2011, Strategi Meningkatkan Ketahanan Energi, <http://www.Metrotvnews.com/read/analisdetail/2011/07/02/177/StrategiMeningkatkan-Ketahanan-Energi>, diakses pada 16 Maret 2012
- Sariyanto**,2012, Pirolisis Tandan Kosong Sawait Menjadi *Bio Oil* Dengan Katalis Ni.Mo/ZSM-5, Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru
- Siswodiharjo**, 2006. Reaksi Hidrorengkah Katalis Ni/Zeolit, Mo/Zeolit, Ni-Mo/Zeolit terhadap Pasrafin, Skripsi Sarjana, FMIPA UNS, Surakarta
- Sodikin**, 2011. Biomassa Sumber Energi Masa Depan Indonesia, <http://sodikin-mandala.blogspot.com/>. diakses pada_20 Oktober 2011
- Sukiran, M.A.B.** 2008. *Pyrolysis Of Empty Oil Palm Fruit Bunches using The Quartz Fluidised- Fixed Bed Reactor*. Dissertation, University of Malaya.
- Tardiyanto**. 2011. Pemanfaatan Kayu Kelapa Sawit, <http://satu-indonesia.raya.blogspot.com/>, 16 Mei 2012.
- Trisunaryanti, W., E. Triwahyuni dan S. Sudiono**.2005. Preparasi, Modifikasi dan Karakterisasi Katalis Ni-Mo/Zeolit Alam dan Mo-Ni/Zeolit alam. Teknoin, ISSN, 10(4): 269-282
- 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