

EBT 05

Pyrolysis Cangkang Sawit Menjadi *Bio-Oil* Menggunakan Katalis Ni/Lempung:
Pengaruh Kandungan Logam Ni Katalis Terhadap Produk Bio Oil

Syaiful Bahri, Atika Zuharniaty Kesuma dan Sunarno Laboratorium
Teknik Reaksi Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas
Riau Pekanbaru
sybahri2002@yahoo.co.uk

Abstrak

Minyak bumi sebagai sumber energi fosil yang sifatnya tidak dapat diperbaharui (non renewable) produksinya terus menurun setiap tahun. Sebaliknya, konsumsi produk olahan minyak bumi itu sendiri semakin meningkat, sehingga perlu di usahakan energi alternatif. Bio-oil merupakan salah satu solusi energi alternatif non fosil yang dapat dimanfaatkan sebagai pengganti minyak bumi. Riau mempunyai luas lahan sawit dan produsen sawit terbesar di Indonesia. Hal ini berdampak terhadap limbah padat cangkang sawit yang dihasilkan. Bio-oil dapat dihasilkan melalui proses pirolisis biomassa cangkang sawit menggunakan katalis Ni/lempung. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kinerja katalis Ni/lempung (0%, 1%, 3%, dan 5% b/b) terhadap yield bio-oil yang dihasilkan serta mengkarakterisasi sifat fisika dan kimianya. Pada penelitian ini cangkang sawit ukuran-40+60 mesh sebanyak 50 gram, katalis Ni/lempung 1,5 gram dan silinap 500 ml dilakukan pirolisis pada suhu 320°C. Dari hasil penelitian diperoleh yield optimum pada katalis 1% Ni/lempung, yaitu sebesar 68,50%. Sifat fisika yang diperoleh densitas 0,940 gr/ml, viskositas 9,677 cSt, angka keasaman 57,021 gr NaOH/gr sampel, nilai kalor 44,609 MJ/Kg, dan titik nyala 51°C. Hasil analisis dengan GC-MS, komponen kimia dominan pada bio-oil adalah phenol 30,49%, 2-propanone 1,52%, furfural 3,46%, cyclohexane 5,56%, dan acetic acid 47,33%.

Kata kunci : Bio-oil, Cangkang Sawit, Ni/lempung, Pirolisis

1.0 PENDAHULUAN

Industri kelapa sawit menghasilkan limbah padat berupa cangkang, serabut, batang, pelepah dan kernel sedangkan limbah cair berupa *sludge oil*. Limbah cangkang sawit dihasilkan sebanyak 6,5% per ton tandan buah segar [Deptan, 2006]. Maka dari industri sawit provinsi Riau akan menghasilkan 1246 ton/hari limbah cangkang sawit. Limbah cangkang sawit ini dapat ditingkatkan nilai ekonomis dengan mengolah lebih lanjut menjadi *bio-oil*.

Disamping itu di daerah Riau di Kecamatan Kuantan Mudik terdapat cadangan tanah liat 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. Adapun lempung kaolin cadangannya diperkirakan sekitar 562.500 m³ yang tersebar di daerah Desa Airbuluh dan Desa Pangkalan [Bahri dan Rahmat, 2010]. Lempung alam ini sudah banyak dimanfaatkan dalam berbagai penggunaan diantaranya sebagai adsorben, resin penukar ion, katalis, komposit, membran dan bahan

pembuat keramik. Sedangkan logam dengan pengemban lempung dapat dimanfaatkan sebagai katalis untuk menyempurnakan proses *pyrolysis* cangkang sawit menjadi *bio-oil*.

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

Penelitian ini merupakan *pyrolysis* cangkang sawit menjadi *bio-oil* menggunakan katalis Ni/lempung. Kadar logam yang diembankan yaitu 0, 1, 3 dan 5% b/b. Pemilihan lempung sebagai pengemban katalis disebabkan oleh sifat-sifat yang cocok sebagai pengemban meliputi struktur yang memiliki pori, stabilitas termal tinggi, luas permukaan besar, dan aktivitas katalitik yang baik. Disamping itu pengembanan logam Ni dapat meningkatkan hidrroengkah. Kombinasi antara logam Ni dengan lempung dapat meningkatkan luas permukaan dan stabilitas termal yang tinggi [Darmawan dkk, 2003]. Dengan demikian maka tujuan yang ingin dicapai yaitu, mempelajari kinerja katalis Ni/lempung (0%, 1%, 3%, dan 5% b/b) terhadap *yield bio-oil* serta menentukan sifat fisika dan kimia *bio-oil* yang dihasilkan.

2.0 METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah lempung dari daerah Desa Cengar, Kecamatan Kuantan Mudik, Kabupaten Kuantan Singingi, H_2SO_4 1,2 M, $Ni(CH_3COO)_2 \cdot 4H_2O$, $BaCl_2$, aquades, gas N_2 , O_2 , dan H_2 , cangkang sawit dan silinap 280M (*thermo oil*). Sedangkan alat yang digunakan berturut turut yaitu lumpang porselin, pengayak 40, 60, 100 dan 200 mesh, reaktor alas datar ukuran 1 L, satu set motor pengaduk, oven, *furnace tube*, timbangan analitik, gas N_2 , O_2 dan H_2 , 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/lempung dan pembuatan *bio-oil*.

1. Perlakuan Lempung. Lempung ditumbuk dan diayak dengan ukuran ayakan -100+200 mesh dimana partikel yang diambil adalah partikel-partikel yang lolos pada pengayak 100 mesh dan tertahan pada pengayak 200 mesh.

Aktivasi Lempung dengan H_2SO_4 . Aktivasi lempung dilakukan 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 $BaCl_2$, lalu *cake* yang didapat dikeringkan pada suhu $120^\circ C$ selama 4 jam dalam oven.

Pengembanan Logam Ni. Pengembanan (impregnasi) logam Ni dilakukan dengan cara sampel lempung yang telah diaktivasi disuspensikan dalam 500 ml $Ni(CH_3COO)_2 \cdot 4H_2O$ dan direfluks pada suhu $90^\circ C$ selama 6 jam sambil diaduk pada reaktor alas datar ukuran 1 L, kemudian disaring dan dicuci. *Cake* yang dihasilkan kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu $120^\circ C$ selama 3 jam (diperoleh sampel katalis Ni/lempung). Larutan impregnasi divariasikan 0%, 1 %, 3 % dan 5% b/b terhadap sampel lempung.

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. Kemudian *Tube* ditempatkan dalam *tube furnace* secara vertikal, dan dikalsinasi pada suhu 500°C selama 7 jam sambil dialirkan gas nitrogen sebesar ±400 ml/menit, kemudian dilanjutkan dengan oksidasi pada suhu 400 °C menggunakan gas oksigen sebesar ±400 ml/menit selama 2 jam dan akhirnya direduksi pada suhu 400 °C menggunakan gas hidrogen sebesar ±400 ml/menit selama 2 jam.

2.Pembuatan *Bio-oil*. Tahap Persiapan Biomassa. Pada tahap ini, biomassa berupa cangkang sawit 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.

Tahap Penelitian. Biomassa yang telah dihaluskan sebanyak 50 gram beserta 500 ml *thermal oil* (siliap) dan katalis Ni/lempung 1,5 gram, dimasukkan ke dalam reaktor *pyrolysis*. Selanjutnya proses *pyrolysis* dilakukan pada suhu 320°C tanpa kehadiran oksigen dengan mengalirkan gas nitrogen 1,35 mL/detik. Selama proses berlangsung dilakukan pengadukan dengan pengaduk listrik (*Heidolph*) pada kecepatan pengadukan 300 rpm selama waktu tertentu hingga tidak ada lagi *bio-oil* yang menetes pada kondensor. Selama proses kondensasi kondensor dialiri air secara counter current sebagai media pendingin. *Bio-oil* yang dihasilkan ditampung dalam gelas piala.

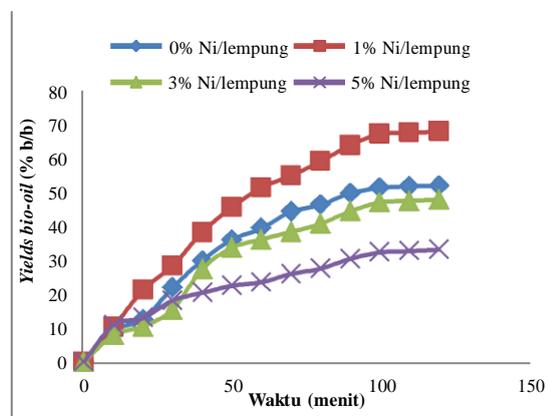
Selanjutnya *bio-oil* yang dihasilkan dianalisa sifat fisika seperti densitas, viskositas, angka keasaman, nilai kalor, dan titik nyala, serta dilakukan analisa kimia menggunakan GC-MS untuk mengetahui komponen kimia yang terkandung pada *bio-oil*.

3.0 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh kadar logam Ni pada katalis terhadap *yield bio-oil*.

Pengaruh pengembanan logam Ni pada katalis diharapkan dapat meningkatkan *yield bio-oil*. Selama proses *pyrolysis* berlangsung *bio-oil* yang dihasilkan diukur volumenya pada rentang waktu setiap 10 menit dari tetesan awal sampai tidak ada lagi *bio-oil* yang menetes. Pada penelitian ini lama proses *pyrolysis* berlangsung selama 120 menit.

Untuk menentukan pengaruh kadar logam Ni yang diembankan pada katalis terhadap *yield bio-oil* yang diperoleh digunakan variasi kadar logam 0% ; 1% ; 3% dan 5% b/b. Hasil yang dapat disajikan pada Gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1 Pengaruh variasi kadar logam Ni pada katalis terhadap hasil *bio-oil*.

Dari gambar 3.1 terlihat bahwa pengembanan logam Ni mempengaruhi *yield* yang didapat. Hal ini dapat dilihat dari *yield bio-oil* yang diperoleh pada pengembanan logam 1% Ni/lempung yaitu sebesar 68,5%. Perolehan *yield bio-oil* tersebut lebih besar dibandingkan *yield* yang diperoleh tanpa penggunaan logam pengembanan (0% Ni/lempung) yaitu sebesar 52,48%. Hal ini kemungkinan disebabkan adanya logam Ni pada lempung akan memperbesar kemungkinan terjadinya reaksi dekomposisi selulosa, hemiselulosa dan lignin pada rongga katalis yang menyebabkan *yield bio-oil* semakin besar.

Salah satu faktor penting yang dapat mempercepat laju reaksi adalah katalis. Katalis Ni/lempung memiliki stabilitas yang tinggi terhadap asam dan tahan terhadap suhu tinggi. Dengan penggunaan katalis Ni/lempung 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 logam Ni pada lempung menyebabkan *yield bio-oil* yang dihasilkan semakin besar.

Namun pada pengembanan logam Ni sebanyak 3% dan 5% b/b terjadi penurunan *yield bio-oil* yang dihasilkan. *Yield* yang dihasilkan dari pengembanan logam Ni 3% b/b yaitu sebesar 48,36% dan sedangkan pada pengembanan logam 5% b/b sebesar 33,4%. Secara teori seharusnya dengan penambahan jumlah logam Ni dalam katalis akan menyebabkan energi aktivasi semakin kecil dan kecepatan reaksi semakin besar sehingga *yield bio-oil* yang dihasilkan juga semakin besar namun pada penelitian ini justru sebaliknya. Hal ini diperkirakan terjadi karena semakin banyaknya produk gas yang tidak terkondensasi sehingga *yield bio-oil* rendah. Logam Ni yang diembankan 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 pada kondensor oleh air sebagai media pendingin pada suhu kamar, sehingga *yield bio-oil* yang dihasilkan 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 Ni/lempung 3% dan 5% b/b menyebabkan *yield* produk *bio-oil* yang dihasilkan lebih sedikit dari pada *yield* produk gas. Sehingga pada katalis 1% Ni/lempung merupakan kondisi optimum untuk menghasilkan *yield bio-oil* terbesar pada penelitian ini.

3.2 Sifat Fisika *Bio-oil*

Hasil uji sifat fisika *bio-oil* dari cangkang sawit menggunakan katalis dengan logam pengembanan sebanyak 0%, 1%, 3% dan 5% b/b Ni terhadap lempung secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hasil Uji sifat fisika *Bio-oil* Cangkang Sawit

Katalis Ni/lempung	Densitas (gr/ml)	Viskositas (cSt)	Angka keasaman (gr NaOH/gr sampel)	Nilai Kalor (MJ/Kg)	Titik nyala (°C)	Yield (%)
0%	0,935	5,390	31,932	19,291	50	52,48
1%	0,940	9,677	57,021	44,609	51	68,50
3%	0,956	2,633	68,425	42,669	56	48,36
5%	0,950	2,704	75,268	39,085	45	33,40

Tabel 3.1 menunjukkan bahwa penggunaan katalis Ni/lempung pada proses pirolisis cangkang sawit dapat meningkatkan kualitas *bio-oil* seperti densitas, viskositas, angka keasaman, nilai kalor dan titik nyala yang menjadi standar mutu *bio-oil*. Nilai densitas *bio-oil* pada penelitian ini lebih rendah dari nilai densitas air, sehingga lebih mendekati nilai densitas bahan bakar, misalnya bensin yang mempunyai densitas 0,810-0,9360 gr/ml. Nilai densitas pada penggunaan katalis 1% Ni/lempung lebih besar dibandingkan nilai densitas pada katalis 0% Ni/lempung. Hal ini menunjukkan bahwa adanya pengembunan logam Ni pada lempung dapat meningkatkan nilai densitas *bio-oil*. Semakin meningkat densitas *bio-oil*, maka *bio-oil* tersebut banyak mengandung senyawa hidrokarbon dengan berat molekul yang besar.

Viskositas *bio-oil* dengan penggunaan Ni 1% lebih besar dibandingkan penggunaan tanpa Ni atau 0% Ni/lempung. Viskositas yang tinggi disebabkan karena semakin besarnya jumlah lignin yang terdekomposisi. Dimana dekomposisi lignin akan menghasilkan senyawa *phenol* dan komponen kimia lainnya dengan berat molekul yang tinggi [Yi, 2008]. Namun viskositas pada penggunaan katalis 3% dan 5% Ni/lempung terjadi penurunan. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh dekomposisi selulosa yang menghasilkan senyawa H₂O (*water*) lebih besar dibandingkan senyawa yang dihasilkan dari dekomposisi komponen lignin.

Secara literatur diketahui bahwa *bio-oil* tersusun dari banyak senyawa asam, hal ini tentu saja akan mempengaruhi terhadap angka keasaman dari *bio-oil* tersebut. Angka keasaman *bio-oil* yang dihasilkan dari proses dengan katalis Ni 1% lebih besar dibandingkan *bio-oil* hasil proses katalis tanpa logam Ni. Semakin besar persentase logam Ni yang diembankan pada lempung menyebabkan angka keasaman yang semakin besar pula. Hal ini disebabkan dekomposisi komponen holoselulosa yang menghasilkan senyawa organik bersifat asam yang besar. Sifat yang terlalu asam ini juga tidak baik dalam hal penyimpanan *bio-oil* yang nantinya akan berdampak terhadap sifat korosif bagi tempat penyimpanan yang terbuat dari logam.

Nilai kalor *bio-oil* pada katalis 1% Ni/lempung lebih besar dibandingkan nilai kalor dengan katalis tanpa logam pengembunan. Hal ini dikarenakan banyaknya kandungan senyawa hidrokarbon aromatik yang terdapat pada *bio-oil* dengan pengembunan logam Ni 1% b/b. Adanya pengembunan logam Ni pada lempung menyebabkan katalis menjadi lebih selektif terhadap senyawa-senyawa bahan bakar seperti hidrokarbon yang memiliki nilai kalor tinggi. Semakin besar nilai kalor, maka kualitas bahan bakar semakin baik karena kadar karbon yang dimiliki semakin besar, [Onu, 2010].

Titik nyala *bio oil* yang diperoleh pada penelitian ini berkisar 45-56 °C. Titik nyala pada *bio oil* yang dihasilkan pada proses dengan katalis 1% Ni/lempung lebih tinggi

dibandingkan pada tanpa katalis. Hal ini mungkin disebabkan kandungan hidrokarbon aromatik seperti senyawa *phenol* lebih tinggi pada proses dengan katalis Ni 1% b/b dibanding dengan proses katalis tanpa logam Ni. Besarnya senyawa hidrokarbon aromatik akan meningkatkan nilai oktan suatu bahan bakar.

Perbandingan hasil uji sifat fisika *bio-oil* dari cangkang sawit menggunakan katalis dengan logam Ni 1% dibandingkan dengan hasil *bio-oil* dari peneliti terdahulu yang menggunakan bahan dan katalis yang berbeda. Tabel perbandingan sifat fisika *bio-oil* dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Hasil Perbandingan Spesifikasi *Bio-oil*

Peneliti	Sifat sifat Fisika				
	Densitas (gr/ml)	Viskositas (cSt)	Angka keasaman (gr NaOH atau gr KOH/gr sampel)	Nilai Kalor (MJ/Kg)	Titik nyala (°C)
Kesuma, 2012	0,940	9,677	57,021*	44,609	51
Negri, 2012	1,078	10,04	85,59*	-	49
Anugra, 2011	1,030	25,93	62,43*	-	52
Yenti, 2011	0.998	10.37	68.65*	-	52
Hassan, 2009	-	137,9	18,1*	24,47	
Khor, 2009	1,205	13,52	102,9**	31,44	65
Smalwood, 2008	0,94 – 1,2	8,13-150	-	-	48-55
Sukiran, 2008	0,88 – 1,0	-	62,19 - 92,392**	-	-

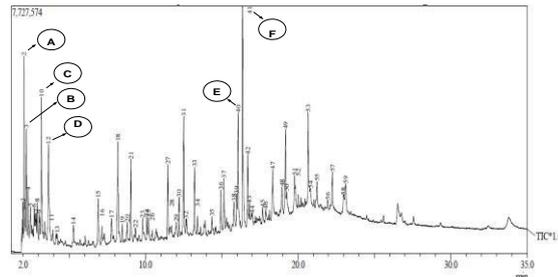
* Angka keasaman (gr NaOH/gr sampel)

** Angka keasaman (gr KOH/gr sampel)

Tabel 3.2 menunjukkan bahwa uji sifat fisika *bio-oil* seperti densitas, viskositas, angka keasaman, dan titik nyala yang didapat pada penelitian ini tidak jauh berbeda dengan yang dihasilkan oleh peneliti sebelumnya, namun nilai kalor yang diperoleh memiliki perbedaan yang sangat signifikan.

3.3 Analisa Kimia *Bio-oil*

Bio-oil yang dihasilkan dari proses pyrolisis dengan penggunaan katalis tanpa kandungan Ni dan Ni 1% selanjutnya dilakukan analisa kimia dengan kromatografi gas-spektroskopi massa (GC-MS). Dari hasil analisis GC-MS diperoleh kromatogram yang menyatakan jumlah komponen kimia yang terkandung di dalam *bio-oil*. Hasil kromatogram dari dua sampel *bio-oil* tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Kromatogram *Bio-Oil* hasil proses pyrolisis dengan katalis tanpa kandungan logam Ni

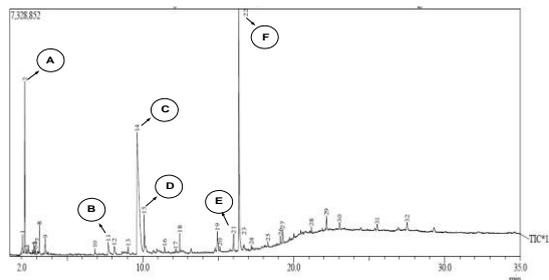
Dimana :

A = 1-Pentene D = Nonane

B = Acetic Acid E = 3-Butene

C = Cyclohexane F = Phenol

Dan kromatogram *bio-oil* dari proses pyrolisis menggunakan katalis dengan kandungan Ni 1% disajikan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Kromatogram *Bio-Oil* Hasil Proses Pyrolisis Menggunakan Katalis Dengan Ni 1%

Dimana :

A = Acetic Acid D = Furfural

B = 2-Propanone E = Cyclohexane

C = Acetic Acid F = Phenol

Dari khromatogram diperoleh komponen yang paling dominan didalam *bio-oil* dari proses pyrolisis cangkang sawit dengan katalis tanpa dan dengan kandungan logam Ni 1% b/b dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Senyawa dominan dalam *Bio-oil* hasil proses pyrolisis Cangkang Sawit tanpa dan dengan katalis dengan logam Ni 1%

Katalis		Jumlah senyawa	Senyawa yang paling dominan
Support	Logam Ni		
Lempung	0%	59	1-pentene 13,15%, Cyclohexane 18,38%, Nonane 7.91%

			3-butane 26,84%, Phenol 11,7%, Acetic acid 4,18%
Lempung	1%	32	Acetic acid 47,33%, 2- propanone 1,52%, Furfural 3,46%, Cyclohexane 5,56%, Phenol 30,49%

Terlihat bahwa proses dengan menggunakan katalis dengan Ni 1% dapat memperkecil jumlah senyawa kimia pada *bio-oil* dari 59 senyawa kimia menjadi 32 senyawa kimia. Hal ini membuktikan bahwa pengembanan logam Ni pada suatu permukaan padatan penyangga seperti lempung akan menghasilkan katalis dengan selektifitas yang baik dalam suatu reaksi [Bakri dkk.,2008]. Sebagian besar komponen kimia yang terkandung di dalam *bio-oil* ini 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 320 °C, hanya sebagian kecil komponen lignin yang berhasil terdekomposisi misalnya menghasilkan senyawa *phenol*. Pada penggunaan katalis dengan kandungan Ni 1% menghasilkan senyawa *phenol* jauh lebih besar dibandingkan pada proses tanpa katalis yaitu dari 11,7% menjadi 30,49%. Adanya pengembanan logam Ni pada lempung membuktikan bahwa katalis Ni/lempung mampu memfasilitasi pemotongan (dekomposisi) rantai panjang komponen selulosa, hemiselulosa dan lignin ke arah senyawa bahan bakar. Namun kandungan senyawa *phenol* pada katalis dengan kandungan logam Ni 1% masih jauh di bawah standar yang telah ditetapkan oleh BTG [2003], bahwa *bio-oil* dapat digunakan sebagai bahan bakar apabila kandungan senyawa *phenol* nya lebih besar dari 50%. Maka oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai *pyrolysis* biomassa untuk mendapatkan *bio-oil* dengan karakteristik sifat fisika dan kimia yang memenuhi standar *bio-oil* dan dapat menjadi sumber energi alternatif pengganti minyak bumi.

4.0 SIMPULAN

- Pengembanan logam Ni pada lempung sebagai katalis terbukti mempengaruhi *yield bio-oil*, adapun hasil yang diperoleh pada katalis dengan kandungan Ni 0%; 1%; 3% dan 5% berturut turut adalah 52,48%, 68,50%, 48,36%, 33,40%. *Yield bio-oil* yang terbesar diperoleh pada pengembanan logam Ni sebanyak 1% yaitu 68,50%.

- Uji sifat fisika *bio-oil* pada *yield* tertinggi yaitu katalis dengan kandungan Ni 1% diperoleh densitas 0,940 gr/ml, viskositas 9,677cSt, angka keasaman 57,021gr NaOH/gr sampel, nilai kalor 44,609 MJ/Kg, dan titik nyala 51°C.

- Hasil analisa kimia pada *bio-oil* dengan katalis dengan kandungan Ni 1% senyawa dominan yang diperoleh adalah *Acetic acid* 47,33%, *2-propanone* 1,52%, *Furfural* 3,46%, *Cyclohexane* 5,56%, *Phenol* 30,49%.

Daftar Pustaka

- Anugra, R.D., 2011, Efek Kandungan Logam Ni/NZA pada Proses Pencairan Langsung Biomassa menjadi Bio-oil, *Skripsi*, Universitas Riau.
- 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*, Jurnal Sains dan Teknologi 9 (2), September 2010: 49-54.
- Bakri, R., T. Utari., dan I.P Sari., 2008, *Kaolin Sebagai Sumber Sio₂ Untuk Pembuatan Katalis Ni/Sio₂: Karakterisasi Dan Uji Katalis Pada Hidrogenasi Benzena Menjadi Sikloheksana*, Makara, Sains, Volume 12, No. 1, April.
- Biomass Technology Group., 2003, *Bio-Oil Applications*, [http:// www.btgword.com](http://www.btgword.com), Diakses pada 20 September 2011
- 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/](http://eprints.undip.ac.id/23521/). Diakses pada 16 September 2011.
- DEPTAN, 2006, *Pedoman Pengelolaan Limbah Industri Kelapa Sawit*, Departemen Pertanian, Jakarta, 11-17.
- Hassan, E., P.H. Steele, B. Mitchell, dan L. Ingram., 2009, *Physical and Chemical Characterization of fast pyrolysis Bio-Oil Produced from Various Southern Forestry Feedstocks*, Forest Products Department, Mississippi State University.
- Khor, K.H., K.H. Lim dan Z.A. Zainal., 2009, *Characteristic of Bio-Oil : A By-Product from Slow Pyrolysis of Oil Palm Empty Fruit Bunches*, University Sains Malaysia.
- Negri, G, P., 2012. Konversi Pelepah Nipah menjadi Bio-oil Menggunakan Metode Pirolisis menggunakan Katalis CoMo/NZA, *Skripsi*, Universitas Riau.
- Onu, Favan., Sudarja, dan M.B.N, Rahman., 2010, *Pengukuran Nilai Kalor Bahan Bakar Briket Arang Kombinasi Cangkang Pala (Myristica Fragan Houutt) Dan Limbah Sawit (Elaeis Guenensis)*, Seminar Nasional Teknik Mesin UMY 2010.
- Riauterkini, 2012, *Kebun Sawit Rakyat di Riau Capai 1,1 Juta Hektar*, <http://www.riauterkini.com/usaha.php?arr=43212>, 30 Juli 2012.
- Smallwod, 2008, *Hydroprocessing of Pyrolysis Bio-oil to Fuel and Chemical*, Pacific Northwest National Laboratory, US Departemant of Energy.
- Sukiran, M.A.B., 2008, *Pyrolysis Of Empty Oil Palm Fruit Bunches using The Quartz Fluidised- Fixed Bed Reactor*, Dissertation, University of Malaya.
- Yenti, N., 2011. Konversi Ampas Tapioka menjadi Hidrokarbon Aromatik dengan Metode Pirolisis menggunakan Katalis NZA (Natural Zeolit deAluminated), *Skripsi*, Universitas Riau.
- Yi, L.X., 2008, Development and Charaterisation of Continuous Fast Pyrolysis of Oil Palm Shell for Bio-oil Production, *Tesis*, Universiti Teknologi Malaysia.