

KONVERSI PELEPAH NIPAH (NYPA FRUTICANS WURMB) MENJADI BIO-OIL DENGAN TEKNOLOGI PIROLISIS MENGGUNAKAN KATALIS NI/LEMPUNG

Muhammad Ismet, Syaiful Bahri, Yusnimar

Laboratorium Teknik Reaksi Kimia
Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Panam Pekanbaru
poetra_bungshu@yahoo.com

Abstract

Fuel oil is a natural resource, due that needs are very important. Fuels are non-renewable energy sources. Bio-oil is one of the alternative energy solutions that can be used as a substitute for petroleum. Riau province has palm plantation area of 75459.26 Ha and is also rich in natural resources such as the potential of natural clay. Bio-oil can be produced from a palm frond by using pyrolysis process with catalyst Ni/clay. This study aimed to determine the effect of the catalyst Ni/clay variation toward the biomass, the influence of variations developing of metal toward clay and characterization of physical and chemical properties to the yield of bio-oil product. In this study the pyrolysis process carried out at a temperature of 320°C, 500 ml silinap, biomass 50 grams with the size of -100+200 mesh sieve and the variation of catalyst Ni/clay by 0,4%, 0,5%, 0,6% w/w to the biomass and Ni metal carrier variation of 0%, 1%, 2%, 3% w/w of the clay. The research product bio-oil 72.072% of yields in 0,6% of catalyst and 1% of metal. The result of the analysis of physical properties of bio-oil obtained is the 0.924 gr/ml density, 2.351 cSt viscosity, acid number 70.218 mg NaOH/gr sample and 50°C flash point. Chemical properties analysis of bio-oil using GCMS (Gas Chromatography-Mass Spectroscopy) on the use of catalyst 0,6% and metal 1% obtained five dominant chemical compounds that are 2-Methylpropene 2.84%, 2,4,4-Trimethyl-1-pentene 3.84%, 2,2,4,4-Tetramethylpentane 6.78%, cyclohexane, 1-bromo-4-methyl 8.13% and 2,4,4-Trimethyl-2-pentene 5.11%.

Keyword: Bio-oil, pyrolysis, sheath Nipah, catalyst Ni / clay, Yield.

1. PENDAHULUAN

Bahan bakar minyak merupakan sumber daya alam yang kebutuhannya sangat penting. Bahan bakar merupakan sumber energi yang tidak terbaharukan (*non-renewable*) yang tingkat ketersediaannya semakin berkurang. Kebutuhan minyak bumi akan mengalami peningkatan seiring bertambahnya penduduk, sementara persediaan minyak bumi tersebut akan terus menurun seiring bertambahnya

kebutuhan energi. Menurut data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral tahun 2010, cadangan minyak bumi di Indonesia tidak akan lama, kontribusi minyak bumi terhadap kebutuhan energi nasional tinggal 20 persen pada 2025 (Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, 2010).

Oleh karena itu, untuk mengatasi masalah defisit energi tersebut, sudah saatnya untuk mengembangkan berbagai energi alternatif yang dapat

diperbaharui, yaitu dengan mengkonversikan biomassa menjadi *Bio-oil*. Biomassa yang digunakan untuk memproduksi *Bio-oil* dapat diperoleh dari limbah pertanian, hutan, perkebunan dan industri.

Tanaman nipah sangat banyak di Indonesia karena tanaman ini umumnya tumbuh di lingkungan hutan bakau atau daerah pasang surut dekat tepi laut.

Provinsi Riau juga kaya akan sumber daya alam yang sangat potensial seperti lempung alam. Di Kabupaten Kuantan Singingi diperkirakan terdapat sekitar 562.500 m³ lempung jenis kaolinit yang tersebar di daerah Desa Air Buluh dan Desa Pangkalan (Aulia, 2009). Lempung alam telah dimanfaatkan menjadi material baru yang lebih berguna, salah satunya sebagai katalis (Darmawan, 2004).

Penelitian ini akan dilakukan pirolisis pelepah nipah menjadi *bio-oil* menggunakan katalis Ni/lempung dengan variasi katalis 0,4%, 0,5% dan 0,6% b/b terhadap biomassa. Pada penelitian ini juga dilakukan variasi penggunaan pengemban logam Ni 0% (tanpa logam), 1%, 2%, dan 3% terhadap lempung. Penggunaan katalis logam pengemban pada proses pirolisis pelepah nipah diharapkan dapat meningkatkan *yield bio-oil* yang diperoleh. Temperatur pirolisis mengacu kepada temperatur optimum yang telah dilakukan oleh Surya (2014) yaitu pada suhu 320°C. Pemilihan lempung sebagai katalis dikarenakan struktur lempung yang mempunyai pori lebih besar dibandingkan zeolit, stabilitas termal tinggi, luas permukaan lebih luas, dan aktivitas katalitik yang baik (Darwanta dan Sriyanto, 2008).

Pirolisis berasal dari kata *Pyro* (*Fire/api*) dan *Lyo* (*Loosening/Pelepasan*) untuk dekomposisi termal dari suatu bahan organik. Jadi pirolisis adalah konversi

dari suatu bahan organik pada suhu tinggi dan terurai menjadi ikatan molekul yang lebih kecil atau pendegredasian panas pada biomassa tanpa oksigen. Pirolisis merupakan suatu bentuk insinerasi yang menguraikan bahan organik secara kimia melalui pemanasan dengan mengalirkan nitrogen sebagai gas *inert*. Uap organik kemudian dikondensasi menjadi cairan. Cairan hasil pirolisis dikenal sebagai *bio-oil* (Anugra, 2011).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan : Pembuatan katalis Ni/Lempung, Persiapan biomassa, Pembuatan *bio-oil*, dan Karakterisasi produk *bio-oil*.

1. Pembuatan katalis Ni/lempung terdiri dari 4 tahapan, yaitu:

Perlakuan awal lempung

Lempung yang sudah membatu digerus terlebih dahulu dalam lumpang porcelin untuk memperkecil ukuran partikel, kemudian diayak dengan ukuran ayakan -100+200 mesh.

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 dengan motor pengaduk pada reaktor alas datar volume 1 liter, kemudian sampel tersebut didiamkan dan selanjutnya disaring, kemudian dicuci menggunakan aquades berulang kali sampai tidak ada ion SO₄⁻² yang terdeteksi oleh larutan BaCl₂, *cake* dikeringkan pada suhu 110°C selama 4 jam dalam oven.

Impregnasi Logam Ni pada lempung

Pengembanan (impregnasi) logam Ni dengan cara lempung yang telah diaktivasi sebanyak 50 gram dilarutkan

dalam 200 ml ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) dan direfluks pada suhu 90°C selama 6 jam sambil diaduk pada reaktor alas datar ukuran 1 liter. *Cake* kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C , maka diperoleh sampel Ni/lempung. Pengembangan (impregnasi) logam Ni divariasikan sebesar 0% (tanpa logam), 1%, 2% dan 3% b/b terhadap lempung.

Kalsinasi, Oksidasi dan Reduksi

Selanjutnya katalis Ni/lempung diaktivasi dengan melakukan proses kalsinasi, oksidasi dan reduksi. Proses ini diawali dengan memasukkan katalis Ni/Lempung sebanyak 50 gram kedalam *tube* yang sebelumnya telah diisi dengan *porcelain bed* sebagai *heat carrier* dan penyeimbang unggun katalis, diantara *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, kemudian dilanjutkan dengan oksidasi pada suhu 400°C menggunakan gas oksigen sebesar ± 400 ml/menit selama 2 jam dan kemudian reduksi pada suhu 400°C menggunakan gas hidrogen sebesar ± 400 ml/menit selama 2 jam.

2. Persiapan Biomassa

Pada tahapan persiapan biomassa ini, biomassa yang berupa pelepah nipah dipotong kecil-kecil lalu dijemur sampai kering dibawah terik matahari, setelah itu biomassa tersebut dihaluskan dengan blender. Setelah itu biomassa diayak untuk memperoleh ukuran partikel yang diinginkan. Ukuran partikel yang akan diambil -100+200 mesh.

3. Pembuatan *Bio-oil*

Tahapan pembuatan *bio-oil* dari pelepah nipah dengan teknologi pirolisis menggunakan katalis Ni/lempung yaitu

biomassa yang berupa pelepah nipah yang telah dihaluskan sebanyak 50 gram beserta 500 ml *thermo-oil* (silinap) dan katalis Ni/lempung dimasukkan kedalam reaktor pirolisis. Perbandingan berat katalis dengan biomassa dilakukan dengan variasi 0,4%, 0,5% dan 0,6% dari berat biomassa. Proses pirolisis dilakukan pada suhu 320°C tanpa kehadiran oksigen dengan mengalirkan gas nitrogen dengan laju alir 1,35 ml/detik dari dalam tabung dengan tekanan yang rendah. Diaduk dengan pengaduk listrik (*Heidolph*) selama 2 jam. Kemudian terbentuk gas, gas yang terbentuk ini akan dikondensasi menggunakan kondensor sehingga dihasilkan *bio-oil*, selanjutnya *bio-oil* tersebut ditampung dalam *beaker glass*.

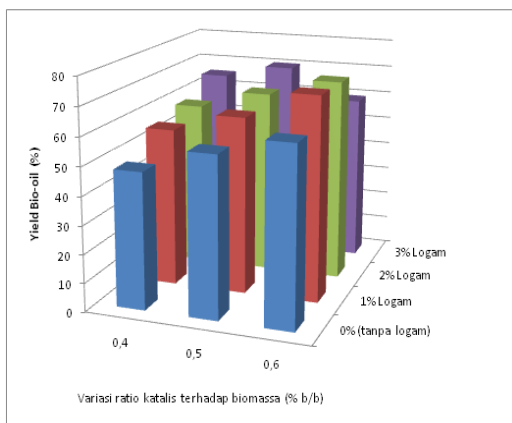
4. Karakterisasi Produk *Bio-oil*

Produk berupa *bio-oil* kemudian dikarakterisasi berdasarkan sifat fisika dan sifat kimianya. Analisa sifat fisika dari *bio-oil* meliputi densitas, viskositas, angka asam dan titik nyala. Kemudian analisa sifat kimia dari *bio-oil* dengan menggunakan *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GCMS).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh variasi ratio katalis Ni/Lempung dengan biomassa dan variasi persentase pengembangan logam Ni dengan lempung terhadap *Yield Bio-oil* yang dihasilkan.

Untuk mengetahui pengaruh dari variasi ratio katalis Ni/Lempung terhadap biomassa dan variasi persentase pengembangan logam Ni terhadap lempung pada perolehan *yield bio-oil*, dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1. Pengaruh variasi ratio katalis Ni/Lempung dengan biomassa dan variasi pengembanan logam Ni dengan lempung terhadap *yield bio-oil* yang dihasilkan.

Pada Gambar 3.1 dapat dilihat bahwa pengaruh variasi ratio katalis Ni/Lempung terhadap biomassa mempengaruhi *yield bio-oil* yang diperoleh. Semakin besar variasi ratio katalis Ni/Lempung terhadap biomassa, maka *yield bio-oil* yang diperoleh semakin meningkat. Kecuali pada penggunaan ratio katalis Ni/Lempung dengan pengembanan logam 3%, pada variasi ratio katalis Ni/Lempung 0,5% yaitu 70,136% menurun menjadi 59,356% pada variasi ratio katalis Ni/Lempung 0,6%. Hal ini disebabkan pada proses pirolisis uap organik banyak menghasilkan gas yang tidak terkondensasi (Adrian, 2012), dimana pada saat proses perengkahan lebih banyak menghasilkan fraksi-fraksi hidrokarbon ringan yang tidak dapat dikondensasi. Dengan semakin banyaknya jumlah katalis dan semakin besarnya kadar logam yang digunakan, memungkinkan semakin banyaknya fraksi-fraksi hidrokarbon rantai pendek yang terbentuk dan tidak dapat dikondensasikan oleh air pada suhu kamar, sehingga menghasilkan *yield bio-oil* yang semakin kecil. Ini disebabkan karena logam Ni yang diembankan cenderung selektif terhadap pemutusan rantai C-C dan C-H (Vang

dkk, 2005). Namun dilihat secara keseluruhan dengan adanya logam Ni yang diembankan pada lempung dapat meningkatkan *yield bio-oil* yang dihasilkan, karena adanya pengembanan logam Ni pada lempung akan memperbesar kemungkinan terjadinya reaksi dekomposisi selulosa, hemiselulosa dan lignin pada rongga katalis yang menyebabkan *yield bio-oil* semakin besar (Atika, 2012). *Yield bio-oil* yang paling maksimal diperoleh pada kondisi penggunaan ratio katalis Ni/Lempung 0,6% dengan pengembanan logam Ni 1% yaitu sebesar 72,072%.

3.2. Karakterisasi sifat fisika bio-oil

Hasil Analisa karakterisasi sifat fisika *Bio-oil* dari pelepah nipah menggunakan katalis Ni/Lempung secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1. Karakteristik fisika *Bio-oil* dari pelepah nipah

Kondisi Pirolisis		Densitas (gr/ml)	Viskositas (cSt)	Angka Asam (mg NaOH/gr sampel)	Titik Nyala (°C)	Yield (%)
Katalis (%)	Logam (%)					
0,4	0	0,857	1,769	80,529	52	47,992
	1	0,874	2,612	81,800	50	55,936
	2	0,774	2,245	85,428	52	58,824
	3	0,819	2,121	75,688	46	65,520
0,5	0	0,829	2,128	73,279	48	56,372
	1	0,892	2,084	75,516	48	62,440
	2	0,836	2,185	78,598	48	65,208
	3	0,797	1,821	83,999	50	70,136
0,6	0	0,866	3,339	73,021	46	62,352
	1	0,924	2,351	70,218	50	72,072
	2	0,85	2,165	79,734	46	71,400
	3	0,781	1,839	89,953	48	59,356

Pada Tabel 3.1 dapat dilihat analisa yang digunakan untuk menentukan karakteristik sifat fisika adalah densitas, viskositas, angka asam dan titik nyala. Untuk hasil analisa fisika berdasarkan *yield bio-oil* yang maksimal yaitu pada penggunaan katalis Ni/Lempung 0,6% terhadap pelepah nipah dan penggunaan pengembanan logam Ni 1% diperoleh densitas 0,924 gr/ml, viskositas

2,351cSt, angka asam 70,218 mg NaOH/gr sampel dan titik nyala 50⁰C.

Perbandingan hasil karakterisasi fisika *bio-oil* pelepah nipah pada *yield bio-oil* yang maksimal akan dibandingkan dengan hasil *bio-oil* dari peneliti terdahulu yang menggunakan biomassa dan katalis yang berbeda. Tabel perbandingan sifat fisika *bio-oil* dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Perbandingan spesifikasi *Bio-oil*

Peneliti	Biomassa	Katalis	Uji Sifat Fisika			
			Densitas (gr/ml)	Viskositas (cSt)	Angka Asam (mg NaOH/gr sampel)	Titik Nyala (°C)
Penelitian ini	Pelepah Nipah	Ni/Lempung	0,924	2,351	70,218	50
Adnan, 2012	Pelepah Nipah	NZA	1,048	8,258	87,520	58
Atika, 2012	Cangkang Sawit	Ni/Lempung	0,940	9,677	57,021	51
Surya, 2014	Pelepah Nipah	NiMo/Lempung	0,884	9,486	47,920	54

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

Perbandingan hasil karakterisasi fisika *bio-oil* dari pelepah nipah dengan karakteristik fisika bahan bakar minyak berupa solar (Spesifikasi Pertamina) dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3. Perbandingan spesifikasi *Bio-oil* dengan spesifikasi solar

Karakteristik	Solar	<i>Bio-oil</i> Pelepah Nipah Dengan Katalis Ni/Lempung
Densitas (gr/ml)	0,82 – 0,87	0,774 – 0,924
Viskositas (cSt)	1,6 – 5,8	1,769 – 3,339
Angka Keasaman (gr NaOH/gr sampel)	-	70,218 – 89,953
Titik Nyala	66	46 – 52

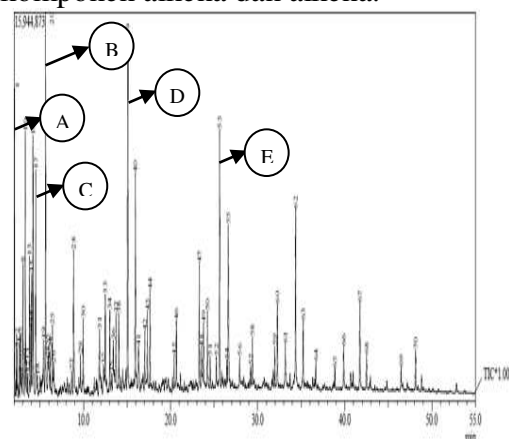
Pada Tabel 3.3 menunjukkan bahwa spesifikasi *bio-oil* yang yang diperoleh hampir sama dengan spesifikasi solar. Dimana range densitas dan viskositas *bio-oil* yang diperoleh termasuk kedalam range densitas dan viskositas solar. Namun titik nyala *bio-oil* yang diperoleh jauh berbeda dengan titik nyala dari solar.

3.3. Hasil analisa sifat kimia *bio-oil*

Berdasarkan hasil analisa sifat kimia *bio-oil* dilakukan dengan menggunakan GCMS. Berdasarkan data yang diperoleh dari analisis GCMS pada Gambar 3.6 dapat diketahui komponen-komponen kimia yang terdapat pada *bio-oil* yang dihasilkan pada penelitian ini.

Pada kondisi pirolisis dengan penggunaan katalis 0,6% dan pengembunan logam Ni 1%, komponen kimia terbesar yang terdapat pada *Bio-oil* adalah A=2-Methylpropene 2,84%, B=2,4,4-Trimethyl-1-Pentene 3,84%, C=2,2,4,4-Tetramethylpentane 6,78%, D=Cyclohexane, 1-bromo-4-methyl-8,13% dan E=2,4,4-Trimethyl-2-pentene 5,11%.

Dimana komponen kimia dari *Bio-oil* tersebut termasuk kedalam golongan komponen alkena dan alkena.



Gambar 3.2. Kromatogram *bio-oil* pelepah nipah dengan variasi katalis Ni/Lempung 0,6% dan pengembunan logam 1%

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pelepah Nipah dapat dikonversi menjadi *bio-oil* dengan katalis Ni/Lempung. Perlakuan variasi katalis Ni/Lempung terhadap biomassa dan variasi pengembangan logam Ni pada lempung berpengaruh terhadap *yield bio-oil* pelepah nipah yang dihasilkan. Semakin besar variasi katalis Ni/Lempung yang digunakan, maka semakin meningkat *yield bio-oil* yang dihasilkan. Semakin besar variasi pengembangan logam Ni, maka semakin meningkat *yield bio-oil* yang dihasilkan.

Karakteristik analisa sifat fisika *bio-oil* dengan menggunakan variasi katalis Ni/Lempung 6% terhadap biomassa dan pengembangan logam 1% terhadap lempung antara lain: Densitas 0,924 gr/ml, Viskositas 2,351 cSt, Angka Asam 70,218 mg NaOH/gr sampel dan Titik Nyala 50°C

Lima senyawa dominan hasil analisa kimia menggunakan GCMS (*Gas Chromatography-Mass Spectroscopy*) terhadap *Yield Bio-oil* dari pelepah nipah dengan penggunaan katalis 0,6% terhadap biomassa dan pengembangan logam 1% terhadap lempung adalah 2-Methylpropene (2,84%), 2,4,4-Trimethyl-1-pentene (3,84%), 2,2,4,4-Tetramethylpentane (6,78%), Cyclohexane, 1-bromo-4-methyl- (8,13%), dan 2,4,4-Trimethyl-2-pentene (5,11%).

5. DAFTAR PUSTAKA

Adrian, 2012. Studi Konversi Pelepah Nipah menjadi *Bio-oil* dengan Katalis *Natural Zeolite deAluminated* (NZA) pada Proses *Pyrolysis*, Skripsi, Teknik Kimia Universitas Riau, Pekanbaru.

Atika, 2012. *Pyrolysis Cangkang Sawit menjadi Bio-oil Menggunakan*

Katalis Ni/Lempung, Skripsi, Teknik Kimia Universitas Riau, Pekanbaru.

Aulia, 2009. Model Kesetimbangan Adsorpsi Cu+2 Oleh Lempung Alam Yang Dimodifikasi. Skripsi, Teknik Kimia Universitas Riau, Pekanbaru.

Darmawan, A., 2004, Hidrorengkah Fraksi Berat Minyak Bumi Menggunakan Katalis Lempung Terpilar Aluminium Berpengembangan Nikel, Laboratorium Kimia Anorganik Jurusan Kimia ,1(8).

Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, 2010, Upaya Pengembangan Energi Alternatif, Jakarta.

Dynamotive, 2012. Axens and Dynamotive to Develop and Commercialize Process for Upgrading Bio-Oil to Transportation Fuels. IFPEN. Canada

Mohan, D., C.U. Pittman, dan P.H. Steel. 2006. *Pyrolysis of Wood/Biomass for Bio-oil: A Critical Review.* *Jurnal Energy and Fuels* 20: 848-889.

Sukma, A.A., 2013, Pirolisis Kayu Ketapang (*Terminalia Catappal.*) Menjadi *Bio-oil* Menggunakan Katalis NiMo/NZA, Skripsi, Teknik Kimia Universitas Riau, Pekanbaru.

Surya, R., 2014, Konversi Pelepah Nipah Menjadi *Bio-oil* Dengan Variasi Katalis NiMo/Lempung Melalui Proses Pirolisis, Skripsi, Teknik Kimia Universitas Riau, Pekanbaru.

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