

Konversi Termal Kayu Ketapang (*Terminalia catappa*) Menjadi Bio-oil dengan Teknologi Pirolisis Menggunakan Katalis Ni/Lempung

Yopalim Zanstra¹, Syaiful Bahri² dan Amun Amri²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, ²Dosen Jurusan Teknik Kimia
Laboratorium Teknik Reaksi Kimia

Jurusan Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

*Email : yopalimzanstra@rocketmail.com

ABSTRACT

This research aims to produce bio-oil from ketapang (Terminalia catappa) as an alternative fuel. Variables studied the effect of the weight ratio of the catalyst Ni / clay to the biomass, the influence of the metal impregnation Nickel (Ni) on clay and characterization of physical and chemical properties of bio-oil produced. Pyrolysis process carried out at a temperature of 320°C, silinap 500 ml, 50 grams of biomass with + 100-200 mesh sieve size, variations in the catalyst Ni / clay to the biomass of 3%, 6% and 9% by weight and the variation of Ni metal Impregnation against Clay at 0% , 1%, 2%, 3%. The results was analyzed by using Gas Chromatography Mass Spectroscopy (GCMS) and showed the largest yield of bio-oil on the use of catalyst Ni/clay 6% by weight of the metal content of 3% at 71,1%. The physical properties characterization of bio-oil were obtained 0.79 g/ml for density, 2.1982 cSt for viscosity , 68.193 mg NaOH/g sample for acidity and 54°C for flash point. For the chemical properties characterization of bio-oil were obtained some dominant chemical components such as acetic acid , 2-propanone , glycidol, and 1-Hydroxy-3-sulpho-6-aminonaphthalene.

Keywords : Bio-Oil, Catalyst Ni/Clay, Ketapang, GCMS, Pyrolysis.

1. Pendahuluan

Ketergantungan Indonesia terhadap bahan bakar minyak (BBM) atau energi fosil umumnya telah menghadapi tantangan yang berat saat ini, data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral tahun 2010 menyatakan bahwa energi fosil di Indonesia tidak akan lama. Untuk minyak bumi diperkirakan akan bertahan sekitar 24 tahun lagi [Hasrul dan Unik, 2011]. Hal yang terbaik dilakukan ialah membuat inovasi baru lima tahun mendatang menghasilkan substitusi minyak bumi berbasis non-fosil (*go greener*). Indonesia semestinya memiliki potensi terbesar untuk itu, mendahului negara-negara lainnya memaksimalkan

produksi *bioenergy* atau *biofuel* berbasis *non-fossil*. Indonesia yang semula adalah net-exporter di bidang bahan bakar minyak (BBM) kini telah menjadi net-importer BBM sejak tahun 2000. Hal ini sungguh ironis karena terjadi pada saat harga minyak dunia tidak stabil dan cenderung mengalami peningkatan. Permasalahan yang kita hadapi dewasa ini meliputi tingginya harga bahan bakar fosil yakni minyak bumi yang mencapai lebih dari US\$105,80 per barel [ESDM.go.id]. Akibatnya pemerintah mengeluarkan kebijakan menaikkan harga bahan bakar minyak. Oleh karena itu, sudah saatnya Indonesia memutuskan ketergantungan terhadap sumber energi fosil

dan beralih kesumber energi alternatif berbahan baku nabati yang sifatnya terbarukan. Pada saat sekarang telah banyak dilakukan penelitian yang berkaitan dengan bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi, yaitu dengan mengkonversikan biomassa menjadi produk *bio-oil*. Kayu ketapang merupakan tanaman tropis dan menurut Thomson dan Evans [2006], kayu dari batang ketapang sangat cocok untuk dijadikan bahan bakar. Kayunya memiliki efek pembakaran yang sangat bagus dan memiliki kandungan kimia yang potensial untuk dijadikan bahan bakar alternatif, salah satunya yaitu *bio-oil*. Batang ketapang memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi, yaitu 41,80%. Dikarenakan ketapang merupakan tanaman tropis, maka di daerah Riau tidak akan sulit untuk mencari lahan sebagai tempat pembudidayaan ketapang (*Terminalia catappa*) sebagai bahan baku *bio-oil* nantinya.

Proses yang digunakan dalam memproduksi *bio-oil* adalah pirolisis. Pirolisis menguraikan bahan organik secara kimia melalui pemanasan dengan mengalirkan nitrogen sebagai gas inert. Uap organik kemudian dikondensasikan menjadi cairan. Cairan hasil pirolisis dikenal sebagai *bio-oil*. Proses pirolisis bahan organik berlangsung beberapa tahap yaitu pemanasan sampai dengan suhu 170°C terjadi kehilangan air dan pengeringan, dekomposisi hemiselulosa pada suhu 200-260°C, dilanjutkan dengan dekomposisi selulosa pada suhu 260-300°C dan dekomposisi lignin pada suhu di atas 300°C.

Untuk mempercepat terjadinya reaksi pada proses pirolisis maka diperlukan adanya katalis. Dalam sistem katalis bifungsional yang melibatkan fungsi logam dan pengemban sebagai katalis, maka masing-masing logam bimetal yang diemban memiliki fungsi masing-masing, yakni sebagai katalis dan promotor [Trisunaryanti *et al*, 2005]. Penempelan

logam pada lempung bertujuan untuk memperluas atau memperbanyak permukaan aktif (situs aktif). Teknik yang biasa digunakan adalah impregnasi.

Dalam penelitian ini digunakan Nikel (Ni) sebagai logam dalam pengemban Lempung. Berdasarkan penelitian Nugrahaningtyas *et al* [2008] menunjukkan bahwa aktivitas katalitik tertinggi dicapai pada kombinasi logam dengan pengemban yang menghasilkan katalis dengan berbagai macam fungsi. Hal ini terjadi, karena efek sinergis dari gabungan logam-logam tersebut dengan pengemban.

Pada penelitian ini akan dilakukan pirolisis kayu ketapang dengan menggunakan katalis Ni/lempung dengan variasi pengembanan logam Ni terhadap lempung sebesar 0; 1; 2; 3 % serta variasi berat katalis 3; 6 dan 9 % dari berat biomassa. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah memanfaatkan potensi kayu ketapang untuk dijadikan *bio-oil* sebagai bahan bakar alternatif. Menentukan pengaruh pengembanan logam Ni dan berat katalis Ni/lempung terhadap *yield bio-oil* serta karakteristik fisika dan kimia *bio-oil* yang dihasilkan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, yaitu:

2.1 Pembuatan katalis Ni/Lempung

Proses pembuatan katalis Ni/lempung dimulai dengan memperkecil ukuran lempung yang kemudian diayak dengan 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*.

Selanjutnya dilakukan proses aktivasi lempung dengan H₂SO₄. Sebanyak 150 gram lempung direfluks dalam 600 ml H₂SO₄ 1,2 N selama 6 jam pada suhu 50°C sambil

diaduk dengan motor pengaduk pada reaktor alas datar bervolume 1 liter, kemudian sampel didiamkan selama 16 jam dan selanjutnya disaring dan dicuci berulang kali menggunakan aquades sampai tidak ada ion SO_4^{2-} yang terdeteksi oleh larutan BaCl_2 , *cake* dikeringkan pada suhu 120°C selama 4 jam dalam oven dan kemudian didapatlah lempung teraktivasi.

Tahap berikutnya, dilakukan pengembunan (impregnasi) logam Ni sesuai variasi yang ditentukan (0%; 1%, 2% dan 3%) terhadap lempung. Proses dimulai dengan merefluks sampel lempung dan 500 ml $(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$ dalam reaktor alas datar ukuran 1 L pada suhu 90°C selama 6 jam sambil diaduk. Selesai di refluks, sampel dikeringkan dengan oven pada suhu 120°C . Didapatlah katalis Ni/lempung sesuai dengan persentase berat logam. Katalis Ni/lempung lalu dikalsinasi dimana 10 gram Ni/lempung dengan persentase logam Ni 0; 1; 2; dan 3%) dimasukkan ke dalam *tube* yang sebelumnya telah diisi dengan *porcelain bed* sebagai *heat carrier* dan diantara *porcelain bed* dengan unggun katalis diselipkan *glass woll* sebagai penyeimbang unggun katalis. *Tube* dipasang pada *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.

2.2 Proses Pembuatan Bio-oil

Biomassa berupa kayu ketapang dihaluskan untuk selanjutnya dikeringkan di bawah terik matahari, yang kemudian diayak dengan ayakan -100+200 *mesh*. Untuk tahapan pembuatan *bio-oil*, biomassa berupa kayu ketapang yang telah dihaluskan sebanyak 50 gram beserta 500 ml *thermo-oil* (silinap) dan katalis Ni/lempung dengan

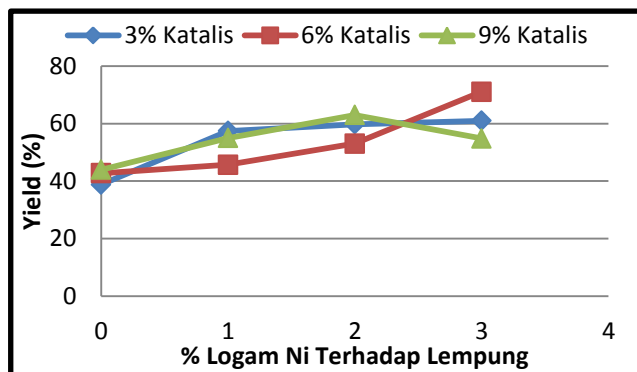
persentase (variasi 3%; 6% dan 9% terhadap biomassa) dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis. Proses pirolisis dilakukan pada suhu 320°C dengan mengalirkan gas nitrogen. Diaduk dengan kecepatan pengadukan 300 rpm selama 2 jam. Kemudian terbentuk gas, gas yang terbentuk ini akan di kondensasi menggunakan kondensor sehingga dihasilkan *bio-oil*.

Produk berupa *bio-oil* selanjutnya dikarakterisasi dengan melakukan analisa fisika (densitas, viskositas, titik nyala dan angka keasaman) dan analisa kimia (GC-MS).

3. Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Variasi Berat Katalis Ni/Lempung Terhadap Perolehan Yield Bio-Oil

Dilakukan proses pirolisis biomassa dari kayu ketapang selama 2 jam menggunakan suhu 320°C . Pengaruh variasi berat katalis Ni/lempung terhadap *yield bio-oil* yang dihasilkan pada proses pirolisis menggunakan berat katalis 3%, 6% dan 9% dapat dilihat pada Gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3.1 Pengaruh Berat katalis Ni/Lempung terhadap Yield Bio-Oil

Pada Gambar 3.1 dapat dilihat bahwa pengaruh variasi berat katalis Ni/lempung terhadap biomassa mempengaruhi *Yield bio-oil* yang diperoleh. Semakin besar variasi berat katalis Ni/lempung terhadap biomassa, maka *Yield bio-oil* yang diperoleh semakin meningkat. Kecuali pada penggunaan katalis

Ni/lempung dengan logam pengemban 3%, pada variasi berat katalis 6% Ni/lempung yaitu 71,1% menurun menjadi 54,808% pada variasi berat katalis Ni/lempung 9%.

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.

Peningkatan *yield bio-oil* ini disebabkan karena semakin meningkatnya persentase katalis Ni/lempung yang digunakan, sehingga semakin luas media kontak antara fasa aktif dengan reaktan yang menyebabkan terjadinya dekomposisi atau pemutusan ikatan dari selulosa, hemiselulosa dan lignin yang semakin besar pada rongga katalis

3.1 Hasil Karakterisasi Fisika *Bio-oil*

Hasil Karakterisasi Fisika *Bio-Oil* pada penelitian ini terhadap *Bio-Oil* Standar bisa dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 3.1 Perbandingan Karakteristik Fisika *Bio-oil* dari Kayu Ketapang dengan *Bio-oil* Standar

Parameter	<i>Bio-oil</i> dari Kayu Ketapang	<i>Bio-oil</i> Standard
Densitas (gram/ml)	0,806	0,94 - 1,21
Viskositas (cSt)	7,591	25 - 1000
Titik Nyala (°C)	45,9	55
Angka Asam (mg NaOH/gram sampel)	74,078	102,9

Untuk hasil analisa fisika berdasarkan *yield bio-oil* optimum, yaitu pada pengembanan logam Ni 3% dengan berat katalis Ni/lempung 6% terhadap biomassa (kayu ketapang) diperoleh densitas 0,79 gr/ml,

viskositas 2,19 cSt, titik nyala 54 °C dan angka asam 68,19 mg NaOH/gr sampel. Data hasil perbandingan karakterisasi sifat fisika *bio-oil* dari kayu ketapang, pada pengembanan logam Ni 3%, berat katalis Ni/lempung 6% terhadap biomassa (kayu ketapang).

Dari Tabel 3.1 terlihat bahwa karakteristik *bio-oil* dari kayu ketapang telah termasuk ke dalam *range* karakteristik dari *bio-oil* standar, namun viskositas yang didapat lebih kecil daripada viskositas standar *bio-oil* (25-1000 cSt), yaitu sebesar 7,591 cSt. Hal ini disebabkan hidrokarbon rantai pendek yang terdapat dalam *bio-oil* kayu ketapang lebih banyak dari pada *bio-oil* standar, dimana saat proses pirolisis banyak hidrokarbon rantai panjang yang terengkah menjadi hidrokarbon yang lebih pendek. Sehingga menyebabkan viskositas *bio-oil* kayu ketapang lebih kecil dibandingkan dengan *bio-oil* standar.

Berdasarkan hasil karakteristik fisiknya, maka *bio-oil* yang dihasilkan dari pirolisis kayu ketapang (*Terminalia catappa*) potensial untuk dikembangkan sebagai sumber bahan bakar alternatif.

3.2 Analisa Kimia *Bio-oil*

Dilakukan analisa kimia *bio-oil* berupa kromatografi gas-spektroskopi massa (GC-MS) dari katalis dengan pengembanan 3% logam Ni dan berat katalis Ni/lempung 6% (sebagai variasi dengan *yield bio-oil* optimum) untuk mengetahui senyawa-senyawa yang terkandung di dalam *bio-oil*. Dari hasil GC-MS, terdapat sebanyak 7 puncak jumlah senyawa pada *bio-oil*. 5 (lima) puncak tertinggi yang mempunyai luas area: Isobutyl alcohol 7,51%; 2-propanon 4,95%; Ethylic acid 5,76%; acetic acid 59,54% dan propanoic acid 2,93%. Lima puncak tertinggi ini merupakan komponen-komponen dalam *bio-oil* yang sebagian besar merupakan hasil dekomposisi dari selulosa dan hemiselulosa. Dapat dilihat bahwa *bio-oil* yang dihasilkan mengandung

komponen-komponen yang diperlukan untuk menjadi *bio-oil*, seperti yang telah dijelaskan oleh NREL [2000], dimana komponen organik yang terdapat di dalam *bio-oil* yakni memiliki kandungan-kandungan dari kelompok asam, ester, alkohol, keton, aldehyd, alkena, furan dan senyawa lainnya yang merupakan karakteristik dari *bio-oil*.

Pada penelitian ini dapat dilihat bahwa *bio-oil* yang dihasilkan bersifat asam, hal ini disebabkan karena suhu yang digunakan pada saat pirolisis 320°C, maka yang banyak terdekomposisi adalah senyawa-senyawa yang terkandung di dalam selulosa dan hemiselulosa. Dimana, hemiselulosa terdekomposisi pada suhu 240-350 °C, dan selulosa terdekomposisi pada suhu 160-260 °C [Mohan *et al*, 2006]. *Bio-oil* yang dihasilkan dalam penelitian ini masih jauh dari produk tujuan, yaitu *bio-oil* dengan kandungan fenol lebih dari 50%, agar bisa digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi. Hal ini disebabkan karena fenol didapat dari lignin, dimana lignin terdekomposisi pada suhu di atas 300°C. Suhu pirolisis yang digunakan adalah 320°C, sehingga sebagian besar lignin di dalam biomassa kayu ketapang belum terdekomposisi. De wild [2011] telah menjelaskan bahwa pembentukan senyawa fenol merupakan hasil dekomposisi lignin di dalam biomassa pada rentang suhu 400-500 °C.

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa, Semakin banyak jumlah katalis Ni/Lempung yang digunakan dalam proses pirolisis tidak selamanya menghasilkan *yield bio-oil* yang tertinggi. Pengembangan logam ke dalam katalis Semakin tinggi kadar logam Nikel (Ni) yang diimpregnasikan pada lempung alam maka akan menghasilkan *yield bio-oil* yang semakin tinggi. Pada penelitian ini *yield bio-oil* terbesar diperoleh pada

penggunaan pengembangan logam Ni 3% terhadap lempung dengan katalis 6% terhadap biomassa dalam proses pirolisis, yaitu sebesar 71,1%. Dan *yield bio-oil* terkecil diperoleh pada pengembangan logam Ni 0% dengan katalis 3% terhadap biomassa, *yield bio-oil* nya sebesar 38,8%.

Variasi terbaik pada proses pirolisis kayu ketapang dengan menggunakan katalis Ni/lempung yaitu dengan konsentrasi Ni/lempung 3% dan berat katalis terhadap biomassa sebesar 6% dengan sifat fisika *bio-oil* yang didapat dari variasi ini antara lain: densitas 0,79 gr/ml, viskositas 2,19 cSt, angka keasaman 68,19 mg NaOH/gr sampel dan titik nyala nya 54°C. Serta senyawa kimia paling dominan beserta luas areanya, antara lain: : Isobutyl alcohol 7,51%; 2-propanon 4,95%; Ethylic acid 5,76%; acetic acid 59,54% dan propanoic acid 2,93%.

Daftar Pustaka

- BP Migas, 2013, *Statistik Minyak Bumi 2012*, <http://www.esdm.go.id>. Diakses pada 23 Maret 2014, Pkl 20.05 WIB.
- De Wild, P.J., Reith, H dan Heeres, H.J. 2011. *Biomass Pyrolysis for Chemicals*. Biofuels. 2 (2). 185 – 208. Chapter 1.
- Dynamotive. 2006. *Product Information Booklet*, Dynamotive Bio-oil Information Booklet, Canada.
- Mohan, D., C.U. Pittman, dan P.H. Steel. 2006. *Pyrolysis of Wood/Biomass for Bio-oil: A Critical Review*. *Journal Energy and Fuels* 20: 848-889.
- National Renewable Energy Laboratory (NREL). 2000. *A Review of The Chemical and Physical Mechanisms of the Storage Stability of Fast Pyrolysis Bio-oils*. Lakewood, Colorado.
- Nugrahaningtyas, K.D., D.M. Widjonarko, W. Trisunaryanto, dan Triyono., 2008. *Preparasi Dan Karakterisasi Katalis*

- Bimetal Nimo/Zeolit Alam:1. Jurusan Kimia FMIPA, UNS. Surakarta.
- Samosir, A., 2014. *Pirolisis Limbah Pelepah Sawit Menjadi Bio-oil Menggunakan Katalis NiMo/Lempung Cengar*. Skripsi. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
- Smallwood. 2008. *Hydroprocessing of Pyrolysis Bio-oil to Fuel and Chemical*. Pacific Northwest National Laboratory us. Departement of Energy, www.saferalliance.net/.../2008/05/smallwood-2008-and-bioenergy-w.html.
- Thomson, L.A.J. dan Evans, B., 2006. *Terminalia Catappa (Tropical Almond) Combretaceae (Combretum Family)*. Jurnal Species Profiles for Pacific Island Agroforestry 2(1): 1-17.
- Trisunaryanti, W., E. Triwahyuni, dan S. Sudiono. 2005. *Preparasi, Modifikasi dan Karakterisasi Katalis Ni-Mo/Zeolit Alam dan Mo-Ni/Zeolit Alam*. Jurnal TEKNO IN 10(4): 269-282.