

Pirolisis Kayu Akasia menjadi Bio-Oil Menggunakan Katalis NiMo/NZA dengan Variasi Jumlah Pengembanan Logam dan Rasio Berat Katalis terhadap Biomassa

Adika Saputra¹⁾, Syaiful Bahri²⁾, Amun Amri²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, ²⁾Dosen Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
saputra.dr31@yahoo.com

ABSTRACT

The purpose of this research is to determine the effect of the percentage of NiMo and ratio of NiMo/NZA catalyst to the yield of bio-oil in the synthesis of bio-oil from acacia wood using pyrolysis methode. The process was carried out using 50 gram, of acacia wood, 500 ml silinap and NiMo/NZA catalyst with various variations of the percentage of NiMo metal 0%, 1%, 2%, 3% and the variation ratio of NiMo/NZA catalyst 3%, 6%, 12% respectively of the biomass having a stirring speed of 300 rpm and a temperature of 320 °C for 120 minutes. From the result, the highest yield (69.41%) was obtained of NiMo ratio 2% and the catalyst 3%. The physical properties at the bio-oil result obtained density 0.938 gr/ml, viscosity 1.919 cSt, acid number 87.593 mg NaOH/gr sample, and the flash point 55 °C respectively. From analysis by the GC-MS, the dominant components were 2-Pentene,2,4,4-Trimethyl (18.50%), Pentane,2,2,4,4-Tetramethyl- (5.64%), 1-Pentene,2,4,4-Trimethyl- (10.31%), 2-Pentene,2,3,4-Trimethyl- (2.43%) and Cyclohexanone,3-(3,3-Dimethylbutyl) (8.08%) were found.

Keywords: Biomass, Bio-oil, NiMo/NZA, acacia wood, Pyrolysis

1. Pendahuluan

Berkurangnya cadangan minyak bumi menjadi permasalahan yang sangat serius dihadapi oleh banyak negara. Termasuk Indonesia sendiri, produksi minyak yang dihasilkan hanya mencapai 700-800 ribu barel per hari. Padahal, kebutuhan minyak dalam negeri sangat tinggi yakni 1,3 juta barel per hari [BPH Migas, 2012].

Salah satu usaha untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi tidak terbarukan tersebut ialah dengan memproduksi *bio-oil* dari biomassa yang diproses melalui teknologi pirolisis. Biomassa adalah material biologis berstruktur karbon dari campuran kimiawi bahan-bahan organik yang mengandung hidrogen, nitrogen, oksigen, sejumlah kecil atom-atom dan elemen-elemen lainnya [Contained Energy Indonesia, 2011]. Dalam hal ini biomassa yang digunakan adalah kayu akasia (*Acacia Mangium Willd.*) yang

memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi, yaitu 41,80% [sixta, 2006].

Pertumbuhan akasia di Provinsi Riau sendiri sangat baik. Hal ini di buktikan salah satunya di Kabupaten Pelalawan. Dari total luas kawasan penggunaan lahan di Kabupaten Pelalawan adalah 1.292.695 ha, yang ditanami akasia adalah 186.408,1 ha [Laporan Akhir Kajian Inventarisasi Potensi SDA di Kabupaten Pelalawan, 2009]. Angka ini menunjukkan bahwa perkembangbiakan akasia tidaklah sulit di Provinsi Riau.

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, salah satunya yaitu pemanfaatan bimetal berpengemban zeolit sebagai katalis. Sistem katalis logam pengemban yaitu suatu sistem katalis yang dibuat dengan cara menempatkan komponen aktif logam ke dalam suatu bahan pengemban berpori seperti zeolit. Penempelan logam pada zeolit bertujuan untuk memperluas atau memperbanyak permukaan aktif (situs aktif). Teknik yang biasa digunakan adalah impregnasi.

Dalam penelitian ini digunakan NiMo sebagai logam dalam pengemban NZA. Berdasarkan penelitian Trisunaryanti dkk, [2005], pengembanan Mo ke dalam zeolit dapat meningkatkan pusat asam dan tidak merusak kristalinitas zeolit. Sedangkan penambahan logam Ni dapat meningkatkan sifat katalitik dari katalis tersebut. Hal ini mengindikasikan bahwa logam NiMo dapat terdispersi dengan baik dalam zeolit. Penggunaan logam NiMo sebagai fasa aktif pada pengemban NZA dapat mengoptimalkan kinerja katalis dalam proses pirolisis kayu akasia menjadi *bio-oil*.

Pada penelitian ini akan dilakukan pirolisis kayu akasia dengan menggunakan katalis NiMo/NZA dengan variasi jumlah pengembanan logam NiMo terhadap NZA sebesar (0%, 1%, 2%, dan 3%) serta variasi rasio berat katalis (3%, 6% dan 12%) dari berat biomassa. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah memanfaatkan potensi kayu akasia untuk dijadikan *bio-oil* sebagai bahan bakar alternatif. Menentukan pengaruh variasi jumlah pengembanan logam NiMo dari NZA dan rasio berat katalis NiMo/NZA terhadap biomassa pada

yield bio-oil serta karakteristik fisika dan kimia *bio-oil* yang dihasilkan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, yaitu:

Pembuatan katalis NiMo/NZA

Proses pembuatan katalis NiMo/NZA dimulai dengan memperkecil ukuran zeolit 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 dealuminasi zeolit. Sebanyak 200 gram zeolit direfluks dalam 1000 ml HCl 6 N selama 30 menit pada suhu 50 °C sambil diaduk dengan motor pengaduk pada reaktor alas datar bervolume 2 liter, kemudian disaring dan dicuci berulang kali sampai tidak ada ion Cl⁻ yang terdeteksi oleh larutan AgNO₃, *cake* dikeringkan pada suhu 110 °C selama 3 jam dalam oven. Sampel tersebut kemudian direfluks kembali dalam 1000 ml larutan NH₄Cl 1 N pada temperatur 90 °C, selama 3 jam perhari yang dilakukan sampai satu minggu. Sampel lalu disaring, dicuci dan dikeringkan dengan oven selama 24 jam. Pada tahap ini didapat sampel yang dinamai dengan sampel NZA.

Tahap berikutnya, dilakukan pengembanan (impregnasi) logam NiMo sesuai variasi yang ditentukan (0%, 1%, 2% dan 3%) terhadap NZA. Zeolit alam aktif disuspensikan dalam 100 ml (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O, direfluks sambil diaduk pada reaktor alas datar ukuran 1 L selama 6 jam pada temperatur 60 °C dan dikeringkan menggunakan oven pada temperatur 110 °C sampai didapatkan sampel Mo/NZA yang kering. Sampel Mo/NZA tersebut kemudian direfluks kembali dengan larutan Ni(NO₃)₂.6H₂O, pada suhu 90 °C dengan waktu yang sama. Kemudian dikeringkan dalam oven pada

suhu 110 °C sampai didapatkan sampel NiMo/NZA kering.

Selesai di refluks, sampel dikeringkan dengan oven pada suhu 110 °C. Didapatlah katalis NiMo/NZA sesuai dengan persentase berat logam. Katalis NiMo/NZA lalu diaktivasi, dimana 50 gram NiMo/NZA dengan persentase logam NiMo (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.

Proses Pembuatan *Bio-oil*

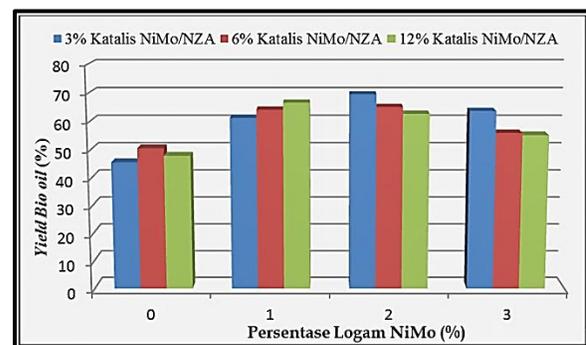
Biomassa berupa kayu akasia dihaluskan untuk selanjutnya dikeringkan di bawah terik matahari, yang kemudian diayak dengan ayakan -100+200 *mesh*. Untuk tahapan pembuatan *bio-oil*, biomassa berupa kayu akasia yang telah dihaluskan sebanyak 50 gram beserta 500 ml *thermo-oil* (silinap) dan katalis NiMo/NZA dengan persentase variasi (3%, 6% dan 12%) 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 dan titik nyala) dan analisa kimia (angka asam dan GC-MS).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengaruh Variasi Jumlah Pengembanan Logam NiMo dari NZA dan Rasio Berat Katalis NiMo/NZA Terhadap biomassa pada *Yield Bio-oil* yang Dihasilkan.

Dilakukan proses pirolisis biomassa dari kayu akasia selama 2 jam menggunakan suhu 320 °C. Pengaruh variasi jumlah pengembanan logam NiMo dari NZA dan rasio berat katalis NiMo/NZA terhadap biomassa pada *yield bio-oil* yang dihasilkan pada proses pirolisis menggunakan rasio berat katalis sebesar 3%, 6% dan 12% dapat dilihat pada Gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3.1 Pengaruh Variasi Jumlah Pengembanan Logam NiMo dari NZA dan Rasio Berat Katalis NiMo/NZA Terhadap Biomassa pada *Yield Bio-oil* yang Dihasilkan

Dari Gambar 3.1 dapat dilihat bahwa variasi rasio berat katalis NiMo/NZA mempengaruhi *yield bio-oil* yang dihasilkan. *Yield bio-oil* terendah diperoleh pada rasio berat katalis 3% dengan pengembanan logam NiMo 0% yaitu sebesar 45,40%. Sedangkan *yield bio-oil* tertinggi diperoleh pada rasio berat katalis 3% dengan pengembanan logam NiMo 2% yaitu sebesar 69,41%.

Secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 3.1 bahwa *yield bio-oil* akan meningkat dengan meningkatnya rasio berat katalis yang digunakan pada proses pirolisis. Hal ini sesuai dengan pernyataan Lestari [2010], bahwa dengan bertambahnya rasio

katalis terhadap biomassa dengan ukuran partikel yang serupa (dalam hal ini -100+200 mesh), berarti bahwa jumlah pori pada katalis semakin meningkat sehingga luas permukaannya juga semakin besar.

Namun penurunan *yield bio-oil* terjadi pada persentase pengembunan logam NiMo 3% pada katalis NiMo/NZA dengan rasio berat katalis 3% dan 6%. Kemudian penurunan *yield bio-oil* juga terjadi pada persentase pengembunan logam NiMo 2% dan 3% pada katalis NiMo/NZA dengan rasio berat katalis 12% terhadap biomassa. Penurunan *yield bio-oil* ini disebabkan karena banyaknya produk gas *non condensable* yang terbentuk, dimana pada saat proses perengkahan lebih banyak menghasilkan fraksi-fraksi hidrokarbon ringan yang tidak dapat dikondensasi. Jenis hidrokarbon tersebut memiliki titik didih lebih rendah daripada temperatur lingkungan sehingga dengan penambahan konsentrasi katalis yang relatif tinggi telah menurunkan jumlah *yield bio-oil* [Purwanto dkk., 2011]. Selain itu jumlah kadar logam NiMo yang banyak menyebabkan terjadi penumpukan logam NiMo yang mengakibatkan terbentuknya *alloy* logam, sehingga sumbangan situs asam dari logam NiMo menjadi berkurang [Nugrahaningtyas, 2008].

3.2 Hasil Karakterisasi *Bio-oil*

Untuk hasil analisa berdasarkan *yield bio-oil* optimum, yaitu pada pengembunan logam NiMo 2% dari NZA dan rasio berat katalis NiMo/NZA 3% terhadap biomassa diperoleh densitas 0,938 gr/ml, viskositas 1,919 cSt, titik nyala 55 °C dan angka asam 87,593 mg NaOH/gr sampel. Data hasil perbandingan karakterisasi *bio-oil* dari kayu akasia, pada pengembunan logam NiMo 2%, rasio berat katalis NiMo/NZA 3% terhadap biomassa dengan karakteristik *bio-oil* standar serta penelitian-penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.

Tabel 3.1 Perbandingan Karakteristiksasi *Bio-oil* dari Kayu akasia dengan *Bio-oil* Standar

No	Parameter	<i>Bio-oil</i> dari Kayu Akasia	<i>Conventional Bio-oil</i> *	<i>Diesel Oil</i> **
1	Densitas (gr/ml)	0,938	1,1-1,4	0,81-0,89
2	Viskositas, pada 40°C (cSt)	1,919	15-35	1,3-24,0
3	Angka Asam (mg NaOH/ gr sampel)	91,038	102,9	42,6-45,6***
4	Titik Nyala (°C)	55	40-110	38-55

Keterangan :

* : Khor [2009]

** : IARC monographs volume 45 [1989]

*** : Boundy dkk[2011]

Tabel 3.2 Perbandingan Hasil Karakterisasi Sifat *Bio-oil* dengan penelitian sebelumnya

No	Peneliti	Yield (%)	Densitas (gr/ml)	Viskositas (cSt)	Angka Asam (mg NaOH/ gr sampel)	Titik Nyala (°C)
1.	Saputra, 2015 (Kayu akasia)	69,41	0,938	1,919	87,593	55
2.	Jusniwarlis, 2011 (Pelepah kelapa sawit)	56,40	1,0468	27,34	76,669	50
3.	Zulkifli dkk, 2012 (Ampas tapioka)	58,1	1,038	11,42	55,43	53
4.	Sukma, 2013 (Batang ketapang)	55,1	0,910	10,839	46,954	-

Dari Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 terlihat bahwa karakteristik *bio-oil* dari kayu akasia telah termasuk ke dalam *range* karakteristik dari *bio-oil* standar, serta jika dibandingkan dengan karakteristik-karakteristik *bio-oil* dari peneliti sebelumnya tidak jauh berbeda.

Namun, densitas dan viskositas yang didapat lebih kecil daripada viskositas *standar bio-oil* 1,1-1,4 gr/ml dan 15-35 cSt, yaitu sebesar 0,938 gr/ml dan 1,919 cSt. Hal ini disebabkan hidrokarbon rantai pendek yang terdapat dalam *bio-oil* kayu akasia lebih banyak dari pada *bio-oil* standar, dimana saat proses pirolisis banyak hidrokarbon rantai panjang yang terengah menjadi hidrokarbon yang lebih pendek. Sehingga menyebabkan densitas dan viskositas *bio-oil* kayu akasia lebih kecil dibandingkan dengan *bio-oil* standar.

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

3.3 Analisa Kimia *Bio-oil*

Dilakukan analisa kimia *bio-oil* berupa kromatografi gas-spektroskopi massa (GC-MS) dari pengembunan logam NiMo 2% dari NZA dan rasio berat katalis NiMo/NZA 3% terhadap biomassa (sebagai variasi dengan *yield bio-oil* optimum) untuk mengetahui senyawa-senyawa yang terkandung di dalam *bio-oil*.

Dari hasil kromatografi GC-MS, terdapat sebanyak 83 puncak jumlah senyawa pada *bio-oil*. Lima senyawa puncak tertinggi adalah 2-Pentene,2,4,4-Trimethyl; Pentane,2,2,4,4-Tetramethyl; 1-Pentene,2,4,4-Trimethyl; 2-Pentene,2,3,4-Trimethyl dan Cyclohexanone,3-(3,3-Dimethylbutyl).

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 Goyal [2006], dimana komponen organik yang dominan terdapat di dalam alkena yang merupakan karakteristik dari *bio-oil* dan termasuk juga kedalam golongan jenis hidrokarbon.

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan disimpulkan bahwa, *bio-oil* dapat di sintesis dengan metode pirolisis.

Pengembunan logam ke dalam zeolit dapat meningkatkan aktifitas katalitiknya, sehingga *yield bio-oil* yang dihasilkan juga semakin besar. Pada penelitian ini *yield bio-oil* terbesar diperoleh pada penggunaan pengembunan logam NiMo 2% dari NZA

dan rasio berat katalis 3% terhadap biomassa yaitu 69,41%.

Karakterisasi *bio-oil* hasil pirolisis kayu akasia terbaik dengan menggunakan pengembunan logam NiMo 2% dari NZA dan rasio berat katalis 3% terhadap biomassa diperoleh densitas 0,938 gr/ml, viskositas 1,919 cSt, angka asam 87,593 mg NaOH/gr sampel dan titik nyala nya 55 °C. Serta senyawa kimia paling dominan beserta luas areanya, yaitu: 2-Pentene,2,4,4-Trimethyl (18,50%); Pentane,2,2,4,4-Tetramethyl (5,64%); 1-Pentene,2,4,4-Trimethyl (10,31%); 2-Pentene,2,3,4-Trimethyl (2,43%), dan Cyclohexanone,3-(3,3-Dimethylbutyl) (8,08%).

5. Daftar Pustaka

- Boundy, B., S.W. Diegel, L. Wright, dan S.C. Davis. 2011. Biomass energy Data Book (Edition 4). USA: U.S. Department of Energy.
- BPH Migas. 2012. Pembatasan konsumsi BBM bersubsidi, Media Informasi dan Komunikasi Industri Hilir Migas, Jakarta.
- Contained Energy Indonesia*. 2011. Buku Panduan Energi yang Terbaru. Kementerian Dalam Negeri. Jakarta.
- Dinas Tanaman Pangan dan Horikultura Kabupaten Pelalawan. 2009. Laporan Akhir Kajian Inventarisasi Potensi Sumber Daya Alam di Kabupaten Pelalawan. [http://www.pelalawankab.go.id/images/File/LapAkhir-SDA/3\)%20Bab%20III%20%20Kajian%20SDA%20Pelalawan.pdf](http://www.pelalawankab.go.id/images/File/LapAkhir-SDA/3)%20Bab%20III%20%20Kajian%20SDA%20Pelalawan.pdf). diakses pada 1 september 2014 Pkl. 20.00 WIB.
- Goyal, H.B., D. Seal, and R.C. Saxena, 2006, Bio-Fuels from Thermo chemical Conversion Of Renewable Resources: A Review, India Institute of petroleum, India.
- IARC Monograph (Volume 45). 1989. Occupational Exposures in Petroleum Refining; Crude Oil and Major

- Petroleum Fuels. Prancis: IARC intern. tech. Rep.
- Jusniwarlis. 2011. Efek kandungan logam Ni-Mo/NZA pada proses pencairan langsung biomassa menjadi bio-oil. Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru.
- 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.
- Lestari, D.Y. 2010. *Kajian Modifikasi dan Karakterisasi Zeolite Alam dari Berbagai Negara. Prosiding seminar nasional Kimia dan Pendidikan Kimia 2010.30 Oktober. Universitas Negeri Yogyakarta: 1-7.*
- Nugrahaningtyas, K.D., D.M. Widjonarko, W. Trisunaryanti, dan Triyono. 2008. Preparasi Dan Karakterisasi Katalis Bimetal Nimo/Zeolit Alam:1. Jurusan Kimia FMIPA, UNS. Surakarta.
- Purwanto, Widodo, A. O. Ningrum, dan R. Muthia. 2011. *Pengembangan Produksi Bio-oil dari limbah sawit dengan metode fast pyrolysis. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Teknologi Oleo dan Petrokimia. Riau.*
- Sixta, H. (Ed.). (2006). *Handbook of Pulp*, Volume 1, Austria : Wiley-VCH verlag GmbH&Co. KGaA.
- Sukma, A. A. 2013. Konversi termal kayu ketapang (*Terminalla Catappa L.*) menjadi bio-oil dengan teknologi pirolisis menggunakan katalis NiMo/NZA. Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Trisunaryanti, W., Triwahyuni, E., dan Sudiono. S. (2005). Preparasi, modifikasi dan karakterisasi katalis Ni-Mo/Zeolit alam dan Mo-Ni/Zeolit alam. *Jurnal TEKNOIN*, No. 4, Vol. 10.
- Zulkifli, Tengku., S. Bahri, dan Sunarno. 2012. Pirolisis Ampas Tapioka menjadi Bio-Oil menggunakan Katalis Ni-Mo/NZA. Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru.