

Pirolisis Pelepah Sawit menjadi Bio-oil menggunakan Katalis Mo/NZA

Besman Hutabarat, Syaiful Bahri dan Sunarno

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
besman.hutabarat@ymail.com

Abstract

Bio-oil is a product of pyrolysis of biomass. A study that stem palm biomass conversion to bio-oil by pyrolysis process using metal catalysts with Mo content of developing of 0%, 0.5%, 1%, and 1.5% w/w to NZA. In this research, testing physical properties (density, viscosity, acid number, calorific value and flash point), the analysis of the chemical content of bio-oil, and the developing of the influence of metal Mo/NZA to yield bio-oil produced. Biomass palm midrib 50 grams with a size - 40 +60 mesh, silinap 500 ml, and the catalyst Mo/NZA 1.5 grams entered into a slurry reactor, and pyrolysis process performed on the operating conditions of temperature 320 °C and stirring speed of 300 rpm with a flow of nitrogen gas (N₂) as an inert gas. The results showed that the optimum yield obtained at the level of developing of a metal catalyst, 1.5% Mo to NZA is equal to 54.7%. The test results obtained by the physical properties of density 0.918 g / ml, 3.091 cSt viscosity, acid number of 55.14 g NaOH / g sample, the heating value of 42.401 MJ / kg, and the flash point is 61 °C. Results of analysis of chemical constituents by GC-MS, obtained the dominant chemical components of bio-oil methyl acetate is 3.46%; Acetic acid 57.60%; Furancarboxaldehyde 15.13%; 4-pentyn-2-ol 4.46%; Phenol 15.36%. The results obtained have characteristics approaching the characteristics of standard fuel oil and bio-oil.

Keywords: Biomass, Bio-oil, catalyst Mo/NZA, Pyrolysis

1. Pendahuluan

Proporsi minyak bumi sebagai sumber utama energi mencapai 40% dari total permintaan energi dunia, namun cadangannya terus berkurang. Cadangan minyak bumi terbukti saat ini di Indonesia diperkirakan 9 milyar barel, dengan tingkat produksi rata-rata 0,5 milyar barel per tahun, sehingga diperkirakan cadangan minyak akan habis dalam waktu 18 tahun [Kementerian Luar Negeri, 2011]. Berdasarkan data tersebut maka perlu dilakukan pengembangan energi alternatif yang dapat diperbaharui untuk menjaga ketersediaan energi di masa mendatang.

Bio-oil merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui [New Hampshire, 2004]. Bio-oil dapat diproduksi menggunakan biomassa melalui proses pirolisis. Sumber daya untuk limbah biomassa sangat berlimpah di Indonesia, salah satunya

adalah pelepah sawit. Selama ini limbah pelepah sawit hanya dibiarkan menumpuk atau dibakar pada lahan. Pembakaran secara langsung dapat menyebabkan pencemaran udara. Berdasarkan data dari Departemen Pertanian [2006], limbah pelepah sawit yang dihasilkan adalah 14,7 ton/ha luas areal perkebunan sawit. Provinsi Riau mempunyai luas areal perkebunan sawit 1.911.113 hektar pada tahun 2010 [BPS Riau, 2011]. Maka diperkirakan jumlah limbah pelepah sawit yang dihasilkan adalah sebesar 28 juta ton.

Selain dengan menggunakan biomassa pelepah sawit, perlu dilakukan kajian katalis untuk mempercepat terjadinya reaksi pada proses pirolisis. Metal berpengembangan zeolit alam dapat dimanfaatkan sebagai katalis untuk menyempurnakan proses pencairan biomassa [Samolada dkk, 2000]. Katalis yang berbasis zeolit alam merupakan kristal yang memiliki sifat stabil terhadap panas [Indra, 2010]. Selain

itu, Indonesia kaya akan zeolit alam yang tersebar di pulau Sumatera, Jawa, Nusa Tenggara dan Maluku dengan jumlah zeolit alam sebesar 16.600.000 ton [Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, 2009].

2. Metode Penelitian

Bahan- bahan yang diperlukan adalah Zeolit alam Yogyakarta, pelepah sawit, HCl 6 N, NH₄Cl 1 N, (NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O, aquades, AgNO₃, gas N₂, O₂, dan H₂ dan silinap 280M (*thermo oil*). Sedangkan alat yang digunakan berupa lumpang porselin, 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*, *heating mantle*, *thermocouple thermometer* (Barnant), piknometer, *viskometer* Oswald, gelas piala, pengaduk listrik (*Heidolph*) dan GC – MS (Kromatografi gas-spektroskopi massa). Tahapan penelitian terdiri dari pembuatan katalis Mo/NZA dan pembuatan *bio-oil*.

Pembuatan katalis NZA

Pembuatan katalis Mo/NZA mengacu pada prosedur yang telah dilakukan oleh Daniel [2011]. Tahap pertama zeolit alam digerus dalam lumpang porcelain untuk memperkecil ukuran partikel, kemudian diayak dengan ukuran -100+200 mesh dengan ketentuan ukuran partikel yang diambil merupakan partikel-partikel yang lolos pada pengayak 100 mesh dan tertahan pada pengayak 200 mesh.

Tahap berikutnya aktivasi zeolit dengan perlakuan HCl dan NH₄Cl. Zeolit alam sebanyak 100 gram direfluks dalam larutan HCl 6 N sebanyak 500 ml selama 30 menit pada suhu 50 °C sambil diaduk dengan motor pengaduk pada reaktor alas datar volume 1 liter, kemudian disaring dan dicuci berulang kali sampai tidak ada ion Cl⁻ yang terdeteksi oleh larutan AgNO₃, cake dikeringkan pada suhu 130 °C selama 3 jam dalam oven. Sampel tersebut kemudian direndam kembali dalam 500 ml larutan NH₄Cl pada temperatur 90 °C sambil diaduk pada reaktor alas datar selama 3 jam sehari yang dilakukan sampai satu

minggu. Sampel tersebut kemudian disaring, dicuci dan dikeringkan dalam oven selama 24 jam. Pada tahap ini didapat sampel yang dinamakan sampel NZA.

Tahap selanjutnya dilakukan pengembanan (impregnasi) logam Mo dengan cara sampel NZA dilarutkan dalam 500 ml (NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O dan direfluks pada suhu 60 °C selama 6 jam sambil diaduk pada reaktor alas datar ukuran 1 L, kemudian disaring dan dicuci. Cake kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 120 °C selama 3 jam, sehingga didapat sampel Mo/NZA.

Persiapan biomassa

Pada tahap ini, biomassa berupa pelepah sawit dipotong kecil-kecil lalu dijemur sampai kering di bawah terik matahari kemudian dihaluskan menggunakan *blender* setelah itu dikeringkan dalam oven untuk menghilangkan kadar airnya sampai beratnya konstan. Biomassa tersebut kemudian diayak untuk memperoleh ukuran yang lolos ayakan -40+60 mesh.

Sintesis *bio-oil*

Sintesis *bio-oil* dilakukan dengan cara memasukkan pelepah sawit sebanyak 50 gram, silinap (*thermo oil*) sebanyak 0,5 liter dan katalis Mo/NZA dengan persentase tertentu ke dalam reaktor katalitik *slurry cracking*. Kemudian kedalam reaktor dialirkan gas nitrogen dan diaduk dengan kecepatan 300 rpm serta dipanaskan pada suhu 320 °C. Produk gas yang terkondensasi ditampung dan ditimbang tiap 10 menit sampai produk tidak menetes lagi.

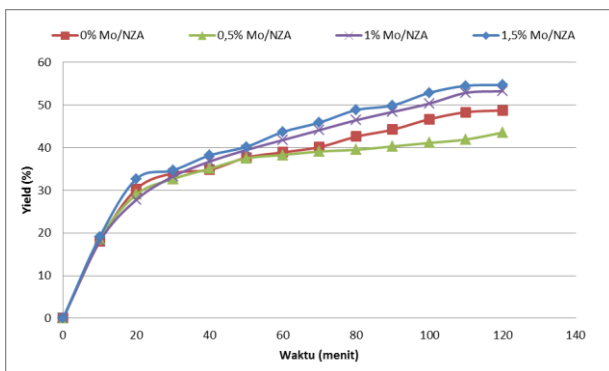
Analisa produk

Produk *bio-oil* yang terbentuk pada kondisi proses optimum dilakukan karakterisasi fisika yang meliputi densitas, viskositas, angka keasaman, titik nyala dan nilai kalor. Juga dilakukan uji karakteristik kimia menggunakan GC-MS.

3. Hasil dan Pembahasan

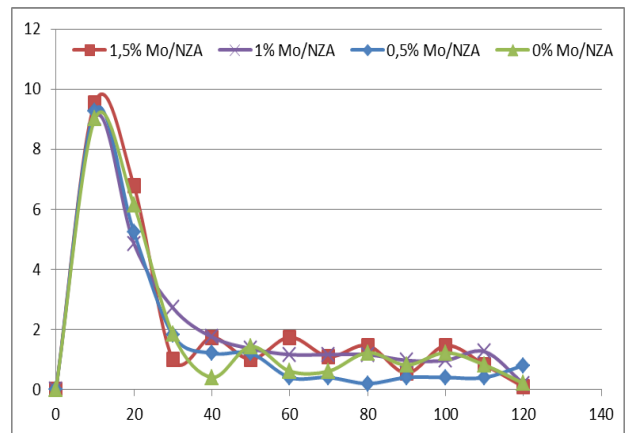
Pengaruh Variasi Katalis Mo/NZA Terhadap *Yield Bio-oil* Pelepah Sawit yang Dihasilkan.

Untuk mengetahui pengaruh variasi katalis Mo/NZA yang digunakan terhadap *yield bio-oil* yang diperoleh akan digunakan variasi pengembanan logam Mo terhadap NZA sebesar 0; 0,5; 1; 1,5 %.



Gambar 1. Pengaruh variasi katalis Mo/NZA terhadap *yield bio-oil* yang dihasilkan

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa variasi katalis Mo/NZA mempengaruhi *yield bio-oil* yang diperoleh. Produk *pirolisis* diperoleh dari hasil reaksi dekomposisi senyawa-senyawa yang terkandung di umpan. Adapun perolehan *yield bio-oil* masing-masing pada penelitian ini terdiri dari *bio-oil* dengan variasi katalis Mo/NZA 0% (tanpa pengembanan) diperoleh *yield* 48,7% dan dengan menggunakan variasi katalis Mo/NZA 0,5% di peroleh *yield* 43,5%, dengan menggunakan variasi katalis Mo/NZA 1% diperoleh *yield* 53,3%, dan dengan menggunakan variasi katalis Mo/NZA 1,5% diperoleh *yield* 54,7%. Dari gambar 1 juga dapat dilihat bahwa *yield bio-oil* optimum terletak pada katalis Mo/NZA 1,5% yakni 54,7%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan katalis pada proses pirolisis dapat meningkatkan *yield bio-oil*.



Gambar 2. Perbandingan Pengembanan Logam 0%; 0,5%; 1%; dan 1,5% Mo/NZA Terhadap Massa *Bio-oil*

Dari Gambar 2 dapat dilihat perbandingan penggunaan katalis dengan logam pengembanan 0%; 0,5%; 1%; dan 1,5% Mo/NZA menunjukkan perbedaan kurva, dengan pengembanan 1,5% logam Mo kurva yang didapatkan lebih baik dibandingkan dengan 0%; 0,5% dan 1% Mo/NZA, dengan pengembanan logam 1,5% pada menit ke-10 massanya adalah 9,547 gram, pada menit ke-20 massanya adalah 6,793 gram. Dari penelitian yang telah dilakukan ini, bahwa *yield* optimum yang dihasilkan terjadi pada awal proses pirolisis pada menit 10-20 awal. Tampak bahwa pengembanan logam Mo meningkatkan *yield bio-oil*. Hal ini disebabkan pengembanan logam Mo pada zeolit akan mendistribusikannya secara merata pada permukaan pengembanan, sehingga menambah luas permukaan spesifik sistem katalis secara keseluruhan [Trisunaryanti, dkk., 2005].

Karakterisasi *Bio-oil*

Bio-oil yang didapat akan dikarakterisasi berdasarkan sifat fisika dan sifat kimia, berdasarkan sifat fisika meliputi pengujian densitas, viskositas, angka keasaman, titik nyala dan nilai kalor, sedangkan berdasarkan sifat kimia akan dilakukan pengujian dengan GC-MS.

Tabel 1. Karakteristik Bahan Bakar

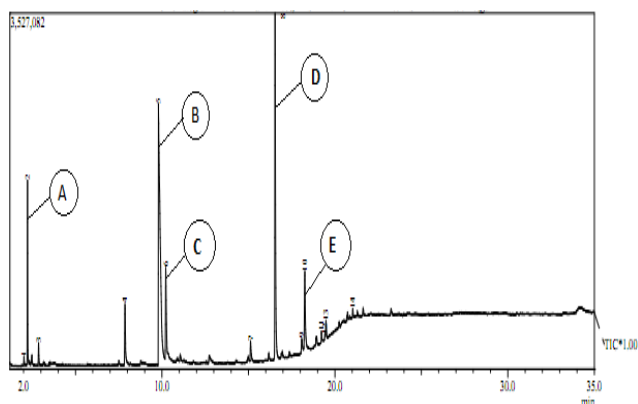
No	Bahan Bakar	Densitas (gr/ml)	Viskositas (cSt)	Titik Nyala	Angka Keasaman
1	Bensin	0,715	0,7	-43	-
2	Minyak Tanah	0,780	2,2	38	-
3	Solar	0,820	1,6	53	-
4	Bio-oil Pelepah Sawit	0,918	3,091	61	55,14

Sumber: Pertamina, 2007.

Dari Tabel 1 terlihat bahwa nilai densitas *bio-oil* yang didapat mendekati nilai densitas bahan bakar solar. nilai viskositas yang didapat pada penelitian ini berbeda dengan nilai viskositas bensin, minyak tanah dan solar. Pengujian angka keasaman *bio-oil* pada penelitian ini sebesar 55,14, semakin sedikit asam-asam organik yang terkandung pada *bio-oil* [Sukiran, 2008]. Titik nyala pada penelitian ini tidak jauh berbeda dengan titik nyala bahan bakar solar, Semakin rendah titik nyala suatu bahan bakar, maka semakin susah dalam hal penyimpanannya karena dapat menimbulkan api dan terbakar [Yi, 2008].

Analisa Komponen Kimia *Bio-oil*

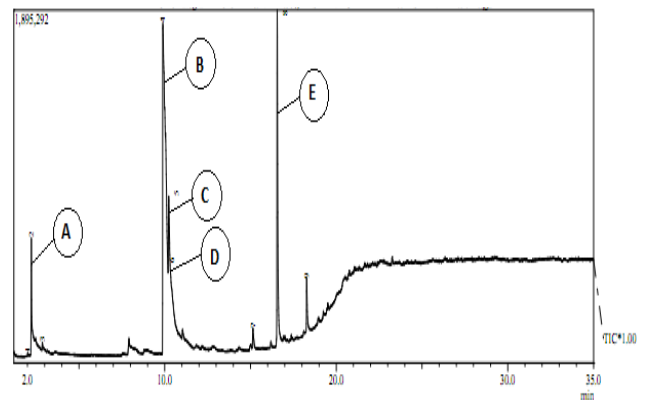
Analisis komponen kimia *bio-oil* akan dilakukan dengan menggunakan GC-MS (Kromatografi gas-spektrometer massa), Sampel *bio-oil* yang diuji yaitu *bio-oil* menggunakan variasi katalis 0% Mo/NZA dan 1,5% Mo/NZA.



Gambar 3. Hasil Kromatogram *Bio-oil* Pelepah Sawit menggunakan 0% Mo/NZA

Dimana :

- (A) = Methyl acetate (B) = Acetic acid
- (C) = Furancarboxaldehyde (D) = Phenol
- (E) = 2-methoxy-4-(2-propenyl)



Gambar 4. Hasil Kromatogram *Bio-Oil* Pelepah Sawit menggunakan Katalis 1,5% Mo/NZA

Dimana :

- (A) = Methyl acetate (D) = 4-pentyn-2-ol
- (B) = Acetic acid (E) = Phenol
- (C) = Furancarboxaldehyde

Dari gambar 3 dapat dilihat bahwa penggunaan katalis Mo/NZA 0% dapat mendekomposisi lignoselulosa yang terdapat pada pelepah sawit menjadi 14 senyawa kimia dengan 5 senyawa kimia yang paling dominan pada *bio-oil* adalah Methyl ester dengan luas area Methyl acetate 6,91%; Acetic acid 45,76%; Furancarboxaldehyde 6,65%; Phenol 22,08% serta 2-methoxy-4-(2-propenyl) 7,21%.

Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa penggunaan katalis Mo/NZA 1,5% dapat mendekomposisi lignoselulosa yang terdapat pada pelepah sawit menjadi 9 senyawa kimia dengan 5 senyawa kimia dominan pada *bio-oil* adalah Methyl acetate 3,46%; Acetic acid 57,60%; Furancarboxaldehyde 15,13%; 4-pentyn-2-ol 4,46%; dan Phenol 15,36%. Dari Gambar 2 dan Gambar 3 dapat dibandingkan bahwa dengan menggunakan katalis Mo/NZA

1,5% dapat memperkecil jumlah komponen kimia pada *bio-oil* dari 14 komponen kimia menjadi 9 komponen.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Perolehan *yield bio-oil* pada variasi katalis Mo/NZA 0%; 0,5%; 1% dan 1,5% b/b berturut-turut sebesar 48,7 %; 43,5%; 53,3%; 43,4 dan 54,7%. Hasil *yield bio-oil* yang terbaik diperoleh pada variasi katalis Mo/NZA 1,5% yakni 54,7%.

Karakteristik sifat fisika *bio-oil* dengan menggunakan variasi katalis Mo/NZA 1,5% antara lain: Densitas (0,918 gr/ml), Viskositas (3,091 cSt), Angka Keasaman (55,14 gr NaOH/gr sampel) dan titik nyala (61⁰C). Karakteristik sifat fisika *bio-oil* yang diperoleh tidak jauh berbeda dari penelitian *bio-oil* yang telah dilakukan sebelumnya.

Katalis Mo/NZA 1,5% dapat memperkecil jumlah komponen kimia yang terdapat pada *bio-oil*, menjadi 9 komponen kimia. Komponen kimia yang dominan antara lain : Methyl acetate 3,46%; Acetic acid 57,60%; Furancarboxaldehyde 15,13%; 4-pentyn-2-ol 4,46%; dan Phenol 15,36%.

4.2 Saran

Diperlukan penelitian lebih lanjut terhadap *bio-oil* yang dihasilkan dari pirolisis biomassa pelepah sawit agar dapat digunakan sebagai bahan bakar.

Daftar Pustaka

Badan Pusat Statistik Provinsi Riau, 2011, Riau Dalam Angka 2010, <http://riau.bps.go.id/publikasi-online/riau-dalam-angka/perkebunan.html-0>, (29 Maret 2012).

- Daniel, W.N., 2011, Pengaruh Katalis Mo/NZA pada *Pyrolysis* Limbah Cangkang Sawit menjadi *Bio-oil*, *Skripsi*, Universitas Riau.
- Departemen Pertanian Direktorat Jenderal Perkebunan, 2011, Statistik Perkebunan Indonesia 2009-2011, <http://regionalinvestment.com>, (3 Mei 2012).
- Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, 2009, Proposal The Sixth Indonesian Seminar on Zeolite. Tangerang. Banten.
- Indra, Y.S., 2010, Pembuatan dan Karakterisasi Katalis Ni/NZA untuk Proses Catalytic Cracking Tandan Kosong Sawit menjadi Bahan Bakar Cair, *Skripsi*, Universitas Riau.
- Kementerian Luar Negeri, 2011, Krisis Energi, <http://www.kemlu.go.id> (15 Mei 2012).
- New Hampshire, 2004, *Bio oil Opportunity Analysis*, Inovative Natural Resource Solution LLC Handbook.
- Pertamina, 2007, Material Safety Data Sheet Produk Pertamina, PT. PERTAMINA, Indonesia.
- Samolada, M. C., A. Papafotica dan I.A. Vasalos, 2000, Catalyst Evaluation for Catalytic Biomass Pyrolysis, *Energi Fuels*, 25 : 1167
- Sukiran, M.A.B., 2008, Pirolisis Of Empty Oil Palm Fruit Bunches using The Quartz Fluidised- Fixed Bed Reactor, *Dissertation*, University of Malaya.
- Yi, L.X., 2008, Development and Charaterisation of Continuous Fast Pirolisis of Oil Palm Shell for Bio-oil Production, *Tesis*, Universiti Teknologi Malaysia.

