

Pirolisis Katalitik Tandan Kosong Sawit Menjadi Bio-oil dengan Katalis HZSM-5

Sunarno dan Fajril Akbar

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Panam Pekanbaru
*E-mail: narnounri@yahoo.com

Abstract

One of the alternative new energy sources is biomass. Biomass can be processes to produce bio-oil. The pyrolysis method was used to convert the palm empty fruit bunch from biomass to bio-oil. The purpose of this research are to study the influence of pyrolysis temperature with bio-oil yield and its properties. Pyrolysis process in slurry reactor with 50 grams palm empty fruit bunch, 500 ml thermo-oil and 2% HZSM-5 catalyst. Operating temperature variation (290,300,310 dan 320⁰C) have been done. The result show that the optimum temperature obtained at 320⁰C with bio-oil yield is 73.6%. The characterization result of bio-oil product are density is 1.008 gr/ml, viscosity is 12.63 cp, flash point 49⁰C, and maximum of component obtained is acetic acid with 47.09%.

Keywords : Bio-oil ; HZSM-5; New energy source; Pyrolysis

I. Pendahuluan.

Salah satu sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui dengan pemanfaatan biomassa adalah *bio-oil*. Biomassa yang digunakan untuk memproduksi *bio-oil* dapat diperoleh dari limbah pertanian, hutan, perkebunan, industri dan rumah tangga. Upaya menghasilkan bahan bakar dari biomassa adalah melalui proses *pyrolysis* (Gayubo dkk, 2005).

Provinsi Riau menghasilkan limbah padat sawit terbesar dengan total luas perkebunan di Riau 1.674.845 Ha dengan produksi kelapa sawit sebesar 5.777.494,99 ton [Dinas Perkebunan Provinsi Riau, 2009]. Tandan kosong sawit (TKS) adalah salah satu produk samping pabrik kelapa sawit yang jumlahnya cukup besar yaitu mencapai 30-35% dari berat tandan buah segarnya (Hussain dkk., 2006).

Carlson, dkk (2009) melakukan pirolisis selulosa dalam reaktor fixed bed pyroprobe dengan jenis katalis yang berbeda (ZSM-5, silikat, beta, Y-zeolit dan silika-alumina) pada suhu 600⁰C. Diantara katalis tersebut, ZSM-5 mempunyai selektivitas yang tinggi untuk membentuk senyawa aromatik dan paling sedikit karbon yang terbentuk. Dengan katalis ZSM-5 dan rasio katalis/umpan 9,9 diperoleh yield 31,1%. Zhao, dkk

(2012) melakukan pirolisis katalitik gamma-valerolactone (yang diperoleh dari hidrolisis lignoselulosa) dengan menggunakan reaktor tubular yang berisi biomassa dan katalis secara simultan. Variabel yang dilakukan suhu pirolisis (400-600⁰C) dan jenis katalis (MCM-41; Beta-Zeolit; ZSM-5; HZSM-5). Hasil terbaik diperoleh dengan menggunakan katalis HZSM-5, suhu 500⁰C diperoleh yield aromatik 41,85%.

Sunarno, dkk (2011) melakukan sintesis katalis HZSM-5 dari abu sawit sawit untuk proses *catalytic cracking* tandan kosong sawit menjadi *bio-oil* dengan modifikasi katalis ZSM-5 dengan cara pertukaran ion dengan larutan NH₄NO₃ dengan konsentrasi 0.5M, 1M, 1.5M, dan 2M dan didapat sintesis yang bagus dan luas permukaan yang besar dengan konsentrasi 0.5M NH₄NO₃. HZSM-5 yang dimodifikasi dari katalis ZSM-5 pada dasarnya meningkatkan keasaman katalis dan memperluas permukaan katalis yang di harapkan akan memberikan kinerja yang bagus terhadap *yield* yang dihasilkan. Pada penelitian ini memanfaatkan tandan kosong sawit untuk dipirolisis menggunakan katalis HZSM-5 menjadi *bio-oil* dengan ratio berat katalis HZSM-5 2% wt dari berat biomassa dan variasi temperatur pirolisis 290⁰C, 300⁰C, 310⁰C, 320⁰C.

II. Metodologi

Bahan percobaan meliputi : abu sawit, NaOH, Al(OH)₃, tandan kosong sawit (tk), aquades, gas nitrogen dan silinap.

Prosedur percobaan meliputi : persiapan biomassa, pembuatan katalis HZM-5 dan tahap pirolisis. Persiapan biomassanya adalah biomassa berupa TKS yang diambil dari PTPN V PKS Sei Galuh Kab. Kampar dicuci lalu

Perlakuan ini diulangi hingga berat yang diperoleh konstan dan kemudian biomassa dipotong-potong kecil-

Alat yang digunakan meliputi : reaktor pirolisis, oven, viscometer oswald, piknometer, autoclave, heating mantle, teflon dan pengaduk. dikeringkan di bawah terik matahari setelah itu dikeringkan di dalam oven pada temperatur 105⁰C selama 30 menit.

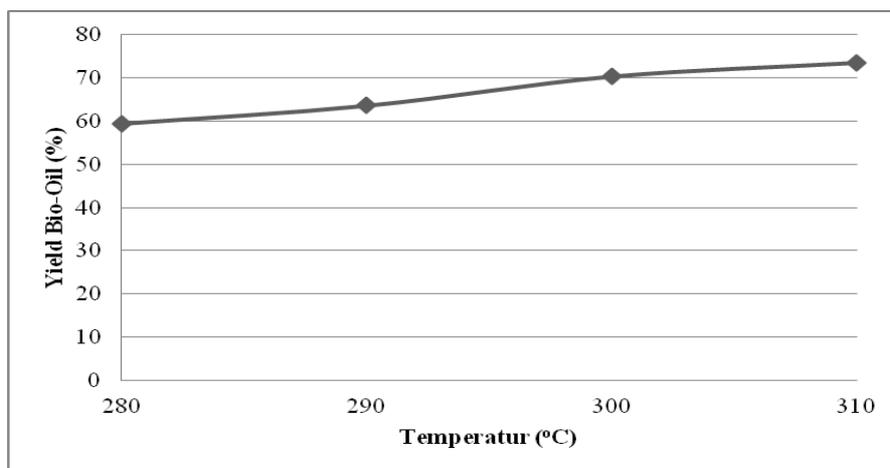
kecil dengan ukuran potongan ±0,5 cm. Pembuatan katalis HZSM-5 dilakukan dengan cara ZSM-5 dilakukan

pertukaran ion dengan NH_4NO_3 dengan konsentrasi 0,5M . Pertukaran ion ZSM-5 dengan NH_4NO_3 dilakukan pada suhu 80 °C, kecepatan pengaduk 100 rpm selama 12 jam. Untuk basis 10 gr ZSM-5 dilarutkan dengan 300 ml NH_4NO_3 . HZSM-5 yang terbentuk disaring, dicuci dan dikeringkan pada suhu 90°C selama 24 jam. Kemudian HZSM-5 dikalsinasi pada suhu 500°C selama 5 jam. Tahap pirolisis dilakukan dengan cara tandan kosong sawit yang telah dipotong-potong kecil sebanyak 50 gram beserta 500 ml silinap (*thermo oil*) dan katalis HZSM-5 dimasukkan ke dalam reaktor dan diaduk dengan kecepatan pengadukan 300 rpm. Proses *pyrolysis* terhadap bahan dilakukan pada suhu yang bervariasi selama 4 jam tanpa kehadiran oksigen, yaitu dengan mengalirkan gas nitrogen. menggunakan laju alir tetap (80 ml/men). Uap yang dihasilkan dialirkan melalui kondensor. Setelah *pyrolysis* dilakukan dihasilkan uap organik dan dikondensasi menjadi *bio-oil*. *Bio-oil* ditampung dalam wadah tertentu dan ditimbang berat *bio-oil* yang didapat. Proses *pyrolysis* dilakukan dengan memvariasikan temperatur *pyrolysis* pada : 290, 300, 310, dan 320°C. Hasil *bio-oil* optimum yang didapat kemudian dianalisa secara kimia dan fisika dari *bio-oil* yang dihasilkan. TKS yang telah dipotong-potong kecil sebanyak 50 gram beserta 500 ml silinap (*thermo oil*) dan katalis HZSM-5 dimasukkan ke dalam reaktor dan diaduk dengan kecepatan pengadukan 300 rpm. Proses *pyrolysis* terhadap bahan dilakukan pada suhu

yang bervariasi selama 4 jam tanpa kehadiran oksigen, yaitu dengan mengalirkan gas nitrogen. menggunakan laju alir tetap (80 ml/men). Uap yang dihasilkan dialirkan melalui kondensor. Setelah *pyrolysis* dilakukan dihasilkan uap organik dan dikondensasi menjadi *bio-oil*. *Bio-oil* ditampung dalam wadah tertentu dan ditimbang berat *bio-oil* yang didapat. Proses *pyrolysis* dilakukan dengan memvariasikan temperatur *pyrolysis* pada : 290, 300, 310, dan 320°C. Hasil *bio-oil* optimum yang didapat kemudian dianalisa secara kimia dan fisika dari *bio-oil* yang dihasilkan.

III. Hasil dan Pembahasan.

Variabel berubah temperatur yang dipilih pada penelitian ini yaitu temperatur 290°C-320°C. Pemilihan temperatur minimum 290⁰ didasarkan pada penelitian pendahulu dimana pada temperatur di bawah 300⁰C proses *pyrolysis* sudah menghasilkan *bio-oil* dan pada rentang temperatur tersebut komponen kimia dari TKS sudah dapat terdekomposisi, sedangkan pemilihan suhu maksimum 320⁰C (jauh dibawah suhu operasional silinap 280 M yang suhu kerjanya 380°C) bertujuan untuk memastikan tidak terjadi *cracking* pada *thermo-oil*. Sebelumnya telah dilakukan penelitian pendahuluan dengan cara pemanasan silinap 280 M dengan menambahkan katalis 1 gram HZSM-5 selama 4 jam pada suhu 340°C dialiri gas nitrogen seperti pada proses *pyrolysis* dan sama sekali tidak menghasilkan kondensat.



Gambar 1. Hubungan antara temperatur pirolisis dengan yield bio-oil

Dari gambar 1 dapat dilihat hasil optimum *yield bio-oil* pada variasi temperatur 320 °C cukup tinggi dibandingkan dengan temperatur 290°C, 300°C, dan 310°C. Persentase *yield bio-oil* yang dihasilkan pada temperatur 290°C, 300°C, 310°C dan 320 °C berturut-turut adalah 59.4%, 63.6%, 70.4% dan 73.6%. Hal ini disebabkan temperatur reaksi sangat mempengaruhi terhadap hasil *bio-oil*. Semakin tinggi temperatur reaksi maka pembentukan *bio-oil* juga semakin besar, sesuai dengan teori reaksi kimia, dimana kecepatan reaksi akan naik dengan naiknya temperatur. Secara teoritis, *yield bio-oil* akan meningkat dengan meningkatnya temperatur dan arang akan berkurang dengan menurunnya temperatur.

Produk *pyrolysis* diperoleh dari hasil reaksi dekomposisi senyawa-senyawa yang terkandung di umpan. Laju reaksi dekomposisi meningkat seiring dengan peningkatan temperatur dan kandungan air serta senyawa-senyawa *volatile* akan teruapkan secara cepat dengan jumlah yang lebih besar pula.

Bio-oil yang diperoleh kemudian dikarakterisasi sifat-sifatnya secara fisika dan kimia. Karakterisasi fisika yang dilakukan meliputi penentuan massa jenis, viskositas dan titik nyala, sedangkan kimia dilakukan dengan metoda GC-MS. Berikut ini hasil karakterisasi secara fisika menggunakan katalis HZSM-5 2% dari berat biomassa

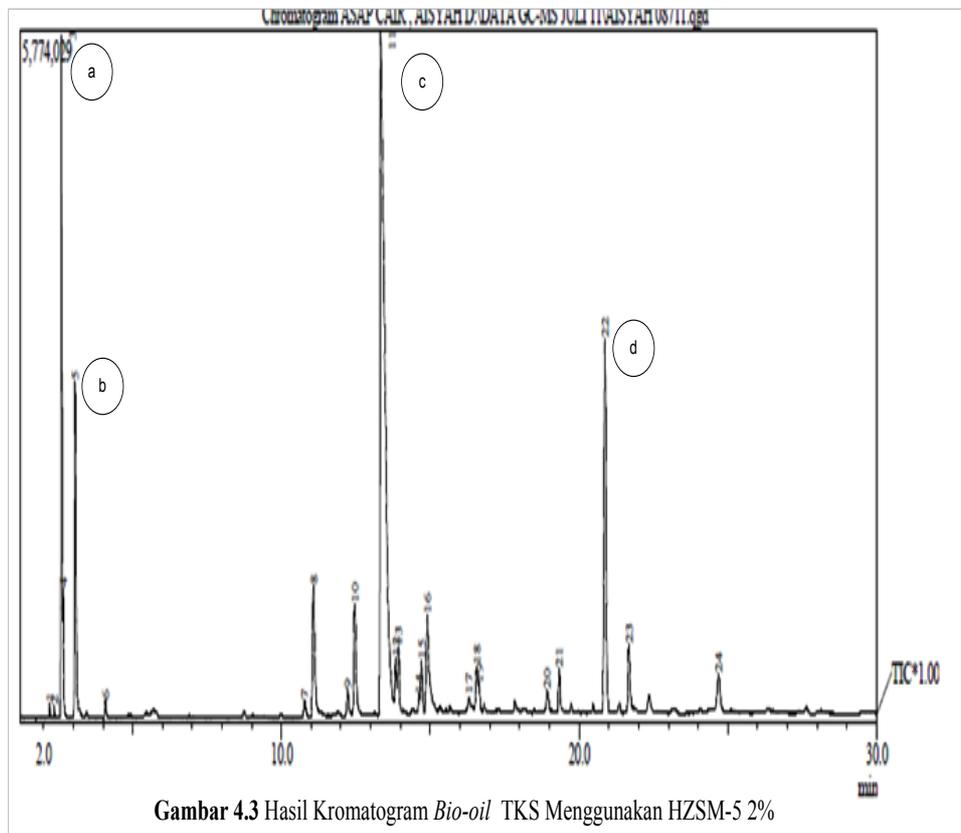
yang dibandingkan dengan standar *bio-oil* yang dihasilkan menurut smallwood (2009) dapat dilihat pada Tabel.1.

Tabel 1. Perbandingan Hasil Karakterisasi Fisika *Bio-oil* yang Dihasilkan dengan Standar

No	Parameter	Standar <i>Bio-oil</i> (Smallwood, 2008)	<i>Bio-oil</i>	
			Tanpa Katalis	HZSM-5
1	Massa Jenis, gr/ml	0.94-1.2	1.001	1.008
2	Viskositas, Cp	10-150	17.40	12.53
3	Titik Nyala, °C	48-55	51	49

Pengujian *bio-oil* dengan katalis HZSM-5 2% yang dipilih karena dari variasi katalis HZSM-5 2% menghasilkan *yield* lebih banyak dari variasi katalis lainnya. Dari tabel 4.1 dapat dilihat bahwa pengujian dengan katalis HZSM-5 2% menghasilkan nilai densitas, viskositas, dan titik nyala masing-masing adalah 1.008 gr/ml, 12.53 Cp, dan 49°C. Dengan demikian *bio-oil* yang

dihasilkan dari *pyrolysis* TKS dengan katalis HZSM-5 memenuhi standar *bio-oil* karena berada di dalam range standar *bio-oil* yang ditampilkan. Untuk hasil analisa kimia dari *bio-oil* digunakan metode GC-MS, dengan sampel yang sama diuji yaitu dengan katalis HZSM-5 2%. Berikut hasil kromatogram dari sampel tersebut.



Gambar 4.3 Hasil Kromatogram *Bio-oil* TKS Menggunakan HZSM-5 2%

dimana :

- a = 2-propanone acetone c = acetic acid
b = methanol carbinol d = phenol

Dari gambar 4.3 kromatogram mempunyai 4 puncak yang paling tertinggi. Dari gambar c memiliki puncak yang paling tertinggi dengan luas areanya 47.09% dibandingkan dengan a,b,dan d dengan luas areanya masing-masing adalah 9.37%, 6.67% dan 11.82%. Di puncak-puncak lainnya pada kromatogram juga terdapat komponen-komponen organik yang diinginkan dari energi

alternatif pengganti bahan bakar dari minyak bumi antara lainnya : 2-propanone acetone, 2-methyl furan, 2-furyl methyl keton, formic acid methyl ester, propionic acid dan lain-lainnya, yang senyawa tersebut merupakan turunan dari hidrokarbon dan karboksil .

IV. Kesimpulan.

- Yield bio-oil tertinggi diperoleh pada suhu 320⁰C dan rasio berat katalis/biomassa 2% yaitu 73,6%.
- Karakteristik *bio-oil* hasil *pyrolysis* TKS menggunakan katalis HZSM-5 antara lain: densitas 1.008 gr/ml, viskositas 12.63 cp, titik nyala 49⁰ C dan komponen *acetic acid* sebesar 47.09%.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih kepada aisyah dan pihak-pihak yang membantu terlaksananya penelitian.

V. Daftar Pustaka.

Carlson, T. R., Vispute T. P., dan Huber G. W., 2008, *Green Gasoline by Catalytic Fast Pyrolysis of Solid Biomass Derived Compounds*,

ChemSusChem, Hal 397- 400, Wiley-VCH Verlag GmbH& Co. KGaA, Weinheim.

Dinas Perkebunan Provinsi Riau, 2009, Luas Areal Kelapa Sawit Di Provinsi Riau, *Laporan Sub Dinas Kelapa Sawit*, Pekanbaru.

Gayubo, AG., Aguayo., Atutxa., Valle., Bilbao., 2005, Undesired Components in the Transformation of Biomass pyrolysis Oil into Hydrocarbons on an HZSM-5 Zeolite Catalyst, *Ind Eng Chem*, Vol 80, 1244-1251.

Hussain, A., Ani, F.N., Darus, A.N., Ahmed, Z., 2006, Thermogravimetric And Thermochemical Studies Of Malaysian Oil Palm Shell Waste, *Jurnal Teknologi*, 45(A), 43-53.

Smallwod, 2008, Hydroprocessing of Pyrolysis Bio-oil to Fuel and Chemical, Pacific Northwest National Laboratory, US Departemant of Energy.