

PENGARUH TEMPERATUR DAN KONSENTRASI KATALIS PADA CRACKING CANGKANG SAWIT MENJADI CRUDE BIO-FUEL

Sunarno, Silvia RY, dan Syaiful Bahri
Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Panam Pekanbaru
narnounri@yahoo.com

ABSTRACT

one of solid waste that produced by palm industry is palm oil shell. This waste abundant in Riau about 700.5 ton/day. The shell compositions are cellulosa, hemicellulosa, and lignine. That compounds can be cracked into crude biofuel in slurry reactor with NiMo/ZSM-5 catalyst. The objective of research to study the influence of cracking temperature (300, 310, 320, 330°C) and concentration of catalyst (0.5; 1.5; 2.5; 3.5%) to yield of crude biofuel and to determine physical and chemical properties. Cracking process used 50 gram palm oil shell size -40+60 mesh, 500 mL silinap and rotation speed of mixing 300 rpm. The maximum yield was obtained 68.6% at temperature 330°C and catalyst concentration NiMo/ZSM-S 2.5%. The physical properties of crude biofuel were calorimetric value (43.84 MJ/kg), density (1.01 g/mL), viscosity (13.27cSt) acid number (76.11 g NaOH/ g sample) and flash point (64°C). The GC-MS analysis result indicated dominant compounds in crude biofuel were acetic acid (33.94%), phenol (31.71%) furancarboxaldehyde (7.78%) and methanol (4.93%)

Keywords: Catalyst, crude biofuel, palm oil shell

PENDAHULUAN

Provinsi Riau merupakan daerah perkebunan terbesar di Indonesia dengan luas perkebunan sawit pada tahun 2010 mencapai 1.911.110 ha, dan produksi sawit sebesar 5.937.539 ton^[1]. Salah satu limbah padat sawit yang dihasilkan adalah cangkang sawit. Cangkang sawit yang dihasilkan sebanyak 7% per ton tandan buah segar (TBS)^[2] atau diperkirakan sekitar 1167,5 ton/hari. Menurut penelitian Febijanto^[3], bahwa penggunaan cangkang sawit sebagai bahan bakar boiler hanya mampu mengurangi 40% dari keseluruhan jumlah limbah cangkang sawit yang ada di pabrik sawit. Jadi, masih terdapat 700,5 ton/hari limbah cangkang sawit yang belum dimanfaatkan di Provinsi Riau. Limbah cangkang sawit jika tidak diolah dapat mencemari lingkungan. Namun jika dikelola dengan baik, maka cangkang sawit tersebut dapat digunakan menjadi sumber penghasilan baru sebagai sumber energi. Cangkang sawit akan bernilai ekonomis tinggi jika diolah lebih lanjut menjadi crude *biofuel*. Upaya untuk menghasilkan bahan bakar dari biomassa yaitu melalui proses *cracking*^[4].

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan digunakan limbah cangkang sawit sebagai biomassa untuk memproduksi *crude biofuel* dengan proses *cracking*.

TINJAUAN PUSTAKA

Cracking atau *pyrolysis* adalah proses konversi dari suatu bahan organik pada suhu tinggi dan terurai menjadi molekul yang lebih kecil atau pendegradasian panas pada biomassa tanpa oksigen, untuk menghilangkan komponen *volatile* pada karbon. Proses ini menghasilkan uap organik, gas *noncondensable* dan arang. Uap organik yang dihasilkan mengandung karbon monoksida, metana, karbon dioksida, tar yang mudah menguap dan air. Uap organik kemudian dikondensasikan menjadi cairan. Cairan hasil *pyrolysis* dikenal sebagai *crude biofuel*^[5]. Salah satu biomassa yang digunakan untuk *pyrolysis* adalah cangkang sawit. Kandungan utama cangkang sawit adalah selulosa, hemiselulosa dan lignin. Kandungan lignin dalam cangkang sawit mencapai 50,70%, selulosa mencapai 20,80% dan hemiselulosa mencapai 22,70%^[6]. Proses

pyrolysis biomassa 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. Dekomposisi lignin terjadi pada suhu di atas 300°C^[7].

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini melalui beberapa tahapan

a. Persiapan bahan baku

Persiapan bahan baku meliputi produksi silika terpresipitasi, ZSM-5 dan NiMo/ZSM-5. Produksi silika terpresipitasi dibuat dengan mencampur abu sawit dengan larutan NaOH dan dipanaskan pada suhu 105°C, diaduk dengan kecepatan 500 rpm selama 4 jam. Kemudian setelah kondisi dingin dilakukan penyaringan untuk memisahkan filtrat dan cake. Filtrat ditambahkan HCl pekat dengan cara dititrasi sampai larutan membentuk gel semua. Gel yang terbentuk dipisahkan dan dikeringkan dalam oven. Silika terpresipitasi ini dianalisa kadar silikanya yaitu 84,7%.

Produksi ZSM-5 dilakukan dengan melarutkan natrium aluminat dengan aquades (suspensi 1). Silika terpresipitasi dicampur dengan aquades (suspensi 2). Suspensi 1 dicampur dengan suspensi 2 (suspensi 3) dengan nisbah Si/Al 30. Suspensi 3 ditambahkan NaOH sehingga diperoleh nisbah Na₂O/Al₂O₃ 7,4, diaduk selama 30 menit dan dimasukkan dalam autoclave pada suhu 175°C dan waktu 18 jam. Padatan yang terbentuk dicuci dengan aquades dan dioven pada 110°C selama 6 jam.

Produksi NiMo/ZSM-5 dilakukan dengan mengimpregnasikan logam Nikel dan Molebdenum pada ZSM-5 pada suhu 90°C selama 12 jam. Kemudian padatan tersebut dikalsinasi pada suhu 500°C selama 4 jam, oksidasi pada suhu 400°C selama 2 jam dan direduksi pada suhu 400°C selama 2 jam. NiMo/ZSM-5 yang terbentuk digunakan sebagai katalis untuk proses cracking cangkang sawit menjadi *crude biofuel*.

Pembuatan *Crude Biofuel*

Pembuatan *crude biofuel* dilakukan dengan cara memasukan cangkang sawit sebanyak 50 g, silinap 50 mL dan katalis NiMo/ZSM-5 dengan persentasi tertentu dalam reaktor

catalytic slurry cracking. Dan kedalam reaktor dialiri gas nitrogen dan diaduk serta dipanaskan pada suhu proses *pyrolysis*. Produk gas yang terkondensasi (*crude biofuel*) ditampung sampung produk tidak menetes lagi.

Analisa *Crude Biofuel*

Produk *crude biofuel* yang terbentuk pada kondisi proses optimum dilakukan karakterisasi berdasarkan sifat fisika (nilai kalor, densitas, viskositas, angka keasaman, dan titik nyala) dan kimia menggunakan *gas chromatography-mass spectroscopy* (GCMS).

HASIL DAN PEMBAHASAN

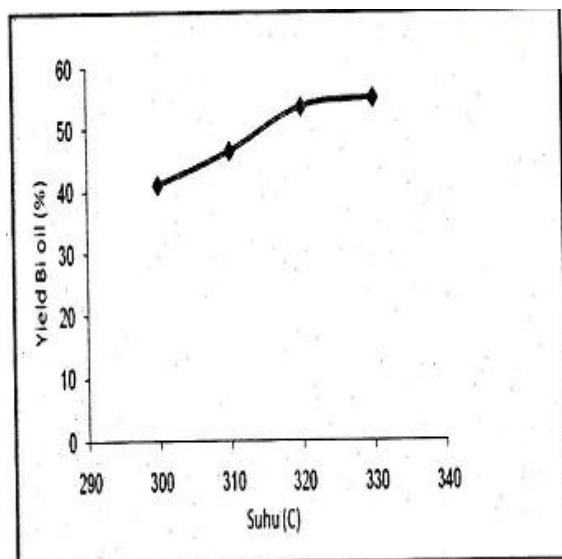
Pengaruh Temperatur Cracking terhadap *Yield Crude Bio-fuel*

Pengaruh temperatur terhadap *yield crude biofuel* dilakukan pada suhu 300-330°C dengan katalis NiMo/ZSM-5 yang ditambahkan 1,5% dari biomassa terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Pengaruh suhu *cracking* terhadap *yield crude biofuel*

Suhu (°C)	Yield (%)
300	41,2
310	46,6
320	55,2
330	57,8

Dari Gambar 1 dapat dilihat temperatur memiliki pengaruh yang cukup penting pada proses *pyrolysis*, pada temperatur rendah yaitu 300°C dihasilkan *yield crude biofuel* 41,2% dan yield yang dihasilkan juga meningkat seiring dengan naiknya temperatur yaitu pada temperatur 330°C sebesar 57,8%. Kenaikan yield dapat diartikan sebagai meningkatnya reaksi perengkahan yang terjadi. Suatu reaksi perengkahan adalah reaksi endotermis dimana reaksi ini melibatkan proses pemutusan rantai karbon, dimana untuk dapat memutuskan suatu ikatan diperlukan energi panas yang besar. Hal ini juga sama terjadi pada penelitian Setiadi, dkk., 2008, dimana *yield* produk cair (fraksi bensin) yang diperoleh meningkat seiring dengan naiknya temperatur.



Gambar 1. Pengaruh temperatur cracking terhadap yield crude biofuel.

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 *volatil* akan teruapkan secara cepat dengan jumlah yang lebih besar pula. Pada temperatur tinggi akan meningkatkan laju kinetika molekul sehingga difusi reaktan ke dalam katalis juga akan lebih baik. Jika difusi lebih baik maka reaktan yang dapat masuk ke pori katalis lebih banyak sehingga senyawa-senyawa yang terkandung di umpan yang terengkahkan juga lebih banyak^[8].

Menurut peneliti, temperatur reaksi sangat berpengaruh terhadap hasil *bio-oil*. Naiknya temperatur *pyrolysis* akan meningkatkan hasil *yield bio-oil* yang diperoleh dan akan meningkatkan dekomposisi komponen lignin yang ada pada biomassa. Dekomposisi lignin terjadi pada suhu di atas 300°C. Dengan temperatur 330°C kemungkinan komponen lignin akan terdekomposisi lebih banyak. Dengan terdekomposisinya komponen lignin yang banyak maka kemungkinan *bio-oil* yang dihasilkan akan memiliki kandungan senyawa fenol yang tinggi juga. Karena dengan kandungan fenol yang dihasilkan lebih dari 50% maka *bio-oil* tersebut dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk masa yang akan datang^[9].

Pengaruh Rasio Katalis NiMo/ZSM-5 Biomassa terhadap Yield Crude Biofuel

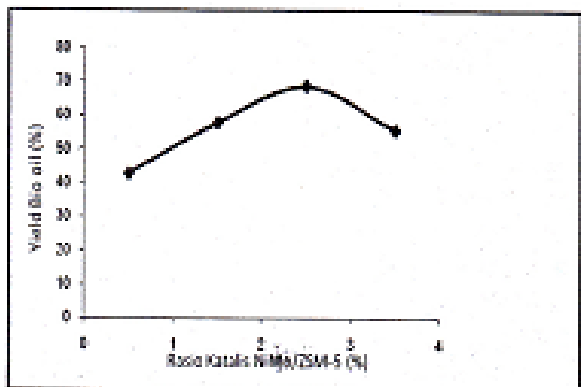
Pengaruh rasio katalis NiMo/ZSM-S dari biomassa cangkang sawit terhadap yield dilakukan pada variasi rasio katalis 0,5; 1,5; 2,5 dan 3,5 (%b/b) dari biomassa, dengan temperatur optimum 330°C.

Tabel 2. Data pengaruh rasio katalis NiMo/ZSM-5 dari biomassa terhadap yield *bio-oil* pada suhu 330 °C.

Katalis NiMo/ZSM-5 (%)	Yield (%)
0,50%	42,8
1,50%	57,8
2,50%	68,6
3,50%	55,6

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa semakin besar rasio katalis/cangkang sawit dapat meningkatkan perolehan *yield bio-oil*. Penambahan katalis NiMo/ZSM-5 pada proses *pyrolysis* berfungsi meningkatkan pembentukan produk *bio-oil* dan kualitas *bio-oil* yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena aktivitas katalis serta kandungan logam Ni dan Mo yang diembankan mempunyai peranan dalam meningkatkan selektivitas katalis, logam Ni cenderung selektif terhadap pemutusan rantai C-C dan C-H, sedangkan paduan logam Ni dan Mo dapat memfasilitasi terjadinya reaksi *hydrodeoxidation* dan selektif terhadap pemutusan rantai C-O^[10]. Semakin banyak katalis yang digunakan proses *cracking* yang terjadi semakin baik. Namun pada rasio katalis/cangkang sawit 3,5%wt terjadi penurunan *yield bio-oil* yang dihasilkan yaitu 55,6%. Rasio katalis/cangkang 2,5% memberikan hasil *yield* lebih tinggi dari rasio katalis/cangkang lainnya yaitu 68,6%. Hal ini terjadi karena pada pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini kemungkinan pada saat proses *pyrolysis catalytic cracking* lebih banyak terbentuk uap yang terbuang dari pada yang dapat terkondensasi membentuk *bio-oil*, ini disebabkan karena terjadi kenaikan produk gas *non condensable*, sehingga *crude biofuel* yang dihasilkan sedikit. Hal ini juga sama

terjadi pada penelitian^[11]. Sehingga pada penelitian ini rasio katalis/biomassa yang optimum terjadi pada rasio katalis NiMo/ZSM-5 2,5% dari biomassa.



Gambar 2. Pengaruh rasio katalis/biomassa terhadap yield bio-oil

Karakteristik Bio-oil

a. Sifat fisika bio-oil

Bio-oil yang diperoleh kemudian dikarakterisasi sifat fisiknya. Karakterisasi dilakukan meliputi penentuan massa jenis, viskositas, angka keasaman dan titik nyala. Dari Tabel 3 terlihat bio-oil yang dihasilkan dari pyrolysis cangkang sawit menggunakan katalis NiMo/ZSM-5 berada di dalam range standar bio-oil yang ditampilkan.

Tabel 3 Hasil Perbandingan karakteristik sifat fisika.

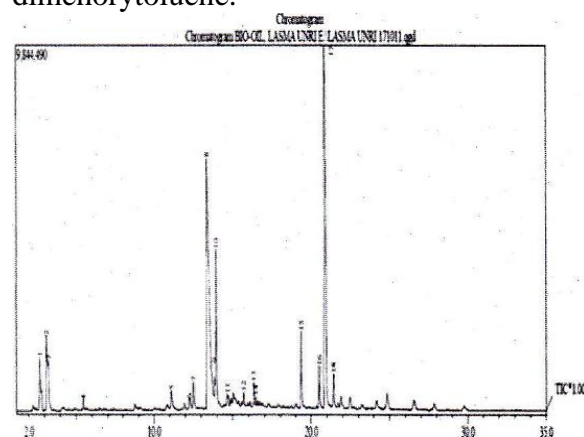
Parameter	Bio-oil				
	Khor (2009)	Smallwood (2008)	Sukiran (2008)	YI (2008)	Penelitian ini
Densitas (gr/ml)	1,031	0,94-1,2	0,88-1	1,171	1,01
Nilai Kalor(MJ/kg)	31,44	-	-	-	43,84
Viskositas (cSt)	13,52	8,13-121,95	-	5,84-13,11	13,27
Angka Keasaman	-	-	62,19-92,3	-	76,11
Titik Nyala (OC)	65	48-55	-	60	64

b. Komponen kimia crude biofuel

Analisa komponen kimia crude biofuel dilakukan dengan metode GC-MS. Sampel yang diuji yaitu crude biofuel dengan rasio katalis NiMo/ZSM-5 2,5% dari biomassa.

Dari Gambar 3, kromatogram mempunyai 4 puncak yang paling tertinggi. Puncak B (asam asetat) memiliki luas areal yang besar yaitu 33,94%, dibandingkan dengan puncak A (Metanol), C (Furancarboxaldehyde), dan D (fenol) dengan luas arealnya masing-masing adalah 4,93%; 7,78%; dan 31,71%. Di puncak-

puncak lainnya pada kromatogram juga terdapat komponen-komponen organik yang mendukung bio-oil dapat digunakan sebagai energi alternatif pengganti bahan bakar dari minyak bumi yaitu antara lainnya : Methanol, 1-Propanol, Ethyl N-methylcarbamate, 1-Penten-3-diol, 1,2-Ethenediol, Benzene, 2-Methoxy-4-methylphenol, phenol 2,5-dimehorytoluene.



Gambar 3 Hasil kromotogram bio-oil cangkang sawit menggunakan rasio katalis NiMo/ZSM-5 dari biomassa.

KESIMPULAN

1. Hasil yield bio-oil optimum diperoleh pada temperatur 330°C dan rasio katalis NiMo/ZSM-5 2,5% dari berat biomassa menghasilkan yield 68,60% dengan kandungan fenol 31,71%.
2. Karakteristik sifat fisika bio-oil . menggunakan katalis NiMo/ZSM-5 2,5% antara lain: densitas 1,01 g/ml, viskositas 13,27 cSt, angka keasaman 76,11 g NaOH/ g sampel, dan titik nyala 64°C.
3. Komponen kimia bio-oil yang dominan dari kondisi optimum antara lain asam asetat (33,94%), fenol (31,71%), furancarboxaldehyde (7,78%), metanol (4,93%).

DAFTAR PUSTAKA

1. BPS Provinsi Riau, 2011, Riau dalam Angka 2010, <http://riau.bps.go.id/publikasi-online.htm>, 19/05/2011
2. Departemen Pertanian Direktorat Jendral Perkebunan, 2011, Statistik Perkebunan Indonesia 2009-2011, <http://regionalinvestment.com>, 27/11/2011
3. I. Febijanto, Kajian teknis dan keekonomian pembangkit listrik tenaga

- biomassa sawit, Pusat Teknologi Pengembangan Sumber Daya Energi, Jakarta, 2011.
4. A. G. Gayubo, A. T. Aguayo, Atutxa, Alaitz, Velle, Beatriz, Bilbao, and Javier, Undersired components in the transformation of biomass pyrolysis oil into hydrocarbons on an HZSM-5 zeolite catalyst, *Ind Eng Chem.*, 80: 1244-1251, (2005).
 5. A. Awaluddin, Proses pencairan langsung biomassa menjadi crude biofuel dengan menggunakan thermo-oil, *I-MHERE Project.*, HEI-UI Universitas Riau, (2007)
 6. S. S Abdullah, S. Yusup, M. M. Ahmad, A. Ramli, and L. Ismail, Thermogravimetri study on pyrolysis of various lignocellulosic biomass for potential hydrogen production. *International Journal of Chemical and Biological Engineering.*, 3(3): 137-141, (2010)
 7. M. Irfan, Pyrolysis tandan kosong sawit dengan katalis CoMo/ZSM-5 Menjadi Bio-oil, Skripsi, 2010, Universitas Riau.
 8. Setiadi, Y. Darmawan, dan R. M. Fitria, Pemanfaatan zeolit alam sebagai komponen penyangga katalis untuk reaksi hidrogenasi CO₂ & perengkahan minyak sawit, Prosiding Seminar Nasional zeolit V, Ikatan Zeolit Indonesia (IZI), 2006, Bandar Lampung
 9. Biomass Technology Group, 2003, Bio-oil Applications. <http://www.btgworld.com/technologies/biooilapplication.html>. 16/15/2011
 10. Y. S. Indra, Pembuatan dan karakterisasi katalis Ni-Mo/NZA untuk proses catalytic cracking tandan kosong sawit menjadi bahan bakar cair, Laporan Penelitian, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik, 2010, Universitas Riau, Pekanbaru
 11. Purwanto, Widodo, A. O. Ningrum, dan R. Muthia, Pengembangan produksi bio-oil dari limbah sawit dengan metode fast pyrolysis, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Teknologi Oleo dan Petrokimia, 2011, Riau.