

# Catalytic Cracking Cangkang Sawit Menjadi Bio-Oil dengan Katalis Ni/Zsm-5 dalam Reaktor Slurry

Sunarno, Syaiful Bahri, M. Iwan Fermi, Rahman Widiyanto

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

narnounri@yahoo.com

## Abstrak

Indonesia merupakan produsen sawit terbesar di dunia dengan luas perkebunan sawit 9,7 juta hektar dengan total produksi 19,8 juta ton pada tahun 2010. Produksi sawit Indonesia yang tinggi menyebabkan penumpukan limbah padat sawit yang menjadi ancaman pencemaran lingkungan. Salah satu limbah padat dari sawit adalah cangkang sawit. Limbah cangkang sawit dihasilkan sekitar 6-7% dari tandan buah segar. Dalam cangkang sawit tersusun atas senyawa lignin(21%), selulosa(40%) dan hemiselulosa(24%). Senyawa tersebut dapat dicracking menjadi bio oil sebagai alternative energi terbarukan. Pada penelitian ini proses catalytic cracking cangkang sawit dengan menggunakan katalis Ni/ZSM-5 dan *thermo-oi* sebagai media pemanas. Tujuan penelitian ini adalah menentukan kondisi optimum catalytic cracking cangkang sawit dengan katalis Ni/ZSM-5 dan mengkarakterisasi bio-oil yang dihasilkan. Variabel yang dipelajari suhu operasi (290, 300, 310 dan 320<sup>o</sup>C) dan rasio katalis/biomass (1,2,3 dan 4%). Hasil penelitian menunjukkan bahwa yield bio-oil optimum pada suhu 310<sup>o</sup>C rasio katalis NiZSM-5/Biomass 3% adalah 58,7%. Hasil karakterisasi bio-oil secara fisika diperoleh densitas 0,981 gr/ml, viskositas 12,98 cSt, angka keasaman 80,3 grNaOH/gr sampel, titik nyala 52<sup>o</sup>C dan nilai kalor 43,31 MJ/Kg. Hasil analisa GC-MS menunjukkan komponen utama dalam bio-oil antara lain asam asetat(45,56%), fenol(28,30%), methyl ester(6,66%) dan methanol(4,82%).

**Kata kunci:** Bio-oil, Reaktor Slurry, Katalis NiZSM-5, Cangkang Sawit

## 1 Pendahuluan

Indonesia merupakan produsen sawit terbesar di dunia dengan luas perkebunan sawit 9,7 juta hektar dengan total produksi 19,8 juta ton pada tahun 2010 [Kementrian Negara Riset dan Teknologi, 2011]. Produksi sawit Indonesia yang tinggi menyebabkan penumpukan limbah padat sawit yang menjadi ancaman pencemaran lingkungan. Salah satu limbah padat dari sawit adalah cangkang sawit. Limbah cangkang sawit dihasilkan sekitar 6-7% dari tandan buah segar. Pemanfaatan cangkang sawit (40%) sebagai bahan bakar boiler dan pengeras jalan di perkebunan sawit sisanya hanya dibiarkan menumpuk sebagai limbah [Febijanto 2011], Dalam cangkang sawit tersusun atas senyawa lignin(21%), selulosa(40%) dan hemiselulosa(24%). Senyawa tersebut dapat dicracking menjadi bio oil sebagai alternative energi terbarukan. Pada penelitian ini proses catalytic cracking cangkang sawit dengan menggunakan katalis Ni/ZSM-5 dan *thermo-oi* sebagai media pemanas. Tujuan penelitian ini adalah menentukan kondisi optimum catalytic cracking cangkang sawit dengan katalis Ni/ZSM-5 dan mengkarakterisasi bio-oil yang dihasilkan. Variabel yang

dipelajari suhu operasi (290, 300, 310 dan 320<sup>o</sup>C) dan rasio katalis/biomass (1,2,3 dan 4%).

## 2 Metodologi

Penelitian ini melalui beberapa tahapan.

### a. Persiapan bahan baku

Persiapan bahan baku meliputi produksi silika terpresipitasi, ZSM-5 dan Ni/ZSM-5. Produksi silika terpresipitasi dibuat denganmencampur abu sawit dengan larutan NaOH dan dipanaskan pada suhu 105<sup>o</sup>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 aquadest (suspense 1). Silika terpresipitasi dicampur dengan aquadest (suspensi 2). Suspensi 1 dicampur dengan suspensi 2 (suspensi 3) dengan nisbah Si/Al 30. Suspensi 3 ditambahkan NaOH sehingga diperoleh nisbah Na<sub>2</sub>O/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 7,4, diaduk selama 30 menit dan dimasukkan dalam autoclaf pada

suhu 175°C dan waktu 18 jam. Padatan yang terbentuk dicuci dengan aquadest dan dioven pada 110°C selama 6 jam.

Produksi Ni/ZSM-5 dilakukan dengan mengimpregnasikan logam Nikel 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 2jam dan direduksi pada suhu 400°C selama 2 jam. Ni/ZSM-5 yang terbentuk digunakan sebagai katalis untuk proses *cracking* cangkang sawit menjadi *bio-oil*.

b. Pembuatan *bio-oil*

Pembuatan *bio-oil* dilakukan dengan cara memasukan cangkang sawit sebanyak 50 gram, silinap 50 ml dan katalis NiMo/ZSM-5 dengan persentasi tertentu dalam reaktor *catalytic slurry cracking*. Dan kedalam reactor dialiri gas nitrogen dan diaduk serta dipanaskan pada suhu proses *cracking*. Produk gas yang terkondensasi (*bio-oil*) ditampung sampung produk tidak menetes lagi.

c. Analisa *Bio-oil*

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

### 3 Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Pengaruh Suhu Cracking Terhadap Yield

Dalam menentukan pengaruh suhu cracking terhadap *yield* yang diperoleh digunakan variabel berubah berupa suhu operasi sebesar 290°C, 300°C, 310°C, dan 320 °C, dan variabel tetap berupa massa cangkang sawit 50 gram dan jumlah katalis Ni/ZSM-5 sebesar 1% wt cangkang sawit. Proses pirolisis dibantu dengan penambahan silinap sebanyak 500 ml sebagai *thermo oil* dan pengadukan 300 rpm. *Yield bio-oil* yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 3.1.

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Gambar 3.1 diketahui bahwa *yield bio-oil* meningkat seiring kenaikan suhu cracking sampai suhu 310 °C. Pada suhu 290 °C diperoleh *yield* sebesar 38,4% dan *yield bio-oil* meningkat pada suhu pirolisis 310 °C menjadi 48,8 %. Pirolisis adalah proses dekomposisi dengan reaksi endotermis, dimana *yield* yang diperoleh meningkat seiring bertambahnya suhu pirolisis [Setiadi, dkk. 2006], hal ini yang terjadi pada pirolisis suhu 290°C, 300°C dan 310°C. Pada suhu pirolisis 320°C terjadi penurunan *yield bio-oil* dengan *yield* sebesar 45,4 % . Penurunan *yield bio-oil* pada suhu pirolisis 320°C bertentangan dengan prinsip reaksi endotermis. *Bio-oil* pada penelitian ini bukan merupakan produk tunggal, masih terdapat produk samping yang tidak terukur dan teranalisis yaitu gas. Produk gas tidak terukur disebabkan penggunaan kondensor atmosferik menggunakan fluida pendingin air dengan suhu kamar. Pada proses pirolisis dengan suhu 320 °C memungkinkan terbentuknya gas yang tidak

terkondensasi, hal ini disebabkan tingginya suhu pirolisis yang dapat memicu pembentukan gas yang lebih banyak dibandingkan cracking pada suhu 310 °C.

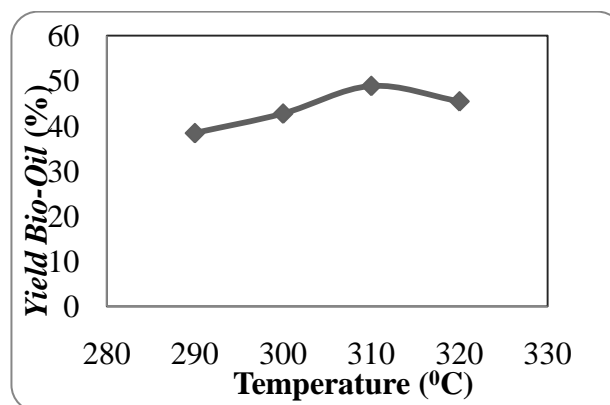
#### 3.2 Pengaruh Jumlah Katalis Terhadap Yield

Pada penentuan pengaruh jumlah katalis terhadap *yield bio-oil* yang diperoleh kita menggunakan variasi katalis sebesar 1, 2, 3, 4 % b/b biomassa dimana proses cracking berlangsung pada suhu optimal proses cracking dengan katalis Ni/ZSM-5 sebesar 310 °C. Hasil yang diperoleh dari cracking dengan variasi jumlah katalis Ni/ZSM-5 dapat dilihat pada Gambar 3.2.

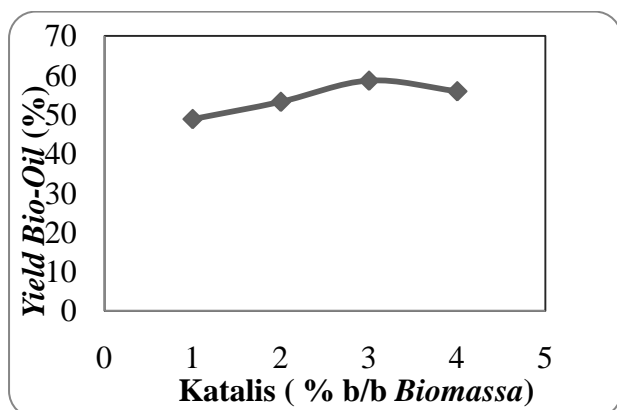
Dari Gambar 3.2 terlihat bahwa *yield bio-oil* yang diperoleh terus meningkat setiap kenaikan rasio katalis sampai rasio 3% b/b biomassa dengan *yield* 58,7% dan menurun pada rasio katalis 4% b/b biomasa menjadi 55,9%. Semakin besar rasio katalis akan mempercepat proses cracking karena semakin besar permukaan aktif katalis tempat terjadinya reaksi. Kandungan logam Ni pada katalis Ni/ZSM-5 membantu proses pemutusan ikatan C-C dan C-H [Vang, dkk. 2005], hal ini terjadi pada cracking dengan variasi katalis 1%, 2%, dan 3%. Pada rasio katalis 4 % b/b penurunan *yield bio-oil* dapat disebabkan kelebihan jumlah katalis yang mengakibatkan reaksi pemutusan ikatan C-C dan C-H oleh logam Ni terjadi secara berlebihan (kecepatan reaksi tinggi). Semakin tinggi logam Ni akan menyebabkan semakin banyak ikatan C-C dan C-H yang diputus dan menyebabkan semakin banyak produk rantai pendek (gas) yang terbentuk. Terbentuknya produk rantai pendek seperti gas metan dalam jumlah besar akan mengurangi *yield bio-oil* yang diperoleh.

#### 3.3 Karakterisasi Bio-Oil

Bio-oil yang dihasilkan dikarakterisasi secara fisika dan kimia. Hasil karakterisasi secara fisika diperoleh nilai densitas 0,981gr/ml, viscositas 12,98 cSt, titik nyala 52 °C dan nilai kalor nilai kalor 43,31 MJ/Kg. Karakterisasi secara kimia dilakukan analisa GC-MS dan diperoleh hasil dengan komponen utama dalam bio-oil antara lain asam asetat(45,56%), fenol(28,30%), methyl ester(6,66%) dan methanol(4,82%).



Gambar 3.1 *Yield Bio-oil* Pada Variasi Temperatur



Gambar 3.2 Yield Bio-oil dengan Variasi Jumlah Katalis

#### 4 Kesimpulan

1. Yield bio-oil tertinggi 58,7% (kondisi optimum) diperoleh melalui proses pirolisis pada suhu 310°C dan katalis Ni/ZSM-5 sebanyak 3 berat
2. Hasil karakterisasi bio-oil secara fisika diperoleh densitas 0,981 gr/ml, viskositas 12,98 cSt, angka keasaman 80,3 gr NaOH/gr sampel, dan titik nyala 52<sup>0</sup> C dan nilai kalor 43,31 MJ/kg.
3. Hasil analisa GC-MS menunjukkan komponen dalam bio-oil antara lain asam asetat (45,56%), fenol (28,30%), methyl ester (6,66%); methanol (4,82%).

#### Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada DP2M Dikti yang telah membiayai penelitian melalui Dana Hibah Bersaing.

#### Daftar Pustaka

- Babu, B.V., dan Chaurasia A.S., 2004, Dominant Design Variables in Pyrolysis of Biomass Particles of Different Geometries in Thermally Thick Regime, Chemical Engineering Science
- Basu P., 2006, *Combustion and Gasification in Fluidized Beds*; 21– 23: 59– 67: 74– 82
- Beyond Petroleum, 2010, BP Statistical Review of World Energy, <http://www.bp.com/statisticalreview>, 13 Juli 2010.
- Blasi, C.D., 2007, Modelling Chemical and Physical Processes of wood and biomass pyrolysis, *Progress In Energy And Combustion Science*, Elsevier, Italy, 47-90.
- 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.
- Ensyn Group INC. 2001. Bio-Oil Combustion Due Diligence : The Conversion of Wood and Another Biomass. Cole Hill Associates.
- Goyal, H.B., D.Seal, dan R.C.Saxena, 2006, Bio-Fuels from Thermochemical Conversion Of Renewable Resources: A Review, India Institute of petroleum, India.
- Innovative Natural Resource Solution LLC, 2004, Bio oil Opportunity Analysis, New Hampshire. [http://www.nh.gov/oep/programs/energy/documents/nh\\_biooilopportunityanalysis.pdf](http://www.nh.gov/oep/programs/energy/documents/nh_biooilopportunityanalysis.pdf), 8 Mei 2011.
- Kaengsilalai, A., Luengnaruemitchai, A., Jitkarnka, S., Wongkasemjit,S., 2007, Potential Of Ni Supported On KH Zeolite Catalysts For Carbon Dioxide Reforming Of Methane, The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, Thailand.
- Kementrian Negara Riset dan Teknologi, 2011, Harmonisasi Lingkungan dan Perkebunan Sawit, Indonesia.
- 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, H. D., 2006, *Sintesis Katalis Ni/Mo untuk Hydrotreating Coker Nafta*, Tesis, Program Studi Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung.
- Lucas, Romero, MD., Calles, JA., Rodriguez, 1997, Microporous and Mesoporous Material, Applied Catalyst, Vol 9, 221
- Maga, J. A., 1987, Smoke in Food Processing, CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.
- Misdian, D., 2009, Pembuatan CoMo/ZSM-5 dari Abu Sawit Sebagai Katalis pada Pengolahan Biomassa Menjadi Bahan Bakar Cair, *Laporan Penelitian*, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru.
- Pertamina., 2008,Silinap, <http://www.lubrisindo.tripod.com>, 19 April 2011.
- Pertamina, 2011, *Material Safety Data Sheet* Produk Pertamina, PT. PERTAMINA, Indonesia.
- Putera, D. D., 2008, Sintesis Fotokatalisis CuO/ZnO untuk Konversi Metanol Menjadi Hidrogen, Skripsi, Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Bandung
- Rovision Group, 2011, Commodities, <http://www.rovisiongroup.com>, 21 April 2011.
- Setiadi, Darmawan Y., Fitria, R.M., 2006, Pemanfaatan Zeolit Alam sebagai Komponen Penyangga Katalis untuk Reaksi Hidrogenasi CO<sub>2</sub> & Perengkahan Minyak Sawit, *Prosiding Seminar Nasional Zeolit V, Ikatan Zeolit Indonesia(IZI)*, Bandar Lampung.
- Setyawan, D., Handoko, P., 2003, Aktivitas Katalis Cr/Zeorit dalam Reaksi Konversi Katalitik Fenol dan Metil Isobutil Keton, *Jurnal Ilmu Dasar*. Vol. 4 no.2 hal :73-76

Sampath, S.S., dan Babu, B.V., 2005, Energy and Useful Products from Waste Using Pyrolysis : A State-of-the-Art Review, Chemcon-05 New Delhi

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

Sukiran, MAB, 2008, Pyrolysis Of Empty Oil Palm Fruit Bunches Using them Quartz Fluidised- Fixed Bed Reactor, Dissertataion, University Of Malaya, Kuala Lumpur.

Vang, R, T., Honkala, K., Dahl, S., Vestegaard, K, E., Schnadt, J., 2005, Controlling the Catalytic Bond-Breaking Selectivity of Ni Surfaces by Step Blocking, Nature Material, Vol: 4, p: 160-162

Biomass Technology Group. 2003. *Bio-oil Applications*.[http://www.btgword.com/technologies/ bio-oil application.html](http://www.btgword.com/technologies/bio-oil_application.html). 16 Mei 2005.