

TRK 01

Sintesis Katalis Ni/Silika-Alumina Dan Uji Kinerja Pada Perengkahan Katalitik Bio-oil  
Tandan Kosong Sawit

**Sunarno, Syamsu Herman**

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau  
Kampus Binawidya Km 12,5 Panam Pekanbaru 282993  
narnounri@yahoo.com

**Abstrak**

Keterbatasan jumlah minyak bumi dan meningkatnya penggunaan minyak bumi sebagai akibat dari meningkatnya kebutuhan akan energi menjadi alasan utama pentingnya mencari sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui. Biomassa berupa tandan kosong sawit yang melimpah terdapat di Indonesia, khususnya Riau. Biomassa ini dapat diproses menjadi bio-oil melalui proses pirolisis, namun produk ini belum dapat digunakan langsung sebagai bahan bakar transportasi, sehingga perlu upgrading bio-oil melalui proses perengkahan katalitik. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh impregnasi logam Ni (1 - 7 %) pada silika-alumina terhadap karakteristik katalis Ni/Silika-Alumina dan uji kinerja katalis pada proses perengkahan katalitik bio-oil tandan kosong sawit. Pembuatan katalis Ni/Silika-Alumina dilakukan dengan impregnasi pada suhu 80°C selama 3 jam dilanjutkan dengan kalsinasi dan reduksi masing-masing pada suhu 500°C selama 2 jam. Sedangkan uji kinerja katalis dilakukan pada perengkahan katalitik suhu 500°C. Hasil menunjukkan makin tinggi konsentrasi Ni maka diameter pori dan luas permukaan katalis menurun, masing-masing dari 35,71 Å dan 209,783 m<sup>2</sup>/gram menjadi 32,70 Å dan 188,527 m<sup>2</sup>/gram. Sedang pada uji kinerja katalis diperoleh hasil makin tinggi konsentrasi Ni maka yield produk oil makin turun yaitu dari 22,5 % menjadi 11,25 %, namun nilai kalornya naik dari 34,4 MJ/Kg menjadi 36,41MJ/Kg.

**Kata kunci:** Bio-oil, Nikel, Perengkahan Katalitik

**1.0 PENDAHULUAN**

Berdasarkan data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) 2012 bahwa cadangan minyak bumi di Indonesia diprediksi tersisa sekitar 3,74 milyar barel dengan produksi sebesar 315 juta barel per tahun, dengan asumsi tidak ada penemuan cadangan minyak baru maka minyak bumi di Indonesia akan habis pada Tahun 2025. Dengan melihat kondisi ini, prioritas utama yang harus dilakukan untuk menanggulangnya adalah mengurangi konsumsi bahan bakar minyak (BBM) dan menggantinya dengan energi alternatif. Biomassa adalah salah satu sumber energi alternatif yang sangat menjanjikan.

Limbah padat sawit merupakan biomassa yang jumlahnya berlimpah. Propinsi Riau mempunyai areal perkebunan sawit terluas dibandingkan daerah lainnya. Luas areal kelapa sawit pada tahun 2013 mencapai 2,3 juta ha, dengan produksi kelapa sawit sebanyak 7.037.636 ton/tahun (Kementerian Pertanian, 2014). Pada industri kelapa sawit akan dihasilkan limbah padat yang berupa tandan kosong sawit, serabut dan cangkang.

Persentase limbah yang dihasilkan yaitu tandan kosong sawit 22-23%, cangkang 6-7% dan serabut 14-15% dari tandan buah segar (Hussain *et al.*, 2006). Saat ini pabrik kelapa sawit baru memanfaatkan sebagian serabut dan cangkang sawit sebagai bahan bakar boiler di pabrik, sedangkan tandan kosong sawit sekitar 2 -10% digunakan sebagai pupuk dengan proses pengomposan, sehingga masih banyak tandan kosong sawit yang belum dimanfaatkan. Untuk itu diperlukan suatu terobosan yang dapat mengolah limbah tandan kosong sawit.

Tandan kosong sawit mengandung senyawa lignoselulosa yang cukup tinggi yang dapat dikonversikan menjadi bio-oil dengan teknologi pirolisis. Bio-oil mempunyai sifat bahan bakar lebih baik daripada limbah padat biomassa. Namun bio-oil baru dapat digunakan sebagai bahan bakar dalam boiler dan tidak dapat menggantikan bahan bakar transportasi karena viskositasnya tinggi, kandungan oksigen tinggi, nilai kalor rendah dan bersifat korosif (Guo *et al.*, 2011). Untuk itu perlu proses *upgrading* bio-oil agar dapat menggantikan bahan bakar transportasi.

Proses *upgrading* bio-oil melibatkan reduksi senyawa oksigenat yang terdiri dari proses hidredeoksigenasi (HDO) dan perengkahan katalitik. Proses HDO terkadang dianggap sebagai proses yang kurang menarik dibandingkan proses perengkahan (Stefanidis *et al.*, 2011). Kelebihan proses perengkahan katalitik juga memberikan produk bahan bakar transportasi yang nilainya lebih tinggi karena kandungan aromatik lebih tinggi (Bridgwater, 1994).

Salah satu tantangan utama dalam perengkahan katalitik dari bio-oil adalah pembentukan *coke* yang dapat dihasilkan melalui dekomposisi termal fasa gas, reaksi homogen fasa gas dan reaksi heterogen pada katalis (Carlson *et al.*, 2008). Produk samping ini akan menyebabkan deaktivasi katalis, sehingga aktivitas dan selektivitas katalis akan menurun. Untuk itu perlu katalis yang mempunyai aktivitas dan selektivitas yang tinggi.

Beberapa peneliti telah melakukan perengkahan katalitik bio-oil. Adjaye dan Bakhshi (1995) telah melakukan perengkahan katalitik bio-oil dengan katalis silika-alumina dan diperoleh yield hidrokarbon 13,2%. Sedangkan Oga dan Murakami (2014) juga melakukan perengkahan katalitik dengan katalis yang sama dan diperoleh yield oil 31,2% dengan nilai kalor 31,8 MJ/Kg. Untuk meningkatkan kualitas produk oil, maka pada penelitian ini mencoba memodifikasi katalis silika-alumina dengan impregnasi logam nikel.

Tujuan pada penelitian ini adalah mempelajari pengaruh konsentrasi logam nikel yang diimpregnasikan pada silika-alumina terhadap karakteristik katalis dan uji kinerja katalis Ni/Silika-Alumina pada perengkahan katalitik bio-oil. Pada uji kinerja katalis akan dilihat pengaruh katalis terhadap yield produk, komposisi produk dan nilai kalor produk oil. Variabel yang dipelajari konsentrasi Ni (1,3,5 dan 7%).

## 2.0 METODOLOGI

Penelitian ini melalui beberapa tahapan.

### 2.1 Penyiapan katalis

Penyiapan katalis meliputi impregnasi, pencetakan butir katalis, kalsinasi dan reduksi. Proses impregnasi dilakukan dengan melarutkan Ni 1% dari nikel nitrat hidrat kedalam 500 ml aquades. Larutan kemudian dicampur dengan katalis silika-alumina 30 gram, dipanaskan pada suhu 80 °C dan diaduk dengan magnetik stirer selama 3 jam dalam labu leher tiga yang dilengkapi pendingin leibig. Kemudian larutan dikeringkan dengan oven pada suhu 120°C sampai kering.

Serbuk yang sudah kering dicampur dengan kaolin 5% dan ditambahkan aquades secukupnya, selanjutnya dicetak dengan penekanan sehingga terbentuk butiran silinderyang berukuran 0.6 cm. Butiran yang berbentuk silinder dikeringkan lagi dengan menggunakan oven selama 3 jam pada suhu 110°C.

Pada tahap selanjutnya adalah kalsinasi yang dilakukan dalam furnace pada suhu 500°C dan dialiri gas nitrogen selama 2 jam. Setelah itu dilakukan reduksi pada suhu 500°C

dan dialiri gas hidrogen selama 2 jam.

Butiran katalis yang sudah dikalsinasi dan reduksi dianalisa dengan BET dan uji kinerja pada perengkahan katalitik bio-oil.

## 2.1 Produksi bio-oil

Bio-oil diproduksi dengan cara pirolisis tandan kosong sawit pada suhu 500°C. Produk cair yang dihasilkan dari pirolisis dipisahkan secara dekantasi. Produk cair fraksi atas digunakan sebagai bahan baku pada perengkahan katalitik.

## 2.2 Uji kinerja katalis pada perengkahan katalitik

Uji kinerja katalis dilakukan dengan cara 10 gram katalis dimasukkan dalam reaktor dan dipanaskan pada suhu 500°C. Setelah suhu tercapai, reaktor dialiri gas nitrogen dan dilanjutkan dengan mengalirkan bio-oil dengan kecepatan 8 ml/menit sampai volume bio-oil

40 ml. Proses dihentikan sampai produk cairan tidak menetes. Produk cair dipisahkan dengan dekantasi sehingga produk cair terdiri dari oil dan aqueous. Produk gas diambil sampelnya dengan tabung vacuum.

## 2.3 Analisis produk

Produk *oil* dan aqueous dianalisa dengan *gas chromatography-mass spectroscopy* (GC-MS). Analisa gas yang terbentuk menggunakan *gas chromatography* (GC). Analisa nilai kalor produk oil menggunakan *bomb calorimetri*.

## 3.0 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Pengaruh Konsentrasi Ni pada Silika Alumina Terhadap Karakteristik Katalis

Pengaruh konsentrasi Ni terhadap diameter, volume pori dan surface area dapat dilihat pada Tabel 1. Pada Tabel 1 terlihat makin tinggi konsentrasi Ni yang diimpregnasikan pada katalis silika-alumina maka makin menurun diameter pori katalis Ni/silika-alumina, namun diameter porinya masih berukuran mesopori. Hal ini menunjukkan ada logam Ni yang terserap pada permukaan pori katalis, sehingga ukuran diameter pori katalis menjadi berkurang. Begitu juga surface area katalis, makin tinggi konsentrasi Ni maka makin menurun surface areanya. Surface area ini terdiri mikropori dan eksternal surface area. Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa micropori area lebih besar dari pada eksternal surface area. Hal ini menunjukkan katalis mempunyai banyak saluran micropori. Pada Tabel 2 juga terlihat dengan kenaikan konsentrasi Ni maka penurunan area lebih

besar pada eksternal surface dibandingkan pada micropori. Hal ini menunjukkan logam Ni lebih banyak terserap pada bagian eksternal dibandingkan pada micropori.

**Tabel 1.** Pengaruh konsentrasi Ni terhadap diameter, volume pori dan surface area.

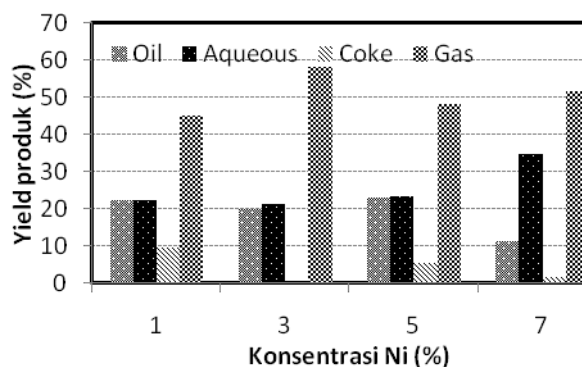
Konsentrasi Ni (%)	Diameter pori (A)	Volume pori (cc/g)	Volume mikropori (cc/g)	Surface area (m <sup>2</sup> /g)
1	35,71	0,1873	0,068	209,783
3	33,97	0,1722	0,068	202,71
5	34,68	0,1681	0,064	193,913
7	32,27	0,1521	0,064	188,527

**Tabel 2.** Pengaruh konsentrasi Ni terhadap micropori dan eksternal surface area

Konsentrasi Ni (%)	Micropori area (m <sup>2</sup> /g)	External surface area (m <sup>2</sup> /g)
1	145,461	64,322
3	143,759	58,951
5	137,251	56,662
7	138,436	50,091

### 3.2 Pengaruh Konsentrasi Ni pada Uji kinerja Katalis

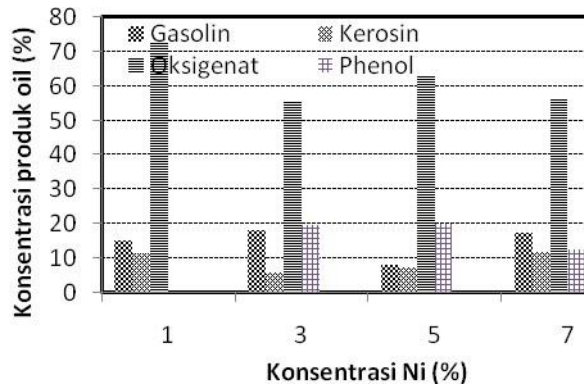
Uji Kinerja katalis Ni/silika-alumina dilakukan pada perengkahan katalitik bio-oil pada suhu 500°C dengan ketebalan bed katalis 1 cm (10 gram). Produk dari perengkahan katalitik meliputi oil, aqueous, coke dan gas. Pengaruh konsentrasi Ni pada katalis terhadap yield dari masing-masing produk dapat dilihat pada Gambar 2.



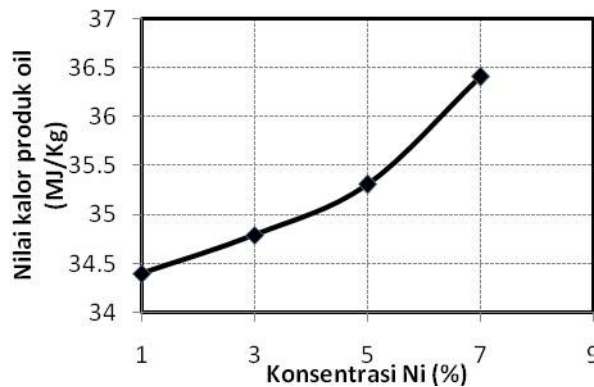
**Gambar 2.** Pengaruh konsentrasi Ni terhadap yield produk

Pada Gambar 2 menunjukkan dengan variasi konsentrasi Ni maka diperoleh yield produk yang berbeda. Yield oil tertinggi diperoleh pada konsentrasi Ni 5% dengan yield oil 23%, sementara yield oil terendah diperoleh pada konsentrasi Ni 7% dengan yield 11%. Dari Hasil analisa GC-MS produk oil dapat dikelompokkan menjadi enam yaitu gasolin (hidrokarbon dengan rantai C<sub>5</sub> sampai C<sub>11</sub>), kerosin (rantai hidrokarbon dengan rantai C<sub>12</sub>

sampai C<sub>18</sub>), phenol, oksigenat (rantai karbon yang berikatan atom O mulai dari C<sub>7</sub>), aseton dan asam asetat. Pengaruh komposisi produk oil dapat dilihat pada Gambar 3. Pada Gambar 3 terlihat konsentrasi gasolin tertinggi pada konsentrasi Ni 3%. Sedangkan konsentrasi gasolin terendah pada konsentrasi Ni 5%. Untuk konsentrasi hidrokarbon (campuran gasolin dan kerosin) yang tertinggi pada konsentrasi Ni 7%, hal ini menunjukkan kualitas bahan bakar lebih tinggi dibandingkan produk oil dengan katalis lainnya, meskipun pada konsentrasi katalis 7% ini diperoleh yield paling kecil. Kualitas bahan bakar bisa diindikasikan dengan nilai kalor pada produk oil seperti tertera pada Gambar 4.



**Gambar 3.** Pengaruh konsentrasi Ni terhadap komposisi produk oil

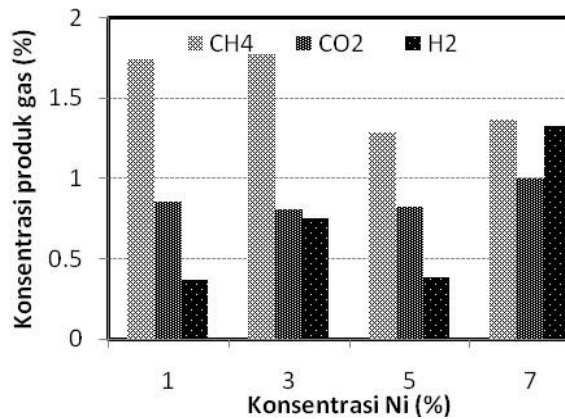


**Gambar 4.** Pengaruh Konsentrasi Ni terhadap Nilai Kalor Produk Oil

Pada Gambar 4. terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi Ni pada silika alumina maka akan dihasilkan produk oil yang mempunyai nilai kalor yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa makin tinggi konsentrasi Ni maka terjadinya deoksigenasi pada senyawa oksigenat dalam bahan baku bio-oil akan lebih mudah, sehingga kandungan hidrokarbon (gasolin dan kerosin) dalam produk oil makin tinggi.

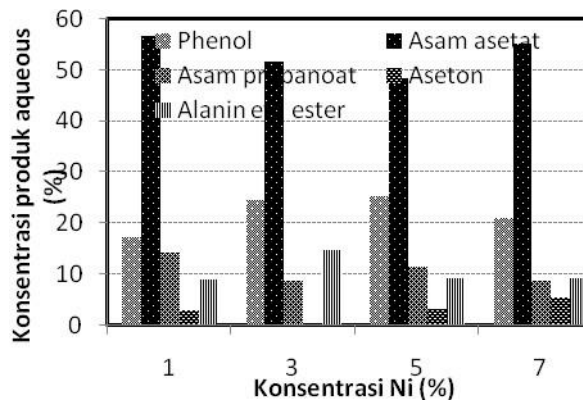
Konsentrasi Ni pada silika-alumina ini juga akan berpengaruh pada komposisi produk gas, seperti tertera pada Gambar 5.





**Gambar 5.** Pengaruh konsentrasi Ni terhadap konsentrasi produk gas

Pada Gambar 5 nampak produk gas mengandung metana, karbondioksida dan hidrogen. Hal ini menunjukkan selama proses perengkahan terjadi reaksi dekarboksilasi, cracking dan dehidrogenasi. Diantara gas yang dihasilkan, gas metana merupakan produk terbanyak yang terjadi pada konsentrasi Ni 3%. Sedangkan konsentrasi gas hidrogen dihasilkan terbanyak pada konsentrasi Ni 7%. Pengaruh konsentrasi Ni terhadap komposisi aqueous disajikan pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Pengaruh konsentrasi Ni terhadap konsentrasi produk aqueous

Gambar 6 menunjukkan bahwa produk aqueous terdiri dari phenol, asam asetat, asam propanoat, aseton dan alanin etil ester. Diantara senyawa tersebut, asam asetat merupakan komposisi terbanyak pada produk aqueous disusul phenol. Konsentrasi asam asetat tertinggi pada konsentrasi Ni 1% dan paling kecil pada konsentrasi Ni 5%. Sementara senyawa phenol diperoleh pada konsentrasi Ni 5% dan paling kecil pada konsentrasi Ni 1%.

#### 4.0 KESIMPULAN

Sintesis katalis Ni/silika-alumina yang dihasilkan dengan mengimpregnasi logam Ni pada silika alumina dengan variasi konsentrasi Ni (1,3,5 dan 7%) maka diperoleh produk katalis Ni/silika alumina dengan karakteristik yang berbeda. Makin tinggi konsentrasi Ni maka diameter pori dan luas permukaan makin menurun, namun masih tergolong mesopori. Hasil uji kinerja katalis pada perengkahan katalitik bio-oil diperoleh yield produk oil, gas, aqueous, coke dan gas yang berbeda. Masing-masing produk tersebut mengandung senyawa dengan komposisi yang berbeda. Dengan menggunakan katalis dengan konsentrasi Ni yang tinggi maka diperoleh nilai kalor dari produk oil yang semakin tinggi.

### Daftar Pustaka

- Adjaye, J.D. and Bakhshi, N.N., 1995, "Production of Hydrocarbons by Catalytic Upgrading of Fast Pyrolysis Bio-Oil. Part II: Comparative Catalyst Performance and Reaction Pathways", *Fuel Process. Technol.*, 45, 185-202
- Bridgwater, A.V., 1994, "Catalysis in Thermal Biomass Conversion", *Appl. Catal.A*, 116, 5-47.
- Carlson, T.R., Tompsett, G.A., Corner, W.C., and Huber, G.W., 2009, "Aromatic Production from Catalytic Fast Pyrolysis of Biomass – Derived Feedstocks", *Top. Catal.*, 52, 241-252
- Guo ,Z., Wang, S., Yin, Q., Xu, G.,Luo, Z., Cen, K., and Fransson, T.H., 2011, "Catalytic Cracking Characteristics of Bio-oil Molekuler Distillation Fraction", World Renewable Energy Congress , Sweden
- Hussain, A., Ani, F.N., Darus, A.N., and Ahmed, Z., 2006, "Thermogravimetric and Thermochemical Studies of Malaysian Oil Palm Shell Waste", *J. Technol.*, 45, 43-53.
- Kementerian ESDM (Energi dan Sumber Daya Mineral), 2012, "Statistik Minyak dan Gas Bumi Tahun 2012", Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi, Jakarta
- Kementerian Pertanian, 2014, "Statistik Komoditas Kelapa Sawit, Direktorat Jendral Perkebunan, Jakarta
- Oga, T. and Murakami, K., 2014, "Bio-oil Upgrading Using Iron and Mesoporous Silica-Alumina Catalyst", International Conference on Sustainable Energy and Environment, 19-21 November 2014, Bangkok.