

# Konversi Kulit Pinus menjadi *Bio-Oil* dengan Metode *Pyrolysis* Menggunakan Katalis CoMo/NZA (*Natural Zeolit deAluminated*)

Defriano Asril, Syaiful Bahri dan Sunarno

Laboratorium Teknik Reaksi Kimia Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau  
Jl. HR Subrantas Km 12,5 Kampus Bina Widya Panam Pekanbaru 28293  
defrianoasril@yahoo.com

## Abstract

Pine bark over this is just considered waste that pollutes the environment, pine bark is biomass which can be processed into alternative energy. Through the method of catalytic pyrolysis using the CoMo/NZA expected to convert pine bark as biomass into bio-oil. On the study of biomass pine skin 50 gram with a size of -60+80 mesh, silinap 500 ml, and catalyst CoMo/NZA 1,5 grams are incorporated into the slurry reactors, then pyrolysis process carried out on operating conditions, namely temperature and stirring speed 300 3200C rpm for 120 minutes with a flowing nitrogen gas (N<sub>2</sub>) as protective gas. The results obtained indicate that the yield obtained at optimum catalyst 1% CoMo/NZA i.e. amounting to 51,7%. Physical properties of test results obtained indicate the density (0,919 gr/ml), the viscosity (8.02 pm cSt), numbers of acidity (17, 78a), flash point (50 0 c) and the heat (44, 04MJ/Kg). Analysis of chemical content of results with GC-MS, the predominant chemical components found in bio-oil is 1-Pentene 13.90%, 2-Pentene 10.65%, 1-Propene, 1-Pentene 9,46% 6,38%, Hexane 6,23%.

**Keywords:** Biomass, Bio-oil, Pine Bark, Catalyst CoMo/NZA, Pyrolysis

## 1. Pendahuluan

Sumber energi baru terbarukan sedang digalakkan saat ini, membahas tentang gagasan dan ide untuk mencari dan menemukan sumber energi alternatif sebagai penyeimbang sumber energi dari bahan bakar fosil. Khususnya untuk Indonesia, penggunaan energi masih dominan pada bahan bakar fosil. Maka dari pada itu perlu adanya sumber energi baru yang dapat diperbaharui dan jumlahnya memadai. Salah satu energi alternatif yang dapat dikembangkan yaitu *bio-oil*.

*Bio-oil* telah banyak dikembangkan melalui pengolahan sumber daya alam yang dapat diperbaharui. Biomassa seperti kayu, kulit kayu, kertas atau biomassa lainnya merupakan bahan yang dapat diolah menjadi energi alternatif [Hambali dkk, 2007]. Kulit pinus merupakan salah satu biomassa yang dapat digunakan sebagai energi alternatif untuk menghasilkan *bio-oil*.

Selama ini kulit pinus hanya dianggap sebagai limbah yang mencemari lingkungan. Dahlian dan Hartoyo [1997], melaporkan, hampir semua bagian pohon pinus dapat dimanfaatkan, antara lain bagian batangnya

dapat disadap untuk diambil getahnya. Hasil kayunya bermanfaat untuk konstruksi, korek api, pulp, dan kertas serat panjang. Sedangkan bagian kulitnya hanya dibakar dan abunya digunakan untuk bahan campuran pupuk, karena mengandung kalium. Padahal kulit pinus bisa dijadikan sebagai sumber bahan bakar yang belum termanfaatkan dengan baik. Karena kulit pinus mempunyai potensi sumber energi, maka pada penelitian ini akan di gunakan kulit pinus sebagai biomassa untuk memproduksi *bio-oil*.

Salah satu teknologi proses yang digunakan dalam pembuatan *bio-oil* yaitu pirolisis. Pirolisis merupakan suatu bentuk insinerasi yang menguraikan bahan organik secara kimia melalui pemanasan dengan mengalirkan nitrogen sebagai gas inert [Anugra, 2011]. Untuk mendapatkan hasil yang baik dalam peningkatan kualitas *bio-oil* digunakan zeolit sebagai katalis dalam proses pirolisis.

Zeolit merupakan salah satu sumber daya alam mineral yang sangat melimpah di Indonesia. Menurut data BAPPENAS [2010], Indonesia memiliki cadangan zeolit alam yang tidak sedikit, yaitu sebesar 207 juta ton,

namun mineral zeolit tersebut belum dimanfaatkan secara optimal.

Konversi biomassa menjadi *bio-oil* menggunakan proses *pyrolysis* sebelumnya telah dilakukan oleh Hassan [2009], dengan kulit pinus sebagai biomassa tanpa menggunakan katalis pada suhu 450<sup>0</sup> C. Dari penelitian ini diperoleh *yield bio-oil* tertinggi sebesar 48,2 % sedangkan senyawa paling dominan yang didapat berupa benzene.

Negri [2012], telah melakukan konversi pelepah nipah menjadi *bio-oil* dengan metode *pyrolysis* menggunakan katalis CoMo/NZA dengan kadar logam yang diimbangkan yaitu 0; 0,5; 1 dan 1,5% b/b. Dari penelitian ini diperoleh *yield bio-oil* tertinggi sebesar 41,2 % pada kadar pengembunan logam sebesar 0,5% CoMo/NZA dengan kandungan lignoselulosa sebesar 21,79 dan didapatkan senyawa *phenol* sebesar 3,83 %.

Musta [2010] yang telah melakukan penelitian tentang preparasi logam molibdate (Mo) dan cobalt (Co) terhadap H-Zeolit. Dari penelitian ini disimpulkan bahwa pengembunan logam CoMo ke zeolit sebagai logam aktif dan promotor dapat meningkatkan kristalinitas dari H-Zeolit serta dapat digunakan dalam proses perengkahan biomassa.

Pada penelitian ini akan dilakukan konversi kulit pinus menjadi *bio-oil* menggunakan proses pirolisis dengan katalis CoMo/NZA, kadar logam yang diimbangkan yaitu 0; 0,5; 1 dan 1,5% b/b. Penggunaan katalis CoMo/NZA pada proses pirolisis kulit pinus diharapkan dapat meningkatkan *yield bio-oil* yang diperoleh dan mengarahkan dekomposisi lignoselulosa pada kulit pinus untuk memperoleh senyawa *bio-oil* yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk masa yang akan datang.

## 2. Metode Penelitian

Bahan- bahan yang diperlukan adalah Zeolit alam Yogyakarta, kulit pinus, HCl 6 N, NH<sub>4</sub>Cl 1 N, Co(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O, (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>.4H<sub>2</sub>O, aquades, AgNO<sub>3</sub>, gas N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, dan H<sub>2</sub> dan silinap 280M (*thermo oil*). Sedangkan alat yang digunakan berupa lumpang porselin, pengayak 60, 80, 100 dan 200 mesh, reaktor alas datar ukuran 1 L, satu set motor pengaduk, oven, *furnace tube*,

timbangan analitik, tabung serta regulator gas N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>, 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 CoMo/NZA dan pembuatan *bio-oil*.

### 1) Pembuatan Katalis CoMo/NZA

Zeolit alam Yogyakarta digerus dalam lumpang porcelain untuk memperkecil ukuran partikel, kemudian diayak dengan ukuran ayakan -100+200 mesh dengan ketentuan ukuran partikel yang diambil merupakan partikel-partikel yang lolos pada pengayak 100 mesh dan tertahan pada pengayak 200 mesh.

Selanjutnya dilakukan aktivasi zeolit dengan merefluks Zeolit alam sebanyak 100 gram didalam larutan HCl 6 N sebanyak 500 ml selama 30 menit pada temperatur 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<sup>-</sup> yang terdeteksi oleh larutan AgNO<sub>3</sub>, cake dikeringkan pada suhu 130°C selama 3 jam dalam oven. Sampel tersebut kemudian direndam kembali dalam 500 ml larutan NH<sub>4</sub>Cl pada temperatur 90°C sambil diaduk pada reaktor alas datar selama 3 jam perhari yang dilakukan sampai satu minggu. Sampel tersebut kemudian disaring, dicuci dan dikeringkan dalam oven selama 24 jam. Pada tahap ini didapat sampel yang dinamai dengan sampel NZA

### Pengembunan (Impregnasi) Logam CoMo pada NZA

Pengembunan (impregnasi) logam Co dan Mo dengan cara sampel NZA direndam dalam larutan (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>.4H<sub>2</sub>O dan direfluks pada suhu 90°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 (diperoleh sampel Mo/NZA). Sampel tersebut kemudian direfluks kembali dengan larutan Co(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O pada suhu 90 °C dengan waktu yang sama, kemudian disaring dan dicuci. Sampel ini dikeringkan dalam oven pada suhu 120 °C selama 3 jam

sehingga didapat sampel CoMo/NZA. Pengembanan logam divariasikan sebesar 0%, 0,5%, 1 % dan 1,5% b/b terhadap sampel NZA.

#### Kalsinasi, Oksidasi dan Reduksi

Sampel katalis dimasukkan ke dalam tube sebanyak 10 gram. Sebelumnya ke dalam tube telah diisi dengan *porcelain bed* sebagai *heat carrier* dan penyeimbang unggun katalis, di antara *porcelain bed* dengan unggun katalis diselipkan *glass woll*. Tube ditempatkan dalam *tube furnace* secara vertikal, dikalsinasi pada suhu 500°C selama 7 jam sambil dialirkan gas nitrogen sebesar ±400 ml/menit, dilanjutkan dengan oksidasi pada suhu 400 °C menggunakan gas oksigen sebesar ±400 ml/menit selama 2 jam dan reduksi pada suhu 400 °C menggunakan gas hidrogen sebesar ±400 ml/menit selama 2 jam.

#### 2) Pembuatan *Bio-oil*

##### a. Tahap Persiapan Biomassa

Biomassa berupa kulit pinus, dijemur sampai kering di bawah terik matahari setelah itu dikeringkan dalam oven untuk menghilangkan kadar airnya sampai beratnya konstan. Kulit pinus tersebut kemudian diayak (*screening*) untuk memperoleh ukuran yang lolos ayakan -60+80 mesh.

##### b. Tahap Penelitian

Biomassa yang telah dihaluskan sebanyak 50 gram beserta 500 ml *thermal oil*

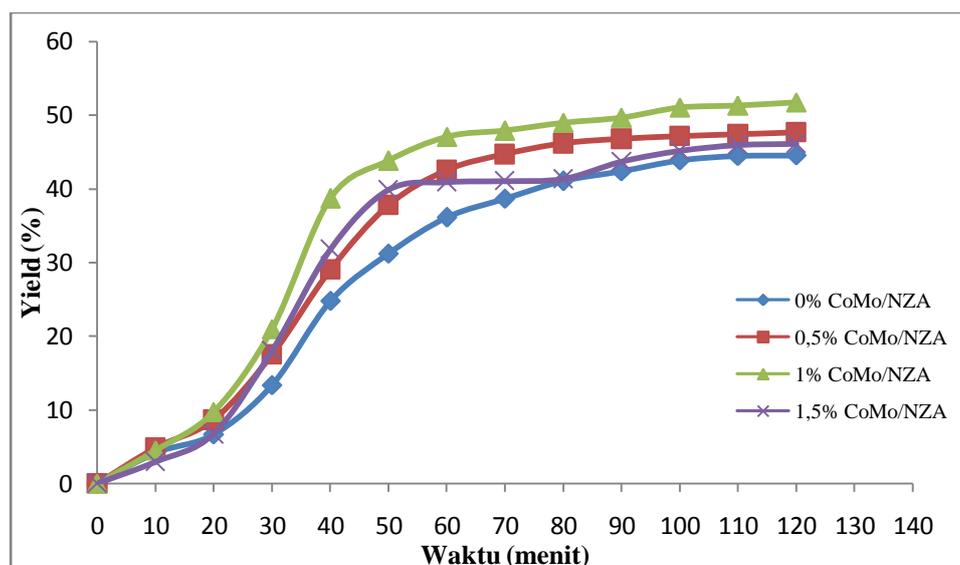
(silinap) dan katalis CoMo/NZA 1,5 gram, dimasukkan ke dalam reaktor *pyrolysis*. Pyrolysis dilakukan pada suhu 320°C tanpa kehadiran oksigen dengan mengalirkan gas nitrogen 1,35 mL/detik. Diaduk dengan pengaduk listrik (*Heidolph*) pada kecepatan pengadukan 300 rpm selama waktu tertentu hingga tidak ada *bio-oil* yang menetes lagi, dan aliran air dengan menggunakan kondensor. *Bio-oil* yang dihasilkan ditampung dalam gelas piala.

Selanjutnya *bio-oil* yang dihasilkan dianalisa sifat fisika seperti densitas, viskositas, angka keasaman, nilai kalor, dan titik nyala serta analisa kimia menggunakan alat GC-MS untuk mengetahui komponen kimia yang terkandung pada *bio-oil*.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Pengaruh variasi kadar logam CoMo pada katalis CoMo/NZA terhadap *yield bio-oil* yang diperoleh

Pengaruh pengembanan logam CoMo /NZA diharapkan dapat meningkatkan *yield bio-oil* yang diperoleh. Untuk menentukan pengaruh kadar logam CoMo yang diembankan pada NZA terhadap *yield bio-oil* yang diperoleh akan digunakan variasi kadar logam 0% ; 0,5% ; 1% dan 1,5% b/b. Pengaruh variasi kadar logam katalis CoMo/NZA terhadap *yield bio-oil* yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 3.1 dibawah ini.



**Gambar 3.1** Pengaruh variasi kadar logam CoMo pada katalis CoMo/NZA terhadap *yield bio-oil* yang dihasilkan

Gambar 3.1 dapat dilihat bahwa pengembangan logam CoMo mempengaruhi perolehan *yield* yang didapat pada proses pirolisis. Hal ini dapat dilihat dari *yield bio-oil* yang diperoleh, pada pengembangan logam 0% CoMo terhadap NZA sampai 1% CoMo/NZA terjadi peningkatan *yield bio-oil*, namun pada pengembangan logam 1,5% CoMo terhadap NZA terjadi penurunan *yield bio-oil*.

Penurunan *yield bio-oil* ini kemungkinan disebabkan karena banyaknya produk gas *non condensable* yang terbentuk, dimana pada saat proses perengkahan lebih banyak menghasilkan fraksi-fraksi hidrokarbon ringan yang tidak dapat dikondensasi. Jenis hidrokarbon tersebut memiliki titik didih lebih rendah daripada temperatur lingkungan sehingga dengan penambahan konsentrasi katalis yang relatif tinggi telah menurunkan jumlah *yield bio-oil* [Purwanto, dkk., 2011]. Penurunan *yield bio-oil* pada penggunaan katalis 1,5% CoMo/NZA kemungkinan

juga disebabkan karena kinerja katalis CoMo/NZA tidak begitu maksimal. Dimana, pengembangan logam CoMo yang berlebih pada NZA dapat menurunkan tingkat keasaman pada katalis [Musta, 2010], sehingga

katalis tidak memberikan medium yang kondusif untuk proses katalitik pada pembentukan produk *bio-oil*. Persentase *yield bio-oil* yang dihasilkan pada penggunaan katalis 0% CoMo/NZA, 0,5% CoMo/NZA, 1% CoMo/NZA, dan 1,5% CoMo/NZA berturut-turut adalah 44,55%; 47,69%; 51,76%; dan 46,13%.

### 3.2 Hasil Karakterisasi Fisika *Bio-oil*

Hasil uji karakteristik sifat fisika *bio-oil* dari kulit pinus menggunakan katalis 0%, 0,5%, 1%, 1,5% b/b CoMo/NZA secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut.

**Tabel 3.1** Hasil Uji Karakteristik *Bio-oil* dari Kulit Pinus

Katalis CoMo/NZA	Densitas (gr/ml)	Viskositas (cSt)	Angka Keasaman (gr NaOH/gr sampel)	Titik Nyala (°C)	Yield (%)
0%	0.907	7.946	13.51	59	44,55
0,5%	0.941	8.083	17.36	49	47,69
1%	0.919	8.023	17.78	50	51,76
1,5%	0.915	8.011	24.10	61	46,13

Dari Tabel 3.1 terlihat bahwa uji karakteristik *bio-oil* yang terdiri dari Densitas, Viskositas, Angka keasaman dan titik nyala. Nilai uji fisika berdasarkan *yield bio-oil* optimum yang diperoleh pada katalis 1% CoMo/NZA yaitu densitas 0,919 gr/ml, viskositas 8,023 cSt, angka keasaman 17,78 gr NaOH/gr sampel, dan titik nyala 50 °C.

Secara keseluruhan nilai densitas *bio-oil* berkisar antara 0,907 – 0,941 gr/ml. Dimana nilai densitas terendah terletak pada penggunaan katalis 0% CoMo/NZA sebesar 0,907 gr/ml, sedangkan nilai densitas tertinggi terletak pada penggunaan katalis 0,5% CoMo/NZA sebesar 0,941 gr/ml. Nilai

densitas dipengaruhi oleh kandungan air yang terkandung didalam *bio-oil*. Dengan densitas yang lebih kecil, penggunaan *bio-oil* sebagai bahan bakar akan menguntungkan karena lebih ringan.

Nilai viskositas pada penelitian ini berkisar 7,946 – 8,083 cSt. Dimana nilai viskositas terendah terletak pada penggunaan katalis 1,5% CoMo/NZA sebesar 8,011 cSt, sedangkan nilai viskositas tertinggi terletak pada penggunaan katalis 0,5% CoMo/NZA sebesar 8,083 cSt. Nilai viskositas sangat dipengaruhi oleh kandungan air didalam *bio-oil*. Semakin banyak kandungan air didalam

*bio-oil* telah menyebabkan nilai viskositas menjadi lebih rendah [Purwanto, dkk., 2011].

Pengujian angka keasaman *bio-oil* pada penelitian ini berkisar 13,51 – 24,10 gr NaOH/gr sampel. Disini dapat dilihat bahwa angka keasaman terendah terletak pada penggunaan katalis 0% CoMo/NZA yakni 13,51 gr NaOH/gr sampel, sedangkan angka keasaman tertinggi terletak pada katalis 1,5% CoMo/NZA yakni 24,10 gr NaOH/gr sampel. Semakin rendah angka keasaman pada *bio-oil*, maka semakin sedikit asam-asam organik yang terkandung pada *bio-oil* [Sukiran, 2008]. Rendahnya angka keasaman pada kulit pinus merupakan dampak atas rendahnya nilai-nilai asam relatif yang terkandung didalamnya.

Pengujian titik nyala *bio-oil* menggunakan alat *Cleveland flash point*

*tester*. Titik nyala pada penelitian ini berkisar 49-61. Titik nyala terendah terletak pada penggunaan katalis 0,5% CoMo/NZA yakni 49 °C, sedangkan titik nyala tertinggi terletak pada penggunaan katalis 1,5% CoMo/NZA yakni 61 °C. Semakin rendah titik nyala suatu bahan bakar, maka semakin susah dalam hal penyimpanannya karena dapat menimbulkan api dan terbakar [Yi, 2008].

Perbandingan hasil karakterisasi fisika *bio-oil* dari kulit pinus dengan menggunakan katalis 1% CoMo/NZA akan dibandingkan dengan hasil *bio-oil* dari peneliti terdahulu yang menggunakan bahan dan katalis yang berbeda. Tabel perbandingan sifat fisika *bio-oil* dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut ini.

**Tabel 3.2** Perbandingan Spesifikasi *Bio-oil* dengan Spesifikasi *Bio-oil* peneliti terdahulu.

Peneliti	Uji Sifat Fisika				
	Densitas (gr/ml)	Viskositas (cSt)	Angka keasaman (gr NaOH atau gr KOH/gr sampel)	Titik nyala (°C)	Nilai Kalori (MJ/Kg)
Asril, 2012	0,919	8,023	17,78	50	44,04
Negri, 2012	1,078	10,04	85,59	49	-
Hassan, 2009	-	137,9	18,1	-	24,47

Dari Tabel 3.2 terlihat bahwa uji karakteristik sifat fisika *bio-oil* (Densitas, Viskositas, Angka keasaman, titik nyala dan nilai kalor) menggunakan katalis dengan persen logam pengembanan CoMo sebanyak 1% terhadap NZA tidak jauh berbeda dengan yang dihasilkan oleh peneliti sebelumnya.

Hasil uji karakteristik *bio-oil* kulit pinus menggunakan katalis dengan persen logam

pengembanan CoMo sebanyak 1% terhadap NZA sudah hampir mendekati karakteristik minyak seperti solar (spesifikasi Pertamina). Perbandingan hasil karakterisasi fisika *bio-oil* dari kulit pinus dengan menggunakan katalis dengan persen logam pengembanan CoMo sebanyak 1% terhadap NZA dengan karakteristik fisika bahan bakar minyak berupa solar dapat dilihat pada Tabel 3.3.

**Tabel 3.3** Perbandingan Spesifikasi *Bio-oil* dengan Spesifikasi Solar

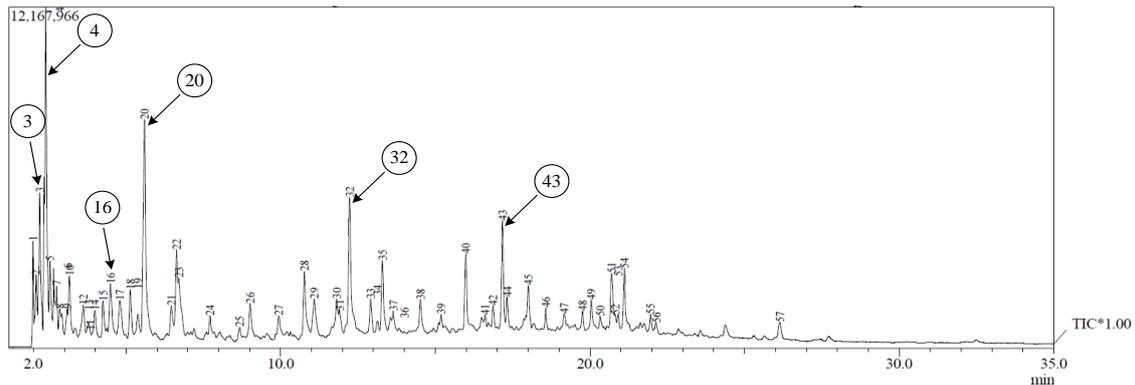
Karakteristik	Solar	Bio-Oil CoMo/NZA
Massa Jenis (gr/ml)	0,82 - 0,87	0,919
Viskositas (cSt)	1,6 - 5,8	8,023
Angka Keasaman (gr NaOH/gr sample)	-	17,78
Titik Nyala (°C)	66	50
Nilai Kalor (MJ/Kg)	44,8	44,04

Dari Tabel 3.3 terlihat bahwa nilai densitas *bio-oil* sebesar 0,919 gr/ml lebih besar dibandingkan nilai densitas solar 0,82-0,87 gr/ml, begitu juga dengan nilai viskositas *bio-oil* sebesar 8,023 cSt jauh lebih besar dari viskositas solar 1,6–5,8 cSt, sedangkan nilai titik nyala pada *bio-oil* sebesar 50 masih jauh dibawah titik nyala solar yaitu minimal pada suhu 66<sup>0</sup>C dan nilai kalor pada *bio-oil* sebesar

44,04 MJ/Kg sudah mendekati nilai kalor dari solar yaitu 44,8 MJ/Kg.

### 3.3 Analisa Kimia *Bio-oil*

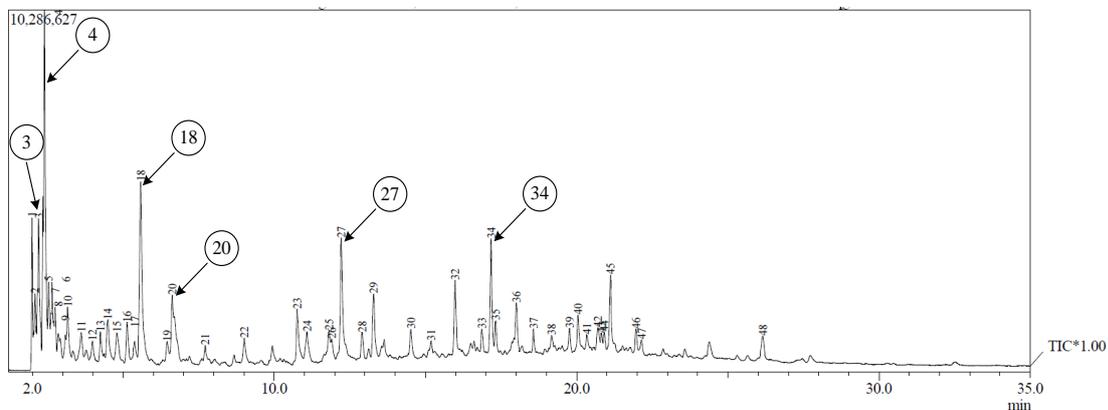
Analisis komponen kimia *bio-oil* akan dilakukan dengan menggunakan GC-MS (Kromatografi gas-spektrometer massa), Hasil kromatogram dari keempat sampel dapat dilihat pada gambar 3.2 sampai 3.5 dibawah ini.



**Gambar 3.2** Hasil Kromatogram *Bio-oil* menggunakan 0% CoMo/NZA

Dimana :

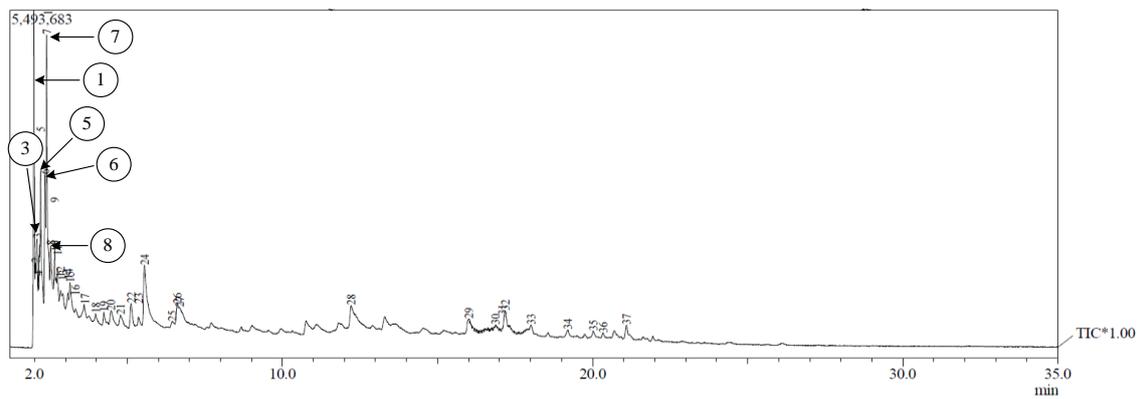
- |                 |                    |
|-----------------|--------------------|
| (3) = 2-Pentene | (20) = 2-Pentene   |
| (4) = 1-Pentene | (32) = Cyclohexane |
| (16) = Heptane  | (43) = Silane      |



**Gambar 3.3** Hasil Kromatogram *Bio-oil* menggunakan 0,5% CoMo/NZA

Dimana :

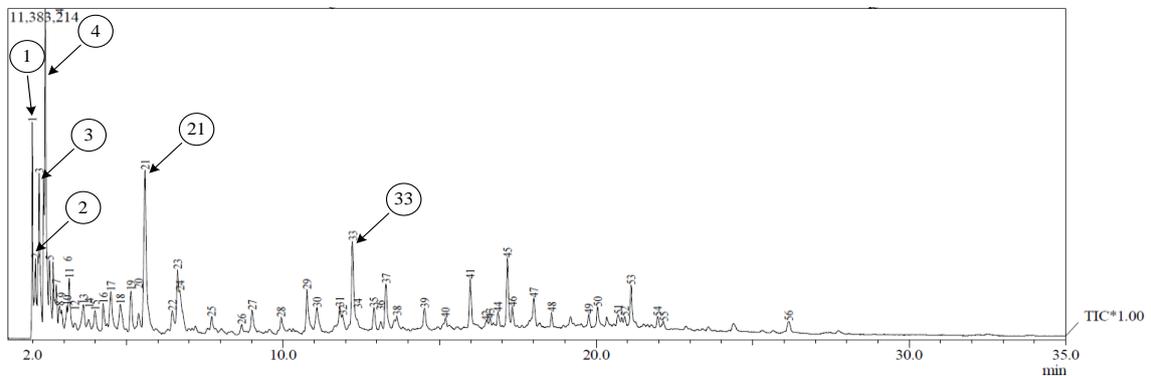
- |                   |                    |
|-------------------|--------------------|
| (3) = Heptadecane | (20) = 4-Decane    |
| (4) = 1-Pentene   | (27) = Cyclohexane |
| (18) = 2-Pentene  | (34) = Silane      |



**Gambar 3.4** Hasil Kromatogram *Bio-oil* menggunakan 1% CoMo/NZA

Dimana :

- (1) = 1-Propene            (6) = 1-Pentene
- (3) = Pentane            (7) = 1-Pentene
- (5) = 2-Pentene        (8) = Hexane



**Gambar 3.5** Hasil Kromatogram *Bio-oil* menggunakan 1,5% CoMo/NZA

Dimana :

- (1) = 1-Propene            (4) = 1-Pentene
- (2) = Pentane            (21) = 2-Pentene
- (3) = 2-Pentene        (33) = Cyclohexane

variasi katalis dengan persen pengembangan logam sebesar 0%, 0,5%, 1%, 1,5% b/b CoMo terhadap NZA dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Hasil analisa komponen yang paling dominan didalam *bio-oil* kulit pinus dengan

**Tabel 3.4** Senyawa yang Dominan dalam *Bio-oil* Cangkang Sawit

Katalis		Jumlah Senyawa	Senyawa yang Paling dominan
Support	Logam CoMo		
NZA	0%	57	1-Pentene 11,53%, 2-Pentene 9,14%, Cyclohexane 5,07%, Silane 3,48%, Heptane 2,93%
NZA	0,5%	48	1-Pentene 13,91%, 2-Pentene 9,22%, Heptadecane 6,25, 4-Decane 5,18%, Cyclohexane 4,49%
NZA	1%	37	1-Pentene 13,90%, 2-Pentene 10,65%, 1-Propene 9,46%, 1-Pentene 6,38%, Hexane 6,23%
NZA	1,5%	56	1-Pentene 13,90%, 2-Pentene 8,74%, 2-Pentene 6,22, 1-Propene 4,10%, Cyclohexane 4,01%

Dari hasil analisa *bio-oil* kulit pinus menggunakan katalis CoMo/NZA 0,5%, 1%, 1,5% b/b CoMo/NZA, senyawa yang paling dominan berupa senyawa pentene yaitu, pada 0% CoMo/NZA didapat 1-pentene 11,53% dan 2-pentene 9,14%, pada 1% CoMo/NZA didapat 1-pentene 13,90%, 2-pentene 10,65%, pada 1,5% CoMo/NZA didapat 1-pentene 13,90 %, 2-pentene 8,74%. Perolehan pentane yang didapat lebih besar dari katalis 0,5% CoMo/NZA yaitu 1-pentene sebesar 13,91%.

Dari hasil analisa *bio-oil* kulit pinus menggunakan katalis CoMo/NZA 0%, 0,5%, 1%, 1,5% b/b CoMo/NZA diketahui bahwa kandungan senyawa yang bersifat asam diperoleh sangat kecil, ini sesuai dengan angka keasaman dari hasil analisa sifat fisika *bio-oil* yang juga memperoleh nilai yang sangat rendah.

Dari tabel 3.4 dapat dilihat katalis dengan pengembanan logam 0%, 0,5%, 1% dan 1,5% CoMo pada NZA sudah berperan dalam mengarahkan senyawa yang dihasilkan, yaitu menyerupai senyawa-senyawa kimia yang terkandung dalam minyak bumi.

Dilihat dari secara umum, kinerja katalis dengan kadar pengembanan logam CoMo sebanyak 1% terhadap NZA dalam proses *pyrolysis* kulit pinus menjadi *bio-oil* sudah baik, karena telah dapat memperkecil jumlah komponen kimia *bio-oil* dan memperbesar persentase beberapa komponen kimia penting yang terdapat pada *bio-oil*. Hal ini dapat dilihat pada perbandingan jumlah senyawa yang dihasilkan pada penelitian [Negri, 2012] yaitu berjumlah lebih dari 70 senyawa dan pada penelitian ini menjadi 37 senyawa.

## 4. Kesimpulan dan Saran

### 4.1 Kesimpulan

1) Pengembanan logam CoMo pada NZA terbukti mempengaruhi *yield bio-oil* yang diperoleh, adapun hasil *yield* yang diperoleh pada 0%; 0,5%; 1% dan 1,5% berturut turut adalah 44,55%; 47,69%;51,76% dan 46,13%. Hasil *yield bio-oil* yang terbaik diperoleh pada pengembanan logam CoMo sebanyak 1 % terhadap NZA yakni 51,76%.

2) Hasil uji karakteristik sifat fisika *bio-oil* dengan *yield* tertinggi yaitu 1% CoMo/NZA diperoleh densitas 0,919 gr/ml, viskositas 8,02 cSt, angka keasaman 17.78 gr NaOH/gr sampel, titik nyala 50°C dan nilai kalor 44,04MJ/Kg.

3) Pada *bio-oil* dengan katalis 1% CoMo/NZA senyawa dominan yang diperoleh dari dekomposisi holoselulosa dan lignin adalah 1-Pentene 13,90%, 2-Pentene 10,65%, 1-Propene 9,46%, 1-Pentene 6,38%, Hexane 6,23%.

### 4.2 Saran

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut tentang *pyrolysis* yang menghasilkan *bio-oil* dengan menggunakan biomassa kulit pinus dan memperoleh *bio-oil* yang secara keseluruhan sifat sifatnya sesuai dengan karakteristik bahan bakar solar.
2. Agar dilakukan pengujian XRD pada sample CoMo/NZA untuk mengetahui apakah zeolit telah teraktivasi dan juga untuk mengetahui apakah dengan pengembanan logam terjadi peningkatan kristalinitas zeolit.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anugra, R.D., 2011, Efek Kandungan Logam Ni/NZA pada Proses Pencairan Langsung Biomassa menjadi Bio-oil, *Skripsi*, Universitas Riau.
- Bain dan L. Richard, 2004, *An Introduction to Biomass Thermochemical Conversion*, DEO/NASLUGC Biomass and Solar Energy Workshop, August 3-4.
- Biomass Technology Group., 2003, *Bio-Oil Applications*,<http://www.btgword.com>, Diakses pada 20 September 2011
- Dahlia, E., dan Hartoyo, 1997, Komponen Kimia Terpenting dari Getah Tusam ( Pinus merkusii) asal Kalimantan Barat, *Info Hasil Hutan*, 4(1), 38-39.
- Gerard, D.A.L., 2007, *Ciri Ciri Fisik Pinus Merkusii Banyak Menghasilkan Getah dan Pengaruh Stimulasi serta Kelas Umur Terhadap Produksi Getah*

- Pinus*, [Skripsi], Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- 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.
- Hambali, E., Mujdalipah, S., Tambunan, A.H., Pattiwiri, A.W., Hendroko, R. 2007. *Teknologi Bioenergi*. Penerbit Agromedia Pustaka. Jakarta
- Hassan E.M., dkk, 2009. The Potential Use of Whole-tree Biomass for Bio-oil Fuels, *Energy Sources, Part A*, 31, 1829–1839
- Hornell, C., 2001, “Thermochemical and Catalytic Upgrading in a Fuel Context: Peat, Biomass, and Alkenes”, Royal Institute of Technology, Department of Chemical Engineering and Technology, Stockholm. Inovative Natural Resource Solution LLC., 2004, *Bio-oil Opportunity Analysis, Inovative Natural Resource Solution LLC Handbook*, New Hampshire.
- Inovative Natural Resource Solution LLC., 2004, *Bio-oil Opportunity Analysis, Inovative Natural Resource Solution LLC Handbook*, New Hampshire.
- Irfan, M., 2010, *Pirolisis Tandan Kosong Sawit Dengan Katalis CoMo/ZSM-5 Menjadi Bio-Oil*, Skripsi, Universitas Riau.
- 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. Kirk and Othmer, *Encyclopedia Chemical Technology*, catalysis, vol 5
- Mohan, D., C.U. Pittman, dan P.H. Steel, 2006, *Pyrolysis of Wood/Biomass for Bio-Oil : A Critical Review*, *Energy and Fuels*, 20, 848-889.
- Musta, R., 2010. *Preparasi Pengembangan Logam CoMo pada H-Zeolit Y1*, WAKAPENDIK Vol. 6, No.1 Februari 2010
- Negri, G, P., 2012. *Konversi Pelepah Nipah menjadi Bio-oil Menggunakan Metode Pirolisis menggunakan Katalis CoMo/NZA*, Skripsi, Universitas Riau.
- Pertamina., 2008, *SilinaP*, <http://www.lubrisindo.tripod.com>, 22 Oktober 2011.
- Purwanto, W.W., Ningrum, A.O., dan Muthi, R., 2011, *Pengembangan Produksi dari limbah Kelapa Sawit dengan metode Fast Pyrolysis*, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, ISSN, 190-0500
- Quebec., 2010, *Biomass*, <http://www.mrn.gouv.qc.ca>, 27 Desember 2011
- Rovision Group (The Way To The Future), 2010, *Comudities*.[http://www.rovisiongroup.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=10:bio-oil-&catid=3:commodities&Itemid=14](http://www.rovisiongroup.com/index.php?option=com_content&view=article&id=10:bio-oil-&catid=3:commodities&Itemid=14), 20 Oktober 2011.
- Smallwood, 2008, *Hydroprocessing of Pyrolysis Bio-oil to Fuel and Chemical*, Pacific Northwest National Laboratory, US Department of Energy.
- Sukiran, M.A.B., 2008, *Pyrolysis Of Empty Oil Palm Fruit Bunches using The Quartz Fluidised- Fixed Bed Reactor*, Dissertation, University of Malaya.
- Thamzil, 2005, *Potensi Zeolit untuk Mengolah Limbah Industri dan Radioaktif*. Tangerang: Pusat Pengembangan Pengelolaan Limbah Radioaktif Badan Tenaga Nuklir Nasional (P2PLR BATAN), Kawasan Puspiptek Serpong.
- Yenti, N., 2011. *Konversi Ampas Tapioka menjadi Hidrokarbon Aromatik dengan Metode Pirolisis menggunakan Katalis NZA (Natural Zeolit deAluminated)*, Skripsi, Universitas Riau.
- Yi, L.X., 2008, *Development and Characterisation of Continuous Fast Pyrolysis of Oil Palm Shell for Bio-oil Production*, Tesis, Universiti Teknologi Malaysia.