

KONVERSI BIJI ALPUKAT MENJADI *BIO-OIL* DENGAN METODE PYROLYSIS MENGGUNAKAN KATALIS ZEOLIT ALAM

Dian Agustin¹, Yusnimar Sahan², Syaiful Bahri³

Laboratorium Teknik Reaksi Kimia dan Katalisis

^{1,2,3} Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau

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

E-mail : putrikerudung@rocketmail.com

ABSTRACT

The trend of fossil fuel demand is always increase by time in the world. Yet, petroleum oil as a non-renewable has been declining each year. It is necessary to find a new alternative fuel that can be renewed, such as to applied biomasses as resources energy. One of several potential biomasses can be converted to energy or bio-oil is the seed of an avocado because it's contain so high fat fatty acid (FFA). This seed has not been used maximacally yet, so in this research this seed is converted into bio-oil by using pyrolysis method and natural zeolite as a catalyst. The purpose of this research is to get the highest yield of bio-oil by applied variation of ratio sample : catalyst (50:0, 50:1, 50:2, 50:3 g/g), and temperature variation of pyrolysis process is 270, 300, 330 °C. Based on results in this research, the highest of bio-oil is 79,08 % found under condition ratio sampel : catalyst 50 :2 and pyrolysis temperature is 330 °C. The bio-oil is analyzed and it's density 0.988 g/ml, viscosity 7,560 cSt, acid value 0,1002 mg NaOH/ g sample, flash point 56 °C and heating value 17,354 MJ/kg. Based on GC-MS analyzed bio-oil were contained (2,4,4-trimethyl-2-pentene), (3,4,4-trimethyl-2-pentene), (Diisobutylene), (2,4,4-trimethyl-3-pentene) and (2-methyl-trimer-propene) with peak area (7,84%), (7,82%), (5,69%), (3,82%) and (3,58%).

Keyword : *Avocado seed, Bio-oil, Natural Zeolite, Pyrolysis*

1. PENDAHULUAN

Bahan bakar minyak merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam kehidupan. Berdasarkan data Dirjen Migas Kementerian ESDM tahun 2013 kebutuhan konsumsi BBM dalam negeri telah mencapai 1,3 juta barrel per hari sedangkan produksinya hanya 950.000 barel perhari dan kebutuhan minyak bumi akan mengalami peningkatan hingga pada tahun 2025 mencapai angka 610 juta

barrel, sementara produksi minyak bumi realistis yang dapat dicapai semakin menurun hingga pada tahun 2025 mencapai angka 280 juta barrel . Pemerintah melalui Peraturan Presiden Nomor 5 tahun 2006, yang isinya terutama untuk mengarahkan usaha-usaha mencapai target pada 2025 yaitu mengurangi penggunaan minyak bumi menjadi 20%, meningkatkan peran batu bara, gas, panas bumi, biofuel, dan energi baru

terbarukan lainnya (Mukhtasor, 2009).

Sebuah jenis sumber energi terbarukan yang berpotensi untuk diterapkan adalah energi *biomassa*. Hingga saat ini Indonesia belum memberdayakan penggunaan *biomassa* dengan baik. Perbandingan kapasitas terpasang dan sumber daya *biomassa* baru mencapai angka 0,64 % (Batubara, 2008). *Bio-oil* adalah salah satu sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui dengan pemanfaatan *biomassa*. *Biomassa* yang digunakan untuk memproduksi *bio-oil* dapat diperoleh dari limbah pertanian, perkebunan, industri minyak sawit, dan limbah rumah tangga, contoh salah satunya adalah biji alpukat. Biji alpukat berpotensi digunakan sebagai *biomassa* karena kandungan selulosa, hemiselulos dan lignin yang terdapat pada biji alpukat.

Salah satu teknologi proses yang digunakan dalam pembuatan *bio-oil* yaitu *pyrolysis*. Untuk mendapatkan hasil yang baik dalam peningkatan kualitas *bio-oil* digunakan zeolit sebagai katalis. 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.

Pada penelitian ini akan dilakukan konversi biji alpukat menjadi *bio-oil* dengan metode *pyrolysis* menggunakan katalis zeolit alam. Variasi katalis zeolit alam terhadap sampel yang digunakan 1:50, 2:50, 3:50 gr, variasi temperatur 270, 300 dan 330 °C dan sebagai pembanding dilakukan proses

pyrolysis tanpa katalis. Pemilihan zeolit alam sebagai katalis dikarenakan sangat stabil dengan kemampuan adsorpsi yang sangat tinggi dan selektif serta mempunyai struktur pori (mikroporus) aktif yang banyak sehingga memiliki luas permukaan spesifik yang tinggi.

Proses *pyrolysis* akan menghasilkan produk cair (*bio-oil*) akibat proses kondensasi. *Bio-oil* yang didapat kemudian dianalisa sifat fisika dan kandungan kimianya.

2. METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Zeolit Alam Yogyakarta, kristal NaOH, kristal C₂H₄OH, indikator PP, gas N₂, biji alpukat dan silinap 280 M (*thermo oil*). Sedangkan alat yang digunakan yaitu lumpang porselin, pengayak, reaktor alas datar ukuran 1 L, oven, *furnace*, timbangan analitik, tabung serta regulator gas N₂, *condenser*, piknometer, *viskometer* Oswald, gelas piala, 1 set buret, Erlenmeyer, labu ukur, blender, ayakan -100+200 mesh, *stopwatch* dan Gas kromatografi- Spektroskopi Massa (GC-MS). Penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu :

a. Persiapan Biomassa

Biji alpukat ± 2 kg dicacah dan dijemur selama 1 hari, kemudian dilakukan proses pengeringan suhu 110°C sampai konstan beratnya. Selanjutnya diblender dan diayak dengan ukuran -100+200 mesh. Setelah itu *biomassa* siap untuk digunakan pada proses *pyrolysis*.

b. Aktifasi Katalis

Katalis zeolit alam digerus yaitu -100+200 mesh sehingga

memperbesar luas permukaannya. Untuk aktivasi dilakukan dengan cara memanaskan katalis menggunakan *furnace* pada temperatur 300 °C selama 3 jam (Simanjuntak, 2002). Lalu katalis siap untuk digunakan.

c. Konversi biji alpukat menjadi *bio-oil*.

Biomassa yang telah dihaluskan sebanyak 50 gram beserta 500 ml *thermal oil* (silinap) dan variasi katalis zeolit alam terhadap sampel yaitu 0:50, 1:50, 2:50, 3: 50 gr dimasukkan ke dalam reaktor *pyrolysis*. *Pyrolysis* dilakukan pada variasi temperature 270, 300 dan 330 °C tanpa kehadiran oksigen dengan mengalirkan gas nitrogen 1,35 mL/detik. Diaduk dengan pengaduk listrik (*Heidolph*) pada kecepatan pengadukan 300 rpm selama 3 jam, 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, titik nyala dan nilai kalor serta analisa kimia menggunakan alat GC-MS untuk mengetahui komponen kimia yang terkandung pada *bio-oil*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

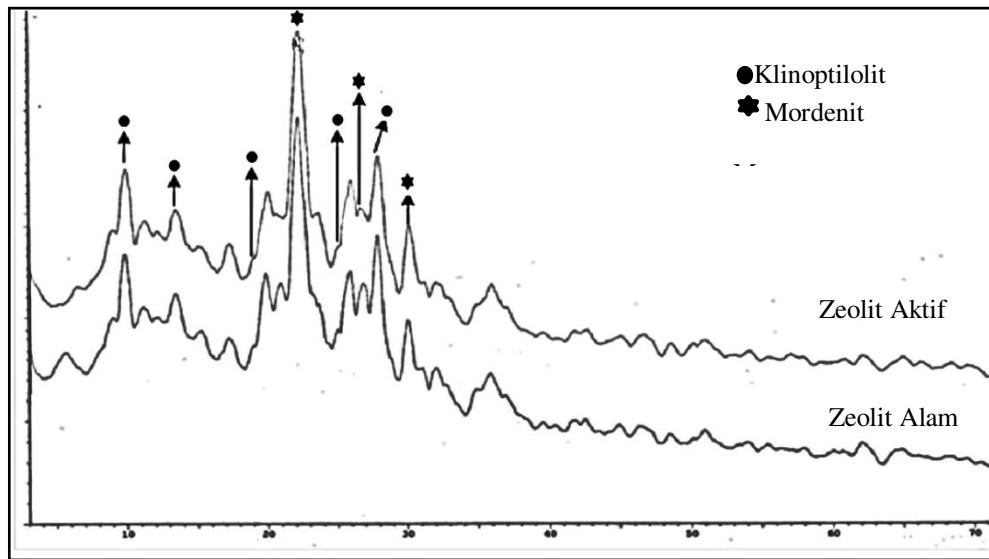
Karakterisasi struktur zeolit alam ini telah dilakukan oleh Fachrul (2012) dengan analisis XRD (*X-Ray Diffraction*), SEM (*Scanning Electron Microscope*) dan AAS (*Anatomic Absorption Spectroscopy*). Analisis yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui komposisi utama mineral zeolit, untuk melihat dan membandingkan morfologi dari permukaan zeolit alam dan untuk mengetahui kadar silika dan alumina yang terdapat di dalam sampel.

Tabel 1. Puncak-Puncak Mineral Utama Zeolit

Komponen	2θ	Sumber
Mordenit	9,84	JCPDS No.6-239
	13,43	
	19,60	
	25,61	
	27,65	
Klinoptilolit	22,31	Marita 2010
	26,60	
	29,96	

Sumber : (Fachrul, 2012)

Pola difraksi sinar X menunjukkan adanya perubahan pola difraksi antara zeolit alam dan zeolit alam aktif. Perbandingan hasil difraksi sinar X antara zeolit alam dan zeolit alam aktif ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pola Difraksi Sinar X Zeolit Tanpa Aktivasi dan Zeolit Aktif
 Sumber : (Fachrul, 2012)

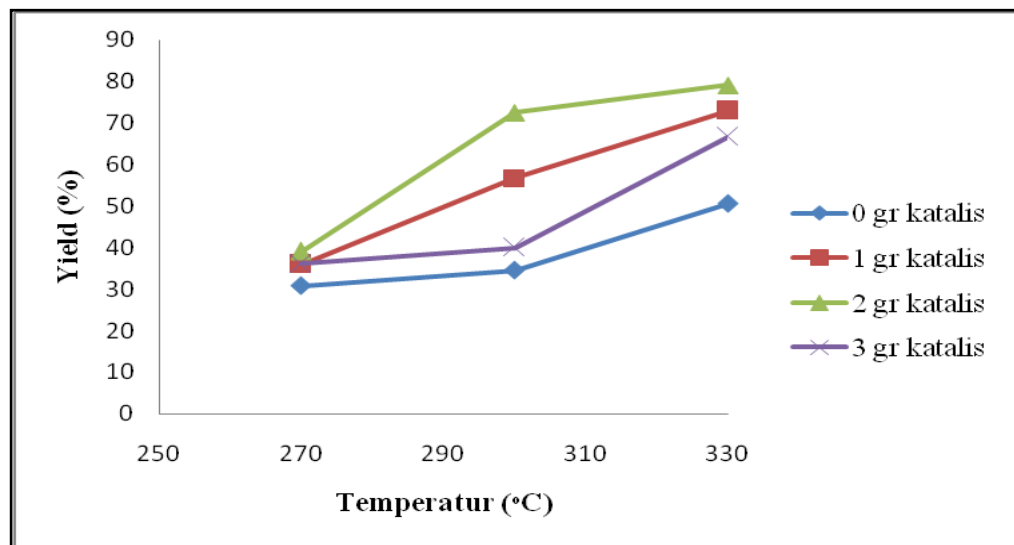
Pada Gambar 1 terlihat adanya puncak-puncak mineral klinoptilolit dan mordenit pada zeolit alam. Puncak mineral klinoptilolit (K) terlihat pada 22,21°; 26,82° dan 30,05°. Sementara itu, puncak mineral

mordenit (M) terlihat pada 2θ 9,86°; 13,38°; 19,84°; 25,92° dan 27,80°. Hasil analisis XRD menunjukkan zeolit yang digunakan termasuk ke dalam jenis zeolit klinoptilolit dan mordenit

3.1 Hasil *Pyrolysis* Biji Alpukat terhadap *Yield (%) Bio-oil*

Proses *pyrolysis* biji alpukat dilakukan pada variasi 0, 1, 2, dan 3 gram katalis zeolit alam dan temperatur 270, 300 dan 330°C. Proses *pyrolysis* dilakukan dengan

silinap sebagai media pemanas (*heat transfer fluid*) sebanyak 500 ml dengan kecepatan pengadukan pada reaktor 300 rpm dan laju alir gas N₂ 1,35 ml/detik. Hasil pengaruh variasi temperatur dan katalis pada *yield (%) bio-oil* dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2 Grafik Hubungan Variasi Temperatur dan Katalis Zeolit Alam terhadap *Yield Bio-oil* yang dihasilkan

Pada Gambar 2 dapat diketahui bahwa perlakuan variasi temperatur *pyrolysis* dapat meningkatkan *yield* (%) produk yang dihasilkan. Semakin tinggi temperatur maka *yield* (%) *bio-oil* yang dihasilkan cenderung meningkat. *Yield* (%) *bio-oil* pada temperatur 330 °C sebesar 79,08% adalah *yield* (%) produk tertinggi dan *yield* (%) terkecil adalah 30,84% diperoleh pada temperatur 270 °C. Hal ini dikarenakan dengan semakin meningkatnya temperatur maka akan mempercepat reaksi sehingga *yield* (%) *bio-oil* semakin meningkat. Meningkatnya energi kinetik partikel pereaksi akan memperbanyak tumbukan yang terjadi antar partikel pereaksi sehingga reaksi berlangsung lebih cepat (Lestari, 2011).

Menurut Imam dan Capareda (2011) semakin tinggi temperatur *pyrolysis* maka semakin tinggi *yield bio-oil* dan *syn gas* semakin besar sedangkan perolehan *bio-char* semakin menurun. Peningkatan temperatur akan meningkatkan laju pemanasan dan menyebabkan

degradasi lignin yang lebih banyak dan meningkatkan produksi *bio-oil*.

Secara keseluruhan penambahan katalis zeolit alam mempengaruhi *yield bio-oil* yang dihasilkan, dimana perolehan *yield bio-oil* yang dihasilkan dengan menggunakan katalis lebih besar dibandingkan dengan *yield bio-oil* tanpa katalis. Hal ini disebabkan adanya penambahan katalis zeolit alam akan memperbesar kemungkinan terjadinya reaksi dekomposisi selulosa, hemiselulosa dan lignin pada rongga katalis yang menyebabkan *yield bio-oil* semakin besar.

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa semakin besar rasio katalis dapat meningkatkan perolehan *yield bio-oil*. Penambahan katalis zeolit alam pada proses *pyrolysis* berfungsi meningkatkan pembentukan produk *bio-oil* dan kualitas *bio-oil* yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena aktivitas katalis mempunyai peranan dalam meningkatkan selektivitas katalis. Semakin banyak katalis yang digunakan proses *cracking* yang

terjadi semakin baik. Namun pada rasio katalis 3 gr terjadi penurunan *yield bio-oil* yang dihasilkan yaitu 66,68%. Rasio katalis 2 gr memberikan hasil *yield* lebih tinggi dari rasio katalis lainnya yaitu 79,08%. Hal ini terjadi karena pada saat penambahan katalis 2 gr, energi aktivasi menurun dan selektivitas semakin tinggi sehingga katalis mengarahkan reaktan ke produk yang diinginkan.

Sehingga pada penelitian ini katalis 2 gr zeolit alam pada temperatur 330°C merupakan kondisi optimum untuk menghasilkan *yield bio-oil* terbesar pada penelitian ini.

3.2 Hasil Karakterisasi *Bio-oil*

Bio-oil yang diperoleh dalam penelitian ini akan di karakterisasi berdasarkan sifat fisika dan sifat kimia. Berdasarkan sifat fisika meliputi pengujian densitas, viskositas, angka keasaman, titik nyala dan nilai kalor, sedangkan berdasarkan sifat kimia akan dilakukan pengujian dengan GC-MS.

Hasil uji karakteristik sifat fisika *bio-oil* dari biji alpukat menggunakan katalis zeolit alam dengan variasi rasio sampel terhadap katalis (50:0, 50:1, 50:2 dan 50:3) gr dan variasi temperatur 270, 300 dan 330 °C secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3 Hasil Uji Karakteristik Sifat Fisika *Bio-oil* dari Biji Alpukat

Temperatur (°C)	Katalis (gr)	Densitas (gr/ml)	Viskositas (cSt)	Ang.asam (mg NaOH/gr Sampel)	Titk Nyala (°C)	Yield (%)
270	0	0,945	6,094	0,0228	57	30,84
	1	0,969	6,238	0,0267	58	35,99
	2	0,984	6,238	0,0329	54	39,13
	3	1,001	6,238	0,0354	60	36,05
300	0	0,958	6,496	0,0452	63	34,48
	1	0,978	6,410	0,0511	55	56,70
	2	0,976	7,100	0,0814	58	72,53
	3	0,998	7,129	0,0888	57	40,02
330	0	0,966	6,554	0,0615	57	50,61
	1	0,979	7,416	0,0824	58	72,86
	2	0,988	7,560	0,1002	56	79,08
	3	1,008	8,020	0,1071	53	66,66

Pada Tabel 3 dapat diketahui bahwa nilai densitas, viskositas, angka keasaman ,titik nyala dan *yield (%) bio-oil* yang merupakan parameter yang menjadi standar mutu *bio-oil* secara umum. Secara keseluruhan nilai densitas *bio-oil* berkisar 0,937 –

1,008 gr/ml, nilai viskositas *bio-oil* berkisar 6,094 – 8,020 cSt, angka keasaman *bio-oil* berkisar 0,0228–0,1002 mg NaOH/gr sampel, titik nyala *bio-oil* berkisar 53–63°C dan *yield bio-oil* yang dihasilkan berkisar 30,84 – 79,08 %.

Tabel 4 Perbandingan Spesifikasi *Bio-oil* dengan Standard *Bio-oil*

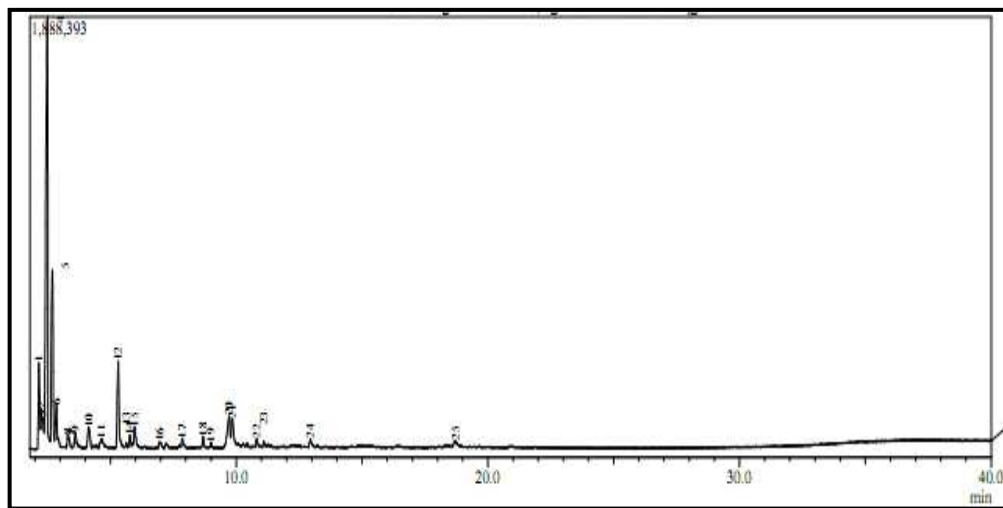
Karakteristik	Standard <i>Bio-oil</i> (*)	<i>Bio-oil</i> Biji Alpukat
Densitas (gr/ml)	0,94 - 1,2	0,937 – 1,008
Viskositas (cSt)	4 - 78	6,094 – 8,020
Angka Keasaman (mg KOH/gr sampel)	0,5*	0,0228– 0,1002
Titik Nyala (°C)	48-67	53–63
<i>High Heating Value</i> (MJ/kg)	16-19	17,354

Sumber : (Dynamotiv, 2012) * (Yu, F, 2009)

Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa perbandingan antara *bio-oil* dari biji alpukat menggunakan katalis zeolit alam dengan standar *bio-oil* dari penelitian Dynamotiv, memiliki range yang tidak jauh berbeda. Namun, *bio-oil* ini masih belum dapat digunakan langsung sebagai bahan bakar karena masih belum memenuhi standar dari bahan bakar (solar).

Analisis kimia *bio-oil* dilakukan dengan menggunakan GC - MS (Kromatografi Gas - Spektrokopi Massa). Analisis GC - MS

menghasilkan kromatogram yang menyatakan jumlah persentasi komponen kimia yang terkandung di dalam *bio-oil*. Sampel yang diuji sebanyak dua sampel, yaitu sampel *pyrolysis* tanpa katalis dan sampel *pyrolysis* dengan katalis 2 gr pada temperatur 330 °C. Kromatogram *bio-oil* dari sampel hasil *pyrolysis* tanpa katalis disajikan pada Gambar 4 dan kromatogram *bio-oil* sampel hasil *pyrolysis* katalis 2 gr disajikan pada Gambar 5 berikut.

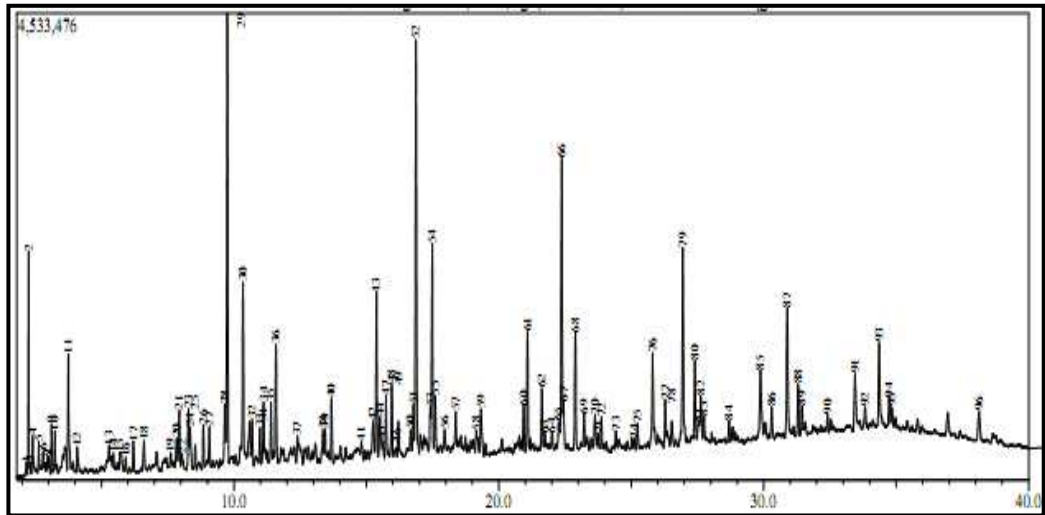


Gambar 4 Kromatogram *Bio-oil* Biji Alpukat Tanpa Katalis

Gambar 4 memperlihatkan bahwa dari kromatogram *bio-oil* tanpa katalis pada temperatur 300 °C ada 25 puncak yang teridentifikasi sebagai senyawa *bio-oil* dan didapat

5 puncak senyawa kimia paling dominan yaitu (Acetic acid), (Hydroxyacetone), (Dihydro-2(3H)-Furanone), (5-methyl-2-heptanamine) dan (2-methyltetrahydrofuran) dengan

luas area berturut-turut yaitu (40,80%), (15,77%), (7,84%), (6,16%) dan (4,12%).



Gambar 5 Kromatogram *Bio-oil* Biji Alpukat dengan Katalis

Gambar 5 memperlihatkan bahwa dari kromatogram *bio-oil* dengan katalis pada temperatur 300 °C ada 96 puncak yang teridentifikasi sebagai senyawa *bio-oil* dan didapat 5 puncak senyawa kimia paling dominan yaitu (2,4,4-trimethyl-2-pentene), (3,4,4-trimethyl-2-pentene), (Diisobutylene), (2,4,4-trimethyl-3-pentene) dan (2-methyl-trimer-propene) dengan luas area berturut-turut yaitu (7,84%), (7,82%), (5,69%), (3,82%) dan (3,58%).

Hasil analisa GC-MS *bio-oil* hasil *pyrolysis* pada temperatur 330 °C dengan penambahan katalis memperlihatkan jenis komponen yang semakin banyak dengan senyawa yang dominan adalah senyawa 2,4,4-trimethyl-2-pentene. Dari interpretasi data GC-MS dapat diketahui bahwa semakin tinggi temperatur *pyrolysis* semakin banyak komponen *bio-oil* yang teridentifikasi. Tampak pula bahwa semakin tinggi temperatur, macam senyawa aromatis yang

terbentuk yang terbentuk juga makin banyak.

Menurut data dari BTG (2003), *bio-oil* dapat langsung dijadikan bahan bakar apabila kandungan phenolnya lebih besar dari 50%. Oleh karena itu, perlu dilakukan *upgrading bio-oil* untuk mendapatkan *bio-oil* yang dapat langsung dijadikan bahan bakar.

4. KESIMPULAN

1. Perlakuan variasi rasio sampel : katalis berpengaruh pada *yield (%) bio-oil* yang dihasilkan. *Yield (%) bio-oil* tertinggi diperoleh pada rasio sampel : katalis yaitu rasio 50 : 2 gr adalah 79,08%.
2. Perlakuan variasi temperatur berpengaruh pada *yield (%) bio-oil* yang dihasilkan. *Yield (%) bio-oil* tertinggi diperoleh pada temperatur 330 °C.

3. *Bio-oil* pada kondisi rasio 50 : 2 gr (sampel : katalis) dan temperatur 330 °C mempunyai densitas 0,988 gr/ml, viskositas 7,560 cSt, angka keasaman 0,1002 mgNaOH/gr Sampel, titik nyala 56 °C dan nilai kalor 17,354 MJ/kg
4. Hasil analisa GC-MS menunjukkan 5 komponen dominan dalam *bio-oil* pada penggunaan zeolit alam 2 gr yaitu (2,4,4-trimethyl-2-pentene), (3,4,4-trimethyl-2-pentene), (Diisobutylene), (2,4,4-trimethyl-3-pentene) dan (2-methyl-trimer-propene) dengan luas area berturut-turut

yaitu (7,84%), (7,82%), (5,69%), (3,82%) dan (3,58%).

5. SARAN

Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk memvariasikan jenis katalis, jumlah biomassa dan *heating rate* proses *pyrolysis*.

6. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Ibu Dra. Yusnimar, M.Si dan Bapak Prof. Syaiful Bahri, M.Si, PhD yang telah membimbing dan memberikan ilmu-ilmu yang bermanfaat kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

7. DAFTAR PUSTAKA

- BAPPENAS. 2010. Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional, BAPPENAS. Jakarta, 16-17.
- Batubara, Marwan. 2008. Potret Ketenagalistrikan Nasional. Di dalam : Seminar "Energi, Today, and Tomorrow " : Jakarta, 22 November 2008.
- Biomass Technology Group. 2003. Bio-Oil Applications. http://www.btgword.com/technologies/bio_oil_application.html, diakses pada 4 Mei 2013.
- DESDM. 2013. Program Peningkatan Produksi Gas dan Minyak Bumi. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. Jakarta.
- DynaMotive. 2006. DYNAMOTIVE The BioOil Information Book, (13th ed.). Dynamotive Energy System Corporation. Vancouver (BC), 4.
- Fachrul. 2012. Perengkahan Katalitik Palm Fatty Acid Distillate (PFAD) Menghasilkan Biofuel Menggunakan Katalis Femo/Zeolit. Skripsi : Universitas Riau.
- Imam. T., Capareda. S. 2011. Characterization of Bio oil, Syn Gas, and Bio Char from Switchgrass Pyrolysis at Various Temperature. Journal of Analytical and applied pyrolysis, 7.
- Lestari, D. Y. 2011. Kajian Modifikasi dan Karakterisasi Zeolit Alam dari Berbagai Negara. Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Mukhtasor. 2009. Peran Dewan Energi Nasional Dalam Memecahkan Persoalan Krisis Energi di Indonesia, Renewable energy & Sustainable development in Indonesia, Seminar, Workshop, dan

Pameran Teknologi Industri,
ITS.
Simanjuntak, M. 2002. Penggunaan
Zeolit dalam Bidang Pertanian.
Skripsi : Institut Pertanian
Bogor.

Yu, F., Steele, P., Gajjala, S.K.,
Hassan, E.B., Mitchell, B.
Production of Hydrocarbons
from Biomass Fast Pyrolysis
and Hydrodeoxygenation.
Departement of Forest
Products. Mississippi University