

Karakterisasi *Bio-Oil* dari Hasil Pirolisis terhadap Biomasa

Dewi Selvia Fardhyanti^{1*}, Astrilia Damayanti¹, dan Amalia Larasati¹

¹Jurusan Teknik Kimia FT Universitas Negeri Semarang
Gedung E1 Lantai 2, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229

*E-mail: dewiselvia@mail.unnes.ac.id

Abstract

The utilization of biomass as a source of new and renewable energy is being carried out. One of the technologies to convert biomass as an energy source is pyrolysis which is converting biomass into more valuable products, such as bio-oil. Bio-oil is a liquid which produced by steam condensation process from the pyrolysis of coconut shell. The composition of biomass such as hemicellulose, cellulose and lignin will be oxidized to phenol, alcohol, and acetate acid as the main content of the bio-oil. The experiments typically occurred at the atmospheric pressure in a laboratory furnace at temperatures ranging from 300 to 550°C with a heating rate of 10°C/min and a holding time of 1 hour at the pyrolysis temperature. The Gas Chromatography-Mass Spectroscopy (GC-MS) was used to analyze the bio-oil components. The obtained bio-oil has the viscosity of 1.185 cp (coconut husk), 1.133 cp (coffee husk), 1,094 cp (sawdust); the density of 1.008 g/cm³ (coconut husk), 0.994 g/cm³ (coffee husk), 0.98 g/cm³ (sawdust); the caloric value of 3500 kcal/kg (coconut husk), 4200 kcal/kg (coffee husk), 1500 kcal/kg (sawdust); and the moisture content of 16% (coconut husk), 31% (coffee husk), 13% (sawdust). The analysis of GC-MS result showed that the bio-oil from coconut husk contained ethyl ester (37.60%), phenol (40.01%); bio-oil from coffee husk contained acetic acid (26%), phenol (34%); and bio-oil from sawdust contained acetaldehyde (26.15%), acetic acid (20.90%).

Keywords: Bio-oil, pyrolysis, coconut husk, coffee husk, sawdust.

Pendahuluan

Indonesia merupakan negara agraris, mempunyai sumber energi biomassa yang melimpah. Salah satu sumber energi biomassa di Indonesia yang potensial adalah limbah pertanian, seperti serbuk kayu, tempurung kelapa, cangkang kopi serta limbah pertanian/perkebunan lainnya. Limbah pertanian dapat diubah menjadi bahan bakar alternatif dengan diolah terlebih dahulu. Salah satu cara pengolahan limbah pertanian menjadi bahan bakar alternatif adalah dengan cara pirolisis. Pirolisis merupakan proses dekomposisi suatu zat atau material yang dilakukan pada suhu yang relatif tinggi sekitar suhu 300-550°C. Pada proses pirolisis energi panas mendorong terjadinya oksidasi sehingga molekul karbon yang kompleks terurai sebagian besar menjadi karbon atau arang (Yaman, S., 2004). Hasil pirolisis berupa gas, cair dan padat. Hasil padat dari proses ini berupa arang (char). Hasil gas dan cair dapat dimanfaatkan sebagai sumber *bio-oil* (Danarto, 2007). Seluruh bahan baku yang diolah melalui proses pirolisis dikonversi menjadi *bio-oil* dan arang, sementara gas yang tidak dapat dikondensasi dikembalikan ke dalam proses sebagai sumber energi (Hambali *et al*, 2007).

Bio-oil merupakan bahan bakar cair berwarna hitam yang berasal dari biomassa. Komponen selulosa, hemiselulosa, dan lignin pada biomassa menjadi faktor yang mempengaruhi kuantitas dan kualitas *bio-oil* yang dihasilkan. Tabel 1 menunjukkan komposisi selulosa, hemiselulosa, dan lignin pada biomassa.

Tabel 1. Komposisi Biomassa

Komponen	Tempurung Kelapa (% Berat)	Serbuk Kayu (% Berat)	Cangkang Kopi (% Berat)
Lignin	29,40	49,4	23,4
Selulosa	26,60	26,8	34,2
Hemiselulosa	27,70	23,8	24,5

Sumber : (Hidayat, 2015) dan (Martawijaya, 2005)



Bio-oil dapat menjadi alternatif pengganti bahan bakar hidrokarbon seperti untuk mesin pembakaran, boiler, mesin diesel statis dan gas turbin yang efektif digunakan sebagai substitusi diesel, bahan bakar minyak berat, bahan bakar minyak ringan dan natural gas untuk berbagai macam boiler (Hambali *et al*, 2007).

Pada penelitian ini akan dilakukan proses pirolisis biomassa, seperti serbuk kayu, tempurung kelapa, dan cangkang kopi. Penelitian bertujuan untuk mengetahui karakteristik *bio-oil* hasil pirolisis biomassa serta untuk mengetahui perbedaan sifat fisik dan sifat kimia *bio-oil* dari hasil pirolisis biomassa.

Metode Penelitian

Bahan Penelitian

Bahan penelitian dalam penelitian ini adalah biomassa antara lain serbuk kayu, cangkang kopi, dan tempurung kelapa. Pemilihan bahan baku penelitian dikarenakan pengolahan biomassa belum terolah secara maksimal.

Alat Penelitian

Seperangkat alat pirolisator yang bekerja pada suhu 32°C – 350°C dengan komponen sebagai berikut :

- Tabung pirolisis dilengkapi stop kran, *pressure gauge*, termometer, dan *safety valve* untuk keperluan analisa.
- Skala maksimal termometer 400°C dengan jenis termometer bimetal.
- Skala maksimal *pressure gauge* 10 kg/cm² .
- *Safety valve* kompresor ukuran 1,5 - 2 HP.
- Material tabung pirolisis baja tahan karat 201 (Stainless Steel 201) dengan tebal 1,8 mm.
- Jenis pipa penghubung yang digunakan adalah baja krom-nikel; diameter dalam = 19,05 mm, diameter luar = 20,25 mm dan tebal pipa= 0,6 mm
- Panjang pipa penghubung pirolisator-kondensor adalah 1,52 m.
- Tabung kondensor bahan stainless steel.
- Pipa kondensor menggunakan pipa tembaga dengan diameter ½ inchi.
- Panjang total pipa kondensor 6 m.
- Pompa air pendingin.

Tahapan Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada pirolisis biomassa merupakan metode eksperimental yang terdiri dari beberapa tahap berkesinambungan agar tujuan penelitian dapat tercapai. Tahap pertama adalah persiapan awal. Pada tahap ini dilakukan persiapan terhadap biomassa yang berupa serbuk kayu, cangkang kopi, dan tempurung kelapa. Persiapan yang dilakukan meliputi pembersihan, pengeringan serta pencacahan biomassa.

Tahap kedua adalah proses pirolisis biomassa. Proses penguraian senyawa-senyawa penyusun kayu keras menjadi beberapa senyawa organik melalui reaksi pembakaran kering pembakaran tanpa oksigen. Proses berlangsung pada reaktor pirolisator yang bekerja pada temperatur 300-550°C selama 3 jam pembakaran tiap biomassa. Asap hasil pembakaran dikondensasi dengan kondensor yang berupa koil melingkar. Hasil dari proses pirolisis diperoleh tiga produk yaitu asap cair, tar, dan arang. Kondensasi dilakukan dengan pipa tembaga yang dipasang dalam bak pendingin. Air pendingin menggunakan air sumur. Asap hasil pembakaran biomassa dialirkan melalui pipa-pipa kecil (tube) dalam kondensor, sedangkan air pendingin dialirkan di bagian luarnya atau didalam *shell* menggunakan sebuah pompa air. Parameter yang diukur adalah kapasitas hasil pirolisis biomassa berupa *bio-oil*. *Bio-oil* hasil pirolisis ditampung dalam sebuah gelas ukur untuk mengetahui volumenya.

Tahap ketiga yaitu analisis *bio-oil* hasil pirolisis biomassa. Analisis viskositas terhadap *bio-oil* hasil pirolisis biomassa dilakukan dengan menggunakan viskometer. Analisis densitas terhadap *bio-oil* hasil pirolisis biomassa dilakukan dengan menggunakan piknometer. Analisis nilai kalor terhadap *bio-oil* hasil pirolisis biomassa dilakukan dengan menggunakan kalorimeter. Analisis kadar air dan kadar abu terhadap *bio-oil* hasil pirolisis biomassa dilakukan dengan menggunakan *furnace*.



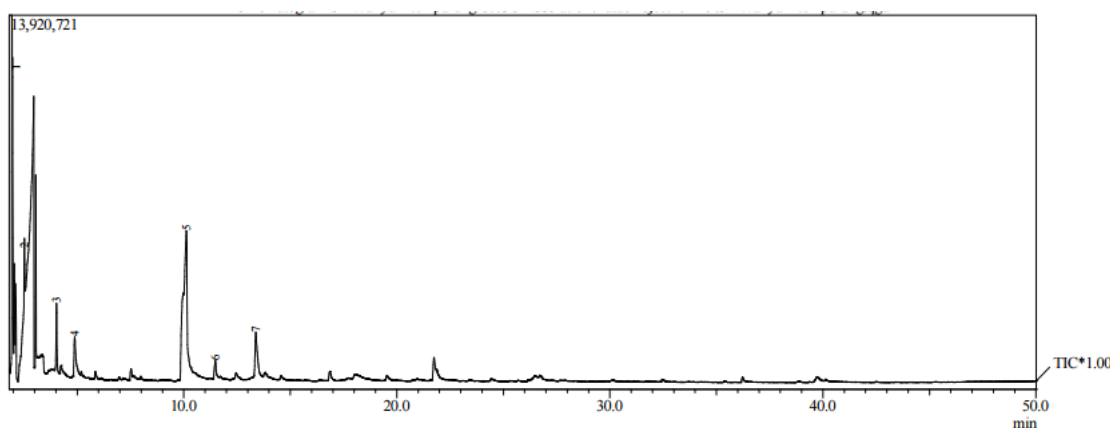
Hasil dan Pembahasan

Setelah melakukan penelitian, maka dikumpulkan data-data yang diperoleh dari proses pirolisis menggunakan bahan bakar solar yang disajikan dalam Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Hasil Penelitian Pirolisis Biomassa

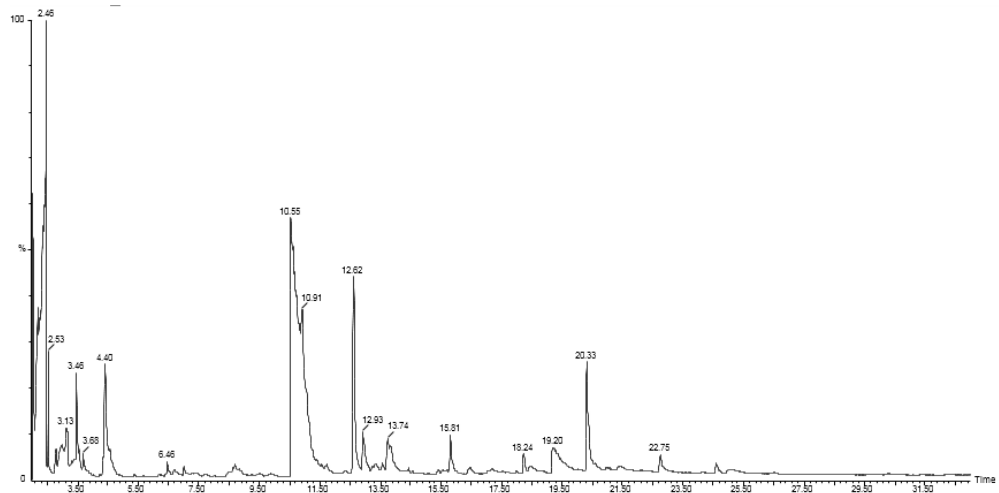
Biomassa	Kadar Air (%)	Nilai Kalor (kkal/kg)	Densitas (g/ml)	Viskositas (cp)
Tempurung Kelapa	16	3500	1,008	1,1851
Cangkang Kopi	31	4200	0,994	1,1330
Serbuk Kayu	13	1500	0,986	1,0938

Tabel 2. menunjukkan hasil penelitian pirolisis biomassa berupa tempurung kelapa, cangkang kopi, dan serbuk kayu berdasarkan karakteristik sifat fisika. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air paling tinggi dimiliki oleh *bio-oil* hasil pirolisis tempurung kelapa sebesar 31%. Tingginya kadar air, sekitar 15-20% yang berfungsi juga sebagai pengikat ratusan molekul yang berbeda yang disebut sebagai emulsi mikro (Wibowo, 2015). Nilai kalor paling tinggi dimiliki oleh *bio-oil* hasil pirolisis cangkang kopi sebesar 4200 kkal/kg. Nilai kalor adalah nilai yang menyatakan jumlah panas yang terkandung dalam bahan bakar, nilai kalor tersebut merupakan kualitas utama untuk suatu bahan bakar (Sudradjat & Hendra, 2011). Densitas paling tinggi dimiliki oleh *bio-oil* hasil pirolisis tempurung kelapa sebesar 1,008 g/mL. Densitas *bio-oil* dipengaruhi oleh suhu pemanasan. Pada variasi suhu pemanasan, semakin tinggi suhu maka densitas dari *bio-oil* yang dihasilkan semakin rendah. Hasil ini juga lebih rendah dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Wibowo (2013) dengan menggunakan kayu sengon yang menghasilkan densitas *bio-oil* pada suhu 450°C sebesar 1,116 g/mL. Viskositas paling tinggi dimiliki oleh *bio-oil* hasil pirolisis tempurung kelapa sebesar 1,1851 cp. Viskositas menjelaskan ketahanan internal fluida untuk mengalir. Semakin rendah viskositas suatu fluida, semakin besar pula pergerakan dari fluida tersebut (Erawati, 2013). Selain sifat fisika, sifat kimia *bio-oil* diuji dengan GC-MS yang dapat dilihat pada Gambar 1.



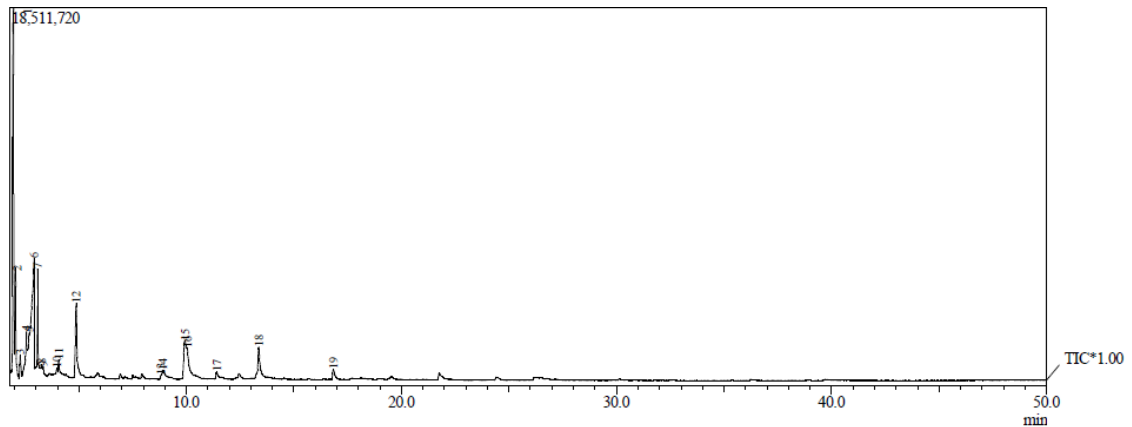
No Peak#	Konsentrasi	Komposisi
1	37,60%	Ethyl Ester
2	4.02%	Formic Acid
3	5.45%	2-Furancarboxaldehyde
4	40.01%	Phenol

(a)



No Peak#	Konsentrasi	Komposisi
1	5%	Urea
2	26%	Acetic acid
3	6%	Furfural
4	34%	Phenol

(b)



No Peak#	Konsentrasi	Komposisi
1	26,15%	Acetaldehyde
2	20,90%	Acetic Acid
3	8,33%	Furaldehyde
4	4,38%	Phenol

(c)

Gambar 3. GC-MS *Bio-oil* Hasil Pirolisis Biomassa (a) Tempurung Kelapa (b) Cangkang Kopi (c) Serbuk Kayu

Tabel 3. Kandungan Senyawa *Bio-oil* dari Hasil Pirolisis Biomassa

Biomassa	Kandungan Senyawa (%)			
	Asam Asetat	Fenol	Ethyl ester	Asetaldehid
Tempurung Kelapa	-	40,01	37,60	-
Cangkang Kopi	26	34	-	-
Serbuk Kayu	20,90	5,58	-	26,15

Tabel 3. diperoleh melalui pengujian kromatografi yang dapat dilihat pada Gambar 1. Pengujian menggunakan sampel sebanyak 10 ml *bio-oil* dengan alat uji GC-MS di Laboratorium Kimia Organik Universitas Gajah Mada Yogyakarta, gambar 1. menunjukkan hasil pengujian kromatografi pada temperatur 350°C. Dari hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa biomassa tempurung kelapa yang mempunyai struktur kayu keras pada temperatur yang sama menghasilkan senyawa fenol 40,01% yang lebih banyak dibandingkan dengan cangkang kopi dan serbuk kayu. Sedangkan biomassa serbuk kayu lebih banyak menghasilkan senyawa asam 26,15%. Senyawa asam ini menunjukkan perbandingan terbalik dengan variabel temperatur, dimana ketika temperatur gas asap dinaikkan senyawa asam menurun dan senyawa fenolnya meningkat. Senyawa fenol mempunyai fungsi sebagai antioksidan sehingga lebih optimal dalam hal menghambat kerusakan pangan dengan cara menyumbangkan hidrogen sebagai bahan pengawet. Sedangkan kandungan asam efektif dalam mematikan dan menghambat pertumbuhan mikroba pada produk makanan dengan cara senyawa asam itu menembus dinding sel mikroorganisme yang menyebabkan sel mikroorganisme mati (Hidayat, 2015).

Kesimpulan

Penelitian menunjukkan bahwa *bio-oil* hasil pirolisis biomassa pada suhu 400°C memiliki beberapa karakteristik sifat fisika antara lain viskositas, densitas, kadar air, dan nilai kalor yang berbeda. Viskositas 1.185 cp (tempurung kelapa), 1.133 cp (cangkang kopi), 1.094 cp (serbuk kayu). Densitas 1.008 g/cm³ (tempurung kelapa), 0.994 g/cm³ (cangkang kopi), 0.98 g/cm³ (serbuk kayu). Kadar air 16% (tempurung kelapa), 31% (cangkang kopi), 13% (serbuk kayu). Nilai kalor 3500 kkal/kg (tempurung kelapa), 4200 kkal/kg (cangkang kopi), 1500 kkal/kg (serbuk kayu). Kadar air 16% (tempurung kelapa), 31% (cangkang kopi), dan 13% (serbuk kayu). Selain karakteristik sifat fisika, adapun sifat kimia *bio-oil* yang diperoleh dari uji GC-MS. *Bio-oil* hasil pirolisis tempurung kelapa mengandung ethyl ester (37.60%), fenol (40.01%), *bio-oil* hasil pirolisis cangkang kopi mengandung asam asetat (26%), fenol (34%), dan *bio-oil* hasil pirolisis serbuk kayu mengandung asetaldehid (26.15%), asam asetat (20.90%), fenol (5,58%).

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini terlaksana dengan adanya bantuan dana dari Hibah Penelitian Skim Produk Terapan DRPM Kemenristek DIKTI 2017.

Daftar Pustaka

- Danarto, Y.C., dkk. 2010. Pirolisis Limbah Serbuk Kayu dengan Katalisator Zeolit. Universitas Negeri Surakarta. Solo.
- Erawati, E, Sediawan, W.B, dan Mulyono, P. 2013. Karakteristik Bio-Oil Hasil Pirolisis Ampas Tebu (Baggase), Jurnal Kimia Terapan Indonesia, Vol. 15, 2, pp. 47- 55.
- Hambali, E., S. Mujdalipah, A.H. Tambunan, A.W. Pattiwiri, dan R. Hendroko. 2007. Teknologi Bioenergi. Agromedia. Jakarta.
- Hidayat, Taufiq. 2015. Analisa Pengaruh Temperatur Pirolisis Dan Bahan Biomassa Terhadap Kapasitas Hasil Pada Alat Pembuat Asap Cair. Universitas Muria Kudus. Kudus.
- Martawijaya, A., I. Kartasujana, K. Kadir, dan S. A. Prawira. 2005. Atlas Kayu Indonesia Jilid I. Departemen Kehutanan. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor.
- Sigit, Mujiarto dan Yuli. 2014. Pirolisis Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Menjadi Biomasa Sebagai Bahan Bakar Yang Aplikatif. Teknik Lingkungan Unlam. Banjarmasin.
- Sudradjat, R., & Hendra, D. (2011). Teknologi Pengolahan Bahan Bakar Nabati Berbasis Selulosa Dan Hemiselulosa (Bio-Oil). Laporan Hasil Penelitian. Bogor. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan Dan Pengolahan Hasil Hutan.



- Wibowo, S., 2013, Karakteristik Asap Cair Serbuk Gergaji Sengon Menggunakan Proses Pirolisis Lambat, *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 4.
- Wibowo, Santiyo. 2015. Karakteristik Bio-Oil Dari Limbah Industri Hasil Hutan Menggunakan Pirolisis Cepat (Characteristics Of Bio-Oil Made Of Forest Products Waste By Fast Pyrolysis Process). Pusat Penelitian Dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- Yaman. 2004. Pyrolysis of biomass to produce fuels and chemical feedstocks, *Energy Conversion and Management*, 45 : 651–671.





Lembar Tanya Jawab Moderator: Sumbogo Murti (S.D. Puspitek Serpong)

1. Penanya : Marselino (Teknik Kimia UPN "Veteran" Yogyakarta)
- Pertanyaan : - Bagaimana mengetahui kadar *bio oil* yang bagus ?
- Mana yang terbaik dari ketiga *bio oil* tersebut ?
- Jawaban : - *Bio oil* yang baik *bio oil* yang mengandung kadar air sebesar 1 sampai 15 %
- Kami belum meninjaunya, karena kami hanya meninjau kandungan fenolnya saja, karena fenol bersifat korosif.
-

