



## KULIT DURIAN SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN *BIO-OIL*: SUMBER ENERGI TERBARUKAN

**Suryadi Ismadji**

Jurusan Teknik Kimia, Unika Widya Mandala Surabaya

Jl. Kalijudan 37, Surabaya 60114

e-mail : [suryadiismadji@yahoo.com](mailto:suryadiismadji@yahoo.com)

### *Abstrak*

*Pirolisis kulit durian menjadi bio-oil dilakukan dalam sebuah reactor tubular yang dilengkapi dengan pengontrol suhu (PID controller). Pengaruh ukuran partikel umpan, suhu pirolisis, laju alir gas inert ( $N_2$ ) terhadap yield bio-oil yang dihasilkan telah dipelajari dalam penelitian ini. Ukuran umpan partikel yang dipelajari adalah 8/12 mesh, 16/20 mesh, dan 25/40 mesh. Suhu pirolisis yang digunakan adalah 400-700°C dengan laju alir gas inert 3, 4, dan 5 Liter/menit. Produk bio-oil yang dihasilkan dianalisa komposisi bahan kimianya dengan menggunakan GC/MS QP 2010 Shimadzu. Nilai kalor bio-oil yang dihasilkan dianalisa dengan menggunakan Anton Paar calorimeter dengan menggunakan metode ASTM D5868-10ae1. Analisa proximate kulit durian dan bio-char yang dihasilkan dilakukan dengan menggunakan metode ASTM D3173-75. Sedangkan analisa TGA dilakukan dengan menggunakan TGA/DSC star system (Mettler Toledo) dengan gas  $N_2$  sebagai gas carrier. Dari hasil percobaan yang dilakukan diperoleh hasil terbesar bio-oil adalah 49,8% yang diperoleh pada suhu 550°C dengan ukuran partikel 25/40 mesh. Sedangkan laju alir gas inert tidak berpengaruh pada yield bio-oil yang dihasilkan. Nilai kalor total dari bio-oil yang dihasilkan adalah  $26,7 \pm 3,1$  MJ/kg.*

**Kata kunci :** *Bio-oil, pirolisis, Kulit Durian*

### 1. PENDAHULUAN

Seiring dengan menipisnya cadangan minyak dunia dan isu lingkungan hidup, berbagai macam penelitian mengenai energi terbarukan sedang giat dilakukan oleh berbagai pihak. Salah satunya adalah pemanfaatan limbah pertanian sebagai sumber energi baru dan terbarukan. Secara garis besar teknologi untuk memanfaatkan atau mengkonversikan limbah pertanian sebagai sumber energi terbagi menjadi tiga kategori yaitu: secara biokimia, panas, dan konversi termokimia. Konversi termokimia meliputi proses gasifikasi, pencairan (*liquefaction*), dan pirolisis (Butler dkk, 2011).

Pirolisis merupakan proses konversi termokimia yang penting untuk merubah biomassa limbah pertanian menjadi produk yang lebih berharga: *char* (padatan), cairan, dan gas. Cairan yang diperoleh dari proses pirolisis merupakan suatu produk yang potensial untuk digunakan sebagai *bio-oil*. Kandungan senyawa kimia dalam *bio-oil* adalah berbagai macam asam organik, alkohol, keton, ester, komponen-komponen fenolik, dan lain-lain (Demiral dkk, 2012). Tetapi penggunaan *bio-oil* ini secara langsung akan menimbulkan berbagai macam kesulitan pada sistem pembakaran karena viskositas yang tinggi, nilai kalor yang rendah, korosif dan tidak stabil.

Berbagai macam limbah biomassa dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan *bio-oil*, seperti tongkol jagung (Demiral dkk, 2012), serbuk gergajian kayu dan kulit gandum (Bertero dkk, 2012), jarak (Pandey dkk, 2012), kayu oak (Ellens dan Brown, 2012), ampas buah-buahan (Ozby dkk, 2008). Karakteristik dari *bio-oil* yang dihasilkan juga bervariasi dan sangat tergantung dari sumber bahan baku dan kondisi proses. Pada makalah ini disajikan proses pembuatan *bio-oil* dengan menggunakan bahan baku limbah kulit durian. Pengaruh berbagai macam kondisi proses terhadap *yield bio-oil* juga dipelajari.

### 2. METODOLOGI PENELITIAN

Sebelum digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan *bio-oil*, kulit durian segar terlebih dahulu dicuci dengan menggunakan air PDAM hingga bersih. Kemudian kulit durian dipotong kecil-kecil dan dikeringkan dalam sebuah oven pada suhu 105°C selama 24 jam. Kemudian kulit durian kering dihancurkan menggunakan *hammer mill* JANKE & KUNKEL dan dipisahkan berdasarkan ukuran partikel (8/12, 16/20, dan 25/40 mesh) dengan menggunakan *sieve shaker*. Analisa proximate dilakukan dengan menggunakan

metode ASTM D3173-75. Analisa profil pemanasan (*TGA*) dari kulit durian dilakukan menggunakan *TGA/DSC* star system (Mettler Toledo) dengan gas  $N_2$  sebagai gas pembawa.

Proses pirolisis dilakukan dalam sebuah *horizontal tubular reactor*, reaktor dilengkapi dengan pengontrol suhu tipe *FID*. Secara singkat proses pembuatan *bio-oil* dari kulit durian dengan menggunakan proses pirolisis adalah sebagai berikut: kulit durian sebanyak 25 gram dimasukkan dalam reaktor, kemudian gas nitrogen dialirkan dalam reaktor dengan laju alir tertentu (3, 4, dan 5 liter/menit). Setelah beberapa saat, kemudian pemanas dihidupkan dengan laju alir pemanasan sebesar  $10^\circ C/menit$  hingga dicapai suhu yang diinginkan ( $400-700^\circ C$ ). Setelah suhu yang diinginkan tercapai, suhu dijaga konstan pada suhu operasi selama 30 menit. Gas yang keluar selama proses pirolisis berlangsung dialirkan ke sebuah alat pengembun (kondensor) untuk dipisahkan fraksi yang dapat terembunkan (cairan) dari campuran gas. Cairan dari kondensor kemudian ditampung dan kemudian massanya ditimbang. Setelah proses pirolisis selesai, sistem kemudian didinginkan hingga mencapai suhu sekitar  $30^\circ C$ . Selama proses pendinginan berlangsung, nitrogen tetap dialirkan ke dalam sistem. Kemudian padatan yang tertinggal ditimbang massanya. Massa gas yang dihasilkan dihitung berdasarkan selisih massa kulit durian mula-mula terhadap massa padatan dan cairan (*bio-oil*).

Padatan (*bio-char*) yang dihasilkan dilakukan analisa proximate, sedangkan komposisi kimia cairan (*bio-oil*) dianalisa dengan menggunakan *GC/MS QP 2010 Shimadzu*. Sedangkan nilai kalor dari *bio-oil* dianalisa dengan menggunakan Parr Bomb Calorimeter.

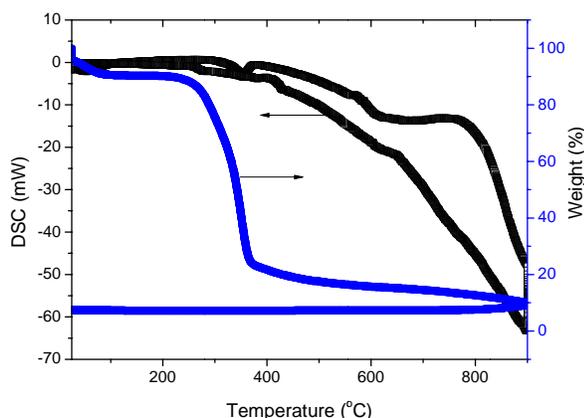
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa proksimat dan nilai kalor kulit durian dapat dilihat pada Tabel I. Dari Tabel I dapat dilihat bahwa kandungan zat terbang atau *volatile matter* dari kulit durian cukup tinggi sehingga diharapkan hasil *bio-oil* yang dihasilkan juga cukup besar.

Tabel I. Analisa proksimat dan nilai kalor kulit durian

<i>Property</i>	% basis kering
Kandungan air	14,5
Abu	0,4
<i>Volatile matter</i> (zat terbang)	64,4
<i>Fixed carbon</i> (karbon tetap)	20,7
<i>Higher Heating Value HHV</i> (MJ/kg)	13,8

Kurva *TGA/DSC* untuk kulit durian dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini. Kurva *TGA/DSC* tersebut diperoleh pada kondisi berikut: laju pemanasan  $5^\circ C/menit$  dari  $25^\circ C$  hingga  $900^\circ C$ , setelah mencapai  $900^\circ C$  suhu dijaga konstan selama 10 menit kemudian didinginkan pada laju  $5^\circ C/menit$  hingga suhunya  $25^\circ C$ .



Gambar 1. Kurva *TGA/DSC* kulit durian

Kehilangan massa pada permulaan proses disebabkan karena penguapan air yang ada di dalam bahan. Pada kenaikan suhu yang lebih tinggi air terikat juga mengalami penguapan. Penurunan massa secara tajam pada

rentang suhu antara 270 hingga 370°C disebabkan oleh pelepasan zat terbang (*volatile matter*). Di atas 370°C kehilangan massa disebabkan oleh dekomposisi lanjut dari kulit durian.

Pada percobaan yang dilakukan pada suhu 400°C dilakukan variasi laju alir gas inert dan ukuran partikel ternyata diperoleh data yang menunjukkan bahwa laju alir gas inert (N<sub>2</sub>) tidak memberikan pengaruh pada hasil *bio-oil*, sehingga untuk proses pada suhu yang lebih tinggi laju alir gas nitrogen dibuat konstan pada 3 Liter/menit. Laju alir gas nitrogen tidak berpengaruh pada hasil *bio-oil*. Distribusi produk pirolisis kulit durian pada berbagai macam kondisi operasi dapat dilihat pada Tabel II berikut ini.

Tabel II. Distribusi produk pirolisis kulit durian

Suhu, °C	Ukuran partikel, mesh	Hasil <i>bio-oil</i> (%)	Hasil <i>bio-char</i> (%)	Hasil gas (%)
400	8/12	20,9	33,5	45,6
400	16/20	25,1	31,4	43,5
400	25/40	28,7	29,8	41,5
450	8/12	25,8	30,5	43,7
450	16/20	30,7	28,1	41,2
450	25/40	33,6	26,6	39,8
500	8/12	35,7	25,1	39,2
500	16/20	40,8	24,3	34,9
500	25/40	43,1	23,7	33,2
550	8/12	42,7	23,4	33,9
550	16/20	46,8	23,1	30,1
550	25/40	49,8	23,3	26,9
600	8/12	40,1	22,8	37,1
600	16/20	42,3	22,6	35,1
600	25/40	44,4	22,5	33,1
650	8/12	39,4	22,6	38,0
650	16/20	37,5	22,7	39,8
650	25/40	36,4	22,4	41,2
700	8/12	38,1	21,9	40,0
700	16/20	36,3	21,6	42,1
700	25/40	33,2	21,5	45,3

Distribusi produk dalam proses pirolisis bergantung pada parameter-parameter reaksi seperti suhu dan ukuran partikel dari reaktan seperti terlihat pada Tabel II. Hasil maksimum *bio-oil* diperoleh pada suhu 550°C dan ukuran partikel 25/40 mesh. Pada ukuran partikel yang sama kenaikan suhu dari 400°C menjadi 550°C akan menaikkan hasil *bio-oil*. Tetapi dengan menaikkan suhu lebih lanjut, hasil *bio-oil* yang diperoleh akan mengalami penurunan (dapat dilihat pada Tabel II). Dengan naiknya suhu maka dekomposisi primer atau sekunder dari *bio-char* (padatan) akan terjadi sehingga jumlah *bio-char* berkurang dan yield *bio-oil* bertambah.

Satu hal yang menarik adalah hasil yang diperoleh dari pirolisis kulit durian ini adalah hasil gas yang menurun dengan kenaikan suhu, pada umumnya kenaikan suhu akan menaikkan jumlah gas yang dihasilkan, karena terjadinya perengkahan sekunder dari produk *bio-oil* yang dihasilkan. Menurunnya produk gas dan bertambahnya produk cair pada proses pirolisis kulit durian ini kemungkinan disebabkan adanya polimerisasi produk gas menjadi senyawa-senyawa dengan berat molekul yang lebih tinggi yang dapat terkondensasi pada saat pendinginan sehingga menyebabkan hasil *bio-oil* mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Di atas suhu 550°C reaksi perengkahan sekunder lebih dominan dibanding reaksi repolimerisasi sehingga hasil *bio-oil* akan mengalami penurunan.

Ukuran partikel juga memegang peranan cukup penting dalam proses pirolisis kulit durian menjadi *bio-oil*. Dengan bertambah kecilnya ukuran partikel maka produk *bio-oil* akan bertambah seperti terlihat pada Tabel II. Dengan bertambah kecil ukuran partikel maka luas permukaan kontak partikel akan bertambah, sehingga reaksi perengkahan primer akan berjalan lebih baik sehingga jumlah total produk gas dan cair akan bertambah.

Komposisi kimia dari produk *bio-oil* yang dihasilkan sebagian besar adalah golongan asam organik, aldehid dan keton, serta senyawa-senyawa fenol. Sedangkan senyawa-senyawa kimia lainnya yang terdeteksi adalah golongan ester, alkohol, *oxygenated cyclic compounds*, ether, senyawa hidrokarbon dan derivative nya. Senyawa-senyawa organik yang mengandung unsur nitrogen juga terdeteksi dalam produk *bio-oil* yang dihasilkan. Komposisi golongan senyawa-senyawa kimia yang terdapat dalam *bio-oil* dari pirolisis kulit durian dapat dilihat pada Tabel III.

Nilai kalor (HHV) dari *bio-oil* yang dihasilkan dari proses pirolisis kulit durian ini adalah sebesar  $26,7 \pm 3,1$  MJ/kg. Jika dibandingkan dengan nilai kalor dari bensin (47,3 MJ/kg) dan solar (44,8 MJ/kg) nilai kalor dari *bio-oil* yang dihasilkan masih sekitar 60% dari kedua bahan bakar tersebut. Hal ini dikarenakan kandungan dari *bio-oil* sangat beragam sehingga untuk aplikasi sebagai bahan bakar system transportasi perlu dilakukan upgrading lebih lanjut.

Tabel III. Komposisi kimia *bio-oil* dari kulit durian

Senyawa	Komposisi, %
Asam-asam organik	19,1
Senyawa-senyawa fenol	15,7
Aldehid dan keton	18,5
Alkohol	9,4
Ether	0,7
<i>oxygenated cyclic compounds</i>	3,1
senyawa hidrokarbon dan derivative	0,5
Ester	8,3
Senyawa-senyawa yang mengandung nitrogen	2,1
Senyawa-senyawa lain yang tidak teridentifikasi	22,6

#### 4. KESIMPULAN

*Bio-oil* yang dihasilkan dari proses pirolisis kulit durian berkisar antara 20,9% sampai 49,8% pada suhu operasi 400-700°C. Komposisi kimia dari *bio-oil* yang dihasilkan secara umum dapat digolongkan dalam golongan asam organik, aldehid dan keton, senyawa-senyawa fenol, golongan ester, alkohol, *oxygenated cyclic compounds*, ether, senyawa hidrokarbon dan derivative nya, serta senyawa-senyawa organik lainnya yang mengandung unsur nitrogen. Nilai kalor (HHV) dari *bio-oil* yang dihasilkan dari proses pirolisis kulit durian ini adalah sebesar  $26,7 \pm 3,1$  MJ/kg.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bertero, M., de la Puente, G., Sedran, U., 2012, “Fuels from bio-oils: bio-oil production from different residual sources, characterization and thermal conditioning”, *Fuel*, 95, 263-271.
- Butler, E., Devlin, G., Meier, D., McDonnell, K., 2011, “A review of recent laboratory research and commercial developments in fast pyrolysis and upgrading”, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 15, 4171-4186.
- Demiral, I., Eryazici, A., Sensoz, S., 2012, “Bio-oil production from pyrolysis of corncob (*Zea mays* L.)”, *Biomass Bioenergy*, 36,43-49.
- Ellens, C.J., Brown, R.C., 2012, “Optimization of a free-fall reactor for production of fast pyrolysis bio-oil”, *Biores. Technol.*, 103, 374-380.
- Ozbay, M., Apaydin-Varol, E., Uzun, B., Putun, A., 2008, “Characterization of bio-oil obtained from fruit pulp pyrolysis”, *Energy*, 33, 1233-1240.
- Pandey, V.C., Singh, K., Singh, J.S., Kumar, A., Singh, B., Singh, R.P., 2012, “*Jatropha curcas*: A potential bio-fuel plant for sustainable environmental development”, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 16, 2870-2883.