

Produksi bio-oil dari limbah kulit durian dengan proses pirolisis lambat

Rahmatullah*, Rizka Wulandari Putri, Enggal Nurisman

*Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Jl. Raya Inderalaya–Prabumulih KM. 32 Inderalaya 30662

Email: rahmatullah@ft.unsri.ac.id

Abstrak

Permintaan bahan bakar fosil semakin meningkat sementara pasokannya kian berkurang dari waktu ke waktu. Hal ini mendorong untuk mengembangkan sumber energy alternative seperti biomassa sebagai energy baru terbarukan. Biomassa dapat dikonversi menjadi energy alternative dalam bentuk bio-oil melalui proses pirolisis. Komposisi biomassa seperti lignoselulosa (lignin, selulosa dan hemiselulosa) didekomposisi dengan proses pirolisis menjadi komponen organik seperti fenol, alkohol, keton, aldehid dan ester. Bio-oil merupakan bahan bakar terbarukan dan lebih ramah lingkungan dari pada bahan bakar fosil (minyak bumi). Bio-oil dapat disebut sebagai "green energy" dalam banyak aplikasi untuk menggantikan minyak bumi dan juga dapat digunakan sebagai "green chemical". Dalam aplikasinya, bio-oil dapat digunakan sebagai energy ramah lingkungan karena memiliki emisi lebih rendah dari pada bahan bakar fosil. Senyawa fenolik memiliki komposisi paling dominan dalam bio-oil di mana fenol memiliki banyak kegunaan untuk resin, antiseptik, pengawet dan desinfektan. Produksi bio-oil dalam penelitian ini dilakukan dengan proses pirolisis lambat pada reactor dengan kisaran suhu 250-400°C selama 30 menit. Eksperimen ini dilakukan dengan bahan baku kulit durian pada ukuran 10 mesh dan 20 mesh. Analisa GC-MS digunakan untuk mengetahui komponen bio-oil. Produk bio-oil memiliki viskositas 1,189 cP, dan densitas 1,031 g/cm³ dan pH 6. Bio-oil mengandung beberapa komponen seperti senyawa fenolik (66,37%), metil ester (2,71%), siklridridana (3,66%), benzocycloheptariene (3,39), indole (5,19%), glisin (3,01%), pentadecana (4,07%), 5-tert-butylpyrogallol (3,07%), asam bromoacetic (3,40%) dan asam tetradecanoic (5,16%).

Kata kunci: Bio-oil, pirolisis lambat, kulit durian, senyawa fenolik

Abstract

The demand of fossil fuel is increasing while its supply is diminishing over the time. This problem encourage the development of biomass utilities as an alternative renewable energy. Biomass can be converted into alternative energy in the form of bio-oil via pyrolysis process. The compositions of biomass such as lignocellulose (lignin, cellulose and hemicellulose) decomposed by pyrolysis process into organic components such as phenol, alcohol, ketones, aldehydes and esters. Its components leads the utility of bio-oil as green energy and green chemical. In green energy applications, bio-oil can be used as green energy since it has lower SO_x and NO_x emissions than fossil fuels. Whilst as green chemical applications, bio-oil has a dominant component of phenolic compound where it has many uses for resins, antiseptics, preservatives and disinfectants. The production of bio-oil in this research is carried by slow pyrolysis process at reactor with temperature range 250-400°C for 30 minutes. This experiment for 10 mesh and 20 mesh raw material samples of durian peel. GC-MS is used to analyze bio-oil component. The bio-oil product has viscosity 1.189 cP, and density 1.031 g / cm³ and pH 6. The bio-oil contains some components such as phenolic compound (66.37%), methyl ester (2.71%), cyclotridecane (3.66%), benzocycloheptariene (3.39), indole (5.19%), glycine (3.01 %), pentadecane (4.07%), 5-tert-butylpyrogallol (3.07%), bromoacetic acid (3.40%) and tetradecanoic acid (5.16%).

Keywords: Bio-oil, slow pyrolysis, durian peel, phenolic compound

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia, energi berbahan bakar fosil masih sangat mendominasi, dimana bahan bakar fosil merupakan energi tidak terbarukan yang membutuhkan jutaan tahun untuk terbentuk. Untuk memastikan kebutuhan pasokan energi di Indonesia, sumber terbarukan sebagai energi alternatif sangat diperlukan, salah satunya adalah biomassa. Biomassa dari limbah kulit durian dapat digunakan

sebagai bahan baku bahan bakar dalam bentuk bio-oil melalui proses pirolisis.

Pirolisis adalah dekomposisi termokimia tanpa adanya oksigen untuk menghasilkan berbagai macam produk. Selama proses pirolisis, hidrokarbon molekul kompleks dipecah menjadi bentuk yang lebih sederhana menjadi produk padat, gas, cair, dan arang. Proses pirolisis dapat dibagi menjadi pirolisis lambat (*slow pyrolysis*), pirolisis cepat (*fast pyrolysis*), dan pirolisis sangat cepat (*flash*

pyrolysis). Semua proses tersebut dibedakan berdasarkan perbedaan temperatur selama proses pirolisis. Pirolisis cepat dan sangat cepat beroperasi pada suhu tinggi antara 400-700°C. Sedangkan pirolisis lambat ditandai dengan temperatur operasi yang lebih rendah dari 300-400°C, proses ini memiliki keuntungan yang tidak memerlukan pasokan energi yang sangat besar dibandingkan dengan proses pirolisis lainnya. Semua produk pirolisis dapat digunakan sebagai bahan bakar biobriket, karbon aktif, *syngas*, *biochar* dan bio-oil.

Komponen organik bio-oil yang dominan adalah turunan lignin, fenol, alkohol, asam organik dan senyawa karbonil seperti keton, aldehida dan ester (Diebold, 1997). Bio-oil merupakan bahan bakar terbarukan dan lebih ramah lingkungan daripada bahan bakar fosil (minyak bumi). Bio-oil dapat disebut sebagai "green energy" dalam banyak aplikasi untuk menggantikan minyak bumi. Ini juga dapat digunakan sebagai "green chemical" seperti asam asetat, hidroksi asetaldehida, resin, perasa makanan, agrokimia, pupuk, perekat, pengawet, dan bakteri.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengubah limbah padat biomassa kulit durian menjadi produk yang bernilai sebagai bio-oil untuk sumber energi alternatif melalui proses pirolisis dengan kisaran suhu 250 - 400°C.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan Baku

Limbah biomassa kulit durian diambil dari pasar kuto kota Palembang, Sumatera Selatan Indonesia. Jenis Durian merupakan Durian Medan

Metode penelitian

Persiapan bahan baku

Kulit durian dipotong-potong dengan ukuran ± 5 cm, kemudian ditimbang beratnya dan dikeringkan dibawah sinar matahari pada temperature ± 100°C selama 5 jam (pengeringan dilakukan sampai berat kulit durian konstan). Kulit durian lalu digrinding dan diayak pada ukuran 10 mesh and 20 mesh.

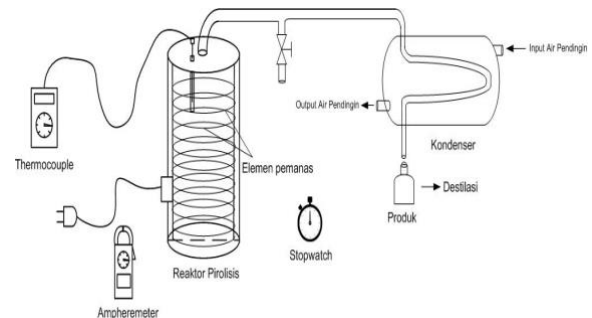
Proses Pirolisis,

Sebanyak 250 gr sampel kulit durian dimasukkan kedalam *fixed-bed reactor* dengan variasi temperature pirolisis 250°C, 300 °C, 350 °C, dan 400 °C. Setelah waktu operasi tercapai, produk berupa campuran gas dan cairan dialirkan menuju kondenser, gas yang telah terkondensasi berupa bio-oil kemudian ditampung dan dianalisa komposisinya. Proses ini dilakukan untuk masing-masing sampel 10 mesh and 20 mesh.

Proses Purifikasi

Produk cair dari pirolisis dipurifikasi dengan metode destilasi pada temperature 150°C menggunakan pemanas *oil bath* selama proses destilasi akan

dihasilkan tar (black liquor) dan destilat (bio-oil). Komponen bio-oil akan dianalisa menggunakan GC-MS. GC-MS dioperasikan pada temperature 150-290°C dengan kenaikan temperature 10°C/menit, volume sampel 1 µl, tekanan gas Helium carrier sebesar 10 Kpa. Spesifikasi dari GC-MS menggunakan CP-Sil 5 CB column dengan panjangof 25 m dan menggunakan 300°C FID detector.



Gambar 1. Rancangan Peralatan Unit Pirolisis

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam proses pirolisis, biomassa dipanaskan dalam kondisi tanpa kehadiran oksigen untuk menghasilkan bio-arang, bio-oil dan non-condensable gas. Produk hasil pirolisis sangat tergantung pada kondisi operasinya, antara lain: waktu pemanasan, temperatur pirolisis dan waktu tinggal (Basu, 2010)

Berdasarkan hasil penelitian proses pirolisis lambat pada pembuatan bio-oil dari limbah kulit durian, diperoleh hasil sebagai berikut (Tabel 1) :

Tabel 1. Produk Hasil Pirolisis lambat

Temperatur Pirolisis (°C)	Ukuran Bahan Baku (Mesh)	Hasil Pirolisis	
		Padat (gram)	Cair/ Bio oil (ml)
250	10	71	110
	20	88	90
300	10	71	120
	20	78	100
350	10	73	130
	20	71	110
400	10	72	150
	20	70	140

Hasil produk pirolisis lambat berupa bio-oil, tar, arang dan gas dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Garg, dkk.,2016):

$$\text{Yield bio oil (\%)} = \frac{\text{bio oil (gr)}}{\text{feed masuk reaktor (gr)}} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{Yield arang (\%)} = \frac{\text{arang (gr)}}{\text{feed masuk reaktor (gr)}} \times 100 \dots \dots \dots (2)$$

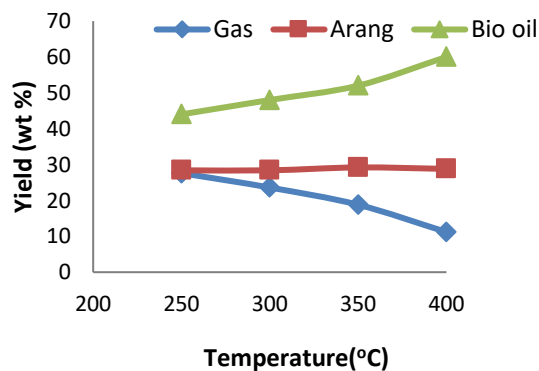
$$Yield\ gas\ (\%) = 100 - Yield\ bio\ oil - Yield\ arang \dots \dots (3)$$

Table 2. Rendemen/Yield Hasil Pirolisis Lambat Biomassa Kulit Durian

Produk	Ukuran bahan baku (Mesh)	Temperatur (oC)			
		250	300	350	400
Bio-oil	10	44	48	52	60
(% wt)	20	36	40	44	56
Arang	10	28.4	28.4	29.2	28.8
(% wt)	20	35.2	31.2	28.4	28
Gas	10	27.6	23.6	18.8	11.2
(% wt)	20	28.8	28.8	27.6	16

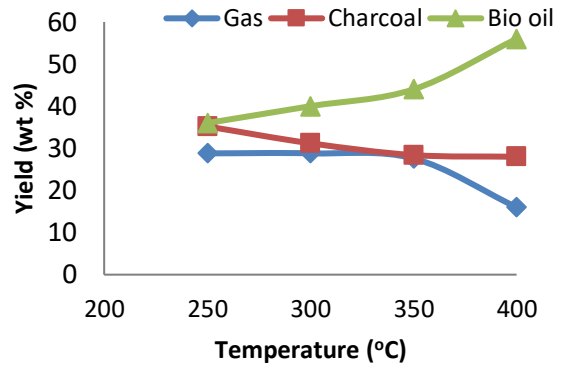
Pengaruh Temperatur dan Ukuran Partikel Biomassa Terhadap Yield Bio-oil

Yield bio-oil untuk ukuran partikel biomassa 10 mesh dan 20 mesh memiliki trend yang sama dengan variasi nilai yang berbeda masing-masing 44% sampai dengan 60% dan 36% sampai dengan 56%. Peningkatan jumlah yield bio-oil ini diiringi dengan penurunan yield arang dan gas yang dihasilkan.



Gambar 2. Pengaruh Temperatur terhadap produk hasil pirolisis lambat pada ukuran partikel bahan baku 10 mesh

Dalam studi lain yang dilakukan oleh Erawati dkk (2013) dalam penelitian pirolisis ampas tebu menjadi bio-oil menunjukkan hal yang sama. Pada penelitian tersebut digunakan variasi ukuran biomassa ampas tebu dari 20 s.d 40 mesh dengan hasil yang menunjukkan bahwa terjadi penurunan yield bio-oil pada ukuran diameter partikel 20 mesh sebesar 40,32% menjadi 34,16% pada ukuran diameter partikel 40 mesh.



Gambar 3. Pengaruh Temperatur terhadap produk hasil pirolisis lambat pada ukuran partikel bahan baku 10 mesh

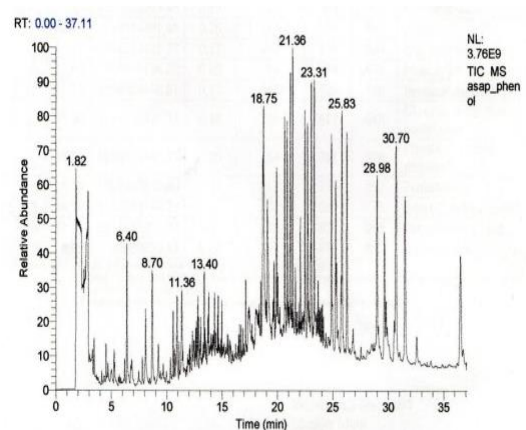
Peningkatan jumlah bio-oil yang dihasilkan seiring dengan meningkatnya temperatur pirolisis lambat karena meningkatnya reaksi devolatilisasi pada temperatur yang lebih tinggi karena energi yang tersedia lebih banyak dan hal ini menyebabkan terputusnya ikatan dalam senyawa organik sehingga produk cairnya meningkat (Zulkania, 2016).

Analisa Komposisi Bio-oil

Pirolisis adalah pemrosesan (pada suhu rendah, 300-350oC) untuk mendapatkan bio-oil dan untuk menentukan komponen bio-oil. Karakterisasi bio-oil memiliki densitas 1,031 g/cm3 dan viskositas 1,189 cP dan pH 6.

Analisa komposisi Bio-oil menggunakan GC MS dibaca data sebagaimana disajikan pada Tabel 3.

Kromatogram analisis GC-MS ditunjukkan pada Gambar 4:



Gambar 4. Analisa Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC/MS) Komposisi Bio-oil

Table 3. Hasil Analisa Komposisi Bio-oil

No	Tentative Assignment	Persen Area (%)	Composit ion of Mixture (%)
1.	Phenol	0,63	12,30
2.	Phenol, 3-methyl-	0,53	10,38
3.	Phenol, 3-methyl-	0,77	14,99
4.	Phenol, 2,5-dimethyl-	0,37	7,17
5.	Phenol, 2,3-dimethyl-	0,49	9,57
6.	Phenol, 4-ethyl-, 2-methoxy-	0,12	2,33
7.	Cyclotridecane	0,19	3,66
8.	Indole	0,26	5,19
9.	Benzocycloheptatriene	0,17	3,39
10.	Phenol, 2,6-dimethoxy-	0,23	4,51
11.	Bromoacetic acid, pentadecyl ester	0,17	3,40
12.	Glycine, N-butoxycarbonyl-, pentyl ester	0,15	3,01
13.	Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)-	0,26	5,08
14.	Pentadecane	0,21	4,07
15.	5-tert-Butylpyrogallol	0,16	3,07
16.	Tetradecanoic acid	0,26	5,16
17.	Hexadecanoic acid, methyl ester	0,14	2,71

Untuk dapat menganalisa komposisi dari kandungan bio-oil yang dihasilkan digunakan Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC/MS) (Gambar 4). Pada Tabel 3 ditunjukkan dengan jelas bahwa kandungan terbanyak adalah senyawa fenol dan turunannya. Adapun senyawa-senyawa turunan fenol tersebut terdeteksi sebagai, antara lain; (3-metil-fenol, 2,5-dimetil-fenol, 2,3-dimetil-fenol, 4-etil-2-metoksi-fenol, 2,6-dimetoksi-fenol, dan 2-metoksi-4-(1-propenil)-fenol) dengan total senyawa fenolik 66.34%.

4. KESIMPULAN

Proses pirolisis lambat biomassa kulit durian berhasil dilakukan dalam reaktor fixed-bed dengan ukuran diameter 12 cm dan tinggi 25 cm, selama 30 menit, dengan variasi temperatur 250, 300, 350, dan 400°C dan dua variasi ukuran partikel biomassa (10 Mesh dan 20 Mesh). Rendemen bio-oil terbesar terjadi pada temperatur 400°C untuk partikel biomassa berukuran 10 Mesh sebesar 60%.

Bio-oil dari proses pirolisis lambat limbah kulit durian memiliki densitas 1,031 g / cm³, viskositas 1,189 cP dan pH 6. Kandungan bio-oil terdiri dari fenol dan turunannya dengan komposisi paling banyak 66,34%. Hasil ini menunjukkan bahwa bio-oil dari limbah kulit durian berpotensi digunakan sebagai *green energy* dan *green chemical*.

DAFTAR PUSTAKA

- Basu, P. (2010). Biomass gasification and pyrolysis. *Comprehensive Renewable Energy* (Vol. 5). <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-087872-0.00514-X>
- Diebold, J. P. (1997). A review of the toxicity of biomass pyrolysis liquids formed at low temperature, (April 1997), 1–36.
- Erawati, E., Sediawan, W. B., Budiyati, E., & Wawan Kurniawan. (2014). Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) 2014 Yogyakarta, 15 November 2014 ISSN: 1979-911X. Pengaruh suhu dan perbandingan katalis zeolit terhadap karakteristik produk pirolisis kayu jati (*Tectona Grandist Lf*), (November), 211–216.
- Farag, I. H., LaClaire, C., & Barrett, C. (2004). Technical, environmental and economic feasibility of bio-oil in new hampshire's north country. Durham, NH: University of New Hampshire, 1–95. Retrieved from <http://www.unh.edu/p2/biooil/bounhif.pdf>
- Zulkania, A. (2015). Pengaruh temperatur dan ukuran partikel biomassa terhadap, 328–336.