

# PENGARUH VARIASI HEATING RATE PROSES PIROLISIS TERHADAP KARAKTERISTIK PEMBAKARAN BRIKET CHAR BAMBU

Sigit Mujiarto<sup>(1)</sup> dan Teguh Suprianto<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Banjarmasin

## Ringkasan

*Bambu merupakan salah satu jenis biomassa yang limbahnya termasuk sampah kota atau MSW (municipal solid waste), yang mempunyai energi density rendah. Limbah bambu mempunyai potensi sebagai bahan baku untuk bahan bakar. Untuk menghasilkan energi densitas tinggi digunakan proses pirolisis dan dilanjutkan dengan proses densifikasi atau pembriketan untuk membentuk sebuah briket char (arang) bambu.*

*Dalam penelitian ini, akan dipaparkan pengaruh variasi heating rate (laju pemanasan) proses slow pyrolysis (pirolisis lambat) terhadap karakteristik pembakaran briket char bambu. Heating rate pada sampel 20 gram proses pirolisis divariasikan 5 °C / menit, 10°C / menit dan 20°C / menit, dengan temperatur akhir 400 °C dan holding time 30 menit. Char yang terbentuk kemudian dipadatkan dengan proses densifikasi menjadi briket char bambu yang dilakukan secara hidrolis pada tekanan 250 kg/cm<sup>2</sup> yang diholding selama 5 menit dan dikeringkan pada temperatur 105 °C selama 20 menit. Sampel briket char bambu ± 3 gram ditempatkan dalam tungku dengan laju pemanasan 20 °C/menit sampai tidak terjadi perubahan massa. Analisis thermogravimetri dilakukan untuk mengetahui karakteristik pembakaran briket char bambu.*

*Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh heating rate proses slow pyrolysis untuk pembakaran briket char bambu memiliki nilai kalor yang minimum pada Heating rate 20°C/menit. Harga karakteristik pembakaran ITFC (Fixed Carbon Initiation Temperature) menunjukkan keterkaitan dengan heating rate, dimana semakin lambat heating rate maka harga ITFC dan ITVM (Volatile Matter Initiation Temperature) semakin besar. Untuk karakteristik pembakaran yang lain, yaitu, PT (Peak Temperature) dan BT ( Burning Temperature) tidak menunjukkan keterkaitan dengan heating rate. Harga Energi Aktivasi minimum pada Heating rate 5°C/menit.*

**Kata Kunci :** *Bambu, char, briket, heating rate, thermogravimetry*

## 1. PENDAHULUAN

Pohon bambu sangat banyak dijumpai di Indonesia, banyak dimanfaatkan untuk bangunan dan juga untuk hiasan atau tempat buah-buahan. Bambu dapat dikategorikan sebagai salah satu biomassa yang selama ini pengolahan limbah pasca penggunaannya belum dipikirkan dengan baik. Hal ini terlihat bahwa salah satu jenis sampah organik yang belum terolah secara maksimal di tempat pembuangan akhir (TPA) adalah sampah bambu, sehingga perlu dipikirkan mengenai pengolahan pasca penggunaannya.

Proses pirolisis merupakan salah satu alternatif pengolahan bambu yang dipandang cukup prospektif untuk dikembangkan. Beberapa keuntungan proses pirolisis yang menjadikannya sebagai salah satu alternatif pengolahan biomassa yang cukup prospektif antara lain memiliki rasio konversi yang tinggi, produk-produknya memiliki kandungan energi yang tinggi, produk-

produk yang dihasilkan dapat ditingkatkan menjadi bahan dasar keperluan lain.

## 2. METODE PENELITIAN

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah pengumpulan dan penyiapan bahan baku. Bahan baku yang dikumpulkan adalah sampah bambu. Sampel kemudian dikeringkan sehingga memiliki kadar air maksimal 10 % dan dihaluskan hingga lolos ukuran 20 mesh. Selanjutnya bahan baku diuji secara *proximate* dan uji nilai kalor, pengujian meliputi nilai kalor (*heating value*) sesuai standar ASTM 2015, kadar air dengan standar pengujian ASTM D-3173, kadar abu sesuai dengan standar pengujian ASTM D-3174, kandungan *volatile matter* dengan standar ASTM D-3175 dan kadar *fixed carbon* sesuai dengan standar pengujian ASTM D-3172.

Tahap selanjutnya adalah proses pirolisis sampel penelitian dengan berat sampel ± 20 gram. Proses pirolisis yang dilakukan adalah

proses *slow pyrolysis* dengan kenaikan temperatur pirolisis / *heating rate* sebesar 5 °C/menit, 10 °C/menit dan 20 °C/menit dengan temperatur akhir proses *slow pyrolysis* 400 °C serta lama proses penghendelan/*holding time* 30 menit. Setelah menjalani proses pirolisis, maka dilakukan uji *proximate* dan uji nilai kalor terhadap hasil proses *slow pyrolysis* untuk mengetahui sifat-sifat *char* yang dihasilkan. Selanjutnya dilakukan pembuatan briket *char* bambu yang dilakukan secara hidrolis dengan tekanan kerja 250 kg/cm<sup>2</sup> yang diholding selama 5 menit dan dikeringkan pada temperatur 105 °C selama 20 menit.

Uji karakteristik pembakaran briket *char* bambu dilakukan dengan menggunakan metode thermogravimetri, untuk mengetahui karakteristik bahan bakar yang diuji meliputi temperatur pembakaran dimana massa briket akan mulai berkurang (*volatile matter initiation temperature* {ITVM}), temperatur ruang bakar dimana laju pengurangan massa meningkat selama proses awal pembakaran (*fixed carbon initiation temperature* {ITFC}), temperatur ruang bakar yang menghasilkan laju penurunan massa briket terbesar (*peak temperature*{PT}) dan temperatur ruang bakar dimana massa briket konstan pada akhir tahap pembakaran (*burning temperature* {BT}). Metode ini dilakukan dengan cara menaikkan temperatur ruang bakar dari temperatur kamar secara bertahap dengan besar kenaikan temperatur konstan tiap waktu sebesar 20 °C / menit sampai sampel bahan bakar terbakar habis, pada kondisi aliran udara 0,1m/detik.

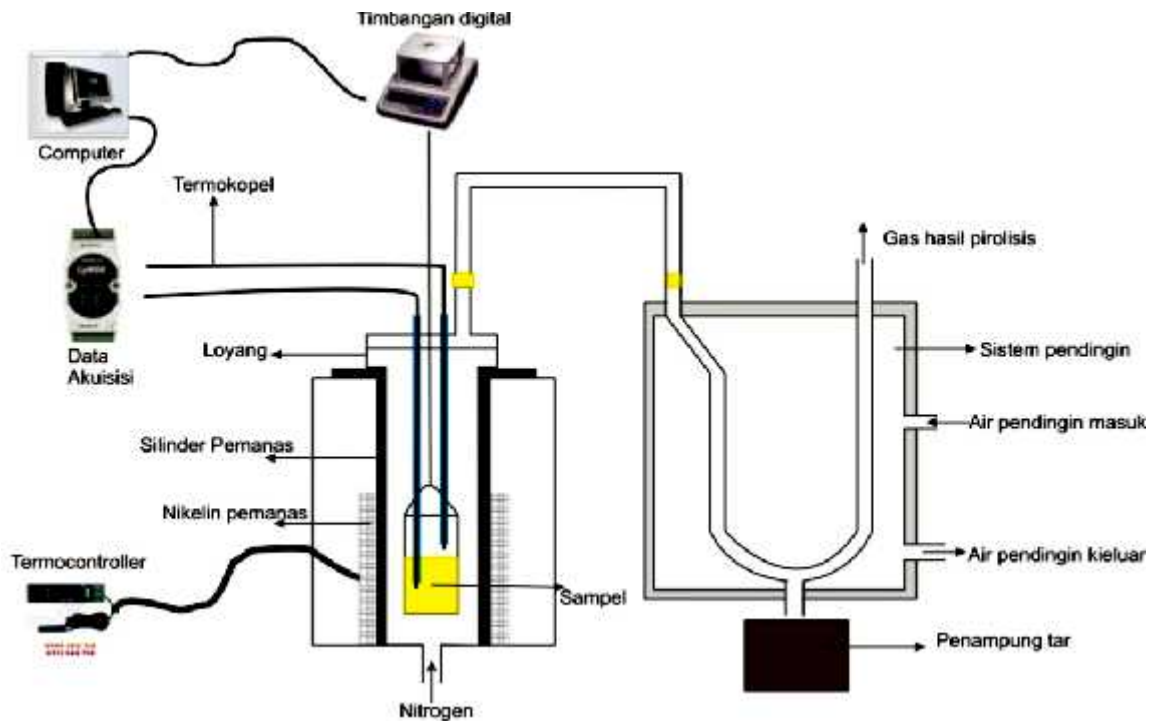
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Analisa Proximate dan Nilai Kalor

Dalam tabel I, disajikan hasil uji proximate dan nilai kalor dari bahan baku (bambu tanpa perlakuan pirolisis) dan *char* hasil pirolisis bambu dengan variasi *heating rate* yang dilakukan. Dari tabel tersebut, tampak bahwa proses pirolisis menyebabkan turunnya kadar air dan kadar *volatile matter* yang diikuti oleh naiknya kadar abu. Proses pirolisis juga mengakibatkan naiknya nilai kalor *char* yang dihasilkan kecuali pada *heating rate* 10 °C /menit. Sementara itu semakin kecil kenaikan temperatur pirolisis memberikan kenaikan nilai kalor *char* kecuali pada *heating rate* 10 °C /menit, hal ini diduga karena pada *heating rate* 10 °C /menit ada *char* yang terbakar pada proses pirolisis tersebut paling banyak yang mengakibatkan turunnya nilai kalor.

Tabel I. Hasil Uji Proximate dan Nilai Kalor

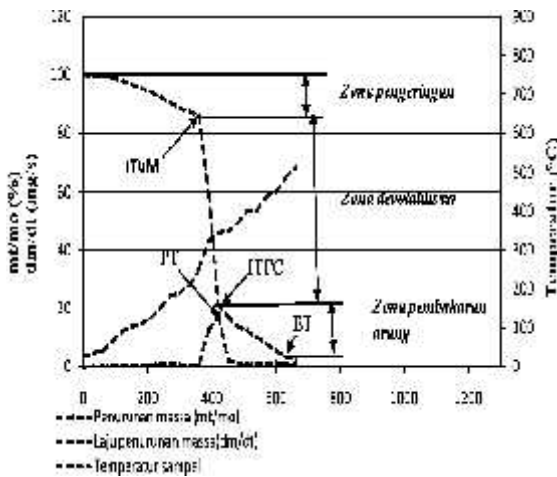
Sampel	Uji Proximate			Nilai kalor (kal/gram)
	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Volatile Matter (%)	
Char bambu heating rate pirolisis 5 °C /menit	6,35	8,89	72,98	6.453,04
Char bambu heating rate pirolisis 10 °C /menit	5,66	8,95	75,98	6.215,405
Char bambu heating rate pirolisis 20 °C /menit	5,83	10,31	80,15	6.409,795



Gambar 1. Skematik Peralatan Penelitian

**Analisa Thermogravimetry Bambu**

Pada gambar 2, disajikan grafik hasil analisa thermogravimetri dari briket bambu. Dalam gambar tersebut, tampak pembagian zona pembakaran atas zona *drying*, devolatilisasi dan pembakaran *char*. Sesuai dengan teori pembakaran bahan bakar padat bahwa pembakaran biomassa dibagi menjadi 3 tahap secara berurutan (Borman dan Ragland, 1998). Tahap yang pertama adalah pengeringan yang ditandai dengan penurunan massa yang berjalan secara lambat. Tahap kedua adalah devolatilisasi yang ditandai dengan penurunan massa yang mulai meningkat. Tahap ketiga adalah pembakaran arang yang ditandai dengan penurunan massa yang sangat cepat. Pada pembakaran briket bahan baku bambu mentah laju penurunan massa maksimum sebesar 1,063 gram/menit tercapai pada temperatur 343,9 °C (PT), sementara ITVM terjadi pada temperatur 183,1 °C, ITFC pada temperatur 347,8 °C dan BT pada 513,9 °C. Sesuai dengan uraian tersebut untuk briket bambu mentah, temperatur yang dibutuhkan untuk mulai terjadi pengurangan massa atau devolatilisasi adalah sebesar 183,1 °C. Pada temperatur 347,8 °C merupakan awal proses pembakaran dengan ditandai laju penurunan massa yang semakin meningkat. Proses pembakaran terus meningkat ditandai dengan temperatur yang naik secara signifikan, hal itu disebabkan karena api telah menyala disekitar permukaan briket yang mulai terbentuk pada temperatur 370,2 °C.

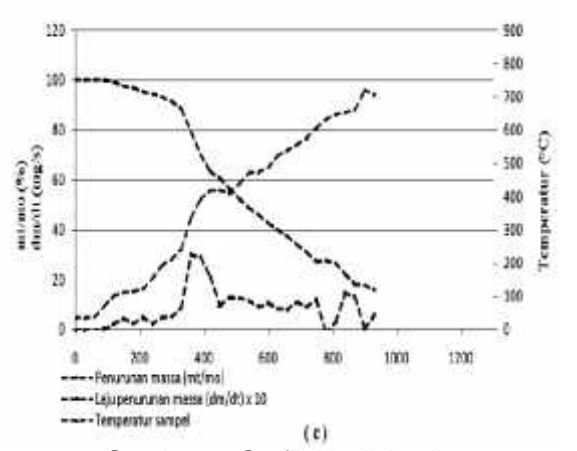
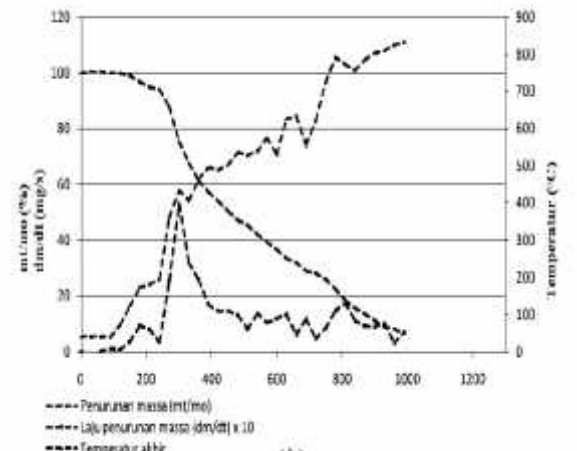
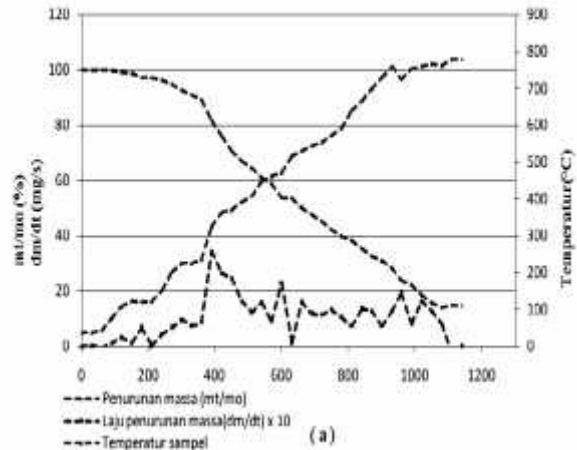


Gambar 2, Grafik Hasil Analisa Thermogravimetry Briket Bambu

**Analisa Thermogravimetry Briket Char Bambu**

Pada gambar 3, disajikan grafik hasil analisa thermogravimetri dari briket *char* bambu. Dalam gambar tersebut, pembagian zona pembakaran atas zona *drying*, devolatilisasi dan pembakaran *char* tidak begitu jelas dibandingkan dengan pembakaran briket bambu, terutama

zona *drying* dan devolatilisasi. Awal zona pembakaran *char* tidak begitu jelas, meskipun terdapat lonjakan laju pembakaran briket. Untuk temperatur pembakaran briket *char* tampak bahwa relatif steady bila dibandingkan dengan pembakaran briket bambu, hal ini dimungkinkan karena abu hasil pembakaran tidak begitu banyak dibandingkan briket bambu, dimana abu menyebabkan perpindahan oksigen kedalam dan keluar briket menjadi terhambat.



Gambar 3, Grafik Hasil Analisa Thermogravimetry Briket CharBambu (a) HR 5 (b) HR 10 (c) HR 20

Tabel 2, Perbandingan ITVM, ITFC, PT dan BT Pada Analisa Themogravimetry Briket Char Bambu Akibat Variasi Heating Rate Pirolisis

	Briket Bambu Tanpa Perlakuan	Briket Char dengan Heating Rate Pirolisis 5 °C/menit	Briket Char dengan Heating Rate Pirolisis 10 °C/menit	Briket Char dengan Heating Rate Pirolisis 20 °C/menit
ITVM (°C)	183,1	235,4	195,6	194,2
ITFC (°C)	347,8	392	406	420,4
PT (°C)	343,9	325,7	433,6	338,8
BT (°C)	513,9	765	835	705

Pengaruh *heating rate* proses pirolisis terhadap harga ITVM, ITFC, PT dan BT pada analisa thermogravimetry briket char bambu disajikan dalam tabel 2. Dari tabel 2, dapat dilihat bahwa variasi *heating rate* selama proses pirolisis memberikan pengaruh yang cukup signifikan pada hasil analisa thermogravimetry briket char bambu yang dihasilkan, dimana kenaikan *heating rate* akan memberikan pengaruh pada semakin rendahnya harga ITVM dan semakin tinggi harga ITFC.

Untuk harga PT dan BT bersifat optimum pada *Heating Rate* Pirolisis 10 °C/menit. Dengan semakin rendahnya ITVM akan mengakibatkan semakin mudahnya briket tersebut terbakar.

#### Perbandingan Energi Aktivasi Briket Char Hasil Pirolisis

Perhitungan energi aktivasi proses pembakaran briket bambu dan briket char bambu yang diteliti didasarkan dengan menggunakan rumus perhitungan kinetika reaksi berorde satu atau yang biasa disebut global kinetic, disajikan dalam tabel 3.

Tabel 3, Perbandingan Harga Energi Aktivasi (E<sub>a</sub>)

No	Variabel	E <sub>a</sub> (kal/mol)
1	Briket Bambu Tanpa Pirolisis	16.750
2	Briket CharBambu dengan heating rate pirolisis 5 °C /menit	22.915
3	Briket CharBambu dengan heating rate pirolisis 10 °C /menit	23.131
4	Briket CharBambu dengan heating rate pirolisis 20 °C/menit	27.213

Semakin rendah energi aktivasi ( E<sub>a</sub>) briket, maka semakin mudah pula briket tersebut bereaksi (terbakar).

#### 4. PENUTUP

##### Kesimpulan

Dari hasil pengambilan dan pengolahan data dapat disimpulkan bahwa proses pirolisis akan menaikkan nilai kalor dari char yang dihasilkan. Dengan semakin besarnya *heating rate*, akan memberikan pengaruh pada semakin ren-

dahnya harga ITVM akan mengakibatkan semakin mudahnya briket tersebut terbakar. Pengaruh semakin besarnya *heating rate* terhadap analisa thermogravimetri pembakaran briket char bambu juga mengakibatkan semakin tingginya energi aktivasi, dimana briket char yang dihasilkan dengan *heating rate* 20 °C /menit memiliki energi aktivasi pembakaran tertinggi bila dibandingkan dengan briket char yang lain.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

1. ASTM Committee on Standards, 1990, *Standard Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal*, D 1762-84.
2. Borman, G.L., Kenneth W. Ragland., 1998, *Combustion Engineering*, Mc Graw-Hill, New York.
3. Di Blasi, C. ,2008, *Modeling Chemical and Physical Processes of Wood and Biomass Pyrolysis*, Progress in Energy and Combustion Science 34 , pp. 47-99
4. Grammelis, P., Basinas, P., Malliopoulou, A., Sakellariopoulos, G., 2009, *Pyrolysis Kinetics and Combustion Characteristics of Waste Recovered Fuels*, Fuel 88 (2009),
5. Phan, A.N., Ryu, C., Sharifi, V.N., Swithenbank, J., 2008, *Characterisation of Slow Pyrolysis Products from Segregated Wastes for Energy Production*, J.Anal.Appl.Pyrolysis 81 (2008), pp. 65-71
6. Kalita, P., Mohan, G., Pradeep, K., Mahanta, P. 2009, "Determination and Comparison of Kinetic Parameter of Low Density Biomass Fuels", *Journals of Renewable and Sustainable Energy* 1, 2009, 023109
7. Rhen, C., Othman, M., Gref, R., Wasterlund, I., 2007, *Effect of Raw Material Composition in Woody Biomass Pellets on Combustion Characteristics*, Biomass and Bioenergy 31 (2007) pp. 66-72
8. Swithenbank, J., Sharifi, V.N., Ryu, C., 2005, *Waste Pyrolysis and Generation of Storable Fuel*, SUWIC Department of Chemical and Process Engineering, The University of Sheffield