

## OPTIMASI KONDISI PIROLISIS SAMPAH BAMBU GUNA MENDAPATKAN ENERGI TERBESAR

D A. Himawanto

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

---

### Abstract

The aim of this experiment was to evaluate optimum condition of process pyrolysis bamboo biomass to reach the highest energy. The early activities was to collect bamboo biomass and to dried until the maximum water content around 10%, and to crash under 20 mesh. Raw material to evaluate by proximate and heating value as standart as ASTM 2015. Standart evaluation for water content used ASTM D-3173, ash value by ASTM D-3174, volatile content by ASTM D-31175 and fixed carbon content by ASTM D-3172. Pyrolysis process by used raw material about 20 g, and increased temperatures with heating rate 10°C/second until reach final temperature 300°C, 400°C and 500°C with variation holding time 15, 30 and 45 minute. Result of the research showed that variation holding time and final temperature give the minimum energy and is due probably cracking on char.

*Key words: bamboo biomass, pyrolysis, energy yield, final temperature*

---

### Pendahuluan

Bambu sebagai salah satu tanaman tropis, merupakan salah satu jenis biomassa yang banyak dijumpai di Indonesia. Dalam aplikasinya, bambu digunakan memiliki banyak kegunaan, mulai dari material interior dan eksterior bangunan, bahan bangunan tradisional, bahan *handycraft*, pembungkus makanan tradisional, hingga bahan penunjang pekerjaan konstruksi. Pasca penggunaannya, bambu dan biomassa lainnya akan menjadi limbah/sampah dan tidak mempunyai lagi nilai ekonomis, setidaknya hal tersebut dijumpai di Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPAS). Hal tersebut menjadi satu permasalahan dalam pengelolaan TPAS, karena limbah/sampah organik tersebut akan menumpuk dan tidak terolah. Melihat permasalahan di atas, cukup mendesak kiranya untuk memikirkan alternatif pengolahan sampah biomassa, termasuk sampah bambu didalamnya, menjadi produk yang mempunyai nilai ekonomis.

Proses pengolahan sampah biomassa melalui teknologi pirolisis merupakan salah

satu alternatif pengolahan sampah biomassa yang dipandang cukup prospektif untuk dikembangkan. Beberapa keuntungan proses pirolisis 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 (Kalita *et al.*, 2009). Proses pirolisis didefinisikan sebagai degradasi termal dari material padat (biomassa) pada kondisi udara/oksigen terbatas dan dari proses ini dihasilkan gas, *tar* dan *char* (Di Blasi, 2008).

Pada proses pirolisis, perbandingan persentase ketiga produk tersebut *char* (berwujud padatan), *tar* (berwujud cairan) dan gas sangat tergantung pada beberapa kondisi operasi, di antaranya adalah temperatur akhir proses pirolisis dan lama penahanan temperatur akhir (*holding time*).

Dalam penelitian ini dievaluasi mengenai pengaruh temperatur akhir proses pirolisis dan lama penahanan temperatur akhir pirolisis bambu terhadap *energy yield char* yang dihasilkan.

## Metode Penelitian

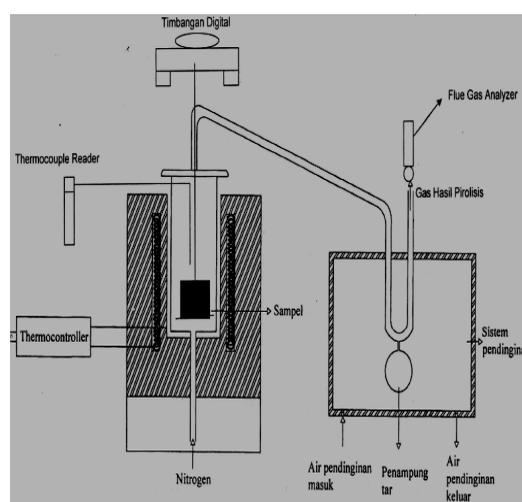
### Bahan penelitian

Bahan penelitian dalam penelitian ini adalah sampah bambu. Pemilihan bahan baku penelitian didasarkan pada bambu merupakan jenis biomassa yang banyak dijumpai di Indonesia namun pengolahan limbah/sampah bambu belum terolah secara maksimal.

### Cara pengambilan data

Penelitian diawali dengan pengumpulan dan penyiapan bahan baku. Bahan baku kemudian dikeringkan sampai memiliki kadar air maksimal 10% lalu ditumbuk dan dihaluskan hingga lolos ukuran 20 *mesb*. Bahan baku diuji secara *proximate* dan uji nilai kalor. Pengujian meliputi nilai kalor (*heating value*) yang sesuai standar ASTM 2015, kadar air dengan standar pengujian ASTM D-3173, kadar abu sesuai dengan standar pengujian ASTM D-3174, kandungan *volatile matter* memakai standar ASTM D-3175 dan kadar *fixed carbon* sesuai dengan standar pengujian ASTM D-3172. Proses pirolisis bahan baku dilakukan dengan menempatkan sampel seberat 20 g dalam sebuah tungku kemudian menaikkan temperatur tungku dengan laju kenaikan temperatur pemanasan sebesar 10°C/menit sampai mencapai temperatur akhir (*final temperature*). Sampel yang diinginkan dan temperatur tersebut dipertahankan selama jangka waktu (*holding time*) tertentu untuk menjamin terjadinya proses pirolisis maka dialirkan nitrogen sebesar 100 ml/menit ke dalam reaktor.

Variasi suhu akhir yang digunakan adalah 300°C, 400°C, 500°C, dan variasi *holding time* yang digunakan adalah 15 menit, 30 menit dan 45 menit. *Char* yang didapatkan ditimbang dan diuji nilai kalornya guna penentuan *energy yield* proses pirolisis. Skematik peralatan pirolisis disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Skematik peralatan pirolisis

## Hasil dan Pembahasan

Dalam Tabel 1 tersebut terlihat bahwa, sifat yang didapatkan dari hasil penelitian mendekati hasil penelitian yang dilakukan oleh Ganesh (2003) dan Kalita *et al.* (2009). Ganesh (2003) menjelaskan bahwa sifat *proximate* dan nilai kalor bambu berbeda untuk tiap bagian bambu, bambu dibagi menjadi tiga bagian yaitu atas, tengah dan bawah.

Tabel 1. Hasil uji proximate dan nilai kalor bahan baku penelitian

Sampel	Kadar Air (%)	Volatile Matter (%)	Fixed Carbon (%)	Nilai Kalor (kal/g)	Kadar Abu (%)
Sampah bambu	7,32	80,38	4,30	4.001,57	8,01

Mengacu dari hasil penelitian Ganesh (2003) tersebut, limbah bambu yang digunakan sebagai sampel dalam penelitian ini berasal dari bagian atas bambu dengan

nilai kalor 16,2 MJ/kg (3.871,8 kal/g). Sementara Kalita *et al.* (2009) menyatakan bahwa serbuk bambu memiliki nilai kalor 3.524 kal/g. Besarnya nilai kalor tersebut,

didukung oleh hasil penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa komponen biomassa *xylan* (salah satu jenis hemicellulose) memiliki nilai kalor terbesar sebesar 30,4 MJ/kg, disusul *lignin* 24,1 MJ/kg dan *cellulose* 11,7 MJ/kg. Sementara dari hasil penelitian yang lain menyatakan *heating value* untuk *cellulose* sebesar 14,98

MJ/kg dan *xylan* tidak terdeteksi. Mwaikambo (2006) menyatakan bahwa untuk bambu memiliki komposisi 26-43% *cellulose*, 15-26% *hemicellulose* dan 21-31% *lignin*. Sedangkan Yao *et al.* (2008) menyatakan bahwa komposisi bambu terdiri dari 42,3- 49,1% *cellulose*, 24,1-27,7% *hemicellulose* serta 23,8-26,1% *lignin*.

Tabel 2. Hasil uji kalor *char bamboo* dan *energy yield* proses pirolisis bambu

Kondisi penelitian	Nilai kalor (kal/g)	Char yang dihasilkan (%)	Energy Yield (%)
FT 300	6.919,41	32,1	55,5
FT 400	6.215,41	27,7	43,0
FT 500	7.066,84	27,4	48,3
HT 15	6.687,83	28,0	46,7
HT 30	6.215,41	27,7	43,0
HT 45	6.886,84	27,4	47,2

Sementara, dalam Tabel 2 disajikan hasil uji nilai kalor dari *char* yang dihasilkan dalam penelitian dan perhitungan randemen proses pirolisis yang dinyatakan dalam *energy yield*. randemen akhir proses pirolisis dengan menggunakan parameter *energy yield* yaitu banyaknya energi yang dapat diselamatkan (*energy yield*) selama proses pirolisis (Swithenbank *et al.* (2005), yang dirumuskan sebagai hasil perkalian antara perbandingan massa *char* yang dihasilkan dan massa sampel awal dengan perbandingan nilai kalor *char* dan nilai kalor bahan baku tidak terpirolisis. Nilai bahan baku campuran tidak terpirolisis diasumsikan sama dengan penjumlahan nilai kalor penyusunannya sesuai dengan persentase perbandingan beratnya. Dalam Tabel 2 tersebut, tampak bahwa suhu akhir pirolisis 400°C dan *holding time* 30 menit menghasilkan nilai kalor yang lebih rendah dibandingkan kondisi penelitian yang lain. Dari hasil tersebut diduga bahwa kenaikan temperatur akhir pirolisis dan kenaikan *holding time* pirolisis memberikan dampak pada turunnya nilai kalor *char* yang dihasilkan, namun pada kondisi suhu akhir pirolisis 500°C dan *holding time* 45 menit terjadi fenomena *secondary cracking*. Hal

tersebut, diperkuat oleh hasil penelitian Di Blasi (2008), yang menyatakan bahwa *secondary reaction* yang menyebabkan *cracking tar* akan terjadi bila suhu gas diatas 773 K (500°C). Fenomena *secondary cracking* merupakan sebuah proses yang terjadi pada pori-pori partikel dan juga pada permukaan bahan yang terpirolisis. Proses ini dapat menyebabkan *tar* dan gas yang dihasilkan pada proses pirolisis mengalami reaksi menjadi *char* sehingga mempengaruhi karakteristik *char* yang dihasilkan. Dalam Tabel 2 tersebut juga terlihat bahwa perbandingan massa *char* yang dihasilkan terhadap massa bahan baku cenderung menurun seiring dengan kenaikan temperatur akhir pirolisis, waktu penahanan (*holding time*) dan *heating rate*.

### Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu pirolisis 400°C dan waktu penahanan 30 menit, memberikan nilai kalor dan *energy yield* terendah bila dibandingkan variabel sejenis lainnya, dimana suhu akhir yang lebih rendah dan lebih tinggi serta waktu penahanan pirolisis yang lebih singkat dan lebih lama memberikan nilai kalor dan

*energy yield* yang lebih besar. Hal tersebut diduga karena adanya fenomena *secondary cracking* pada *char* yang mempengaruhi nilai kalor dan massa *char* yang terbentuk.

### Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini merupakan sebagian dari hasil penelitian Hibah Bersaing Tahun Anggaran 2009–2010 serta Hibah Disertasi Doktor Tahun Anggaran 2010 yang didanai oleh DP2M Ditjen DIKTI Kementerian Pendidikan Nasional Republik Indonesia. Dalam kesempatan ini, tim peneliti ingin mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA., Prof. Dr. Ing. Ir. Harwin Saptoadi, MSE dan Dr. Eng. Tri Agung Rohmat, B.Eng.,M.Eng. dari Jurusan Teknik Mesin dan Industri FT UGM dan kepada semua asisten penelitian yang terlibat dalam kegiatan penelitian ini.

### Daftar Pustaka

- Di Blasi, C. 2008. Modeling Chemical and Physical Processes of Wood and Biomass Pyrolysis, *Progress in Energy and Combustion Science* 34 , 47-99
- Ganesh, A. 2003. Bamboo Charactrization For Thermochemical Conversion and Feasibility Study of Bamboo Based Gasification and Charcoal Making, Report to Energy System Engineering of Indian Institute of Technology Mumbai.
- Kalita, P., Mohan, G., Pradeep, K. and Mahanta, P. 2009. Determination and Comparasion of Kinetic Parameter of Low Density Biomass Fuels, *Journals of Renewable and Sustainable Energy* 1.
- Mwaikambo, L. Y. 2006. Review of The History, Properties and Application of Plant Fibers, *African Journal of Science and Technology (AJST) Science and Engineering Series* Vol. 7, No. 2, pp. 120 - 133
- 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.
- Yao, F., Wu, Q., Lei, Y., Guo, W. and Xu, Y. 2008. Thermal decomposition kinetics of natural fibers: Activation energy with dynamic thermogravimetric analysis, *Polymer Degradation and Stability* 93 (2008) 90e98