

## PENGARUH HEATING RATE PADA PROSES SLOW PYROLYSIS SAMPAH BAMBUN DAN SAMPAH DAUN PISANG

**Dwi Aries Himawanto<sup>1)</sup>, Indarto<sup>2)</sup>, Harwin Saptoadi<sup>2)</sup>, Tri Agung Rohmat<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami no. 36A Surakarta

Mahasiswa Program S-3 Pada Jurusan Teknik Mesin dan Industri

Universitas Gadjah Mada

e-mail : dwi\_ah@uns.ac.id

<sup>2)</sup> Jurusan Teknik Mesin dan Industri

Universitas Gadjah Mada

Jl. Grafika no.2 Yogyakarta

### Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh heating rate pada proses slow pyrolysis sampah daun pisang dan sampah bambu terhadap char yang dihasilkan.

Penelitian diawali dengan pengumpulan dan penyiapan bahan baku. Bahan baku yang dikumpulkan adalah sampah bambu dan sampah daun pisang, bahan baku tersebut 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 slow pyrolysis yang dilakukan dalam sebuah fixed bed pyrolyser dengan temperatur akhir yang digunakan 400 °C dan ditahan selama 30 menit. Untuk swept gas digunakan nitrogen dengan laju aliran sebesar 100 ml/menit. Adapun variasi heating rate yang digunakan dalam penelitian ini adalah 5 °C/menit, 10 °C/menit dan 20 °C/menit.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa seiring dengan kenaikan heating rate pada pirolisis lambat bambu memberikan massa char yang cenderung semakin sedikit, sedangkan pada pirolisis didapatkan bahwa heating rate 10 °C/menit memberikan massa char yang paling sedikit, hal ini diduga karena adanya fenomena depolimerisasi selama proses pirolisis. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa waktu penahanan (holding time) memberikan efek penyempurnaan pirolisis.

**Kata kunci:** slow pyrolysis, bambu, daun pisang, char, heating rate.

### 1. Pendahuluan

Sampah merupakan bahan yang terbuang dari hasil aktivitas manusia maupun proses alam yang tidak memiliki nilai ekonomi lagi, bahkan dapat menimbulkan dampak yang negatif. Selama ini sampah kota menjadi salah satu masalah lingkungan yang memerlukan penanganan yang sangat serius. Masalah yang sering muncul dalam penanganan sampah kota yang terus bertambah jumlahnya adalah biaya operasional yang tinggi dan semakin sulitnya ruang untuk pembuangan, sehingga dalam penanganan sampah kota sering menimbulkan dampak yang buruk terhadap lingkungan.

Selama ini penanganan sampah kota di negara-negara berkembang seperti Indonesia hanya menimbun dan membakar langsung sampah di udara terbuka pada TPA (tempat pembuangan akhir). Hal ini juga tidak bisa mengurangi sampah dalam jumlah yang banyak dan akan menimbulkan permasalahan yaitu terproduksinya polutan yang dapat mencemari lingkungan yaitu gas-gas hasil pembakaran seperti CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, dan lain-lain.

Teknologi untuk menangani sampah sebenarnya telah banyak dikembangkan terutama oleh negara-negara maju yaitu diantaranya teknologi *sanitary landfill*, *incineration*, *gasification*, dan *anaerobic digestion*.

Sementara itu, proses pirolisis merupakan salah satu alternatif pengolahan sampah kota 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 serta pengontrolan proses yang lebih mudah bila dibandingkan dengan proses insenerasi. Seperti disebutkan diatas, salah satu keuntungan proses pirolisis adalah produk-produknya memiliki kandungan energi yang tinggi, seperti *char* (berujud padatan), *tar* (berujud cairan) dan gas. Dalam proses pirolisis, perbandingan prosentase ketiga produk tersebut sangat tergantung pada beberapa kondisi operasi, diantaranya adalah besarnya laju pemanasan, temperatur akhir proses pirolisis, lama penghandelan temperatur akhir, tekanan kerja dan ada tidaknya katalis.

Pirolisis didefinisikan sebagai degradasi termal dari bahan bakar padat pada kondisi udara/oksigen terbatas, dimana proses in akan menghasilkan gas, *tar* dan *char* (Di Blasi (2008))

Beberapa penelitian yang dilakukan terkait dengan proses pirolisis MSW antara lain, pirolisis pada 12 kg MSW yang dilakukan pada temperatur 400 °C – 650 °C selama 4 jam menghasilkan 52,2 % *tar*, 25,2 % *char* dan 22,6 % gas (Ojolo dan Bamgboye (2005)). Sementara itu penelitian mengenai proses pirolisis lambat sampah kota terseleksi yang dilakukan pada *packed bed pyrolizer* menunjukkan bahwa sistem pirolisis *packed bed* dapat menaikkan produksi *char* 30 % - 100 % bila dibandingkan dengan pirolisis menggunakan TGA (Yang dkk. (2007)). Sedangkan penelitian mengenai pengolahan *carbonized MSW* sebagai pengganti batubara menunjukkan bahwa nilai kalor dari *char MSW* dapat mencapai setengah dari nilai kalor batubara (Matzusawa dkk. (2007))

Meskipun penelitian mengenai pirolisis sampah kota telah banyak dilakukan, namun penelitian mengenai karakteristik proses slow pirolisis sampah kota yang dihasilkan di Indonesia masih jarang dilakukan.

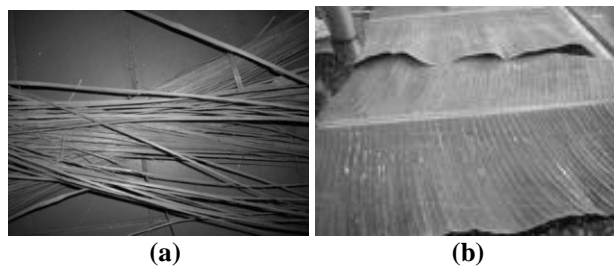
## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Bahan Penelitian

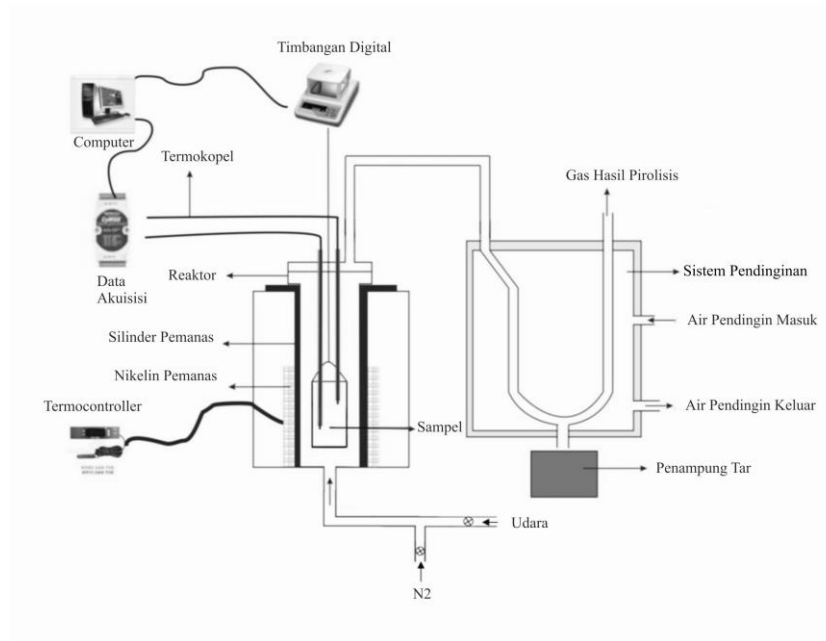
Bahan penelitian dalam penelitian ini adalah sampah bambu, sampah daun pisang, seperti terlihat dalam gambar 1. Pemilihan bahan baku penelitian didasarkan pada jenis sampah yang belum terolah secara maksimal.

### 2.2. Cara Pengambilan Data

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah pengumpulan dan penyiapan bahan baku. Bahan baku yang dikumpulkan adalah sampah bambu, sampah daun pisang. Sampel kemudian dikeringkan sehingga memiliki kadar air maksimal 10 % dan dihaluskan hingga lolos ukuran 20 *mesh*. 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* yang divariasi dengan temperatur akhir proses *slow pyrolysis* 400 °C serta lama proses pirolisis 30 menit. Proses pirolisis dilakukan dalam sebuah *packed bed pyrolyzer* dengan menggunakan nitrogen sebesar 100 ml/menit sebagai *swept gas*, seperti terlihat dalam gambar 2. Sampel yang diteliti dalam penelitian ini adalah 100 % sampah bambu, 100 % sampah daun pisang. Variasi *heating rate* yang digunakan adalah 5 °C /menit, 10 °C /menit dan 20 °C /menit



(a) (b)  
**Gambar 1. Bahan-bahan Penelitian**  
(a) Sampah Bambu (b) Sampah Daun



Gambar 2. Peralatan Penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Analisa Proximate dan Nilai Kalor

Tabel 1.  
Hasil Uji Proximate dan Nilai Kalor Sampah Bambu dan Char yang Dihasilkan

Sampel	Uji Proximate			Nilai kalor (kal/gram)
	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Volatile Matter (%)	
Sampah Bambu	7,13	8,01	80,37	4.001,56
Char dengan heating rate pirolisis 5 <sup>0</sup> C/menit	6,35	8,89	72,38	6.453,04
Char dengan heating rate pirolisis 10 <sup>0</sup> C/menit	5,66	8,55	75,98	6.215,40
Char dengan heating rate pirolisis 20 <sup>0</sup> C/menit	5,83	10,31	80,15	6.409,79

Tabel 2.  
Hasil Uji Proximate dan Nilai Kalor Sampah Daun Pisang dan Char yang Dihasilkan

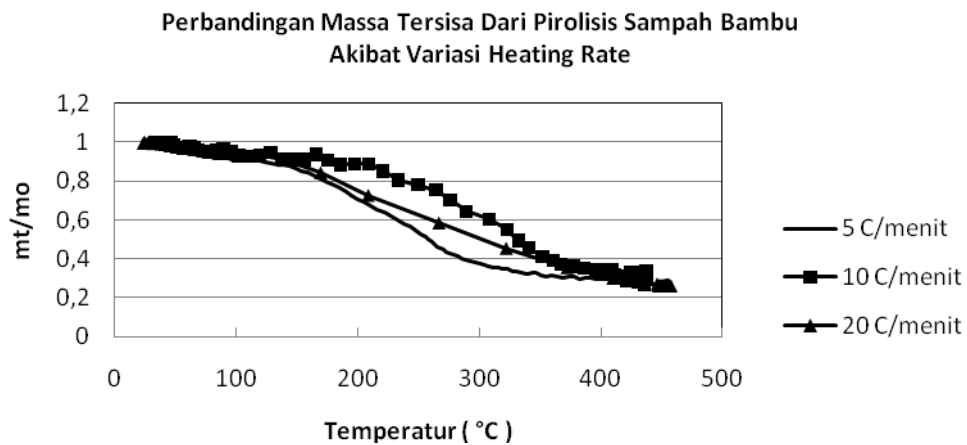
Sampel	Uji Proximate			Nilai kalor (kal/gram)
	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Volatile Matter (%)	
Sampah Daun Pisang	10,15	13,56	73,008	4.189,67
Char dengan heating rate pirolisis 5 <sup>0</sup> C/menit	4,98	26,78	61,71	4.762,04
Char dengan heating rate pirolisis 10 <sup>0</sup> C/menit	6,72	30,31	61,03	3.982,34
Char dengan heating rate pirolisis 20 <sup>0</sup> C/menit	4,53	29,85	61,58	4.334,43

Dalam tabel 1 disajikan hasil uji *proximate* dan nilai kalor dari bahan baku sampah bambu (bambu tanpa perlakuan pirolisis) dan *char* hasil pirolisis bambu dengan variasi *heating rate* yang dilakukan. Dari tabel tersebut , tampak

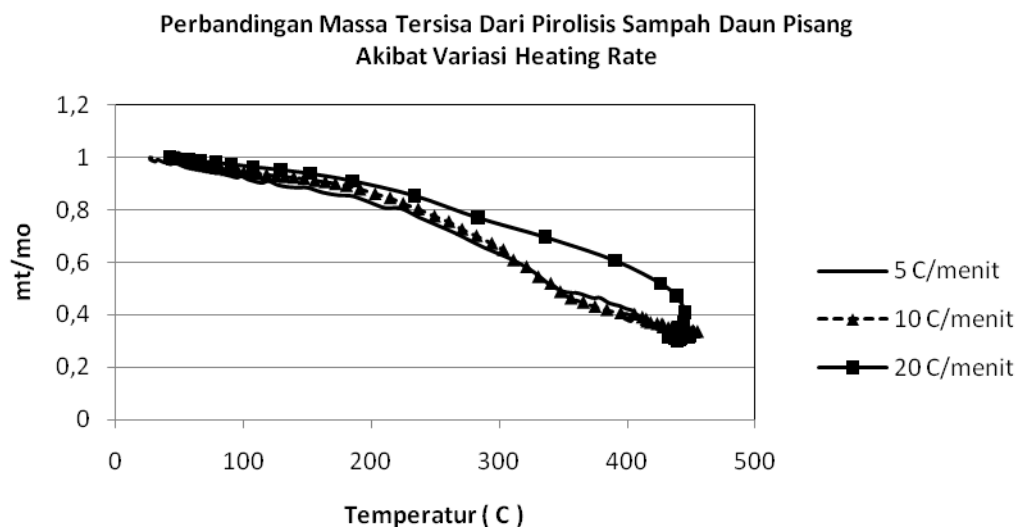
bahwa proses pirolisis menyebabkan turunnya kadar *volatile matter* dan turunnya kadar air yang diikuti oleh naiknya kadar abu, proses pirolisis juga mengakibatkan naiknya nilai kalor dan turunnya kadar *volatile matter char* yang dihasilkan bila dibanding dengan briket bambu . Sementara itu , *char* yang dihasilkan dengan *heating rate* 10 <sup>0</sup>C/menit memberikan kadar air, kadar abu dan nilai kalor yang terendah bila dibandingkan dengan *char* yang dihasilkan dengan *heating rate* lainnya. Hal tersebut diduga dipengaruhi oleh adanya proses *secondary cracking tar* menjadi *char* dan gas (Di Blasi (2008), Yang et al. 2007)) . Kecenderungan yang sama juga dijumpai untuk sampah daun pisang sebagaimana terlihat dalam tabel 1.

Dalam gambar 3 disajikan gambar perbandingan massa tersisa pada pirolisis sampah bambu dan dalam gambar 4 ditampilkan perbandingan massa tersisa pada pirolisis sampah daun pisang. Proses *secondary cracking* diduga terjadi pada pada *heating rate* 5 <sup>0</sup>C/menit, meski hal tersebut tidak tampak jelas dalam gambar 3 dan gambar 4, namun hal tersebut diduga karena proses pirolisis dilakukan pada sampel yang cukup banyak sehingga mempermudah proses *secondary cracking* dari tar menjadi *char*. (Yang et al. (2007).

Proses *holding time* memberikan pengaruh pada penyempurnaan proses pirolisis, hal tersebut tampak jelas pada pirolisis sampah daun (gambar 4), dimana sebelum temperatur akhir tercapai, massa tersisa sampah daun pisang terpirolisis dengan *heating rate* 20 <sup>0</sup>C/menit, masih berada diatas massa tersisa proses yang lain, namun setelah memasuki masa *holding time*, diduga pirolisis berjalan lebih cepat sehingga massa akhir yang terjadi hampir sama dengan proses yang lain. Hal tersebut diduga membawa pengaruh terhadap hasil uji *proximate* dan nilai kalor dari *char* yang dihasilkan .



Gambar 3. Perbandingan Massa Tersisa Pada Pirolisis Sampah Bambu Akibat Variasi Heating Rate



Gambar 4. Perbandingan Massa Tersisa Pada Pirolisis Sampah Daun Pisang Akibat Variasi Heating Rate

#### 4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa seiring dengan kenaikan *heating rate* pada pirolisis lambat bambu memberikan massa *char* yang cenderung semakin sedikit, sedangkan pada pirolisis didapatkan bahwa heating rate 10 °C/menit memberikan massa *char* yang paling sedikit, hal ini diduga karena adanya fenomena depolimerisasi selama proses pirolisis. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa waktu penahanan (*holding time*) memberikan efek penyempurnaan pirolisis

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini merupakan sebagian dari hasil penelitian Hibah Bersaing Tahun Anggaran 2009 yang didanai oleh DP2M Ditjen DIKTI Kementerian Pendidikan Nasional Republik Indonesia. Dalam kesempatan ini, tim peneliti ingin mengucapkan terima kasih 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
- Levenspiel, O., 1999, *Chemical Reaction Engineering*, John Willey & Sons, New York
- Matsuzawa, Y., Mae, K., Hasegawa, I., Suzuki, K., Fujiyoshi, H., Ito, M., Ayabe, M., "Characterization of Carbonized Municipal Waste as Substitute for Coal Fuel", *Fuel* 86 ,2007, pp. 264–272
- Ojolo, S.J., Bamgboye, A.I., "Thermochemical Conversion of Municipal Solid Waste to Produce Fuel and Reduce Yang, Y.B., Phan, A.N., Ryu, C., Sharifi, V., Swithenbank, J., 2007, "Mathematical Modelling of Slow Pyrolysis of Segregated Solid Waste in A Packed-Bed Pyrolyser", *Fuel* 86, ,169-180