

Pengaruh Temperatur Pemanasan terhadap Sintesis Karbon Hitam dari Bambu Ori (*Bambusa Arundinacea*) dan Bambu Petung (*Dendrocalamus Asper*)

Evi Inaiyah Puspita dan Hosta Ardhyanta

Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: hostaa@mat-eng.its.ac.id

Abstrak—Bambu merupakan tanaman jenis rumput-rumputan berkayu dengan rongga dan ruas di batangnya. Di dunia ini, bambu merupakan salah satu tanaman dengan pertumbuhan paling cepat. Indonesia masih kekurangan produk karbon hitam sebanyak 90.000 ton per tahun. Bambu dipilih sebagai bahan baku pembuatan karbon hitam karena bahan mudah didapat. Penelitian ini melakukan pembuatan karbon hitam dari bambu ori (*Bambusa arundinacea*) dan bambu petung (*Dendrocalamus asper*). Metode ini menggunakan perlakuan panas dengan tungku pada temperatur 100, 200, 300, 500, dan 800 °C dengan waktu tahan masing-masing 1 jam. Pengujian yang dilakukan adalah FTIR, XRD, TGA, Kalorimetri, konduktivitas listrik, dan SEM. Temperatur pemanasan yang tinggi mengakibatkan terbentuknya karbon hitam. Studi pembuatan karbon hitam dilakukan dengan melapisi bambu dengan aluminium setebal 0,075 mm yang menghasilkan lebih banyak berat sisa. Stabilitas thermal dan nilai kalor tertinggi ditunjukkan oleh karbon hitam bambu ori yang dipanaskan cepat pada temperatur 500 °C. Pada morfologi karbon hitam terdapat pori-pori.

Kata Kunci—bambu ori, bambu petung, karbon hitam, perlakuan pemanasan, variasi temperatur.

I. PENDAHULUAN

KARBON HITAM banyak digunakan untuk bahan dasar pembuat tinta, semir, cat, sedangkan dengan pencampuran bahan polimer telah luas digunakan misalnya dengan polietilena sebagai kabel [1] termoplastik, elastomer [2] dan karbon sebagai bahan pengisi kompon [3]. Karbon hitam yang diperdagangkan diberi kode N-110, N-330, N-660, yang mana N menyatakan normal sedangkan angka-angkanya berhubungan dengan luas permukaan karbon tersebut [4]. Penelitian ini mempelajari penggunaan bambu sebagai bahan dasar pembuat karbon hitam karena bambu di Indonesia sangat mudah didapatkan. Bambu merupakan keluarga dari anggota batang kayu-rumput yang mencakup kira-kira 1250 spesies dengan 75 generasi di dunia terutama karbon dan oksigen (melebihi 90% dari berat), bambu digunakan untuk banyak variasi aplikasi seperti konstruksi dan memperkuat fiber, kertas, tekstil dan papan, makanan dan bahan bakar [5].

Bambu terdistribusi umumnya di daerah tropis. Benua asia memiliki sekitar 1000 spesies dengan luas area 180.000 km² [6]. Bambu mengalami masa pertumbuhan yang cepat selama 4 sampai 6 bulan. Setelah tinggi maksimum tercapai, terjadi pengkayuan ranting (terbentuknya batang bambu) yang berlangsung selama 2 sampai 3 tahun. Batang bambu akan masak setelah berumur 6 sampai 9 tahun [7].

Penelitian-penelitian yang telah dilakukan antara lain telah melakukan pembuatan karbon dengan bahan dasar bambu melalui proses pembakaran dalam suasana vakum. Proses pembakaran dilakukan dengan menggunakan tungku dengan variasi temperatur 400-800 °C selama 45 menit [8].

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan material bambu. Bambu yang digunakan berasal dari jember, jawa timur, Indonesia yaitu bambu ori dan bambu petung. Material tersebut dipanaskan dengan pemanasan cepat menggunakan tungku pada temperatur 100, 200, 300, 500, dan 800 °C. Masing-masing diberi waktu tahan selama 1 jam. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian TGA, FTIR, XRD, SEM, Kalorimetri, dan konduktivitas listrik. Pengujian TGA digunakan untuk mengukur kehilangan bobot dengan maksud untuk memprediksi pengaruh pemanasan terhadap karakteristik arang yang dihasilkan [9]. Alat TGA yang digunakan adalah STAR^o System. Pengujian ini menggunakan standar ASTM E 1131. Pengujian FTIR digunakan untuk menganalisa perubahan gugus fungsi dari suatu sampel [10]. Alat FTIR yang digunakan adalah Nicolet I S10. Pengujian XRD digunakan untuk mengidentifikasi senyawa. Pengujian SEM digunakan untuk menganalisa morfologi dan ukuran partikel sampel [8]. Alat XRD yang digunakan adalah PW 3040/60 X'Pert PRO Instrumen Enclosure, sedangkan alat pengujian SEM yang digunakan yaitu FEI INSPECT S50. Alat-alat pengujian tersebut berada di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS. Pengujian kalorimetri digunakan untuk mengetahui nilai kalor yang dihasilkan pada sampel. Alat yang digunakan berada di Gedung Robotika ITS yaitu Bomb Calorimeter IKA C200. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D 2015. Pengujian Konduktivitas Listrik menggunakan

alat digital multimeter, digunakan untuk menganalisa konduktivitas listrik suatu bahan.

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Efek Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Pembentukan Karbon Hitam Bambu Petung

Pada Tabel 1 di atas menunjukkan bahwa pada bambu petung yang dipanaskan sampai temperatur 100 °C tidak berubah warna (tetap berwarna kekuningan). Pada proses pemanasan ini hanya kadar airnya saja yang menguap sehingga berat sisa yang dihasilkan 58,28 %. Pada temperatur 200 °C bambu berubah warna menjadi kecoklatan secara merata. Perubahan warna menjadi kecoklatan ini dikarenakan kadar air yang terkandung di dalam bambu menguap sehingga pemanasan dapat merata ke seluruh bagian spesimen. Berat sisa yang dihasilkan pada temperatur ini 40,10 %. Pada temperatur 300 °C bambu sudah terbakar dan berat sisa yang dihasilkan hanya tinggal 5,67 %, sehingga yang tertinggal hanya serat berwarna hitam. Bambu terbakar habis pada temperatur 500 dan 800 °C. Laju pemanasan yang cepat menyebabkan spesimen terbakar dan berat sisa yang dihasilkan rendah. Jadi pada temperatur 300 °C karbon hitam dari bambu petung mulai terbentuk yang ditunjukkan oleh Gambar 1.

Efek laju pemanasan terhadap pembentukan karbon hitam bambu petung ditunjukkan oleh Tabel 2. Proses pemanasan dilakukan secara bertahap per 50 °C dilanjutkan dengan diberi waktu tahan selama 1 jam pada masing-masing temperatur. Bambu tetap tidak berubah warna setelah dipanaskan pada temperatur 100 °C selama 8 menit . Hasil tersebut menunjukkan bahwa hanya kadar airnya saja yang menguap, sehingga berat sisa yang dihasilkan cukup banyak yaitu 85,89%. Bambu petung yang dipanaskan pada temperatur 200 °C selama 18 menit berubah warna menjadi kecoklatan secara merata. Berat sisa yang dihasilkan tidak jauh berbeda dengan temperatur 100 °C yaitu 85,39 %. Pemanasan pada temperatur 300 °C selama 30 menit menyebabkan spesimen berubah warna menjadi hitam secara merata. Karbon hitam sudah terbentuk dimana berat sisa yang dihasilkan 42,46%. Bambu terbakar menjadi abu dan terbentuk serat pendek berwarna putih, dihasilkan pada pemanasan temperatur 500 °C selama 56 menit dan menghasilkan berat sisa yang sangat rendah yaitu 5,35%. Temperatur ini merupakan batas pembentukan karbon hitam. Bambu terbakar habis ketika dipanaskan hingga temperatur 800 °C selama 95 menit. Dapat disimpulkan bahwa laju pemanasan yang rendah menyebabkan berat sisa yang dihasilkan semakin besar dan dapat terbentuk karbon hitam.

Tabel 3 menunjukkan efek kulit bambu petung terhadap pembentukan karbon hitam bambu petung dengan pemanasan bertahap sampai temperatur 300 °C. Bambu petung dengan kulit menghasilkan lebih banyak berat sisa dari pada bambu petung tanpa kulit yaitu 52,48 %. Gambar 2 di bawah ini merupakan gambar bambu petung tanpa kulit dan bambu petung dengan kulit yang terbentuk karbon hitam secara homogen.



Gambar.1. Bambu Petung T= 300 °C Mulai Terbentuk Karbon Hitam

Tabel 1.
Efek Laju Pemanasan Terhadap Pembentukan Karbon Hitam Bambu Petung

T (°C)	Waktu (menit)	M _o (Gr)	M ₁ (Gr)	Berat Sisa (%)	Keterangan
100	5	5,01	2,92	58,28	Bambu tidak berubah warna, Tetap berwarna kekuningan. Hanya kadar airnya yang menguap
200	7	5,81	2,33	40,10	Bambu berubah warna menjadi kecoklatan secara merata (homogen)
300	9	5,82	0,33	5,67	Bambu terbakar, sehingga yang tertinggal hanya serat berwarna hitam, Tetapi ada juga bagian yang berbentuk padatan
500	14	5	0	0	Bambu terbakar habis
800	19	5	0	0	Bambu terbakar habis

Tabel 2.
Efek Pemanasan Bertahap Terhadap Pembentukan Karbon Hitam Bambu Petung dengan Kenaikan Setiap 50 °C dan Waktu Tahan 1 Jam

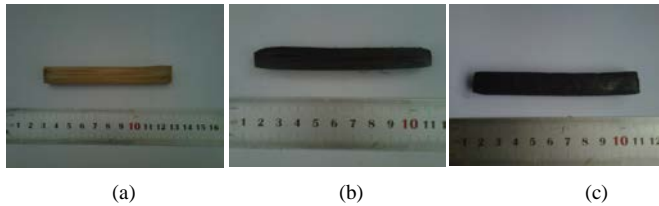
T (°C)	Waktu (menit)	M _o (Gr)	M ₁ (Gr)	Berat Sisa (%)	Keterangan
100	8	5,39	4,63	85,89	Bambu tidak berubah warna, Tetap berwarna kekuningan. Hanya kadar airnya yang menguap
200	18	5,41	4,62	85,39	Bambu berubah warna menjadi kecoklatan secara merata (homogen)
300	30	5,77	2,45	42,46	Bambu berwarna hitam. Terbentuk karbon yang homogen
500	56	5,6	0,3	5,35	Bambu terbakar menjadi abu, dan terbentuk serat pendek berwarna putih
800	95	5	0	0	Bambu terbakar habis

Tabel 3.
Efek Kulit Bambu Petung terhadap Pembentukan Karbon Hitam Bambu Petung dengan Pemanasan sampai Temperatur 300 °C dengan Laju Pemanasan Bertahap (30 °C/ menit)

Material	M _o (Gr)	M ₁ (Gr)	Berat Sisa (%)	Keterangan
Bambu Petung tanpa kulit	5,77	2,45	42,46	Bambu berwarna hitam. Terbentuk karbon yang homogen
Bambu Petung dengan kulit	5,86	3,07	52,38	Bambu berwarna hitam. Terbentuk karbon yang homogen



Gambar.2. (a) Bambu Petung T= 300 °C Tanpa Kulit (b) Bambu Petung T= 300 °C Dengan Kulit



Gambar.3. (a) Bambu Petung Sebelum Pemanasan (b) Bambu Petung Setelah Pemanasan (c) Bambu Petung Setelah Pemanasan Dilapisi Aluminium.

Tabel 4.

Efek Perlakuan Bambu Petung terhadap Pembentukan Karbon Hitam Bambu Petung pada Temperatur 300 °C dan dengan Laju Pemanasan bertahap (30 °C/menit)

Perlakuan	Laju Pemanasan (°C/menit)	M _o (Gr)	M ₁ (Gr)	Berat Sisa (%)	Ket.
Bambu Petung tanpa dilapisi dengan aluminium	300 °C/ 30 menit	5,77	2,45	42,46	Bambu berwarna hitam. Terbentuk karbon yang homogen
Bambu Petung dilapisi dengan aluminium	300 °C/ 9 menit	5	2,13	42,6	Bambu berwarna hitam. Terbentuk karbon yang homogen

Pada Tabel 4 menunjukkan efek perlakuan bambu petung terhadap pembentukan karbon hitam bambu petung pada temperatur 300 °C dan dengan laju pemanasan bertahap yaitu 30 °C/ menit. Perlakuan yang dimaksud adalah bambu petung tanpa dilapisi dengan aluminium dan bambu petung dengan dilapisi aluminium. Bambu petung tersebut dilapisi dengan aluminium sebanyak 5 lapis (0,075 mm). Tujuan perlakuan ini agar tidak terjadi kontak antara bambu dengan udara saat proses pemanasan. Pada bambu petung yang dilapisi aluminium menghasilkan lebih banyak berat sisa dibandingkan dengan bambu petung tanpa dilapisi aluminium yaitu sebanyak 42,6 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan waktu pemanasan yang hanya 9 menit pada temperatur 300 °C dihasilkan lebih banyak berat sisa.

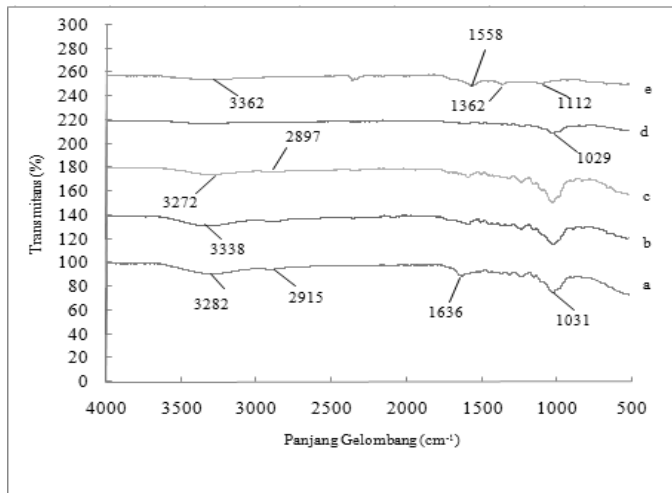
B. Karakteristik Struktur Kimia Karbon

Hasil pengujian temperatur ditunjukkan pada Gambar 4. Pada temperatur 25 °C ikatan kimia yang terbentuk adalah O-H stretch pada daerah serapan 3282 dan 2915 cm⁻¹, yang berupa selulosa. Gugus fungsi bambu yang berupa lignin

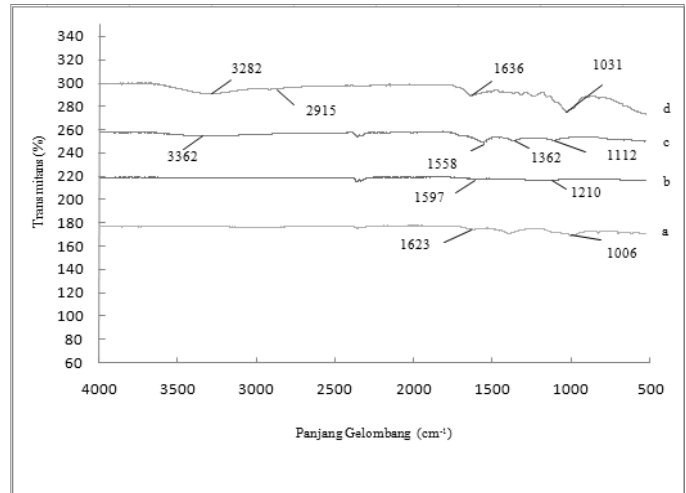
terlihat pada daerah serapan 1636 cm⁻¹ dengan ikatan kimia C=C stretch dan gugus fungsi aromatik serta 1031 cm⁻¹ dengan ikatan kimia C-O-C yang mempunyai gugus fungsi eter. Pada Temperatur 50 dan 100 °C tidak terjadi perubahan ikatan kimia yang drastis. Temperatur 100 °C terdapat O-H stretch alkohol pada daerah serapan 3272 cm⁻¹ dan 2897 cm⁻¹. Pada daerah serapan 1239 cm⁻¹ terdapat ikatan kimia C-H stretch alkane, dan sudah berupa lignin di daerah serapan 1033 cm⁻¹ yang membentuk ikatan C-O-C eter. Pembentukan karbon sendiri apabila ikatan C-H, O-H, C-O dipanaskan, maka rantainya akan putus. Hal ini ditunjukkan pada temperatur 200 °C. Semakin tinggi temperatur pemanasan, maka puncak yang dihasilkan juga semakin kecil. Pada Temperatur 300 °C tersebut sudah tidak terdapat lagi ikatan kimia C-O-C eter. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur, maka kadar lignin dan selulosa pada bambu yang dihasilkan semakin berkurang. Dapat dilihat pada puncak daerah serapan yang dihasilkan bambu petung pada temperatur 300 °C tidak setajam bambu petung hijau. Pemanasan menyebabkan gugus fungsi tertentu terputus dan yang lainnya dapat terbentuk.

Gambar 5 menunjukkan hasil pengujian FTIR bambu petung menurut fungsi laju pemanasan. Pada bambu petung hijau ikatan kimia yang terbentuk adalah O-H stretch pada daerah serapan 3282 dan 2915 cm⁻¹, yang berupa selulosa. Gugus fungsi bambu yang berupa lignin terlihat pada daerah serapan 1636 cm⁻¹ dengan ikatan kimia C=O stretch dan gugus fungsi ketone serta 1031 cm⁻¹ dengan ikatan kimia C-O-C yang mempunyai gugus fungsi eter berupa lignin. Pada bambu petung yang dipanaskan pada temperatur 300 °C secara bertahap (per 50 °C) dengan diberi waktu tahan masing-masing 1 jam, muncul ikatan kimia C=O stretch pada daerah serapan 1558 cm⁻¹ dengan gugus fungsi ketone berupa lignin. Selain itu, juga terbentuk daerah serapan pada 1362 cm⁻¹ yang mempunyai ikatan kimia C-O stretch dengan gugus fungsi alkohol berupa lignin dan selulosa. Pada bambu petung yang dipanaskan pada temperatur 300 °C dengan pemanasan cepat dilapisi aluminium, muncul puncak daerah serapan pada 1210 cm⁻¹ dimana masih berupa ketone dengan ikatan kimia C-O stretch. Kemudian pada bambu petung yang dipanaskan pada temperatur 500 °C dengan pemanasan cepat dilapisi aluminium, muncul gugus fungsi aromatik pada daerah serapan 1006 cm⁻¹. Lignin juga masih terdapat pada temperatur ini karena pada daerah serapan 1623 cm⁻¹ merupakan rantai benzene yang lebih tahan terhadap termal.

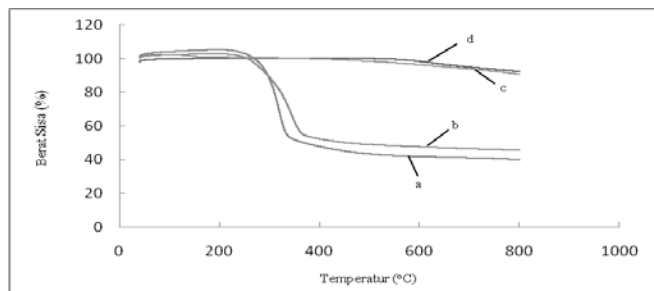
Gambar 6 menunjukkan hasil pengujian XRD. Hasil pengujian XRD bambu ori hijau mempunyai kesamaan puncak yang dihasilkan dengan bambu petung hijau. Pada puncak 2 theta yang tertinggi yaitu 22,2462 sesuai dengan kartu JCPDS nomor 73-2058, diketahui bahwa terdapat senyawa karbon oxide (CO₂). Dari hasil pengujian XRD ditemukan bahwa fasa yang terjadi pada bambu ori hijau tersebut sama dengan bambu petung hijau, yakni kubik. Hal tersebut bisa dilihat pola difraksi pada bambu petung hijau menunjukkan orientasi kristal (110).



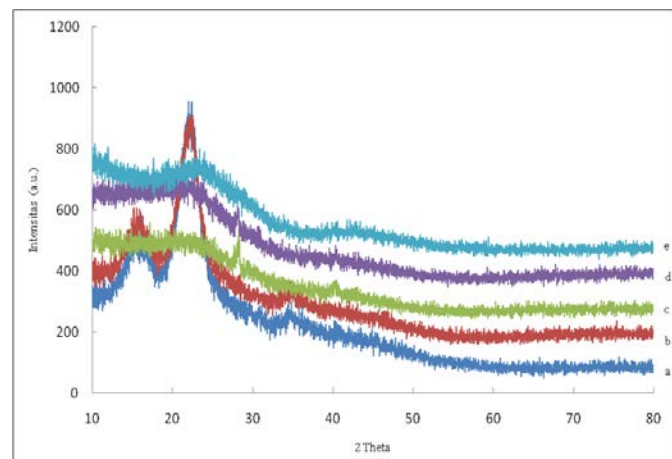
Gambar.4. Spektrum Infra Merah Bambu Petung Menurut Fungsi Temperatur (a) Temperatur 25 °C (b) Temperatur 50 °C (c) Temperatur 100 °C (d) Temperatur 200 °C (e) Temperatur 300 °C



Gambar.7. TGA (a) Bambu Petung (b) Bambu ori (c) Bambu Petung setelah Pemanasan Cepat pada Temperatur 500 °C Dilapisi Aluminium (d) Bambu Ori setelah Pemanasan Cepat pada 500 °C Dilapisi Aluminium



Gambar.5. Spektrum Infra Merah Bambu Petung Menurut Fungsi Laju Pemanasan (a) Bambu Petung Hijau (b) Temperatur 300 °C Pemanasan Bertahap (c) Temperatur 300 °C Pemanasan Cepat dilapisi Aluminium (d) Temperatur 500 °C Pemanasan Cepat dilapisi Aluminium



Gambar.6. XRD (a) Bambu Ori Hijau (b) Bambu Petung Hijau (c) Bambu Petung setelah Pemanasan Bertahap pada Temperatur 300 °C (d) Bambu Petung Temperatur 300 °C Pemanasan Cepat dilapisi Aluminium (e) Bambu Petung Temperatur 500 °C Pemanasan Cepat dilapisi Aluminium

Bambu petung yang dipanaskan baik secara bertahap pada temperatur 300 °C maupun secara cepat dengan dilapisi aluminium pada temperatur 300 dan 500 °C menunjukkan struktur yang lebih amorf daripada bambu ori dan petung hijau karena puncak yang terlihat lebar dan tidak tajam.

Tabel.5. Sifat Thermal Karbon Hitam Bambu

Material	T _{-5°C} (%)	T _{-10°C} (%)	Berat sisa (% wt) di T 800 ° C	Kalorimetri (cal/g)
Bambu Ori Hijau	276	291	70	2196
Bambu Petung Hijau	284	295	28,6	2763
Bambu Ori T= 500 °C pemanasan cepat dilapisi aluminium	764	-	92,35	6804
Bambu Petung T= 500 °C pemanasan cepat dilapisi aluminium	609	783	85,67	6201

C. Stabilitas Termal Karbon Hitam Bambu

Gambar.11 merupakan kurva hasil pengujian TGA. Pengujian ini dengan memberikan pemanasan pada temperatur 20 °C hingga 800 °C dengan dialiri gas nitrogen. Sampel yang diuji adalah bambu ori dan bambu petung yang sebelumnya telah dipanaskan sampai temperatur 500 °C dengan laju pemanasan cepat serta dilapisi aluminium sebanyak 5 lapis dengan tebal aluminium ± 0,075 mm.

Tujuan pengujian ini secara umum dilakukan untuk mengetahui stabilitas termal dari semua sampel. Pada hasil pengujian TGA Tabel 5, bambu ori dan bambu petung hijau mempunyai ketahanan panas yang rendah dibandingkan dengan bambu ori dan petung yang telah dipanaskan hingga temperatur 500 °C. Kehilangan berat 5 % dari bambu ori dan bambu petung tersebut ditunjukkan pada temperatur 284 dan 276 °C, sedangkan kehilangan berat 10 % terjadi pada temperatur 295 dan 291 °C. Pada temperatur tersebut sudah tidak terjadi degradasi lagi dari bambu (stabil). Bambu ori dan bambu petung yang telah dipanaskan pada temperatur 500 °C mempunyai ketahanan panas yang hampir sama. Dapat terlihat bahwa bambu ori mempunyai ketahanan panas yang lebih baik dibandingkan dengan bambu petung. Bambu ori mengalami 5 % pengurangan berat awal yang terjadi pada

temperatur 764 °C, sedangkan bambu petung terjadi di temperatur yang lebih awal yaitu pada temperatur 609 °C. Pengurangan berat awal 10 % juga tidak terjadi pada bambu ori, tetapi pada bambu petung yang berada pada temperatur 783 °C. Dapat disimpulkan bahwa setelah dilakukan pengujian TGA, bambu petung hijau ketahanan panasnya lebih baik dari bambu ori, tetapi setelah dipanaskan atau mendapat perlakuan bambu ori yang memiliki ketahanan panas yang baik. Sedangkan pada pengujian kalorimetri didapatkan data yaitu bambu ori dan petung hijau mempunyai nilai kalor 2196 dan 2763 call/g. Bambu ori dan petung yang telah dipanaskan pada temperatur 500 °C dan dilapisi aluminium menghasilkan nilai kalor 6804 dan 6201 call/g. Dapat disimpulkan bahwa bambu petung hijau mempunyai nilai kalor yang lebih tinggi daripada bambu ori hijau, tetapi setelah menjadi karbon hitam yang menghasilkan lebih banyak nilai kalor adalah bambu ori.

D. Sifat Elektrik

Pembacaan arus pada multi meter ditunjukkan pada Tabel 6 hanya terdapat pada bambu petung yang dipanaskan cepat dengan dilapisi aluminium pada temperatur 500 °C. Sedangkan pembacaan voltase pada multi meter ditunjukkan pada Tabel 7.

E. Morfologi Karbon Hitam

Gambar 8 dan Gambar 9 di bawah ini menunjukkan gambar morfologi bambu ori dan bambu petung hijau tanpa kulit maupun dengan kulit. Perbesaran gambar yang diambil yaitu perbesaran 2000x.

Pada umumnya pohon bambu memiliki lignin dan selulosa. Lignin pada bambu yaitu matriks, sedangkan selulosa pada bambu yaitu serat. Bambu petung dan ori menunjukkan adanya serat yang searah. Gambar serat yang searah menunjukkan bahwa bambu tersebut memiliki arah serat yang kontinyu dan homogen. Arah serat yang searah ini mengakibatkan bambu memiliki kekuatan diarah serat bambu. Selain itu juga terdapat matriks yang berbentuk *cube*. Pada matriks tersebut terbentuk pori-pori, baik pada bambu ori hijau maupun petung hijau. Komposisi bahan berkayu mendekati 50% karbon, 6% hidrogen, dan 44% Oksigen.

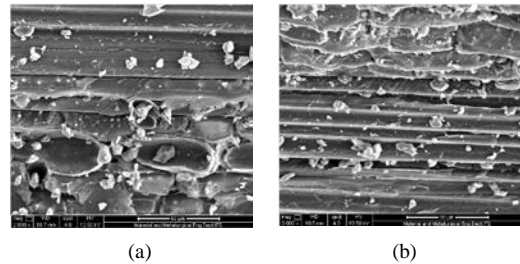
Komposisi Senyawa Kimia Bambu Petung ditunjukkan pada Tabel 8. Pengujian material yang dilakukan terdiri dari kulit, selulosa, dan lignin bambu petung. Pada kulit bambu petung memiliki kadar karbon paling tinggi dan oksigen yang paling rendah dibandingkan dengan selulosa dan lignin bambu petung, yaitu 69,40 dan 30,54 % atomik. Pada selulosa bambu petung terdapat kadar oksigen yang paling tinggi dan karbon yang paling rendah dibandingkan dengan kulit dan lignin bambu petung, yaitu 34,71 dan 65,29 % atomik. Kadar karbon 66,05 % dan kadar oksigen 33,95 % dihasilkan pada lignin bambu petung.

Tabel 6.

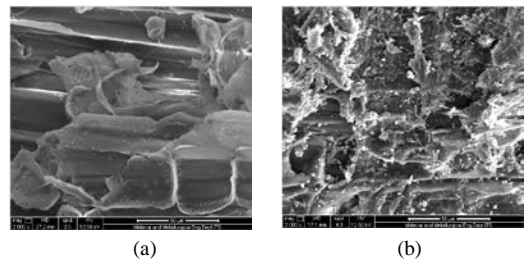
Pembacaan arus pada multi meter					
Material	1	2	3	4	5
Bambu Petung T= 500 °C Pemanasan cepat	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01
Bambu Ori T= 500 °C Pemanasan cepat	-	-	-	-	-
Bambu Petung T= 300 °C Pemanasan cepat	-	-	-	-	-
Bambu Ori T= 300 °C Pemanasan cepat	-	-	-	-	-

Tabel 7.

Pembacaan voltase pada multi meter					
Material	1	2	3	4	5
Bambu Petung T= 500 °C Pemanasan cepat	20,8	29,6	16,5	48,3	16,8
Bambu Ori T= 500 °C Pemanasan cepat	165	121,7	45,2	156,3	40,1
Bambu Petung T= 300 °C Pemanasan cepat	1,2	0,8	0,6	2,1	1,3
Bambu Ori T= 300 °C Pemanasan cepat	0,2	0,1	0,4	0,6	0,5



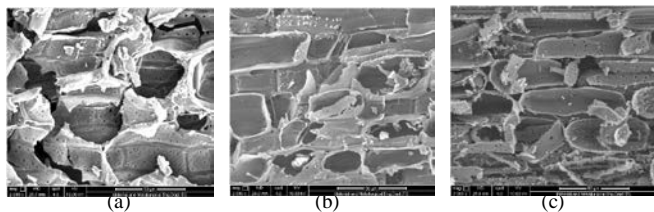
Gambar.8. Morfologi Bambu Ori Hijau Perbesaran 2000 x (a) Tanpa Kulit dan (b) dengan Kulit



Gambar.9. Morfologi Bambu Petung Hijau Perbesaran 2000x (a) Tanpa Kulit dan (b) dengan Kulit

Tabel 8.

Komposisi Senyawa Kimia Bambu Petung			
Material	Elemen	Wt (%)	At (%)
Kulit Bambu Petung	C	63,06	69,46
	O	36,94	30,54
Selulosa Bambu Petung	C	58,54	65,29
	O	41,46	34,71
Lignin Bambu Petung	C	59,36	66,05
	O	40,64	33,95



Gambar.10. Hasil Pengujian SEM Perbesaran 2000x (a) Karbon Bambu Petung T= 300 °C Pemanasan Bertahap (b) Karbon Bambu Petung T= 500 °C (c) Karbon Bambu Ori T= 500 °C

Gambar 10 (a) merupakan morfologi dari bambu ori yang dipanaskan cepat pada temperatur 500 °C dilapisi aluminium dengan waktu tahan selama 1 jam yang memperlihatkan adanya pori-pori yang terbentuk pada serat dan matriksnya. Matriks terlihat tidak teratur dan saling menumpuk yang berbentuk silindris. Serat yang dihasilkan pada morfologi ini menunjukkan serat yang searah dan kontinyu. Gambar 10 (b) menunjukkan hasil dari bambu petung yang dipanaskan cepat pada temperatur 500 °C dilapisi aluminium dengan waktu tahan selama 1 jam. Perbedaan yang terlihat adalah pori-pori yang dihasilkan tidak pada serat melainkan pada lignin. Matriks yang terbentuk terlihat tidak kontinyu, berupa partikel-partikel yang berbentuk *cube*. Di sini menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur pemanasan maka semakin banyak pori-pori yang terbentuk pada karbon sehingga karbon yang dihasilkan semakin baik [8]. Bambu petung yang dipanaskan bertahap per 50 °C pada temperatur 300 °C dengan waktu tahan masing-masing 1 jam, memperlihatkan adanya pembentukan pori-pori yang jauh lebih besar yang terdapat pada matriksnya. Hal tersebut ditunjukkan oleh Gambar 10 (c). Pada temperatur tersebut terlihat bahwa jumlah pori yang dihasilkan banyak. Matriks yang terbentuk tidak beraturan dan terdapat celah memanjang. Hal ini menunjukkan lignin (matriks) terdegradasi karena pemanasan oleh tungku.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: Laju pemanasan rendah menghasilkan karbon hitam dengan berat sisa (*yield*) yang semakin tinggi karena proses pemanasan karbon tidak sempurna (tidak terjadi pembakaran). Dengan pelapisan aluminium foil dengan tebal $\pm 0,075$ mm terhadap karbon hitam bambu, dapat menyebabkan terbentuknya karbon dengan laju pemanasan cepat. Pengamatan spektroskopi menunjukkan bahwa pembentukan karbon hitam dimulai pada temperatur 300 °C yang mengakibatkan adanya perubahan ikatan kimia dan gugus fungsi karbon hitam. Pada pengujian XRD, struktur kristal yang terbentuk masih menunjukkan struktur kristal lignin dan selulosa. Pada pengujian kalorimetri, Bambu petung mempunyai nilai kalor yang tinggi daripada bambu ori, tetapi setelah menjadi karbon hitam yang menghasilkan lebih banyak nilai kalor adalah bambu ori yaitu 6804 call/g, sedangkan ada Pengujian TGA, bambu petung ketahanan

panasnya lebih baik daripada bambu ori, tetapi setelah dipanaskan bambu ori yang memiliki ketahanan panas yang baik karena berat sisa yang dihasilkan 92,35 %. Pada pengujian konduktivitas listrik, Arus tertinggi terdapat pada bambu petung Temperatur 500 °C Pemanasan Cepat Dilapisi Al yaitu 0,02 A, dan voltase tertinggi terdapat pada bambu ori Temperatur 500 °C Pemanasan Cepat Dilapisi Al yaitu 165 V. Pengamatan morfologi menunjukkan adanya pembentukan pori pada lignin dan selulosa karena ada sebagian lignin dan selulosa yang terdegradasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis E.I.P mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT., kepada kedua orang tua, serta dosen pembimbing Dr. Hosta Ardhyananta, S.T., M. Sc.. tercinta atas dukungan dan motivasi dalam terselesainya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. R. Blythe. "Electrical Properties of Polymer". Cambridge University Press, London (2001).
- [2] W. Souhong. "Polymer Interface and Adhesion". Marker Dekker, New York (2002).
- [3] L. Benguigui, J. Yacubowicz, M. Narkis. "On The Percolative Behavior of Carbon Black Cross-Linked Polyethylene Systems". J. Polymer Engineering and Science, (1990) Vol. 26: 1568 – 1573. Jhon Wiley and Son, Inc. New York.
- [4] Meyer. "Carbon Black Polymer Composites. J. Polymer Engineering and Science". (2002) Vol. 14: 704. Jhon Wiley and Son, Inc. New York.
- [5] M. Edward L.K., W.H. Cheung , M. Valix, G. Mckay. " Activated Carbons from Bamboo Scaffolding Usid Acid Activation". *Serparation and Purification Technology* Vol. 74 (2010) 213-218.
- [6] A. Hosta, Sulistijono, S. Gala. "Karakterisasi Dan Sifat Mekanik Bambu Ori Dan Petung". Seminar Nasional Pascasarjana XII-ITS. Surabaya (2012).
- [7] M. Riyadi "Diktat Teknologi Bahan I". Program SP 4 Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta. Jakarta (2005).
- [8] R. T. S. Frilla, E. Handoko, B. Soegijono, Umiyatin, Linah, R. Agustriany "Pengaruh Temperatur Terhadap Pembentukan Pori Pada Arang Bambu". Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi-II. Lampung (2008).
- [9] Worasuwannarak, N., Potisri, P., Tanthapanichakoon, W. "Carbonization Characteristic of Thai Agricultural Residues". In: *The Joint International Conference Sustainable Energy and Environment (SEE)*. Hua-Hin, Thailand. (2004) Dec 1-3.
- [10] C. Anam, Sirojudin, K.S. Firdausi "Analisa Gugus Fungsi Pada Sampel Uji, Bensin, Dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FTIR". Laboratorium Fisika Atom Dan Nuklir Jurusan Teknik Fisika Fakultas MIPA UNDIP Vol.10 (2007) 79-85. Semarang.