

Sifat Termal Karbon Aktif Berbahan Arang Tempurung Kelapa

Daniel Tamado¹, Esmar Budi¹, Riza Wirawan², Haryo Dwi¹,
Anggie Tyaswuri¹, Erlinda Sulistiani¹, Esty Asma¹

¹Jurusan Fisika, ²Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Teknik
Universitas Negeri Jakarta
Jl. Pemuda No.10 Rawamangun Jakarta 13220
© Email : realtamada@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan pengamatan sifat termal material karbon aktif berbahan serbuk arang tempurung kelapa menggunakan alat DSC (Differential Scanning Calorimeter) dalam berbagai suasana. Sifat-sifat termal karbon aktif berhubungan erat dengan jumlah pori dan ukuran partikelnya, parameter-parameter awal yang menentukan hal tersebut bergantung pada saat proses pembentukan seperti suhu pada proses pirolisis, tekanan (pada proses pemadatan) dan pembentukan serbuk pada proses penggilingan. Selain hal-hal diatas, sifat – sifat termal suatu material karbon aktif juga dapat ditinjau dari temperature glass bahan tersebut. Hasil analisis menggunakan DSC menunjukkan adanya perbedaan puncak-puncak (peak) temperatur bahan pada berbagai kondisi atmosfer (gas-gas yang terkandung) sehingga dari sini kita dapat menentukan kondisi ideal penggunaan karbon aktif untuk berbagai keperluan

Abstract

It has been observed a thermal property of activated carbon which made from coconut shell with DSC (Differential Scanning Calorimeter) apparatus in various atmosphere. The thermal properties of activated carbon are closely related to the pores number and sizes of particle. The early parameters which determined to that are depending on a production processes, such as temperature of pyrolysis process, Pressure (on compaction process) and forming of powder on milling process. Besides of those points, the thermal properties are also can be reviewed from temperature glass of that. DSC analysis result showed that there is a temperature peaks different on the each atmospheric conditions (Gases contained in atmosphere) so that we can determine an ideal condition of activated carbon in any utilities

Keywords : *activated carbon, thermal property, differential scanning calorimeter.*

1. Pendahuluan

Dewasa ini studi tentang karbon aktif sudah mengarah ke pemanfaatannya pada berbagai bidang terapan. Karbon aktif biasanya diproduksi dari bahan-bahan alami seperti sekam padi, cangkang buah coklat, tempurung kelapa dan bahan lain yang umumnya berasal dari tumbuhan. Karbon aktif sendiri memiliki beberapa karakteristik seperti daya serapnya yang tinggi (*absorbent*) dan sifat termalnya yang baik sehingga dapat menjadi salah satu bahan bakar alternatif setelah dibentuk menjadi briket. Penggunaan bahan dasar dari tempurung kelapa selain karena harganya yang murah dan mudah

didapat juga karena sifat dan karakteristik kandungan dalam tempurung kelapa baik secara kimia maupun fisiknya, tempurung kelapa memiliki kandungan karbon yang tinggi sehingga berpotensi menjadi sumber energi alternatif terbarukan.

2. Landasan Teori

2.1 Karakteristik, kandungan serta proses pembentukan arang tempurung kelapa dan karbon aktif tempurung kelapa

Kandungan kimia dari tempurung kelapa adalah selulosa (34%), hemiselulosa (21%) dan lignin (27%) sedangkan komposisi unsur terdiri atas karbon

(74.3%), Oksigen (21.9%), Silikon (0.2%), Kalium (1.4%) dan Sulfur (0.5%) dan Posfor (1.7%) [1]. Perubahan komponen dan kandungan tempurung kelapa menjadi arang tempurung kelapa menghasilkan kandungan karbon yang tinggi dengan sedikit kenaikan persentase kandungan abu, menghilangkan kandungan *moisture* dan pengurangan kandungan *volatile*. Jika dibandingkan

dengan arang bahan alami lain seperti arang batang buah jagung, gabah padi dan tempurung buah cokelat (12-20% karbon) [2], arang tempurung kelapa memiliki kandungan karbon yang tinggi sehingga berpotensi menjadi sumber karbon aktif [3]. Berikut ini adalah tabel perbandingan perubahan komponen dan kandungan bahan tempurung kelapa dan arang tempurung kelapa [4].

Tabel 1. Perbandingan tempurung dan arang tempurung kelapa

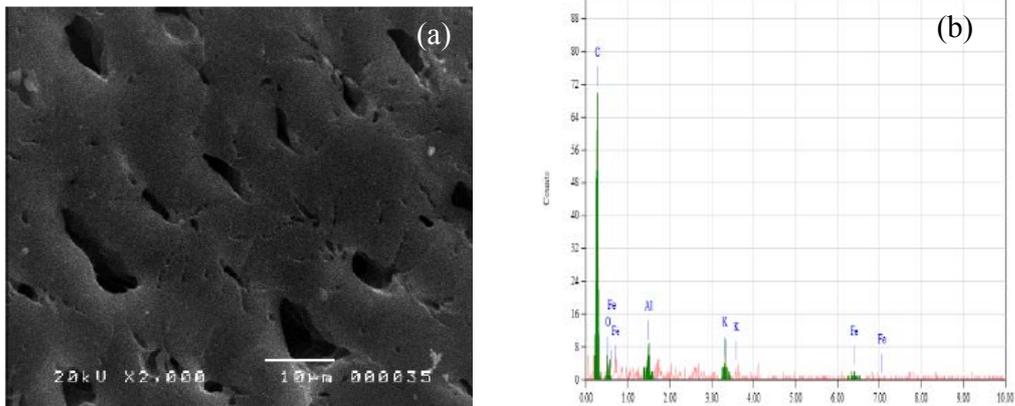
Bahan	Komponen	Kandungan (%)
1. Tempurung kelapa	Moisture	10.46
	Volatile	67.67
	Karbon	18.29
	Abu	3.58
2. Arang tempurung kelapa	Volatile	10.60
	Karbon	76.32
	Abu	13.08

Perubahan tempurung kelapa menjadi karbon aktif arang tempurung kelapa dilakukan dengan beberapa tahap. Pertama Persiapan dan pembersihan tempurung kelapa dari kotoran dan serabut yang ada, lalu tempurung dicuci dengan air desionisasi setelah itu dijemur selama dua hari untuk mengurangi kadar air dalam tempurung. Setelah siap, tempurung tempurung tadi kemudian melalui proses pemanasan (pirolisis) dalam tungku *kiln* dengan cara karbonisasi dan aktivasi sehingga menghasilkan arang tempurung kelapa [5]. Suhu dan waktu proses karbonisasi dan aktivasi berpengaruh pada sifat-sifat arang tempurung kelapa seperti ukuran dan persebaran pori, ukuran partikel dan kandungan bahan pencampur (*moisture*), biasanya proses pirolisis memakan waktu kurang lebih 6 jam dan kisaran suhu antara 70-150 C. Proses karbonisasi bertujuan untuk menghilangkan unsur-unsur bukan karbon seperti hidrogen (H) dan oksigen (O), sedangkan proses aktivasi bertujuan untuk membentuk pori-pori di dalam bahan melalui perpindahan unsur-unsur karbon di dalam bahan tersebut. Cara ini dapat dilakukan dengan dua cara yakni secara fisika dan kimia, secara fisika yakni dengan menggunakan uap air, karbon dioksida ataupun campuran keduanya ; dan cara kimia yakni dengan menggunakan larutan kimia sebagai agen aktivasi atau dehidrasi seperti H₃PO₄, ZnCl₂, K₂CO₃, NaOH dan KOH. Untuk menghindari pengotoran selama proses pirolisis biasanya proses

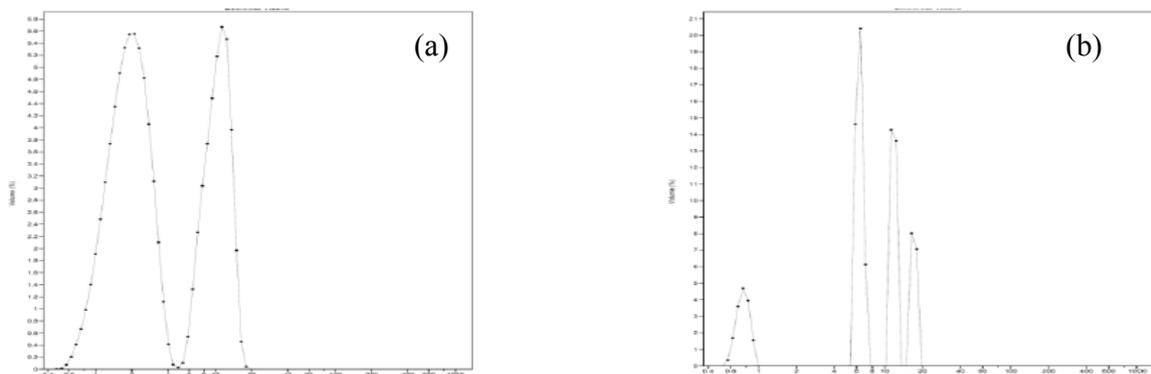
tersebut dilakukan dalam suasana gas lembam seperti argon dan nitrogen.

Setelah proses pirolisis selesai yang ditandai dengan habisnya tar yang menguap, arang tempurung kelapa ditiriskan (didinginkan), kemudian digiling (*milling*) sebanyak dua kali untuk mendapatkan serbuk arang tempurung kelapa dengan ukuran partikel dalam skala milimeter, satu kali penggilingan akan menghasilkan serbuk kasar sedangkan dua kali penggilingan akan mendapatkan serbuk halus.

Hasil kajian awal SEM (*Scanning Electron Microscope*) –gambar 1(a), menunjukkan bahwa arang tempurung kelapa memiliki tekstur berpori. Hal ini penting dalam kaitannya sebagai penyerap (absorben). Hasil analisis menggunakan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) – gambar 1(b), menunjukkan bahwa unsur utama dari arang tempurung kelapa adalah karbon dengan persentase kandungan sebesar 82,92%. Hasil analisa ukuran partikel menggunakan LS *Particle Analyser* – gambar 2(b), menunjukkan persebaran partikel dalam persentase volume diferensial (*differential volume*) pada serbuk arang kasar dan halus. Hasil pengamatan, serbuk kasar tersebar ke dalam ukuran 5.610 – 6.760 mikrometer (41,14%) dan 15.65 – 17.18 mikrometer (32.83%). Sementara untuk partikel serbuk halus tersebar ke dalam ukuran 0.452 – 3.519 mikrometer (99.77%) (gambar 2(a)).



Gambar 1 (a) Gambar SEM morfologi permukaan dan (b) Hasil analisis EDS arang tempurung kelapa [8]



Gambar 2. Hasil analisis PSA serbuk arang tempurung kelapa (a) halus (b) kasar [8]

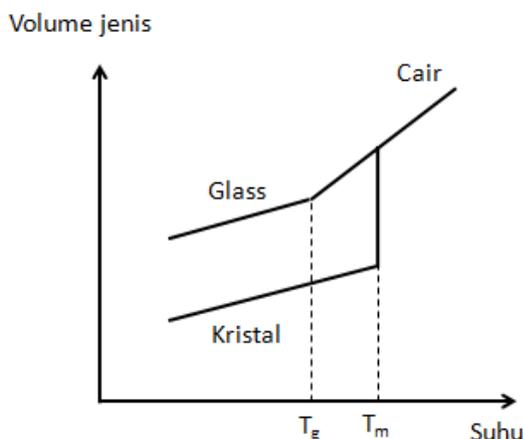
1.2. Sifat Termal Arang Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa memiliki sifat termal yang baik, ini bisa ditinjau dari kalor pembakaaan, Suhu glass (T_g) serta suhu melelehnya (T_m) sehingga berpeluang besar sebagai bahan bakar pengganti. Tempurung kelapa yang baik untuk dijadikan karbon aktif adalah tempurung yang sudah tua dan kering – karena kandungan karbonnya lebih tinggi dibandingkan yang muda. Tempurung kelapa yang sudah tua dan sudah kering secara mudah dapat dikenali dari warnanya yang gelap kehitaman. Sifat termal arang tempurung kelapa berhubungan erat dengan jumlah pori dan ukuran partikelnya. Dengan demikian parameter proses pembentukan seperti suhu pada proses pirolisis dan penggilingan sangat menentukan distribusi pori-pori dan kerapatannya. Proses pirolisis yang efektif memerlukan penggunaan suhu yang rendah dengan waktu proses yang singkat sebab semakin tinggi suhu

dan jangka waktu pirolisis akan menghasilkan lebih sedikit arang. Pecahan arang tempurung yang berukuran cukup besar akan membutuhkan waktu proses yang lebih pendek dibandingkan pecahan yang berukuran kecil.

2.3 Suhu glass (T_g) dan Suhu leleh (T_m)

Arang tempurung kelapa termasuk kedalam bahan polimer non kristal. Salah satu karakteristik polimer non-kristal adalah Transisi glass. Transisi glass adalah suatu keadaan pada material dimana terjadi perubahan sifat dari keadaan rapuh (*brittleness*) ke keadaan plastis (*plasticity*), suhu ketika proses ini berlangsung dinamakan suhu transisi glass (T_g). Suatu glass dan kristal dapat ditinjau perbedaannya berdasarkan suhu pada saat pembentukan. Suatu kristal terbentuk pada pendinginan lambat sedangkan glass terbentuk pada pendinginan lebih cepat (gambar 3)



Gambar 3 : Grafik volume jenis bahan terhadap suhu

Suhu glass berhubungan erat dengan suhu leleh. Ketika suatu bahan polimer berada pada kondisi suhu di bawah atau sama dengan suhu glass bahan tersebut maka material tersebut bersifat rapuh, namun ketika suhunya berada di atas suhu transisi glass maka material tersebut bersifat plastis. Ketika dipanaskan terus hingga melampaui suhu glass, suatu material polimer akan meleleh pada titik lelehnya (T_m).

Pada umumnya nilai suhu glass berkisar antara $1/2 T_m - 2/3 T_m$, suhu tersebut bergantung pada kesimetrian polimer dan struktur rantainya, jika suhu leleh lebih kecil daripada suhu glass maka suatu material mudah untuk mengkristal, namun ketika suhu leleh lebih besar daripada suhu glass maka suatu material sulit mengkristal [6].

Selain hal diatas, nilai suhu glass ditentukan dari beberapa aspek antara lain kelenturan rantai polimer, sifat dari grup sisi – jika terdapat grup sisi bulk pada material maka meningkatkan suhu transisi glass dan konsentrasi bahan pencampur/aditif (plastiser) [7].

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian dilakukan pada sampel serbuk arang halus dengan massa 11.9 mg menggunakan DSC (Different Scanning Calorimetry). Pengujian dilakukan pada kondisi yang berbeda. Kondisi pertama yaitu dengan atmosfer berupa campuran nitrogen dan oksigen, dimana sampel uji diberikan gas nitrogen dengan laju alir 36 ml/menit (90%) dan Oksigen sebesar 4ml/menit (10%). Kondisi kedua yaitu sampel uji diberikan gas nitrogen dengan laju alir 40 ml/menit (100%), sedangkan sampel ketiga diuji pada keadaan kering (bebas dari kandungan air) dan diberikan campuran gas nitrogen dan oksigen

dengan laju alir masing-masing 36 ml/menit (90%) dan 9 ml/menit (10%). Masing-masing sampel diuji menggunakan *crucible* aluminium dengan pemanasan hingga suhu 600 °C setelah itu sampel didinginkan perlahan kembali ke kondisi ruangan 27°C.

3.1 Kondisi 1 (90% Nitrogen, 10% oksigen)

Pada kondisi ini sampel berada dalam kondisi sedikit mengandung oksigen (Gambar 4). Seperti yang ditunjukkan pada grafik 1 hasil uji DSC, suhu transisi glass (T_g) pada kondisi ini adalah 295.7° C atau 568.7 Kelvin. Hal ini berarti pada suhu di atas 295.7°C serbuk halus ini mempunyai sifat plastis (plasticity) dan pada suhu dibawah 295.7°C serbuk mempunyai sifat rapuh (*brittleness*). Seperti telah dijelaskan sebelumnya, Suhu transisi glass (T_g) berkisar pada $1/2 T_m - 2/3 T_m - T_m$ adalah suhu leleh. Dari sini dapat menunjukkan bahwa kisaran nilai suhu leleh (T_m) pada sampel ini berada pada kisaran 443.55 °C – 591.4 °C.

Pada kondisi ini sampel dapat dikatakan lebih cepat plastis jika dibandingkan dengan kondisi 2, yakni serbuk bersifat plastis pada kondisi temperatur di atas 295.7°C, namun hal ini berakibat serbuk lebih cepat meleleh.

3.2 Kondisi 2 (100% Nitrogen)

Untuk kondisi kedua, sampel diuji pada keadaan gas inert (Nitrogen 100 %) dengan laju alir 40 ml/menit dimana sifat dari gas inert adalah sulit untuk bereaksi (Gambar 5). Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada kondisi ini suhu transisi glass (T_g) berada pada titik 339°C, lebih tinggi dibandingkan pada kondisi pertama ini karena sifat inert dari gas nitrogen sehingga mengakibatkan naiknya suhu transisi glass. Pada suhu di atas 339°C maka serbuk halus akan bersifat plastis (*plasticity*), sedangkan ketika berada pada suhu dibawah 339 °C maka serbuk bersifat rapuh (*brittleness*). Seperti telah dijelaskan sebelumnya, Suhu transisi glass (T_g) berkisar pada $1/2 T_m - 2/3 T_m$ dari sini dapat menunjukkan bahwa kisaran nilai suhu leleh (T_m) pada sampel ini yaitu berada pada kisaran 508.5°C – 678°C. Pada kondisi ini dapat dikatakan sampel lebih sulit untuk elastis karena tingginya suhu transisi glass dan hal ini berakibat serbuk tidak cepat meleleh. Menurut analisa kami, sebaiknya briket (salah satu aplikasi dari serbuk ini) digunakan pada kondisi tersebut mengingat suhu lelehnya yang tinggi sehingga nilai kalor pembakaran yang dihasilkan lebih besar dibandingkan pada kondisi atmosfer normal (78 % Nitrogen ; 20 % Oksigen dan 2 % gas-

gas lain) namun karena kurang *feasible*, kondisi ketiga lebih memungkinkan karena adanya sedikit kemiripan sifat termal.

3.3. Kondisi 3 – Serbuk halus kering (90% Nitrogen dan 10 % Oksigen)

Pada kondisi ini dibuat variasi sampel yakni sampel dikondisikan hingga benar-benar kering (bebas dari kandungan air) dan diuji pada kondisi atmosfer yang sama dengan kondisi pertama (Gambar 6). Hasil pengamatan dengan DSC menunjukkan bahwa adanya kemiripan grafik antara kondisi dua dengan kondisi tiga – suhu transisi glass kurang sekitar 339°C, padahal diantara kondisi dua dan tiga berbeda kandungan atmosfer. Dari sini kami mengambil kesimpulan awal bahwa pada kondisi dua dan tiga terjadi kemiripan sifat termal saat pengujian walaupun keduanya berlainan baik dari segi atmosfer saat pengujian maupun kondisi fisik sampel. Kondisi kedua menyebutkan bahwa sampel diuji pada kondisi 100 % Nitrogen dengan laju alir 40 ml/menit sedangkan kondisi ketiga sampel diuji pada keadaan 90% Nitrogen dan 10 % Oksigen dengan laju alir

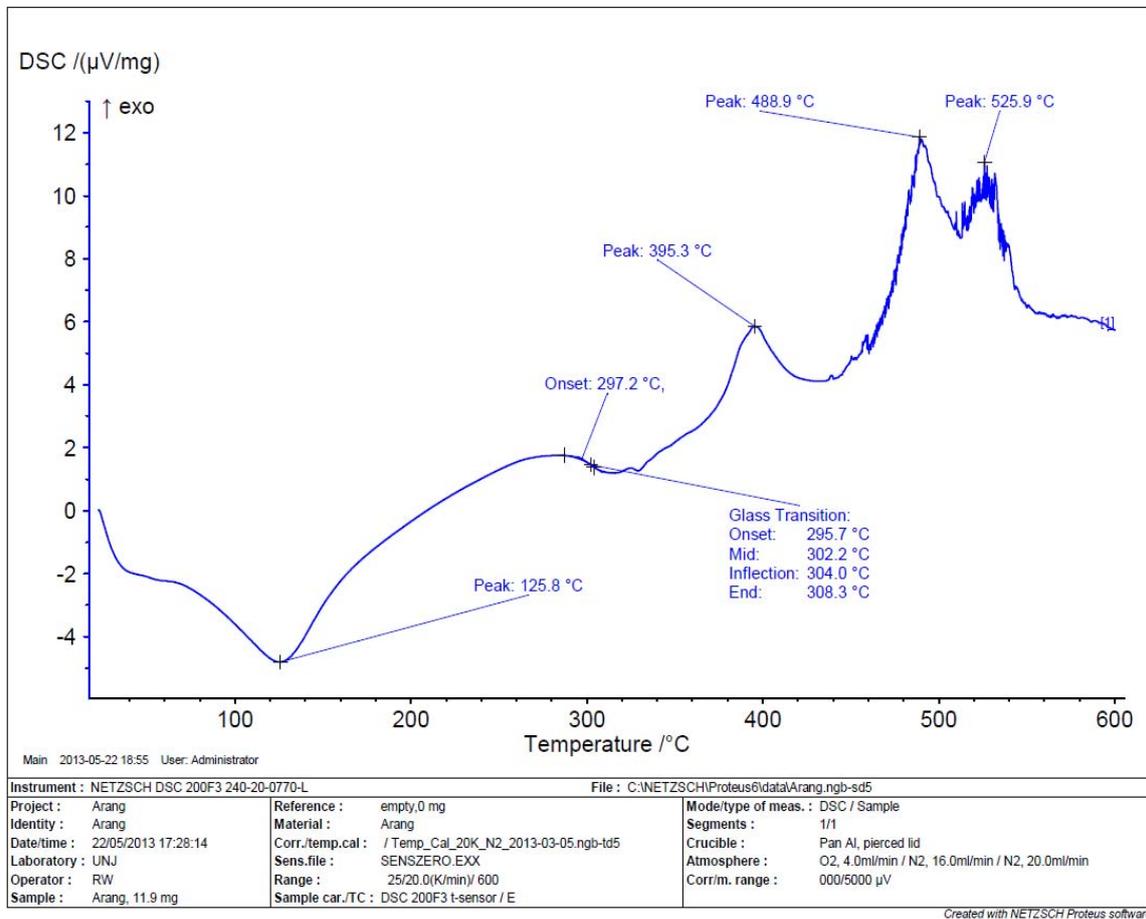
masing-masing 36 ml/menit dan 4 ml/menit.

3.4 Sifat termal ditinjau dari besar kalor pembakaran

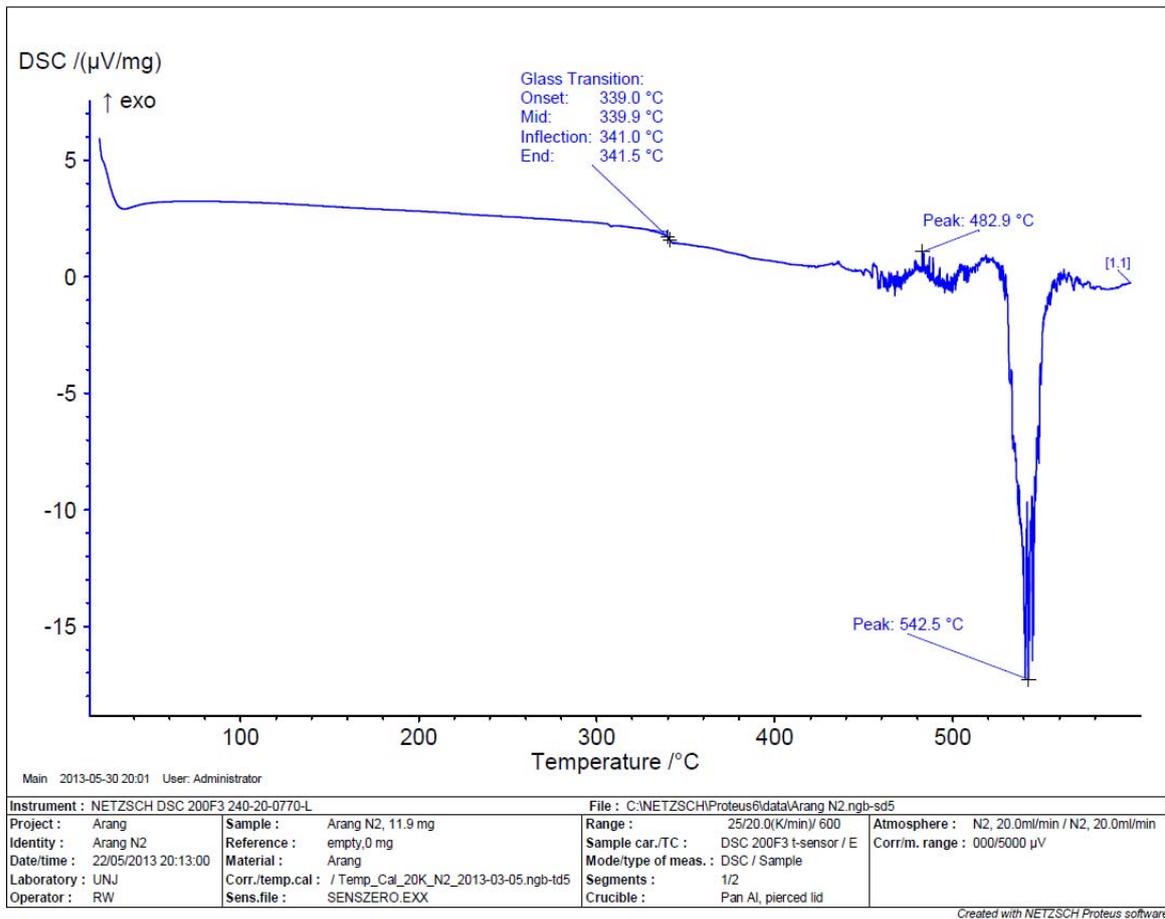
Kalor pembakaran adalah besar kalor yang dihasilkan atau diserap oleh pembakaran 1 mol unsur atau senyawa. Proses pembakaran sendiri bergantung pada beberapa parameter, misalnya ukuran partikel, kandungan senyawa yang terkandung dan kondisi atmosfer sekitar.

Sifat gas inert pada percobaan kondisi kedua menghasilkan reaksi sampel yang berlangsung lambat dan juga aliran kalor yang cukup besar. Adanya kandungan oksigen pada beberapa pengamatan ini (kondisi satu dan tiga) mengakibatkan sampel uji lebih mudah bereaksi karena sifat dari gas oksigen yang mudah bereaksi dengan panas dan hampir semua unsur, termasuk juga karbon.

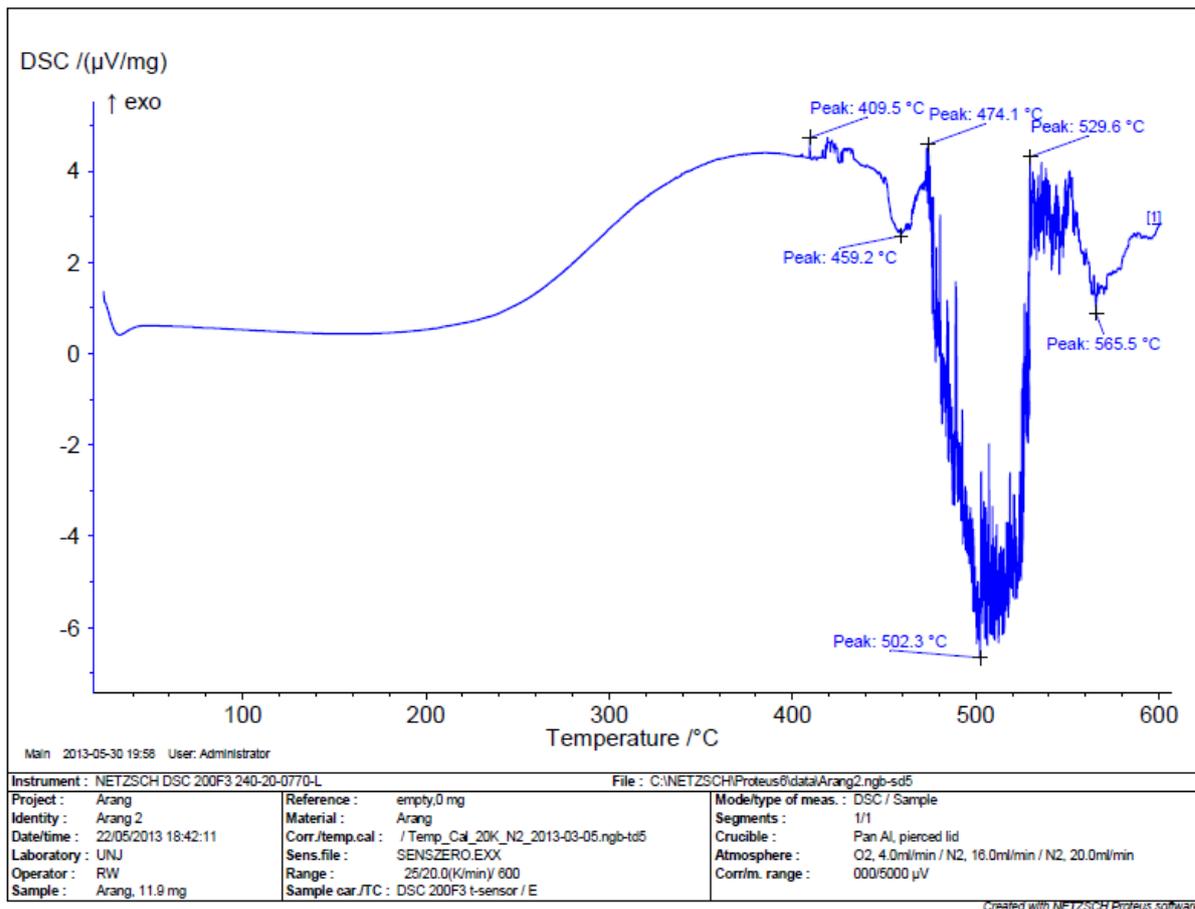
Selain berdasarkan atmosfer, sifat termal itu sendiri bergantung pada besar kapasitas panas karbon itu sendiri. Besar kapasitas panas karbon (grafit) adalah $8.517 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$



Gambar 4. Hasil Uji DSC terhadap serbuk arang halus pada kondisi 1



Gambar 5. Hasil Uji DSC terhadap serbuk arang halus pada kondisi 2



Gambar 6 Hasil Uji DSC terhadap serbuk arang halus pada kondisi 3

4. Kesimpulan

Sifat termal serbuk karbon aktif berbahan tempurung kelapa bervariasi terhadap suasana atmosfer dan kondisi fisik sampel. Serbuk karbon aktif menunjukkan sifat termal lebih baik pada kondisi nitrogen dan ketika sifatnya kering lalu berada pada kondisi mendekati atmosfer normal (78 % Nitrogen ; 20 % Oksigen dan 2 % gas-gas lain). Jika diaplikasikan pada briket, kondisi ideal pembentukan briket adalah menggunakan serbuk arang tempurung kelapa yang benar-benar kering (bebas dari kandungan air dan bahan *moisture*), karena itu penentuan rasio antara bahan serbuk dan kandungan air adalah penting yang akan memberikan pengaruh menonjol terutama sifat termalnya [8], sehingga ketika digunakan pada kondisi atmosfer

normal maka briket memberikan sifat termal yang baik yang mana hal ini dapat ditinjau dari besar kalor pembakaran yang dihasilkannya.

Daftar Pustaka

- [1]. Bledzki, A.K., A.A. Mamun, J.Volk, 2010, Barley husk and coconut shell reinforced polypropylene composites: The effect of fibre physical, chemical and surface properties, *Composites Science and Technology*, Vol. 70, pp. 840-846
- [2]. Oladeji, J.T. Fuel Characterization of Briquettes Produced from Corn cob and Rice Husk Residues. *The Pacific Journal of Science and Technology*. Vol. 11. No.1 (2010), pp. 101-106
- [3]. M. Syamsiro dan Harwin Saptodi. Pembakaran Briket Biomassa Cangkang Kakao; Pengaruh Temperatur Udara Preheat, Seminar Nasional

- Teknologi (2007)
- [4]. Mozammel, H.M., Masahiro, O., Bhattacharya SC. Activated charcoal from coconut shell using ZnCl₂ activation. *Biomass and Bioenergy*, Vol. 22 (2002), pp. 397-400
 - [5]. Li, W., Yang, K., Peng, J., Zhang, L., Guo, S., Xia, H. (2008), Effects of carbonization temperatures on characteristics of porosity in coconut shell chars and activated carbons derived from carbonized coconut shell chars. *Industrial Crop and Products*, Vol. 28, pp. 190-198
 - [6]. David I. Bower (2002). *An Introduction to Polymer Physics*, p.211, *Ibid.*, p. 138-139
 - [7]. Esmar Budi, Tinjauan proses pembentukan dan penggunaan arang tempurung kelapa sebagai bahan bakar. *Jurnal Penelitian Sains FMIPA Unsri*. Vol. 14, No.4(2011), pp. 14406-25
 - [8]. Esmar Budi, Hadi Nasbey, Setia Budi, Erfan Handoko, Puji Suharmanto, Ranggi Sinansari, Sunaryo. *Kajian Pembentukan Karbon Aktif Berbahan Arang Tempurung Kelapa*. Prosiding Seminar Nasional Fisika, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Jakarta: 9 Juni 2012.