

# KARAKTERISASI SERBUK TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI BAHAN TARGET DENGAN VARIASI TEMPERATUR PEMANASAN

Nereus Tugur Redationo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin–Fakultas Teknik–Universitas Katolik Widya Karya

Email: tugur@widyakarya.ac.id

## ABSTRACT

*Carbon is widely used as an activated carbon for water purification, batteries, electrodes, fuel cell, superconductors, deodorizing and medication. At high temperature pyrolysis above 400°C (600°C, 800°C, and 1000°C) carbon content can be increased. The results of research on coconut shell with high pyrolysis with holding time in furnace 60 minutes obtained the element and composition: at a temperature of 600°C: 84.455 C, 11.52 O and 4.024% by weight; temperature of 800°C: 86.44 C, 10.04 O and 3.52% by weight and at a temperature of 1000°C: 91.71 C, 5.63 O, 0.51 K and 1.13 Nb% by weight. At a temperature of 1000°C the maximal carbon content for both graphite and Niobium as a very hard material, resistant to high temperatures and corrosion resistance.*

*Key words: Carbon, Graphite Pyrolysis,*

## PENDAHULUAN

Negara Indonesia merupakan salah satu negara terbesar penghasil kelapa di dunia. Hampir semua bagian pada pohon kelapa berguna untuk berbagai keperluan: pohon digunakan sebagai bahan bangunan, daun untuk atap rumah, batang daun/lidi digunakan untuk sapu, serabut kelapa untuk keset, daging untuk dikopra untuk dibuat minyak kelapa dan tempurung kelapa untuk peralatan rumah tangga dan pernai-pernik/hiasan. Tempurung kelapa mengandung beberapa unsur diantaranya: karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen dan sulfur (Najib L, : 2012). Karbon merupakan salah satu unsur yang paling banyak dipelajari dan diaplikasikan di berbagai bidang diantaranya sebagai bahan penyerap (adsorban), baterai, elektroda *fuel cell* dan super kapasitor. Karbon memiliki tiga struktur atau alotrop karbon utama yaitu grafit, *fullerene*, dan intan (Mahtani P.: 2010). Karbon dapat dihasilkan dari pembakaran pirolisis salah satunya tempurung kelapa. Proses karbonisasi dilakukan melalui penguraian senyawa organik dengan proses pemanasan tanpa kehadiran oksigen sehingga, unsur karbon dapat dipertahankan dan komponen volatilnya

dapat dihilangkan sementara pirolisis merupakan pembakaran tidak sempurna. Kandungan arang tempurung kelapa tidak semuanya karbon, maka perlu proses menghilangkan kandungan air dan komponen volatil. Berbeda dengan arang aktif, produk ini membutuhkan aktivator untuk menghasilkan luas permukaan yang besar sehingga dapat digunakan sebagai bahan penyerap. Struktur karbon aktif dan grafit memiliki struktur yang sama yaitu HCP (*Hexagonal Close-Peaked*) namun, keteraturan struktur grafit lebih tinggi daripada karbon aktif. Pembentukan grafit dapat terjadi pada proses karbonisasi serabut tempurung kelapa pada suhu tertentu.

Karbon saat ini juga dikembangkan sebagai salah satu material maju untuk dibuat menjadi seperti intan atau sering disebut *Diamond Like Carbon (DLC)*. Karbon dijadikan target pada proses *Physical Vapor Deposition (PVD)* untuk membuat DLC. DLC sangat keras, kuat, tahan panas, dan tahan gesekan. DLC dapat dimanfaatkan sebagai material pelapis pada *cutting tools* (Soković, 2011) sehingga umur alat potong lebih tahan lama, komponen permesinan, roda gigi (Richardson, 2003), poros, *pin* dan *guide pin*, peralatan  *mold-dies, punch,*

dan *stamping*. Lapisan DLC juga sangat baik untuk mengatasi beberapa aspek tribologi (Holberg, 2009 dan Romina, 2011), dibuat struktur mikro (Redationo, N.T., 2012; Aizawa T., 2013) serta dibuat cetakan mikro (Redationo N.T.:2013). Target pada proses pembuatan DLC idealnya memiliki kandungan 100% karbon/grafit walaupun cukup sulit untuk menghasilkannya.

Pemanfaatan arang tempurung kelapa agar memiliki nilai ekonomis yang tinggi sangat dimungkinkan dengan mengurai arang tempurung kelapa menjadi grafit. Untuk menghasilkan grafit maka diperlukan proses karbonisasi yaitu dengan memberikan pemanasan yang relatif tinggi agar penguraian senyawa organik melibatkan oksigen dapat ditekan. Pada penelitian ini, peneliti ingin memanfaatkan arang tempurung kelapa untuk dijadikan grafit sebagai bahan target. Proses karbonisasi untuk merubah tempurung kelapa menjadi grafit dengan kandungan karbon yang tinggi, maka perlu diteliti/dikaji proses pemanasan dan penahanan pada temperatur tertentu. Pada penelitian ini peneliti ingin mengetahui kandungan/unsur kimia yang terdapat pada serbuk tempurung kelapa dengan variasi pemanasan. Kandungan/unsur utama terutama karbon yang menjadi perhatian, karena kemurnian karbon menjadi dasar untuk mengolah karbon menjadi target.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Pada penelitian ini tempurung kelapa yang digunakan jenis hibrida yang sudah tua. Tempurung kelapa secara umum mempunyai unsur dan kandungan sebagai berikut: *moisture* 10,46%, *volatile* 67,67%, karbon 18,29% dan abu 3,58% (Budi:2011).

### Alat

Beberapa peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- 1) Tungku pemanas, tungku pemanas yang digunakan adalah merk Nabertherm produk Jerman. Temperatur maksimal tungku ini 1100°C, namun di dalam petunjuk operasionalnya tidak diperkenankan melebihi temperatur tersebut demi keamanan dan kinerja tungku. Peningkatan temperatur dikakukan secara manual, dengan memutar potensiometer dengan skala 0—100 %. Pada penelitian ini laju

pemanasan yang digunakan adalah 30%. Laju pemanasan 30% dipilih dengan tujuan agar proses peningkatan pemanasan tidak terlalu cepat yang akan mempengaruhi kualitas arang tempurung kelapa. Pada temperatur penahanan 60 menit apabila sudah mencapai temperatur yang diinginkan (600°C, 800°C dan 1000°C) laju pemanasan diatur pada posisi 0% dan apabila mulai terjadi penurunan temperatur dinaikkan ke 10% sehingga terjaga pada temperatur yang diinginkan.

- 2) Amplas digunakan untuk menghilangkan serabut dan kotoran yang menempel pada tempurung kelapa. Amplas yang digunakan mempunyai ukuran 100. Ukuran ini cocok untuk membersihkan serabut dan kotoran hingga bersih.
- 3) Timbangan digital untuk menimbang tempurung kelapa setelah penjemuran dan dibersihkan serta menimbang arang yang telah mengalami proses pemanasan. Penggunaan timbangan digital ini mampu menimbang dengan tingkat akurasi yang tinggi karena mempunyai ketelitian sampai 0,001 gram
- 4) Gergaji digunakan untuk memotong-motong tempurung kelapa untuk mempercepat proses penjemuran dan pengarbonan
- 5) Mortal digunakan menumbuk arang tempurung kelapa untuk menjadi serbuk
- 6) Ayakan yang digunakan adalah *mess* 0,375 mm untuk mengayak serbuk tempurung kelapa.
- 7) *Scanning Electron Microscopy* (SEM) X-ray *Diffraction* (XRD) digunakan untuk mengetahui unsur, kandungan dan diameter pori dari serbuk tempurung kelapa.

### Metode

Jenis penelitian adalah studi ekperimental dengan melakukan pendekatan secara kuantitatif. Dengan data pengujian dibahas dan dianalisis untuk mengetahui grafit yang terbaik yang mengandung karbon tinggi

### Pembuatan Sampel

Pembuatan sampel dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Pengolahan bahan

Bahan/tempurung kelapa yang digunakan adalah jenis *hibrida* yang tua dari pohon. Buah kelapa yang sudah tua dikupas dari kulit/sabutnya, selanjutnya diambil dagingnya sehingga tinggal tempurungnya. Permukaan



tempurung kelapa yang masih ada sabutnya dibersihkan dengan menggunakan amplas, selanjutnya dipotong-potong dengan gergaji dengan luasan  $\pm 4 \text{ cm}^2$ .

#### b. Penjemuran

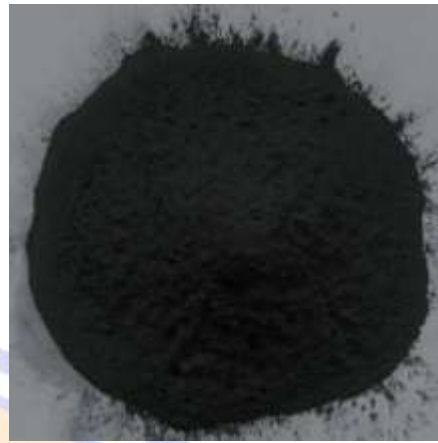
Penjemuran/pengeringan dilakukan guna mengurangi kadar air yang ada pada tempurung kelapa sehingga mempercepat proses pembakaran pada tungku pemanas. Setelah kering permukaan tempurung kelapa diampas permukaannya untuk menghilangkan sarabut yang masih tersisa dan menghilangkan pengotor yang menempel

#### c. Pengarangan/Pengabuan (Karbonisasi)

Proses pengarangan menggunakan tungku pemanas Nabertherm yang biasa digunakan untuk proses *heat treatment* logam dengan temperatur maksimal  $1100^\circ\text{C}$ . Adapun tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a) Menimbang tempurung kelapa yang sudah kering dan bersih seberat 100 gr dan diletakkan pada mortal/lempengan keramik
- b) Memasukkan tempurung kelapa ke dalam tungku pemanas dengan variasi pemanasan pada temperatur  $600^\circ\text{C}$ ,  $800^\circ\text{C}$ ,  $1000^\circ\text{C}$
- c) Menahan temperatur pemanasan pada masing-masing temperatur selama 60 menit.
- d) Mengulangi prosedur (b) dan (c) untuk membuat sampel berikutnya
- e) Mengeluarkan arang tempurung kelapa dari tungku pemanas dan didinginkan di udara luar, setelah dingin selanjutnya ditimbang dengan timbangan digital
- f) Menumbuk arang tempurung kelapa dan diayak dengan ayakan *mess* 0,375 mm hingga tidak bersisa.
- g) Menimbang kembali serbuk arang tempurung kelapa

Hasil serbuk arang tempurung kelapa seperti tampak pada gambar 1.



Gambar 1 Serbuk Tempurung Kelapa Setelah Diayak Menggunakan *Mess* 0,375 mm.

#### Pengujian dan Pengambilan Data

Serbuk arang tempurung kelapa yang sudah diayak dikarakterisasi dengan menggunakan pengujian SEM XRD.

Data yang diperoleh dari pengujian SEM XRD adalah foto mikro, unsur, kandungan komposisinya. Masing-masing perlakuan diambil 3 sampel pengujian.

Hasil foto mikro dianalisis dengan membandingkan beberapa referensi.

Perhitungan diameter pori diambil dari masing-masing pengujian dengan perbesaran 1200x, 1800x dan 2000x selanjutnya diambil rata-ratanya.

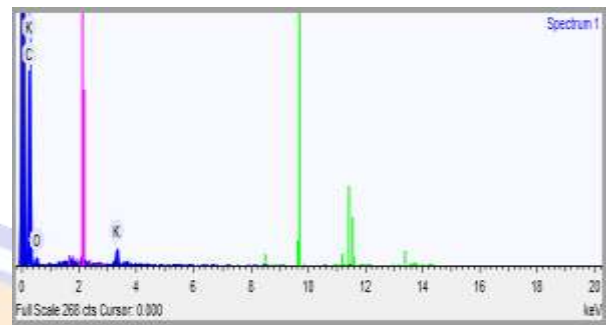
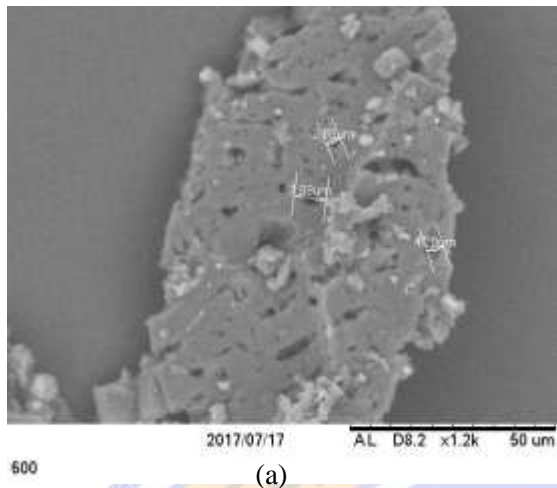
Unsur, komposisi dan kandungan serbuk arang tempurung kelapa dari masing-masing perlakuan temperatur dianalisis dan dibandingkan dengan referensi jurnal dan dilakukan pembahasan

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

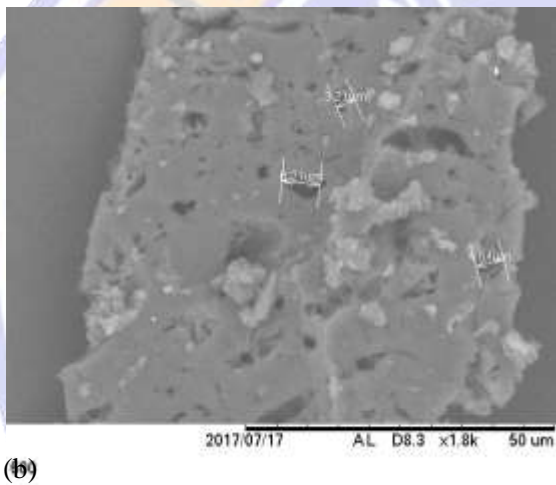
Data yang diperoleh dalam penelitian ini adalah berat tempurung kelapa yang sudah kering dan arang hasil pemanasan. Hasil SEM XRD diperoleh foto diameter pori, komposisi dan unsur yang ada pada serbuk arang tempurung kelapa. Foto SEM XRD dilakukan tiga kali dengan perbesaran 1200x, 1800x dan 2000x.

**Diameter Pori, Unsur dan Komposisi Serbuk Arang Tempurung Kelapa Temperatur 600°C Waktu Penahanan 60 Menit**

Temperatur 600°C dan Waktu Penahanan 60 Menit



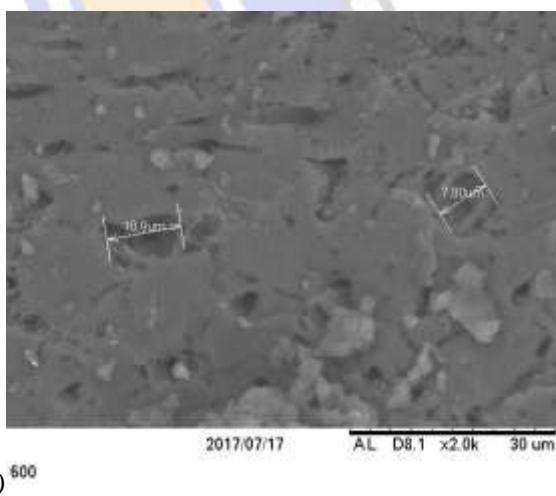
Gambar 3 *Acquisition conditions; Acquisition time (s):14.5, Process time: 4, Accelerating voltage (kV): 15.0* Serbuk Arang Tempurung Kelapa Temperatur 600°C Waktu Penahanan 60 Menit



Tabel 1 *Display Unsur (Weight %) Kandungan Serbuk Arang Tempurung Kelapa pada Temperatur 600°C Waktu Penahanan 60 Menit*

Name	C	O	K
Spectrum 1	84.455	11.520	4.024

Sumber: Laboratorium LSIH Universitas Brawijaya



Dari gambar 3 dan tabel 1 di atas unsur-unsur dan kandungan yang ada pada serbuk arang tempurung kelapa dengan perlakuan temperatur 600°C waktu penahanan 60 menit adalah: karbon, oksigen dan potassium.

Berat akhir arang tempurung kelapa setelah mengalami proses pemanasan 600 °C dan penahanan selama 60 menit adalah 11,8 gram dari berat awal 100 gram serta kadar abu 88,2%. Pada kondisi ini berat akhir dari arang tempurung kelapa relatif lebih besar dan yang menjadi abu lebih kecil, hal ini diakibatkan temperatur pemanasan yang relatif rendah dibanding kedua temperatur berikutnya. Rata-rata ukuran pori dari hasil SEM EDX perbesaran 1200x, 1800x dan 2000x adalah 6,45μm.

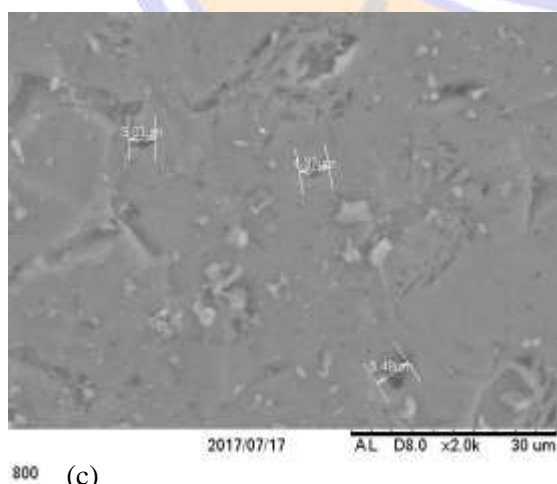
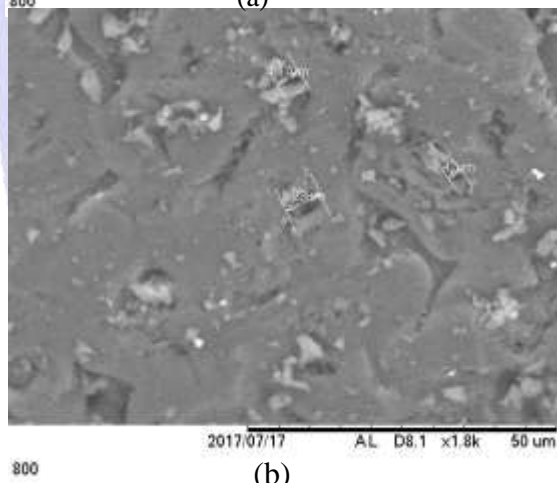
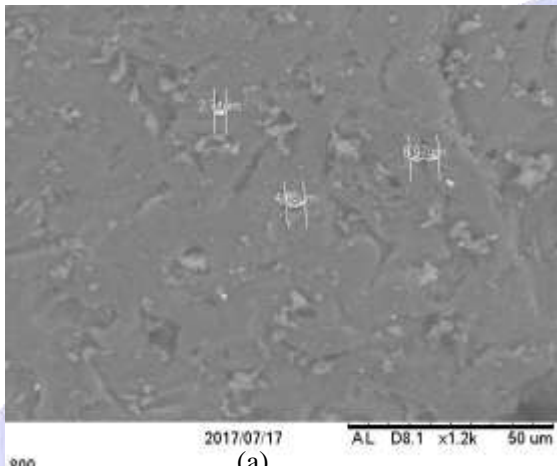
Menurut (Taer, 2015) dalam penelitiannya struktur pori 6,25 μm dan 9 μm. sangat baik untuk mengontrol kelembaban. Serbuk arang tempurung kelapa yang dihasilkan pada kondisi ini dengan kata lain dapat dimanfaatkan sebagai pengontrol kelembaban. Menurut (Sulistiyani,

Gambar 2 Hasil SEM XRD Serbuk Arang Tempurung Kelapa dengan (a) Perbesaran 1200x, (b) Perbesaran 1800x (c) Perbesaran 2000x Pada

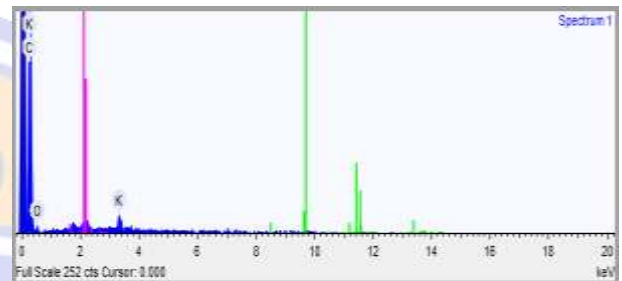


2013) bahwa kadar karbon dan diameter pori di atas merupakan salah satu arang aktif yang bermanfaat untuk bahan filter penyaring air. Pada kadar dan komposisi dan diameter pori ini (Tamado, 2013) juga bermanfaat untuk meningkatkan sifat thermal/konduktivitas panas.

**Diameter Pori, Unsur dan Komposisi Serbuk Arang Tempurung Kelapa Temperatur 800°C Waktu Penahanan 60 Menit**



Gambar 4 Hasil SEM XRD Serbuk Arang Tempurung Kelapa dengan (a) Perbesaran 1200x, (b) Perbesaran 1800x (c) Perbesaran 2000x Pada Temperatur 800°C dan Waktu Penahanan 60 Menit



Gambar 5 Acquisition conditions; Acquisition time (s):30.5, Process time: 4, Accelerating voltage (kV): 15.0 Serbuk Arang Tempurung Kelapa Temperatur 800°C Waktu Penahanan 60 Menit

Tabel 2 Display Unsur (Weight %) Kandungan Serbuk Arang Tempurung Kelapa pada Temperatur 800°C Waktu Penahanan 60 Menit

Name	C	O	K
Spectrum 1	86.441	10.036	3.523

Sumber: Laboratorium LSIH Universitas Brawijaya

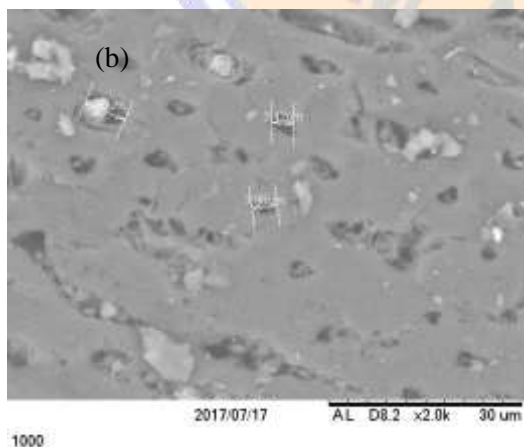
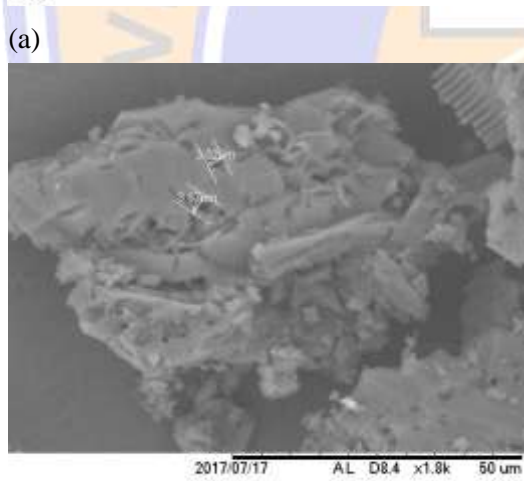
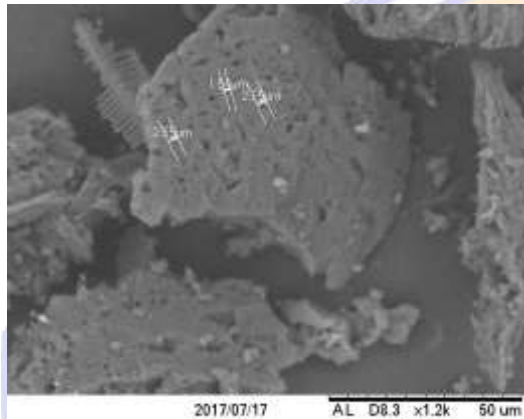
Dari gambar 5 dan tabel 2 di atas hasil pengujian menunjukkan unsur-unsur yang ada pada serbuk arang tempurung kelapa pada temperatur 800°C waktu penahanan 60 Menit adalah: karbon, oksigen dan potassium.

Berat akhir arang tempurung kelapa setelah mengalami proses pemanasan 800 °C dan penahanan selama 60 menit adalah 9,3 gram dari berat awal 100 gram serta kadar abu 90,7 %.. Rata-rata ukuran pori dari hasil SEM EDX perbesaran 1200x, 1800x dan 2000x adalah 4,56 µm. Peningkatan temperatur pemanasan mengakibatkan kadar oksigen dan potasium menurun.

Oksigen dan potassium merupakan zat pembakar sehingga peningkatan temperatur mengakibatkan oksigen dan potassium berkurang dalam serbuk arang tempurung kelapa. Peningkatan

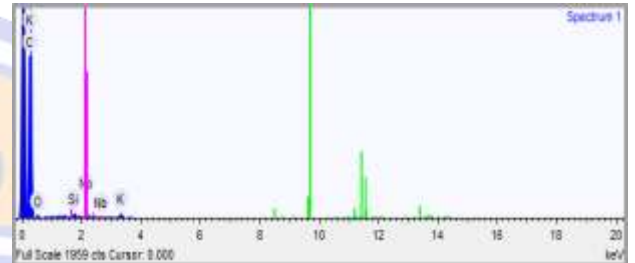
temperatur juga mempengaruhi mengecilnya diameter pori serbuk arang tempurung kelapa sebesar 1,89  $\mu\text{m}$ /menjadi 4,56 $\mu\text{m}$ . Pada kondisi ini serbuk arang tempurung kelapa masih bersifat arang aktif secara fungsional dan aplikasi di lapangan dapat dijadikan absorber, penjernih air dan meningkatkan temperatur.

**Diameter Pori, Unsur dan Komposisi Serbuk Arang Tempurung Kelapa Temperatur 1000°C Waktu Penahanan 60 Menit**



(c)

Gambar 7 Hasil SEM XRD Serbuk Arang Tempurung Kelapa dengan (a) Perbesaran 1200x, (b) Perbesaran 1800x (c) Perbesaran 2000x Pada Temperatur 1000°C dan Waktu Penahanan 60 Menit



Gambar 6 Acquisition conditions; Acquisition time (s):52.3, Process time: 4, Accelerating voltage (kV): 15.0 Serbuk Arang Tempurung Kelapa Temperatur 1000°C Waktu Penahanan 60 Menit

Tabel 3 Display Unsur (Weight %) Kandungan Serbuk Arang Tempurung Kelapa pada Temperatur 1000°C Waktu Penahanan 60 Menit

Name	C	O	Si	K	Nb
Spectr um 1	91.714	5.626	0.510	1.022	1.129

Sumber: Laboratorium LSIH Universitas Brawijaya

Dari gambar 6 dan tabel 3 di atas hasil pengujian menunjukkan unsur-unsur yang ada pada serbuk arang tempurung kelapa dengan perlakuan temperatur 1000°C waktu penahanan 60 menit adalah: karbon, oksigen, potassium dan niobium. Berat akhir arang tempurung kelapa setelah mengalami proses pemanasan 1000 °C dan penahanan selama 60 menit adalah 6,2 gram dari berat awal 100 gram serta kadar abu 93,8 %..Rata-rata ukuran pori dari hasil SEM EDX perbesaran 1200x, 1800x dan 2000x adalah 3,37  $\mu\text{m}$ . Peningkatan temperatur pemanasan mengakibatkan kadar oksigen dan potassium menurun cukup signifikan demikian juga terjadi peningkatan pada karbon yang cukup tinggi. Peningkatan temperatur juga mengurangi diameter pori hal ini sama seperti yang dilakukan oleh (Nasution, 2011) dalam



penelitiannya menyimpulkan bahwa jari-jari pori semakin kecil seiring dengan peningkatan temperatur karbonisasi. Hal yang menarik adalah adanya unsur baru yaitu Niobium. Properti dari Niobium adalah sebagai berikut:

Tabel 4 Properti Niobium

Atomic number	41
Atomic mass	92.91 g.mol
Density	8.4 g.cm <sup>-3</sup> at 20°C
Melting point	2410 °C
Boiling point	5100 °C
Vanderwaals radius	0.143 nm
Ionic radius	0.070 nm (+5) ; 0.069 nm (+4)
Isotopes	14
Electronic shell	[ Kr ] 4d <sup>4</sup> 5s <sup>1</sup>
Energy of first ionisation	652 kJ.mol <sup>-1</sup>

Sumber:

<http://www.lenntech.com/periodic/elements/nb.htm>

Niobium adalah logam yang langka mempunyai sifat lunak, mampu tempa yang baik, ulet, temperatur cair 2410°C, warna keabuan dan mengkilap. Memiliki struktur kristal *Body Centered Cubic* (BCC) dan sifat fisik dan kimianya menyerupai tantalum. Niobium mudah bereaksi dengan oksigen, karbon, halogen, nitrogen, dan belerang. Niobium dalam aplikasinya digunakan untuk membuat bahan paduan yang mempunyai sifat tahan terhadap temperatur tinggi, baja tahan karat khusus dan baja kekerasan tinggi seperti karbida.

Pada temperatur 1000°C tungku pada kondisi maksimum sehingga tidak memungkinkan untuk meningkatkan temperatur yang akan berakibat merusak tungku. Apabila temperatur dinaikkan sebagian besar arang tempurung kelapa akan menjadi abu.

## PENUTUP

### Simpulan

Dari data, analisis dan pembahasan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Unsur dan komposisi serbuk arang tempurung kelapa setelah mengalami variasi pemanasan dan waktu penahanan 60 menit didapat:

- Pada temperatur 600°C terdapat kandungan dan unsur: 84,455% C, 11,52% O dan 4,024% K per berat
- Pada temperatur 800°C terdapat kandungan dan unsur: 86,44% C, 10,04% O dan 3,52% K per berat.
- dan pada temperatur 1000°C terdapat kandungan dan unsur: 91,71% C, 5,63% O, 0,51% K dan 1,13% Nb per berat

2. Pemanasan yang ideal pada temperatur 1000°C, karena kadar karbon yang maksimal baik untuk bahan grafit dan munculnya Niobium sebagai material yang sangat keras, tahan pada temperatur tinggi dan tahan karat.

## Saran

Beberapa saran yang dapat kami sampaikan:

- Serbuk arang tempurung kelapa dapat dijadikan proses *pack carburizing* untuk meningkatkan kekerasan baja
- Perlu pemurnian lebih lanjut untuk mendapatkan kadar karbon mendekati 100%
- Perlu dilakukan proses *ball mild* untuk membuat serbuk tempurung kelapa dalam skala nano

## REFERENSI

- Aizawa T., Redationo N.T., Mizushima K., 2013, *Precise Micro-Texturing onto DLC Coating via High-Density Oxygen Plasma Etching. Proceedings of the 10th International Conference on Multi-Material Micro Manufacture*, San Sebastián, Spain
- Budi E., 2011, *Tinjauan Proses Pembentukan dan Penggunaan Arang Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Bakar*, *Jurnal Penelitian Sains, Volume 14 Nomer 4(B)*, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Jakarta, Indonesia
- Holmberg K., 2009, *Residual Stresses in TiN, DLC and MoS<sub>2</sub> Coated Surfaces with Regard to Their Tribological Fracture Behavior*, Elsevier Wear, (2009), 1-15
- <http://www.lenntech.com/periodic/elements/nb.htm>

- Mahtani, P., 2010 "Optical and Structural Characterization of Amorphous Carbon Films," Department of Electrical and Computer Engineering University of Toronto
- Najib L., Darsopuspito S., 2012 Karakterisasi Proses Gasifikasi Biomassa Tempurung Kelapa Sistem Downdraft Kontinyu dengan Variasi Perbandingan Udara-Bahan Bakar (AFR) dan Ukuran Biomassa JURNAL TEKNIK ITS Vol. 1, No. 1, ISSN: 2301-9271
- Nasution Z., Z. Rambe, S.M. 2011 Pengaruh Temperatur Karbonisasi Terhadap Pembentukan Struktur Pori Arang Cangkang Kelapa Sawit, *Jurnal Dinamika Penelitian Industri* Vol 22 No 2, Medan
- Redationo, N.T., Aizawa T., Yunata E.E., 2012 Plasma Micro-Patterning onto Diamond Like Carbon Coating, *The Proceedings "6th South East Asian Technical University Consortium (SEATUC) Symposium, 2012, KMUTT, Thailand*
- Redationo, N.T., Mizushima K., Aizawa T., Santjoyo D.J., 2013, Dry Plasma Etching for Micro Patterning on to The DLC Coating, *Proc. 7th South East Asian Technical University Consortium (SEATUC) Symposium, Institut Teknologi Bandung, Indonesia*
- Richardson G.Y., 2003, Erosion Testing of Coatings for V-22 Aircraft Applications, *International Journal of Rotating Machinery*, 9(1): 35-40
- Soković M., 2011, Quality management in development of hard coatings on cutting tool, *Journal of Achievement in Materials and Manufacturing Engineering, Volume 24*, 421-429
- Sulistiyani E., Budi E., Bakri F., 2013 Pengaruh Temperatur terhadap Adsorpsi Karbon Aktif Berbentuk Pelet Untuk Aplikasi Filter Air, *Seminar Nasional Fisika Universitas Negeri Jakarta*
- Taer E., T. Oktaviani, Taslim R., Farma R., 2015, Karakterisasi Sifat Fisika Karbon Aktif Tempurung Kelapa Dengan Variasi Konsentrasi Aktivator Sebagai Kontrol Kelembaban, Volume IV, Oktober 2015 *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2015*
- <http://snf-unj.ac.id/kumpulan-prosiding/snf2015>, Riau
- Tamado D., Budi E., Wirawan R., Dwi H., Tyaswuri A., Sulistiani E., Asma E., 2013, Sifat Termal Karbon Aktif Berbahan Arang Tempurung Kelapa, *Seminar Nasional Fisika, Universitas Negeri Jakarta*



