

PEMBUATAN KOMPOSIT KARBON DARI CAMPURAN ARANG BAMBU DENGAN *PETROLEUM COKE* MENGGUNAKAN METODA KARBONISASI

YANUAR HAMZAH[†], USMAN MALIK, LAZUARDI UMAR

*Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. Prof. Muchtar Lutfi Sp. Baru Pekanbaru 28293, Riau*

Abstrak. Telah dilakukan penelitian pembuatan komposit karbon dari campuran arang bambu jenis (*Gigantochloa apus*) dengan *petroleum coke* dari limbah industri pengolahan minyak bumi menggunakan metoda karbonisasi. Pada penelitian ini dilakukan perlakuan dengan persentase rasio massa arang bambu dengan *petroleum coke* adalah 70:30, 50:50 dan 30:70 menggunakan perekat resin berbentuk lingkaran berdiameter 3 cm, kemudian ditekan dengan alat *hydraulic testing machine* agar komposit karbon dihasilkan menjadi padat. Sifat struktur, morfologi dan komposisi komposit dianalisa menggunakan difraksi sinar-X, mikroskop pindai elektron dan *energy dispersive x-ray*. Analisa pola difraksi sinar-X digunakan untuk menghitung jarak antar bidang (d) dan parameter kristal karbon meliputi *stackheight*, L_c dan *stackwidth*, L_a . Bentuk morfologi komposit karbon terlihat tidak teratur dan berserat serta adanya mikropori dengan ukuran antara 10-100 μm . Persentase unsur karbon pada komposit karbon meningkat dengan meningkatnya persentase rasio massa *petroleum coke* setelah dianalisa menggunakan *energy dispersive x-ray spectroscopy* dan terdapat sejumlah kecil persentase silikon dan kalium.

Kata kunci: arang bambu, *petroleum coke*, komposit karbon

Abstract. The preparation of carbon composite from bamboo charcoal mixture with petroleum coke from petroleum refinery waste has been done using carbonization method. In this research, we use treatment with mass ratio percentages of bamboo charcoal: petroleum coke was 70:30, 50:50 and 30:70 using an adhesive resin circular shape with a diameter of 3mm and then pressed with hydraulic testing machine produced solid carbon composite. The structural, morphological and compositional properties of the composite were then analyzed using x-ray diffraction, scanning electron microscopy and energy dispersive x-ray. X-ray diffraction pattern analysis is used to calculate the interlayer spacing (d) and crystallite parameters of the carbon covers *stack height*, L_c and *stack width*, L_a . The morphology of carbon composite shown an irregular and fibrous with a size between 10 - 100 μm . The percentage of carbon element in the carbon composite increases with the increasing percentage of the mass ratio of petroleum coke analyzed using energy dispersive x-ray spectroscopy and there are a small percentage of silicon and potassium atoms.

Keywords: bamboo charcoal, petroleum coke, carbon composite

1. Pendahuluan

Bambu adalah kelompok anggota keluarga rumput-rumputan (*Graminae*) yang terutama banyak dijumpai di daerah tropis. Indonesia merupakan kawasan pusat keanekaragaman plasma nutfah bambu. Kandungan kalori arang bambu dengan nilai 6602 kal/gr telah dimanfaatkan secara tradisional untuk kegiatan memasak di pedesaan [1]. *Petroleum coke* yang biasanya disebut kokas minyak bumi adalah kelompok material dengan kandungan karbon yang tinggi. *Petroleum coke* adalah produk sampingan dari proses penyulingan minyak bumi yang digunakan sebagai bahan bakar tambang dan pembangkit listrik. Pada saat ini *petroleum coke* dapat digunakan sebagai prekursor yang memiliki luas permukaan dan kandungan karbon yang tinggi serta rendah kadar abunya sebagai bahan dasar pembuatan karbon aktif [2,3]. Aplikasi utama kalsinasi *petroleum coke* adalah untuk pembuatan anoda karbon pada industri. Kegunaan lainnya termasuk untuk

[†] Email: yanuar.hamzah@lecturer.unri.ac.id

elektroda grafit tungku (*furnace*) dan katoda pelindung pipa agar tidak cepat berkarat [4]. Karbon aktif memiliki luas permukaan yang tinggi telah dipreparasi dari bambu dengan menggunakan metoda aktivasi uap. Bambu sangat efektif sebagai material baru dan ekonomis untuk karbon aktif, studi ini menghasilkan luas permukaan yang tinggi sebagai adsorben polutan [5]. Studi literatur di atas menunjukkan bahwa bambu dan *petroleum coke* dapat dimanfaatkan sebagai material komposit karbon, sehingga perlu dilakukan studi pembuatan dan analisa sifat fisika campuran material tersebut beserta aplikasinya. Tujuan penelitian ini adalah membuat komposit karbon berbahan dasar campuran arang bambu dengan *petroleum coke* dengan metoda karbonisasi serta studi sifat-sifat struktural, mikro-struktural dan komposisi produk yang dihasilkan. Untuk mengetahui sifat struktur, mikro-struktur dan komposisi unsur komposit karbon masing masing digunakan *X-ray diffraction* (XRD), *scanning electron microscopy* (SEM) dan *energy dispersive x-ray spectroscopy* (EDS).

2. Metode Penelitian

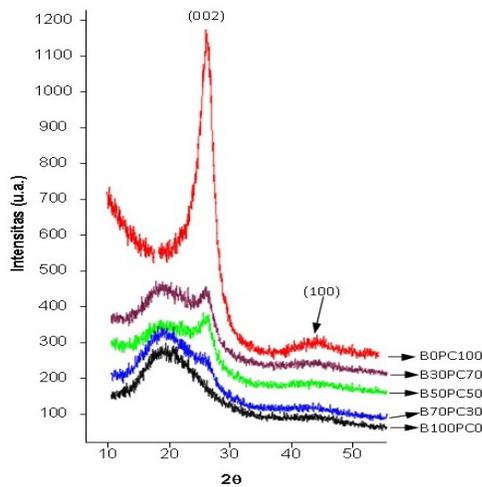
Preparasi sampel komposit karbon dalam penelitian ini adalah bambu jenis (*Gigantochloa apus*) yang telah dipotong dengan ukuran panjang 15 cm kemudian dikeringkan dengan cara penjemuran. Proses karbonisasi dilakukan menggunakan proses *kiln* dengan cara destilasi kering selama 3 jam dengan suhu 300°C. Setelah itu sampel didinginkan pada udara terbuka selama ± 1 jam. Selanjutnya dikeluarkan dari *kiln* dimana arang bambu yang terbentuk dipisahkan dari abu untuk dilakukan penggerusan dengan menggunakan mortar. Proses selanjutnya digiling dengan menggunakan *ball milling* selama 20 jam, dengan rentang waktu penggilingan 4 jam dan waktu istirahat selama 1 jam sehingga dihasilkan serbuk arang bambu yang homogen.

Petroleum coke yang berasal dari kilang UP II Pertamina II Dumai Provinsi Riau dihaluskan dengan proses yang sama dilakukan untuk arang bambu. Selanjutnya masing masing sampel serbuk arang bambu dan *petroleum coke* dilakukan pengayakan dengan ukuran 100 *mesh* untuk mendapatkan ukuran serbuk kecil dari 100 μm . Proses ini dilakukan agar diperoleh serbuk halus yang dapat digunakan untuk pembuatan pelet. Campuran serbuk arang bambu (B) dengan serbuk *petroleum coke* (PC) dibuat dengan menggunakan perekat resin fenol untuk memperkuat ikatan kedua campuran tersebut. Rasio berat campuran serbuk arang bambu dan *petroleum coke* masing masing adalah 70:30, 50:50 dan 30:70 dengan kode sampel adalah: B70PC30, B50PC50 dan B30PC70. Sebagai pembanding dibuat dua sampel tanpa campuran yaitu hanya serbuk arang bambu dan *petroleum coke* menggunakan perekat resin fenol dengan kode sampel B100PC0 dan B0PC100. Semua sampel selanjutnya dilakukan proses peletisasi berbentuk lingkaran dengan diameter 3 cm dan ketebalan 1 mm, kemudian ditekan dengan alat *hydraulic testing machine* dengan tekanan $3 \times 10^5 \text{ kg/m}^2$. Pemberian tekanan ini dapat memampatkan serbuk yang dihasilkan menjadi padat, kuat dan tidak mudah pecah selanjutnya permukaan sampel dihaluskan menggunakan kertas pasir.

Tahap berikutnya dilakukan karakterisasi dengan menggunakan XRD, SEM dan EDS. Hasil data karakterisasi XRD diatas dilakukan analisis dan kalkulasi untuk menentukan sifat sifat struktur seperti jarak Bragg dan parameter kristal komposit karbon sesuai dengan formulasi menurut penelitian dari referensi [5]. Formulasinya dapat dinyatakan sebagai berikut $d = \lambda / 2 \sin \theta$ dan $L = K \lambda / \beta \cos \theta$ dimana d adalah jarak antara bidang (\AA), θ adalah sudut puncak Bragg ($^\circ$), λ adalah panjang gelombang sinar-X yang digunakan (1,34 \AA), dan β adalah tinggi setengah tinggi puncak (rad). Faktor K adalah 0,89 untuk L_c , dan 1,84 untuk L_a . Hasil dari karakterisasi semua sample komposit arang bambu dan *petroleum coke* dipaparkan dalam hasil dan pembahasan.

3. Hasil dan Pembahasan

Gambar 1 menunjukkan karakterisasi XRD sampel dimana pengukuran dilakukan pada sudut (2θ) antara 10° sampai 55° . Intensitas refleksi muncul pada puncak karbon (002) pada sudut (2θ) $18,96^\circ$ bergeser pada sudut (2θ) = $25,44^\circ$ yang mana mendekati posisi puncak (002) grafit. Pergeseran sudut refleksi ini ditemukan juga oleh *Ma et al* [5] dimana pergeseran sudut refleksi dimulai pada sudut (2θ) = $18,98^\circ$. Sampel komposit karbon dengan rasio campuran arang bambu dengan *petroleum coke* (B70PC30), 50:50 (B50PC50), 30:70 (B30PC70) puncak (002) mengalami pergeseran dari sudut (2θ) = $24,48^\circ$ sampai sudut (2θ) = $25,44^\circ$. Puncak (100) karbon terlihat dengan intensitas sangat lemah pada sudut (2θ) = $40,04^\circ$ bergeser sampai sudut (2θ) = $42,68^\circ$). Hasil ini menunjukkan bahwa atom karbon dari sampel komposit karbon tersusun kembali dari tidak teratur menjadi teratur kembali dan peningkatan struktur kristalin dengan meningkatnya persentase campuran *petroleum coke*.



Gambar 1. Difraksi sinar-X komposit karbon.

Analisa dari data data pola XRD dapat dikalkulasi dari beberapa parameter, yaitu jarak antar bidang (d) dan parameter kristal yang meliputi *stack height* (L_c), *stack diameter* (L_a) dan dimensi efektif L . Jarak antar bidang diperoleh dengan menggunakan hukum Bragg sedangkan parameter kristal diperoleh dengan menggunakan persamaan Scherer seperti yang telah dijelaskan pada metoda penelitian. Sebagai akibat dari pergeseran puncak (002) dan (100) ke sudut yang lebih besar menyebabkan nilai jarak Bragg semakin menurun dan parameter kristal serta dimensi efektif juga menurun untuk sampel dengan rasio persentase campuran *petroleum coke* semakin meningkat, seperti yang terlihat pada tabel 1.

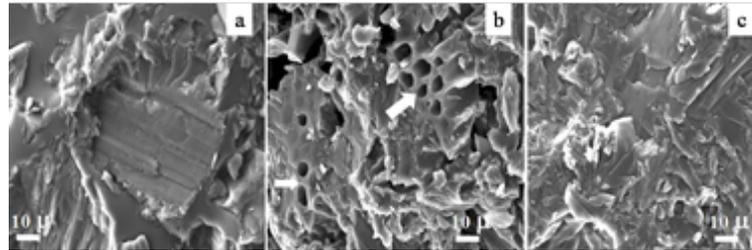
Tabel 1. Jarak Bragg, parameter kristal dan dimensi efektif.

| Sampel | $d_{002}(\text{Å})$ | $d_{100}(\text{Å})$ | $L_c(\text{Å})$ | $L_a(\text{Å})$ | $L(\text{Å})$ |
|---------|---------------------|---------------------|-----------------|-----------------|---------------|
| B70PC30 | 3,633 | 2,103 | 0,115 | 0,247 | 0,006 |
| B50PC50 | 3,547 | 2,116 | 0,102 | 0,220 | 0,004 |
| B30PC70 | 3,498 | 2,250 | 0,098 | 0,208 | 0,003 |

Penambahan persentase pencampuran *petroleum coke* dengan arang bambu mengakibatkan jarak Bragg d_{002} menurun dari $3,633(\text{Å})$ sampai $3,498(\text{Å})$, sedangkan jarak Bragg d_{100} meningkat dari $2,103(\text{Å})$ sampai $2,250(\text{Å})$. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa semakin besar persentase

arang bambu akan menghasilkan struktur kristal yang padat [6]. Variasi nilai numerik dari d_{002} lebih besar dari d_{100} menunjukkan hasil yang sama untuk material karbon pada umumnya. Jarak Bragg d_{002} lebih besar secara signifikan dari d_{002} grafit (3,354 Å) dan *petroleum coke* (3,440 Å) pada suhu karbonisasi 1000-1300°C [7,8]. Jarak Bragg d_{002} menurun maka *stack height* (L_c) juga menurun, sebaliknya jarak Bragg d_{001} meningkat *stack diameter* (L_a) juga menurun. Hasil ini mengindikasikan bahwa sampel komposit karbon sangat sulit berubah menjadi grafit dan kompleksitas dari sifat arang bambu yang terdiri dari serat selulosa dikarbonisasi pada suhu 300°C.

Gambar 2 (a-c) adalah foto SEM morfologi sampel B70PC30, B50PC50 dan B30PC70 yang memperlihatkan mikrostruktur dengan bentuk yang tidak teratur dan ada sedikit formasi aglomerasi kristalit karbon dari *petroleum coke* dengan ukuran 50-100 µm dan terlihat adanya serat komposit karbon. Sampel B50PC50 menunjukkan telah mulai terbentuk mikropori dengan ukuran 10-100 µm dipermukaan komposit karbon lihat Gambar 2 (c).



Gambar 2. Foto SEM komposit karbon dengan perbesaran 500X.

Tabel 2 memaparkan hasil analisa EDS rasio persentase campuran *petroleum coke* meningkat mengakibatkan presentase karbon semakin meningkat, sebaliknya persentase oksigen semakin berkurang.

Tabel 2. Komposisi komposit karbon.

| Sampel | Komposisi atomik (%) | | | |
|---------|----------------------|-------|------|------|
| | C | O | Si | K |
| B30PC70 | 85,39 | 14,52 | 0,06 | 0,03 |
| B50PC50 | 83,68 | 15,87 | 0,28 | 0,18 |
| B70PC30 | 79,32 | 20,33 | 0,21 | 0,13 |

Hasil analisa EDS memperlihatkan bahwa semua sampel persentase atomik unsur yang dominan adalah karbon (79,32% - 85,39%) dan oksigen (14,52% - 22,33%), terdapat sedikit persentase atomik silikon (0,06% - 0,21%) dan kalsium (0,03% - 0,13%). Adanya sedikit persentase atom silikon dan kalium dapat dijelaskan bahwa berasal dari kandungan sumber minyak mentah dan proses kalsinasi *petroleum coke*.

5. Kesimpulan

Komposit karbon dari campuran arang bambu dengan *petroleum coke* dengan perbedaan rasio perbandingan massa keduanya telah berhasil dibuat dengan metoda karbonisasi. Karakterisasi sifat sifat struktur, morfologi dan komposisi karbon telah dianalisis. Jarak Bragg, parameter kristal telah dikalkulasikan dari data XRD. Morfologi sampel dari foto SEM menunjukkan formasi kristalit karbon mikropori berukuran 10-100 µm dengan bentuk serat komposit yang tidak teratur. Hasil karakterisasi EDS memperlihatkan besarnya persentase unsur yang dominan adalah karbon dan

oksigen. Semakin besar rasio persentase campuran *petroleum coke* maka persentase karbon semakin bertambah dan sebaliknya persentase oksigen semakin berkurang.

Ucapan terima kasih

Penulis menyampaikan apresiasi kepada Isnaim yang telah membuat sampel pada penelitian ini. Terimakasih kepada Lab Uji Material FT Universitas Riau dan Laboratorium Terpadu FST-UKM Malaysia.

Daftar Pustaka

1. R. Batubara, *Pemanfaatan Bambu di Indonesia*, Bulletin Penelitian Hasil Hutan 15(3) 190-199, 2002
2. EJ Anthony, et.al., *Fouling in a utility-scale CFBC boiler firing 100% petroleum coke*, Fuel Processing Technology 88(6), 535-547, 2007
3. CA Bizzi, et.al., *Solid sampling coupled to flame furnace atomic absorption spectrometry for Mn and Ni determination in petroleum coke*, Microchemical Journal 96 64-70, 2010
4. IC Popovici, et.al., *Morphological and microstructural characterization of some petroleum cokes as potential anode materials in lithium ion batteries*, Journal of Optoelectronics and Advanced Materials 12(9), 1903-1908, 2010
5. X Ma, et.al., *Preparation, Surface and Pore Structure of High Surface Area Activated Carbon Fibers from Bamboo by Steam Activation*, Materials 7 4431-4441, 2014
6. AK Kercher and DC Nagle, *Microstructural evolution during charcoal carbonization by X-ray diffraction analysis*, Carbon 4(1) 15-27, 2003
7. BP Richards, *Relationships between interlayer spacing, stacking order and crystallinity in carbon materials*, Journal of Applied Crystallography 1(1),35-48,1968
8. C Hui-Ming, E Hiroyuki, O Toshihiro, S Kouji, Z Guobin, *Graphitization Behavior of Wood Ceramics and Bamboo Ceramics as Determined by X-Ray Diffraction*, Journal Porous Materials 6, 233-237, 1999