

## Sintesis Porous Carbon dari Sukrosa Menggunakan Silica Template pada Temperatur Kamar

Lia Puspita Dewi<sup>a</sup>, Taslimah<sup>a\*</sup>, Choiril Azmiyawati<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Inorganic Chemistry Laboratory, Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University, Jalan Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang 50275

\* Corresponding author: [taslimah@live.undip.ac.id](mailto:taslimah@live.undip.ac.id)

### Article Info

#### Keywords:

Porous carbon, silica template, sugar (sucrose), bleaching agent, sugar destruction, porosity increase

#### Kata kunci:

*porous carbon*, *silica template*, gula (sukrosa), *bleaching agent*, destruksi gula, peningkatan porositas

### Abstract

In this research, porous carbon material has been synthesized using sugar (sucrose) as raw material by adding sodium silicate as source of silica template. The porous carbon synthesis was carried out at room temperature and without activation. The aim of this research was to obtain porous carbon material with simple method, determining porous carbon porosity and knowing its adsorptivity ability to dye in bleaching process of crude palm oil (CPO). Porous carbon was made by adding sodium silicate into a solution of sugar (sucrose), which then added by concentrated sulfuric acid, followed by homogeneous stirring. After the mixture was cooled, then 1% HF was added, washed to neutral and heated at 120 ° C. for 2 hours. The resulting product was then characterized using FTIR spectrophotometer, X-Ray diffraction and surface area analyzer. Furthermore, the resulting porous carbon was tested as a bleaching agent on crude palm oil (CPO). It was concluded that the porous carbon formed was similar to the activated carbon, while the addition of silica templates could increase porous carbon porosity. Porous carbon with a sucrose and sodium silicate ratio of 20:15 has a specific surface area of 155.90 m<sup>2</sup>/g and an average pore radius of 1.4019 Å. Synthetic porous carbon can be used as a crude palm oil (CPO) palate agent, however its leaching ability was still relatively low.

### Abstrak

Pada penelitian ini telah dibuat material *porous carbon* menggunakan bahan baku gula (sukrosa) dengan menambahkan natrium silikat sebagai sumber *silica template*. Sintesis *porous carbon* dilakukan pada temperatur kamar dan tanpa aktivasi. Tujuan penelitian adalah untuk memperoleh material *porous carbon* dengan metode sederhana, menentukan porositas *porous carbon* yang dihasilkan dan mengetahui kemampuan adsorptivitasnya terhadap zat warna pada proses *bleaching* minyak kelapa sawit kasar (CPO). *Porous carbon* dibuat dengan cara menambahkan natrium silikat ke dalam larutan gula (sukrosa) yang selanjutnya dilakukan penambahan asam sulfat pekat dan pengadukan hingga homogen. Setelah campuran dingin, kemudian ditambahkan HF 1%, dicuci hingga netral dan dipanaskan pada suhu 120°C selama 2 jam. Produk yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer FTIR, *X-Ray diffraction* dan *surface area analyzer*. Selanjutnya *porous carbon* yang dihasilkan dicobakan sebagai agen pemucat (*bleaching agent*) pada minyak kelapa sawit mentah (CPO). Disimpulkan bahwa *porous carbon* yang terbentuk memiliki kemiripan dengan karbon aktif, sedangkan penambahan *silica template* dapat meningkatkan porositas *porous carbon* yang dihasilkan. *Porous carbon* dengan rasio sukrosa dan natrium silikat sebanyak 20:15 memiliki luas permukaan spesifik sebesar 155,90 m<sup>2</sup>/g dan jari-jari pori rata-rata sebesar 1,4019 Å. *Porous carbon* hasil sintesis dapat digunakan sebagai agen pemucat minyak kelapa sawit mentah (CPO), namun kemampuan pemucatannya masih relatif rendah.

## 1. Pendahuluan

*Porous carbon* merupakan suatu material serbaguna karena mempunyai luas permukaan yang besar dan mempunyai banyak kegunaan diantaranya dapat diaplikasikan sebagai filter, membran, adsorben, elektroda, *supercapacitors*, *column packing*, *hydrogen storage*, *catalyst* dan *catalyst support*. *Porous carbon* dapat disintesis menggunakan beberapa metode diantaranya dengan menggunakan sistem polimerisasi resorsenol/formaldehida (RF) dari larutan yang mengandung resorsenol, formaldehida dan surfaktan menggunakan temperatur yang tinggi diatas 900°C.

Dietz dan Recla [1] telah melakukan sintesis *porous carbon* dengan menggunakan sukrosa. Proses sintesis yang dilakukan dengan cara melarutkan sukrosa ke dalam air, kemudian ditambahkan asam sulfat dan komponen kationik seperti ammonium sulfat ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), *Cetiltrimethylammonium bromide* (CTAB), *Triethylamine hydrochloride*, *Cesium sulfate*, dan lain-lain. Campuran tersebut diinjeksikan ke dalam *furnace* dengan temperatur 100–200°C yang akan menghasilkan padatan hitam, kemudian dilanjutkan dengan aktivasi menggunakan temperatur 800–1.000°C dengan mengalirkan gas nitrogen dengan laju alir tertentu. Lee dkk. [2] juga melakukan penelitian tentang *porous carbon* yang disintesis menggunakan silika gel dan *porous glass* sebagai *template* dengan cara mempolimerisasikan campuran *phenol hexamine* dan silika gel yang diikuti dengan proses pirolisis dalam atmosfer berisi gas nitrogen di bawah 1000°C, yang kemudian dipanaskan pada suhu 2000°C. Umumnya *porous carbon* yang dihasilkan berbentuk sferik dengan ukuran 3 – 10 µm dan luas permukaan sekitar 150 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>. Di samping itu, peneliti lain seperti Kyotani [3] membuat *porous carbon* dari nano komposit *polyfurfuryl alcohol*/silika gel yang diproduksi melalui proses sol gel. Pertama-tama silika sol disiapkan dengan mengaduk campuran TEOS, etil alkohol, akuabides, dan HCl pada suhu 80°C selama 3 jam dan selanjutnya dipanaskan pada suhu diatas 120°C pada saat gelas dan polimerisasi *polyfurfuryl alcohol* terjadi. Karbonisasi tersebut dilakukan dalam film pada suhu 800°C. Dari penelitian ini dihasilkan *porous carbon* dengan ukuran pori ± 2 nm pada rasio HCl/TEOS rendah dan semakin meningkat dengan kenaikan rasio HCl/TEOS. Akan tetapi, masing-masing proses yang digunakan untuk mensintesis *porous carbon* diatas juga masih dirasakan cukup mahal dan cukup lama, sehingga metode-metode tersebut dirasakan kurang efektif untuk menghasilkan *porous carbon* dalam skala besar.

Pada penelitian ini, dilakukan sintesis *porous carbon* yang mengacu pada penelitian-penelitian diatas dengan menggunakan prekursor gula (sukrosa) sebagai sumber karbon, asam sulfat sebagai senyawa pendehidrasi (pengkarbonasi), dan natrium silikat sebagai sumber *silica template*. Sintesis dilakukan dengan mencampurkan gula (sukrosa) dan natrium silikat dalam perbandingan variasi komposisi tertentu pada suhu kamar melalui metode sol-gel. Selanjutnya dilakukan pengambilan *silica template* dengan melarutkan padatan karbon/silika ke dalam HF 1%.

*Porous carbon* yang dihasilkan kemudian digunakan sebagai agen pemucat (*bleaching agent*) minyak kelapa sawit kasar (CPO), karena biasanya warna minyak kelapa sawit yang dihasilkan dari pengepresan masih keruh dengan warna oranye kemerahan yang berasal dari campuran klorofil dan karoten. Minyak kelapa sawit merupakan salah satu minyak yang sulit dipucatkan karena mengandung pigmen karoten yang cukup tinggi. Warna pada minyak kelapa sawit merupakan salah satu faktor yang mendapat perhatian khusus produsen, karena minyak kelapa sawit mengandung warna-warna yang tidak disukai oleh konsumen [4]. *Bleaching* pada minyak biasanya dilakukan dengan menggunakan tanah lempung (*bleaching clay*) atau karbon aktif (*bleaching carbon*). Penggunaan karbon sebagai *bleaching agent* didasarkan pada banyaknya pori-pori pada karbon aktif yang dapat dimanfaatkan untuk mengadsorpsi zat-zat warna yang terdapat dalam minyak kelapa sawit [5]. Karbon aktif merupakan salah satu material yang dapat dikategorikan sebagai *porous carbon* [6]. Akan tetapi pada pembuatan karbon aktif ini proses karbonasi maupun aktivasi memerlukan energi yang tinggi dengan pemanasan pada suhu tinggi 350–900°C dan waktu yang cukup lama (±2–3 jam) [7].

## 2. Metodologi Penelitian

### Alat dan bahan

Bahan yang digunakan antara lain: sukrosa, natrium silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>), asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 98%, asam florida (HF) 1 %, aquades, dan minyak kelapa sawit kasar. Sedangkan peralatan yang digunakan meliputi: *magnetic stirrer-hot plate*, corong *buchner*, kertas saring, neraca analitik, botol fial, aluminium foil, alat-alat gelas, BET NOVA 1000, spektrofotometer FT-IR Shimadzu, *X-Ray diffraction*.

### Sintesis *Porous Carbon* dengan Penambahan Natrium Silikat.

20 gram gula dilarutkan dengan 10 ml aquades kemudian masing-masing ditambahkan dengan natrium silikat dengan variasi 0 gram (C<sub>1</sub>), 10 gram (C<sub>2</sub>), 15 gram (C<sub>3</sub>), 20 gram (C<sub>4</sub>), 25 gram (C<sub>5</sub>) dan 30 gram (C<sub>6</sub>). Kemudian larutan campuran tersebut di aduk sampai tercapai campuran yang homogen. Setelah itu ditambahkan 10 mL asam sulfat 98% sedikit-sedikit sambil sesekali diaduk sampai didapatkan gel yang agak padat. Hasilnya kemudian dikeringkan dan hasil dari campuran gula dan natrium silikat ditambahkan 25 ml larutan HF 1% dan di stirer kembali selama 10 menit. Kemudian disaring dan lakukan pencucian menggunakan aquades hingga mendekati netral. Hasil pencucian dikeringkan dalam oven pada suhu sekitar 120°C selama 2 jam. Setelah itu didinginkan di dalam desikator kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometer FTIR, BET dan *X-Ray diffraction*.

**Pengujian Porous Carbon sebagai Bleaching Agent Minyak Kelapa Sawit Kasar.**

**Penentuan temperatur**

2,5 % adsorben dipanaskan bersama 10 mL minyak kelapa sawit masing-masing pada temperatur 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135 dan 150°C selama 10 menit.

**Penentuan porous carbon yang sesuai untuk adsorben pada proses pemucatan minyak kelapa sawit**

10 mL minyak kelapa sawit ditambah masing-masing porous carbon (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub>, dan C<sub>6</sub>) kemudian dipanaskan pada temperatur 130°C selama 10 menit.

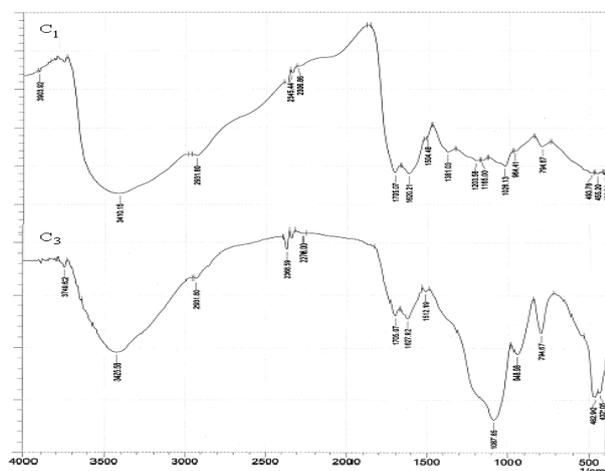
**3. Hasil dan Pembahasan**

**Sintesis dan Karakterisasi Porous Carbon dengan menggunakan Silica Template**

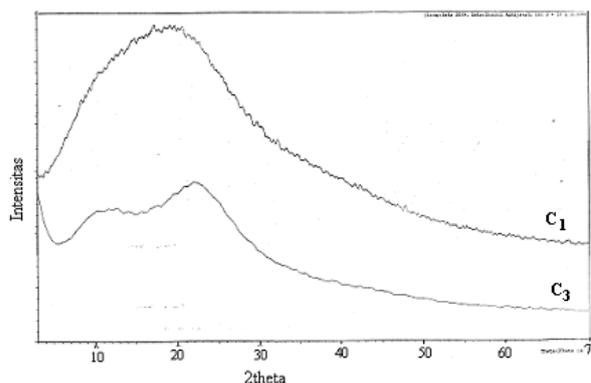
Dalam penelitian ini, proses pembuatan porous carbon tidak menggunakan temperatur karbonisasi prekursor yang tinggi serta tidak menggunakan aktivasi kimia ataupun fisika, melainkan menggunakan template (cetakan) yang bertujuan untuk meningkatkan porositas karbon. Proses pembuatan porous carbon dilakukan dengan menggunakan prekursor dari bahan karbohidrat berupa gula (sukrosa), natrium silikat sebagai sumber silica template, serta asam sulfat sebagai senyawa pendehidrasi sukrosa serta sebagai senyawa yang mengubah larutan natrium silikat menjadi silika gel (silica template).

Dehidrasi yang terjadi pada sukrosa akan mengakibatkan terputusnya ikatan karbon yang kemudian akan menghasilkan gel padat berwarna hitam. Pada saat yang hampir bersamaan, natrium silikat yang bereaksi dengan asam sulfat akan menjadi silika gel. Silika gel yang terbentuk akan berperan sebagai template sehingga memberikan kontribusi dalam peningkatan porositas dari porous carbon.

Porous carbon yang diperoleh kemudian dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer FTIR dan difraksi sinar-X (XRD) seperti pada gambar di bawah ini.



**Gambar 1** Spektra FTIR porous carbon tanpa penambahan natrium silikat (C<sub>1</sub>) dan porous carbon dengan penambahan natrium silikat (C<sub>3</sub>)



**Gambar IV.3** Hasil XRD porous carbon tanpa penambahan natrium silikat (C<sub>1</sub>) dan porous carbon dengan penambahan natrium silikat (C<sub>3</sub>)

Berdasarkan analisis spektra IR sampel porous carbon diatas sampel porous carbon mengandung gugus fungsi antara lain: gugus fungsi C=C yang diidentifikasi bilangan gelombang 1620,21 untuk sampel C<sub>1</sub> dan pada bilangan gelombang 1627,92 cm<sup>-1</sup> pada sampel C<sub>3</sub>; gugus fungsi C=O yang diidentifikasi pada bilangan gelombang 1705, 07 cm<sup>-1</sup>; gugus OH yaitu masing-masing pada bilangan gelombang 3410,15 cm<sup>-1</sup> pada sampel C<sub>1</sub> dan pada bilangan gelombang 3425,58 cm<sup>-1</sup> pada sampel C<sub>3</sub>; dan gugus COOH yang ditandai dengan adanya serapan dari uluran OH yang melebar pada bilangan gelombang 2931,80 cm<sup>-1</sup>. Pita serapan pada bilangan gelombang tersebut sama pada kedua sampel porous carbon, tetapi secara lengkap serapan dapat dilihat pada sampel porous carbon C<sub>1</sub>. Hal ini dikarenakan pada sampel porous carbon C<sub>3</sub> sebagian serapan tersebut tertutupi oleh serapan yang diduga berasal dari silika gel dengan ditandai adanya pita serapan siloksan (Si-O-Si) pada bilangan gelombang 1087,85 cm<sup>-1</sup>.

Adanya serapan OH yang diperkirakan berasal dari asam karboksilat tersebut diperkuat dengan adanya pita serapan uluran C-O pada bilangan gelombang 1203,58 cm<sup>-1</sup>, pita serapan tekukan O-H pada bilangan gelombang 1381,03 cm<sup>-1</sup> dan Pita serapan lemah dari tekukan O-H (dimer) pada bilangan gelombang 964,41 cm<sup>-1</sup>. Hal ini sesuai dengan literatur yang menyebutkan bahwa serapan asam karboksilat yang terdiri dari uluran OH, C=O, C-O, tekukan OH dan tekukan OH yang berasal dari dimernya dapat diidentifikasi pada bilangan gelombang berturut-turut yaitu 2860-3300; 1700-1725; 1210-1330; 1300-1440; ~925 cm<sup>-1</sup> [8]. Dengan didukung oleh hasil analisis sifraktometer sinar-X menunjukkan bahwa sampel porous carbon memiliki struktur bersifat amorf maka dapat dinyatakan bahwa sampel porous carbon hasil sintesis yang diperoleh memiliki susunan yang mirip dengan karbon aktif.

Selain menggunakan dua pengukuran diatas, porous carbon hasil sintesis juga dikarakterisasi menggunakan surface area analyzer yang memiliki prinsip berdasarkan teori Braunauer-Emmet-Teller (BET). Hasil pengukuran dengan surface area analyzer disajikan pada tabel 1.

Dari pengukuran tersebut didapatkan bahwa porous carbon dengan penambahan natrium silikat memiliki

porositas lebih tinggi daripada *porous carbon* yang tidak ditambahkan dengan natrium silikat. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penambahan natrium silikat sebagai sumber *silica template* dapat meningkatkan porositas dari *porous carbon* hasil sintesis.

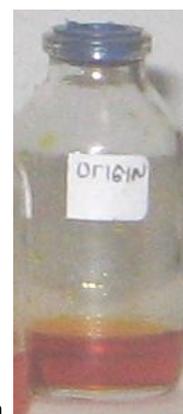
Tabel 1. Perbandingan Porositas dari *porous carbon* C<sub>1</sub> dan C<sub>3</sub>

C <sub>1</sub>			C <sub>3</sub>		
Jari-jari pori (Å)	Volum pori (cc/g)	Luas pori (m <sup>2</sup> /g)	Jari-jari pori (Å)	Volum pori (cc/g)	Luas pori (m <sup>2</sup> /g)
20,32	5,74.10 <sup>-5</sup>	5,65.10 <sup>-2</sup>	21,08	8,29.10 <sup>-3</sup>	7,87
18,86	3,79.10 <sup>-5</sup>	4,02.10 <sup>-2</sup>	19,52	1,13.10 <sup>-3</sup>	11,5
17,54	6,23.10 <sup>-5</sup>	7,11.10 <sup>-2</sup>	18,06	8,07.10 <sup>-3</sup>	8,93
16,34	2,78.10 <sup>-5</sup>	3,41.10 <sup>-2</sup>	16,84	8,45.10 <sup>-3</sup>	10,0
15,26	1,74.10 <sup>-5</sup>	2,27.10 <sup>-2</sup>	15,69	8,22.10 <sup>-3</sup>	10,5
14,25	9,76.10 <sup>-6</sup>	1,37.10 <sup>-2</sup>	14,62	8,18.10 <sup>-3</sup>	11,2
13,30	1,17.10 <sup>-5</sup>	1,76.10 <sup>-2</sup>	13,62	8,16.10 <sup>-3</sup>	12,0
12,39	8,33.10 <sup>-6</sup>	1,34.10 <sup>-2</sup>	12,67	8,20.10 <sup>-3</sup>	12,9
11,49	8,58.10 <sup>-6</sup>	1,49.10 <sup>-2</sup>	11,75	8,47.10 <sup>-3</sup>	14,4
			10,84	9,10.10 <sup>-3</sup>	16,8
			10,02	7,66.10 <sup>-3</sup>	15,3
			9,18	1,16.10 <sup>-3</sup>	25,2
			8,27	1,25.10 <sup>-3</sup>	30,1
			7,19	2,36.10 <sup>-3</sup>	65,6
Volum pori total = 0,3478 cc/g			Volum pori total = 70,7455 cc/g		
Jari-jari pori rata-rata = 14,033 Å			Jari-jari pori rata-rata = 14,019 Å		
Luas permukaan spesifik = 0,77 m <sup>2</sup> /g			Luas permukaan spesifik = 155,90 m <sup>2</sup> /g		

**Pengujian Porous Carbon Sebagai Bleaching Agent pada Pemucatan (Bleaching) Minyak Kelapa Sawit Kasar (CPO)**

Pengujian *porous carbon* hasil sintesis tersebut sebagai *bleaching agent* pada dasarnya bertujuan untuk mengetahui kemampuan *porous carbon* yang dihasilkan dalam mengadsorpsi zat warna dalam minyak kasar terutama yang disebabkan oleh adanya kandungan karoten yang tinggi.

Dari hasil penelitian, didapatkan bahwa penggunaan *porous carbon* dengan berbagai variasi jumlah *template* yang ditambahkan menghasilkan tingkat pemucatan minyak kelapa sawit yang berlainan. Hasil pengamatan secara visual dari pemucatan minyak kelapa sawit kasar menggunakan *porous carbon* hasil sintesis ditunjukkan pada Gambar IV.5 dan sebagai perbandingan disertakan pula gambar minyak kelapa sawit sebelum proses pemucatan yang ditunjukkan oleh gambar di bawah ini.



Gambar 2 (a) Minyak kelapa sawit kasar (CPO); (b) Hasil proses *bleaching* menggunakan *porous carbon* dengan variasi jumlah *silica template* (dari kiri ke kanan (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub>, dan C<sub>6</sub>))

Dari hasil *bleaching* yang diperlihatkan pada gambar tersebut diketahui bahwa *porous carbon* dengan rasio sukrosa : natrium silikat sebesar 20 : 15 (sampel C<sub>3</sub>) mempunyai kemampuan adsorpsi yang paling baik jika dibandingkan dengan *porous carbon* lainnya namun intensitas warna yang dihasilkan masih cukup tinggi jika dibandingkan dengan intensitas warna minyak kelapa sawit yang ada dipasaran. Hal ini diakibatkan oleh kondisi minyak yang belum menjalani *pre-treatment* sebelum dilakukannya proses pemucatan sehingga mengakibatkan proses pemucatan minyak kelapa sawit ini menjadi lebih sulit. Selain itu juga dikarenakan oleh ukuran molekul zat warna yang lebih besar dari sebagian besar pori-pori yang ada dalam *porous carbon* C<sub>3</sub>. Sampel *porous carbon* C<sub>3</sub> memiliki range ukuran pori dari 7–21 Å (atau 0,7–2,1 nm) dimana daerah ukuran ini termasuk dalam ukuran mikropori (ukuran pori < 2 nm). Ukuran tersebut biasanya cocok untuk mengadsorpsi molekul-molekul yang kecil contohnya gas atau untuk aplikasi lainnya seperti untuk *hydrogen energy storage* [3] yang dapat diterapkan pada *fuel cell*. Sedangkan untuk molekul yang lebih besar seperti halnya zat warna pada minyak kelapa sawit kasar dibutuhkan ukuran pori-pori yang berkisar antara 2–50 nm (mesopori), sehingga karena sebagian pori-pori *porous carbon* hasil sintesis memiliki ukuran yang kecil, zat warna pada minyak kelapa sawit yang teradsorpsi juga kecil. Dengan demikian diperlukan adanya penelitian lebih lanjut dalam hal pengontrolan pori-pori *porous carbon* sehingga didapatkan *porous carbon* dengan ukuran pori-pori yang sesuai dengan aplikasinya sebagai *bleaching agent* minyak kelapa sawit kasar.

**4. Kesimpulan**

*Porous carbon* hasil sintesis memiliki kemiripan dengan karbon aktif. Penambahan natrium silikat meningkatkan porositas produk. *Porous carbon* dengan

rasio sukrosa : natrium silikat sebesar 20 : 15 memiliki luas permukaan spesifik sebesar 155,90 m<sup>2</sup>/g, jari-jari pori rata-rata sebesar 14,019 Å dan volum pori total 70,7455 cc/g. *Porous carbon* hasil sintesis dapat digunakan sebagai agen pemucat untuk minyak kelapa sawit kasar (CPO), namun kemampuannya masih rendah.

## 5. Daftar Pustaka

- [1] S. Dietz, D. Recla, Porous carbons from carbohydrates, in, Google Patents, 2009.
- [2] Jinwoo Lee, Jaeyun Kim, Taeghwan Hyeon, Synthesis of new nanostructured carbon materials using silica nanostructured templates by Korean research groups, *International Journal of Nanotechnology*, 3, 2-3, (2006) 253-279  
<http://dx.doi.org/10.1504/ijnt.2006.009583>
- [3] Takashi Kyotani, *Porous Carbon*, in: *Carbon Alloys: Novel Concepts to Develop Carbon Science and Technology*, Elsevier Science, 2003.
- [4] Nurhida Pasaribu, *Minyak Buah Kelapa Sawit*, in: *USU Repository, Jurusan Kimia Universitas Sumatera Utara*, Medan, 2004.
- [5] S. Ketaren, *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*, in, Universitas Indonesia Press, Jakarta, 1986.
- [6] Satish M. Manocha, *Porous carbons*, *Sadhana*, 28, 1, (2003) 335-348
- [7] James E. Brady, *Kimia Universitas : Asas dan Struktur*, 5 ed., Erlangga, Jakarta, 1994.
- [8] Robert Milton Silverstein, G. Clayton Bassler, Terence C. Morrill, *Spectrometric Identification of Organic Compounds*, 4 ed., Wiley, 1981.