

Submitted : 9 November

Revised : 16 November

Accepted : 17 November

PENGARUH RASIO *IMPREGNANT* $ZnCl_2$ DAN TEMPERATUR KARBONISASI TERHADAP LUAS PERMUKAAN KARBON AKTIF DARI KULIT JERUK

Hans Kristianto¹, Arenst Andreas Arie^{1*}

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan, Jl. Ciumbuleuit no 94 Bandung 40141

*Email: arenst@unpar.ac.id

Abstrak

Pada penelitian ini dilakukan sintesis karbon aktif dari kulit jeruk (*Citrus nobilis var microcarpa*) dengan menggunakan aktivasi kimia $ZnCl_2$. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh rasio impregnant dan temperatur karbonisasi terhadap luas permukaan karbon aktif yang diperoleh. Rasio kulit jeruk terhadap impregnant divariasikan 4:1, 2:1, 1:1, 1:2, dan 1:4, dengan temperatur karbonisasi pada 400, 500, dan 600°C. Karbonisasi dilakukan dengan menggunakan *electrical tubular furnace* dengan atmosfer nitrogen selama 1 jam. Luas permukaan karbon aktif dianalisa dengan menggunakan *Micromeritics apparatus NOVA 1000/3200e Quantachrome*. Diperoleh bahwa temperatur dan rasio impregnant cenderung berpengaruh terhadap luas permukaan karbon aktif yang diperoleh. Pada rasio impregnant 4:1 sampai 1:2, temperatur karbonisasi terbaik pada 500°C, akan tetapi pada rasio 1:4, luas permukaan yang diperoleh relatif sama untuk setiap variasi temperatur. Luas permukaan yang diperoleh relatif tinggi terutama jika dibandingkan dengan karbon aktif lain yang disintesis dari kulit buah-buahan. Luas permukaan karbon aktif terbesar diperoleh pada rasio impregnant 1:4 dan temperatur 600°C dengan luas permukaan mencapai 1198,16m²/g.

Kata Kunci: Karbon Aktif, Kulit Jeruk, $ZnCl_2$

Abstract

*This research focused on synthesizing activated carbon from Indonesia local orange (*Citrus nobilis var microcarpa*) peel waste utilizing $ZnCl_2$ as impregnant. The effect of impregnant ratio and carbonization temperature to the activated carbon surface area was studied. Ratio of orange peel to $ZnCl_2$ was varied at 4:1, 2:1, 1:1, 1:2, and 1:4 with carbonization temperature at 400, 500, and 600°C. Carbonization was done by using electrical tubular furnace under nitrogen atmosphere for 1 hour. The obtained activated carbon's surface area was analyzed using Micromeritics apparatus NOVA 1000/3200e Quantachrome. It was observed that at impregnant ratio 4:1 to 1:2, the optimum carbonization temperature was 500°C, while at impregnant ratio 1:4, the obtained surface area was relatively the same. The obtained activated carbon's surface area was relatively high, especially when compared with other activated carbon synthesized from fruit's peel. The highest activated carbon surface area was obtained at impregnant ratio 1:4 and carbonization temperature 600° with surface area of 1198,16m²/g.*

Keywords: Activated Carbon, Orange Peel, $ZnCl_2$

1. PENDAHULUAN

Karbon aktif merupakan salah satu material yang memiliki penggunaan yang luas pada berbagai bidang. Beberapa aplikasinya seperti adsorbent (Tsai dkk., 1998; Bhatnagar dkk., 2013), elektroda pada superkapasitor (Elmouwahidi dkk., 2012), support katalis (Zhu dkk, 2000; Lemus-Yegres dkk, 2007), dan

sebagainya. Pada umumnya karbon aktif dibuat dari batu bara, terutama jenis antrasit dan bituminous (Yang, 2003) atau pun dari biomassa yang mengandung lignoselulosa. Biomassa yang dimanfaatkan di antaranya seperti tempurung kelapa (Azevedo dkk., 2007), serbuk gergaji (Taer dkk., 2010), kulit singkong (Sudaryanto dkk., 2006), kulit

kacang-kacangan (Ahmadpour dan Do, 1997; Çuhadar, 2005; Yang dan Lua, 2006), bonggol jagung (Tsai dkk., 1998), biji buah-buahan (Olivares-Marin dkk., 2006; Ubago-Perez dkk., 2006), atau pun kulit buah-buahan (Prahas dkk., 2008; Ahmad dan Alrozi, 2011; Foo dan Hameed, 2012).

Sintesis karbon aktif sendiri secara umum dibagi menjadi tahap pirolisis/karbonisasi, dan tahap aktivasi. Pada proses aktivasi secara fisika dengan menggunakan kukus atau pun gas CO₂, proses aktivasi dan perlakuan panas dilakukan secara terpisah (dua tahap). Proses aktivasi fisika bertujuan untuk menghilangkan tar yang terbentuk selama karbonisasi sehingga struktur pori-pori karbon menjadi terbuka (Mohamed, Mohammadi dkk., 2010). Sementara itu pada proses aktivasi kimia, aktivasi dan karbonisasi dilakukan dalam satu tahap, dan temperatur yang lebih rendah dibandingkan dengan aktivasi fisika. Beberapa senyawa yang digunakan untuk aktivasi kimia seperti asam fosfat (H₃PO₄), asam sulfat (H₂SO₄), asam nitrat (HNO₃), kalium hidroksida, dan *zinc chloride* (ZnCl₂) (Mohamed dkk., 2010).

Penelitian mengenai sintesis karbon aktif dari kulit buah-buahan lokal khas Indonesia pernah dilakukan sebelumnya, seperti kulit durian (Chandra dkk., 2009), nangka (Prahas dkk., 2008), manggis (Foo dan Hameed, 2012), dan lainn sebagainya. Pada penelitian ini akan difokuskan pada sintesis karbon aktif dari kulit jeruk lokal Indonesia (*Citrus nobilis var microcapa*). Produksi jeruk di Indonesia cukup besar, bahkan mencapai 1,8 juta ton pada tahun 2011, sehingga memberikan jumlah limbah kulit yang cukup banyak. Oleh karena itu limbah kulit jeruk berpotensi untuk dimanfaatkan, salah satunya sebagai sumber biomassa untuk membuat karbon aktif. Sepengetahuan penulis, sintesis karbon aktif dari kulit jeruk lokal Indonesia belum pernah dilakukan sebelumnya. Selain itu, studi pengaruh rasio impregnant dan temperatur karbonisasi terhadap luas permukaan karbon aktif dari kulit jeruk juga belum pernah dilakukan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Preparasi Bahan Baku

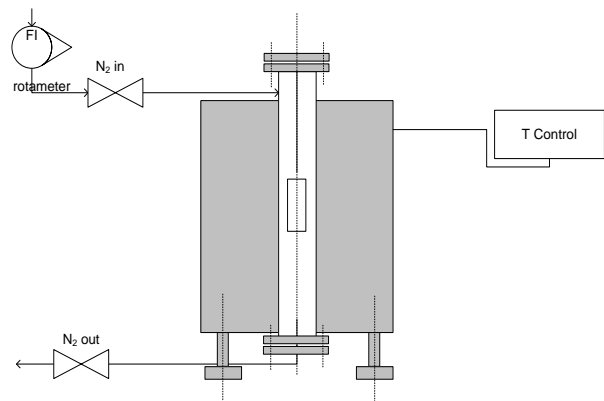
Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini merupakan kulit jeruk Garut yang diperoleh dari pasar setempat, Bandung, Indonesia. Kulit jeruk yang diperoleh kemudian dicuci beberapa kali dengan air keran dan aquades untuk menghilangkan pengotor. Kulit jeruk kemudian dikeringkan dengan oven pada temperatur 110°C semalaman. Kulit jeruk yang sudah kering kemudian dihaluskan sehingga diperoleh kulit jeruk dengan ukuran lewat 100 mesh.

2.2 Sintesis Karbon Aktif

Karbon aktif disintesis dengan menggunakan metode aktivasi kimia dengan menggunakan ZnCl₂ (Merck-p.a.) sebagai *impregnant*. 10 gram kulit jeruk dicampur dengan ZnCl₂ pada berbagai rasio massa kulit jeruk : ZnCl₂ 4:1, 2:1, 1:1, 1:2, dan 1:4 kemudian ditambahkan 100mL aquades. Campuran kemudian dikocok menggunakan *shaker* selama 24jam.

Campuran kemudian disentrifuge pada 6.000rpm selama 15 menit. Padatan yang diperoleh kemudian dikeringkan dengan oven pada temperatur 110°C semalaman.

Padatan kering yang diperoleh kemudian dikarbonisasi dengan menggunakan *tubular electrical furnace* pada temperatur 400, 500, dan 600°C selama 1jam dalam atmosfer nitrogen. Skema furnace yang digunakan disajikan pada Gambar 1. Karbon aktif yang diperoleh ditumbuk hingga ukuran lewat 100mesh, lalu dicuci dengan menggunakan HCl 0,5M, dan aquades berulang kali hingga pH netral. Karbon aktif kemudian dikeringkan dengan oven pada temperatur 110°C semalaman. Karbon aktif kering yang diperoleh disimpan di dalam desikator.



Gambar 1. Skema *tubular electrical furnace*

2.3 Analisa

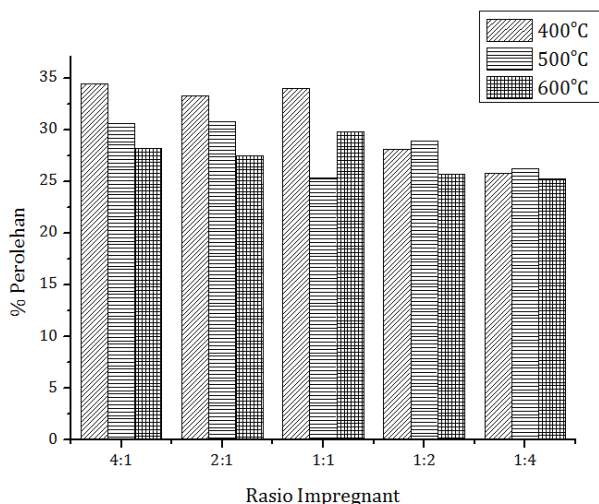
Perolehan karbon aktif dihitung berdasarkan massa karbon aktif kering setelah dicuci dibagi dengan massa awal kulit jeruk kering yang digunakan. Perhitungan %perolehan dituliskan pada persamaan 1. Analisa luas permukaan karbon aktif dilakukan dengan menggunakan *Micromeritics apparatus NOVA 1000/3200e Quantachrome*.

$$\% \text{perolehan} = \frac{m \text{ karbon aktif}}{m \text{ kulit jeruk}} \times 100\% \quad (1)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perolehan Karbon Aktif

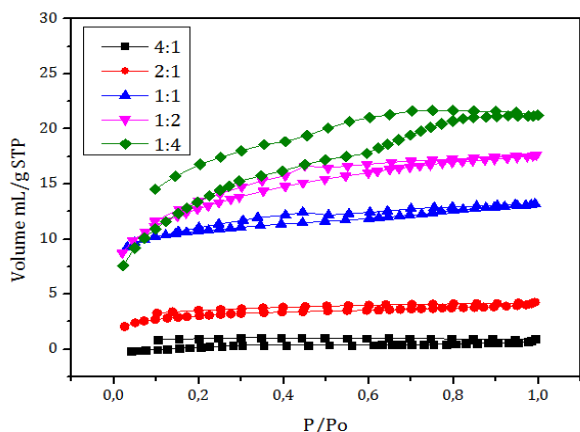
Pengaruh rasio *impregnant* dan temperatur karbonisasi terhadap perolehan karbon aktif disajikan pada Gambar 2. Dapat diamati bahwa pada temperatur 400°C dengan rasio rendah, perolehan karbon aktif relatif lebih besar. Hal ini diduga diakibatkan oleh semakin banyaknya senyawa volatil yang dilepaskan seiring dengan kenaikan temperatur (Chandra dkk., 2009). Sementara itu pada rasio yang lebih besar, temperatur cenderung tidak merubah perolehan karbon aktif. Perolehan karbon aktif dari kulit jeruk pada rentang 25,3-34%, yang berada pada rentang umum perolehan karbon aktif dari lignoselulosa, yaitu 20-30% (Marsh dan Rodriguez-Renioso, 2006).



Gambar 2. Pengaruh temperatur dan rasio *impregnant* terhadap perolehan karbon aktif

3.2 Kurva Isotherm Adsorpsi

Secara kualitatif, karakteristik pori-pori dari karbon aktif dapat diamati dari profil isotherm adsorpsi nitrogen pada 77K (Marsh dan Rodriguez-Renoso, 2006). Kurva isotherm adsorpsi pada temperatur 500°C disajikan pada Gambar 3. Dapat diamati bahwa pada berbagai rasio *impregnant* kurva isotherm adsorpsi menunjukkan kurva tipe IV berdasarkan klasifikasi IUPAC. Kurva tipe IV ditunjukkan dengan adanya *hysteresis loop* yang diakibatkan oleh kondensasi nitrogen pada struktur mesopori karbon aktif (Marsh dan Rodriguez-Renoso, 2006). Oleh karena itu dapat disimpulkan struktur karbon aktif yang dihasilkan merupakan struktur mikro-mesopori. Profil kurva isotherm adsorpsi serupa juga diperoleh untuk karbon aktif yang dikarbonisasi pada temperatur 400 dan 600°C.

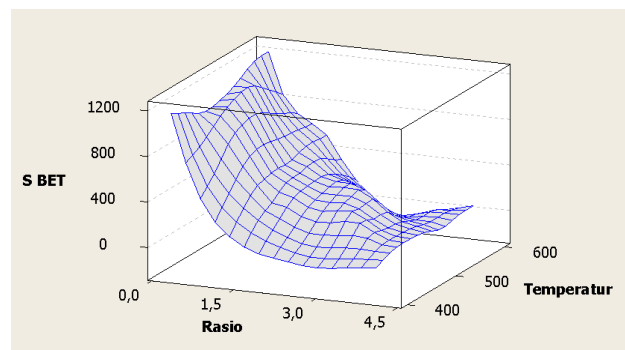


Gambar 3. Kurva Isotherm Adsorpsi pada 500°C

3.3 Luas permukaan karbon aktif

Pengaruh rasio *impregnant* dan temperatur karbonisasi terhadap luas permukaan karbon aktif disajikan pada Gambar 4. Dapat diamati bahwa pada rasio *impregnant* yang kecil, luas permukaan karbon aktif yang diperoleh relatif kecil pula. Seiring dengan peningkatan rasio *impregnant*, teramati peningkatan

luas karbon aktif yang diperoleh. Hal serupa diamati oleh Lua dan Yang (2005) pada pembuatan karbon aktif dari kulit pistachio. Menurut Lua dan Yang (2005), hal ini disebabkan pada rasio yang rendah, ZnCl₂ memberikan efek inhibisi yang tidak terlalu kuat terhadap pembentukan tar, sehingga mendorong pembentukan *micropore* yang lebih dominan, dengan *mesopore* dan makropore yang terbatas. Pada rasio yang lebih besar (di atas 1), ZnCl₂ memberikan efek inhibisi yang kuat terhadap pembentukan tar, sehingga mendorong pelepasan senyawa volatil yang lebih banyak. Hal ini mengakibatkan mikropori yang telah terbentuk dapat melebar menjadi mesopori bahkan makropori (Lua dan Yang, 2005). Lebih lanjut, menurut Ahmadpour, dkk. (1997), terdapat dua mekanisme aktivasi ZnCl₂ yang bergantung pada rasionya. Pada rasio <1, pembentukan mikropori lebih dominan, sementara rasio antara 1-2, pembentukan mikropori dan pelebaran pori-pori berkontribusi dalam membentuk struktur karbon aktif. Pada rasio >2, pelebaran pori-pori menjadi sangat dominan.

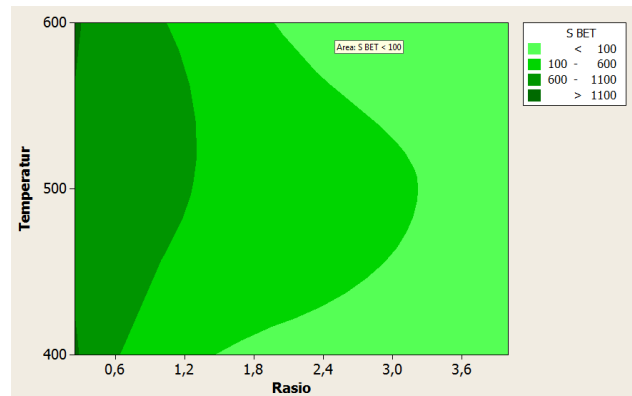


Gambar 4. Pengaruh rasio *impregnant* dan temperatur terhadap luas permukaan karbon aktif

Pengaruh temperatur terhadap luas permukaan dapat lebih jelas dilihat pada grafik kontur yang disajikan pada Gambar 5.. Pada rasio 4:1, 2:1, 1:1, dan 1:2 luas permukaan BET optimum pada temperatur 500°C, dibandingkan dengan 400 dan 600°C. Akan tetapi untuk rasio 1:4, luas permukaan paling besar pada temperatur 600°C yaitu sebesar 1198 m²/g, sedikit lebih besar daripada 400°C, yaitu 1164 m²/g. Pengaruh temperatur terhadap luas permukaan BET dengan *impregnant* ZnCl₂ seringkali dilaporkan optimum pada temperatur 500°C (Ahmadpour dan Do, 1997; Olivares-Marin dkk., 2006; Ucar dkk., 2009; Liou, 2010), akan tetapi luas permukaan yang optimum pada temperatur 600°C juga dilaporkan oleh Saka (2012). Pada percobaan Saka (2012) dilakukan pembuatan karbon aktif dari kulit acorn dengan variasi temperatur 300-600°C, di mana temperatur 600°C memberikan luas permukaan yang paling besar. Luas permukaan pada 600°C (1289 m²/g) lebih besar dibandingkan dengan temperatur 500°C (988 m²/g), akan tetapi pada 600°C lebih banyak struktur *mesopore*, dibandingkan pada 500°C yang cenderung *micropore* (Saka, 2012). Hal yang sama pun teramati pada penelitian ini. Jika membandingkan nilai diameter pori-pori dari analisa BET untuk karbon aktif dengan luas terbesar pada masing-masing temperatur,

maka dapat disimpulkan karbon aktif yang diperoleh pada temperatur 500°C lebih cenderung *micropore* (diameter 25,276 Å) dibandingkan 400°C (diameter 32,45 Å) dan 600°C (diameter 35,45 Å).

Perbandingan hasil karbon aktif yang diperoleh pada penelitian ini terhadap penelitian lain yang menggunakan kulit buah-buahan sebagai sumber biomassa pembuatan karbon aktif disajikan pada Tabel 1. Dapat diamati bahwa karbon aktif yang disintesis dari kulit jeruk memiliki luas permukaan yang relatif besar, dan memiliki nilai luas permukaan yang kurang lebih sama dengan karbon aktif lain yang disintesis dari kulit buah-buahan.



Gambar 5. Kurva kontur pengaruh rasio impregnant dan temperatur karbonisasi terhadap luas permukaan karbon aktif

Tabel 1. Perbandingan luas permukaan karbon aktif dari kulit buah-buahan

Bahan Baku	Metode Aktivasi	Luas permukaan (m ² /g)	Pustaka
Kulit jeruk (<i>Citrus nobilis</i>)	ZnCl ₂	1198,16	Penelitian ini
Kulit durian	KOH	992	(Chandra dkk., 2009)
Kulit nangka	H ₃ PO ₄	1260	(Prahastika dkk., 2008)
Kulit manggis	K ₂ CO ₃	1098,75	(Foo dan Hameed, 2012 a)
Kulit jeruk (<i>Citrus sinensis</i>)	K ₂ CO ₃	1104,45	(Foo dan Hameed, 2012 b)

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah berhasil disintesis karbon aktif dari kulit jeruk dengan menggunakan metode aktivasi kimia ZnCl₂. Pada rasio 4:1 sampai 1:2, temperatur optimum yang memberikan luas permukaan karbon aktif terbesar adalah 500°C, sementara pada rasio 1:4, luas permukaan relatif tidak berbeda jauh, hanya dimateri rata-rata pori-pori karbon aktif yang berbeda. Luas permukaan karbon aktif terbesar yang diperoleh adalah 1198,15m²/g pada aktivasi dengan rasio 1:4 temperatur 600°C. Luas permukaan karbon aktif yang diperoleh sudah baik terutama jika dibandingkan dengan peneliti lain yang mensintesis karbon aktif dari kulit buah-buahan. Profil rasio impregnant dan temperatur terhadap luas permukaan masih cenderung meningkat, sehingga dapat diteliti lebih lanjut untuk memperoleh titik optimumnya.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Korea Institute of Science and Technology (KIST) dalam IRDA Alumnae Cooperation Project antara KIST dan Universitas Katolik Parayangan.

6. DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, M. A. dan R. Alrozi, Optimization of rambutan peel based activated carbon preparation conditions for Remazol Brilliant Blue R removal, *Chemical Engineering Journal*, 2011, 168, 280-285.

Ahmadpour, A. dan D. D. Do, The Preparation of Activated Carbon from Macadamia Nutshell by Chemical Activation, *Carbon*, 1997, 35(12), 1723-1732.

Azevedo, D. C. S., J. C. S. Araujo, M. s. Bastos-Neto, A. E. B. Torres, E. F. Jaguaribe dan C. I. L. Cavalcante, Microporous activated carbon prepared from

coconut shells using chemical activation with zinc chloride, *Microporous and Mesoporous Materials*, 2007, 100, 361-364.

Bhatnagar, A., W. Hogland, M. Marques dan M. Sillanpää, An overview of the modification methods of activated carbon for its water treatment applications, *Chemical Engineering Journal*, 2013, 219, 499-511.

Chandra, T. C., M. M. Mirna, J. Sunarso, Y. Sudaryanto dan S. Ismadji, Activated carbon from durian shell: Preparation and Characterization, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 2009, 40, 457-462.

Çuhadar, Ç., Production and Characterization of Activated Carbon From Hazelnut Shell and Hazelnut Husk. Tesis Master, Graduate School Of Natural and Applied Sciences, Middle East Technical University. 2005

Elmouwahidi, A., Z. Zapata-Benabith, F. Carrasco-Marín dan C. Moreno-Casti, Activated carbons from KOH-activation of argan (*Argania spinosa*) seed shells as supercapacitor electrodes, *Bioresource Technology*, 2012, 111, 185-190.

Foo, K. Y. dan B. H. Hameed, Factors affecting the carbon yield and adsorption capability of the mangosteen peel activated carbon prepared by microwave assisted K₂CO₃ activation, *Chemical Engineering Journal*, 2012, 180, 66-74.

Foo, K. Y. dan B. H. Hameed, Preparation, characterization and evaluation of adsorptive properties of orange peel based activated carbon via microwave induced K₂CO₃ activation *Bioresource Technology*, 2012, 104, 679-686.

Lemus-Yegres, L. J., I. Such-Basanez, M. C. Roman-Martinez dan C. S.-M. d. Lecea, Catalytic properties of Rh-diamine complex anchored on activated

- carbon : Effect of different surface oxygen groups, *Applied Catalysis A : General*, 2007, 331, 26-33.
- Liou, T.-H., Development of mesoporous structure and high adsorption capacity of biomass-based activated carbon by phosphoric acid and zinc chloride activation, *Chemical Engineering Journal*, 2010, 158, 129-142.
- Lua, A. C. dan T. Yang, Characteristics of activated carbon prepared from pistachio-nut shell by zinc chloride activation under nitrogen and vacuum conditions, *Journal of Colloid and Interface Science*, 2005, 290, 505-513.
- Marsh, H. dan F. Rodriguez-Renioso *Activated Carbon*, Elsevier Science & Technology Books 2006
- Mohamed, A. R., M. Mohammadi dan G. N. Darzi, Preparation of carbon molecular sieve from lignocellulosic biomass: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2010, 14, 1591-1599.
- Olivares-Marin, M., C. Fernandez-Gonzalez, A. Macias-Garcia dan V. Gomez-Serrano, Preparation of activated carbon from cherry stones by chemical activation with ZnCl₂, *Applied Surface Science*, 2006, 252, 5967-5971.
- Prahas, D., Y. Kartika, N. Indraswati dan S. Ismadji, Activated carbon from jackfruit peel waste by H₃PO₄ chemical activation: Pore structure and surface chemistry characterization, *Chemical Engineering Journal*, 2008, 140, 32-42.
- Saka, C., BET, TG-DTG, FT-IR, SEM, iodine number analysis and preparation of activated carbon from acorn shell by chemical activation with ZnCl₂, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2012, 95, 21-24.
- Sudaryanto, Y., S. B. Hartono, W. Irawaty, H. Hindarso dan S. Ismadji, High surface area activated carbon prepared from cassava peel by chemical activation, *Bioresource Technology*, 2006, 97, 734-739.
- Taer, E., M. Deraman, I. A. Talib, A. A. Umar, M. Oyama dan R. M. Yunus, Physical, electrochemical and supercapacitive properties of activated carbon pellets from pre-carbonized rubber wood sawdust by CO₂ activation *Current Applied Physics*, 2010, 10, 1071-1075.
- Tsai, W. T., C. Y. Chang dan S. L. Lee, A Low Cost Adsorbent From Agricultural Waste Corn Cob By Zinc Chloride Activation, *Bioresource Technology*, 1998, 64, 211-217.
- Ubago-Perez, R., F. Carrasco-Marin, D. Fairen-Jimenez dan C. Moreno-Castilla, Granular and monolithic activated carbons from KOH-activation of olive stones, *Microporous and Mesoporous Materials*, 2006, 92, 64-70.
- Ucar, S., M. Erdem, T. Tay dan S. Karagoz, Preparation and characterization of activated carbon produced from pomegranate seeds by ZnCl₂ activation, *Applied Surface Science*, 2009, 255, 8890-8896.
- Yang, R. T. *Adsorbents: Fundamentals and Applications*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, 2003
- Yang, T. dan A. C. Lua, Textural and chemical properties of zinc chloride activated carbons prepared from pistachio-nut shells, *Materials Chemistry and Physics*, 2006, 100, 438-444.
- Zhu, Z. H., L. R. Radovic dan G. Q. Lu, Effects of acid treatments of carbon on N₂O and NO reduction by carbon-supported copper catalysts *Carbon* 38 (2000) 451-464, 2000, 38, 451-464.