

AKTIVASI KIMIA KARBON SABUT SIWALAN (*Borassus flabellifer*) DENGAN PERBANDINGAN AKTIVATOR KOH, NaOH DAN H₃PO₄

by Universitas Internasional Semen Indonesia

Submission date: 23-Jun-2022 10:52PM (UTC-0400)

Submission ID: 1862094011

File name: 7._Aktivasi_Kimia_Karbon_-_PP.pdf (210.76K)

Word count: 2728

Character count: 16881

AKTIVASI KIMIA KARBON SABUT SIWALAN (*Borassus flabellifer*) DENGAN PERBANDINGAN AKTIVATOR KOH, NaOH DAN H₃PO₄

CHEMICAL ACTIVATION OF SIWALAN FIBER (*Borassus flabellifer*) WITH COMPARATION ACTIVATOR OF KOH, NaOH AND H₃PO₄

Ufafa Anggarini^{*1}, Rosa Dwi Sasqia Putri¹ dan Anni Rahmat¹

Departemen Teknik Kimia, Universitas Internasional Semen Indonesia¹
Jl. Veteran Kompleks PT Semen Indonesia, Gresik 61122
E-mail¹: ufafa.anggarini@uisi.ac.id

Abstrak

Pada penelitian ini telah dilakukan aktivasi karbon dari sabut siwalan (*Borassus flabellifer*) dengan metode aktivasi secara kimia dengan menggunakan perbandingan jenis aktivator yaitu NaOH, KOH dan H₃PO₄. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk membandingkan karakteristik karbon aktif yang telah diaktivasi dengan beberapa jenis aktivator kimia. Karbon aktif dibuat melalui tahapan karbonisasi pada suhu 400°C selama 1 jam, impregnasi aktivator pada karbon, pirolisis pada suhu 500°C selama 1 jam dan pencucian karbon. Proses aktivasi secara kimia dengan menggunakan aktivator kimia dilakukan untuk meningkatkan luas permukaan material karbon, sehingga karbon aktif yang dihasilkan dapat diaplikasikan sebagai material penyimpan hidrogen. Karbon hasil sintesis dikarakterisasi dengan BET untuk menentukan luas permukaan material sebelum aktivasi dan setelah aktivasi. Hasil pengukuran luas permukaan menunjukkan luas permukaan karbon sebelum aktivasi adalah 4.0841 m²/gram, dan mengalami peningkatan setelah aktivasi yaitu 33,87878 m²/gram, 218,8230 m²/gram dan 373,5675 m²/gram untuk aktivasi dengan NaOH, KOH dan H₃PO₄ masing-masing. Aktivasi dengan KOH mampu menghasilkan karbon aktif dengan luas permukaan tinggi dan luas permukaan mikropori optimum sehingga potensial dikembangkan sebagai penyimpan hidrogen.

Kata kunci : aktivasi kimia, karbon aktif, luas permukaan, perbandingan aktivator,

Abstrack

In this research, chemical activation of Carbon from Siwalan fiber (*Borassus flabellifer*) have been done by using comparison of chemical activators of NaOH, KOH and H₃PO₄. The purpose of this study was to compare the characterists of activated carbon that has been activated using several types of chemical activators. Activated carbon was synthesis through the carbonization stage at 400°C for 1 hour, activator impregnation on carbon, pyrolysis at 500°C for 1 hour and carbon washing. The chemical activation is carried out to increase the surface area of carbon materials, so the resulting activated carbon could be applied as hydrogen storage material. The resulting material from this process is characterized using BET to determine the surface area of carbon before and after activation precess. The surface area of carbon before activation was 4.0841 m²/gram and increased after activation become 33.8787 m²/gram, 218.8230 m²/gram dan 373.5675 m²/gram for activation with NaOH, KOH and H₃PO₄ respectively. Activation using KOH produce activated carbon with high surface area and the highest micropore surface area, so that material potential for carbon developing as hydrogen storage material.

Keywords : activated carbon, chemical activation, comparison activator, surface area

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi diperkirakan terus meningkat seiring dengan perkembangan zaman. Berdasarkan hasil survei kementerian energi dan sumber daya mineral, Indonesia sebagai salah satu negara berkembang dengan peningkatan kebutuhan energi 5,94% per tahun. Penggunaan bahan bakar berbasis minyak bumi secara terus-menerus dapat mengakibatkan terjadinya kelangkaan bahan bakar bahkan dampak kerusakan lingkungan

akibat emisi CO₂. Oleh karena itu, dalam mengatasi masalah tersebut diperlukan suatu sumber energi alternatif yang melimpah serta ramah terhadap lingkungan. Salah satu sumber energi alternatif yang menjadi perhatian banyak peneliti di dunia saat ini adalah hidrogen. Hidrogen saat ini mulai diaplikasikan sebagai bahan bakar alternatif karena sifatnya yang ramah lingkungan dan memiliki densitas energi yang cukup besar (Alam dan Mokaya, 2011).

Hidrogen dalam bentuk gas memiliki suhu kritis pada 33,19 K. Jika gas hidrogen berada pada kondisi diatas suhu kritis, hidrogen tidak dapat dicairkan dan sulit untuk menyimpan serta mentransportasikannya. Oleh sebab itu, banyak penelitian dilakukan untuk mendapatkan material yang cocok digunakan sebagai bahan penyimpan hidrogen (Zuttel *et al.*, 2008). Material penyimpan hidrogen saat ini tengah difokuskan pada logam hidrida (*metal hidrida*), kerangka logam organik (*metal organic framework/MOF*) dan karbon aktif (*activated carbon*). Berdasarkan hasil penelitian dengan menggunakan ketiga material tersebut diketahui bahwa ketiga material memiliki sifat serta kapasitas penyimpanan hidrogen yang berbeda-beda (Rosi *et al.*, 2002 dan Chen *et al.*, 2011). Sakintuna, *et al.* (2007) menyatakan bahwa material hidrida mampu menyimpan hidrogen hingga 7,6% berat pada suhu 335 K, namun material hidrida logam memiliki densitas relatif tinggi, sehingga kurang efektif diaplikasikan pada kendaraan bermotor (Sakintuna *et al.*, 2007). Dillon *et al.*, dalam penelitiannya menyebutkan bahwa carbon nanotubes (CNT) merupakan material yang cukup efektif untuk menyimpan hidrogen hingga 3 % berat pada suhu kamar (sekitar 300 K) dan tekanan rendah (0,1 MPa) (Dillon *et al.*, 1997). Figueroa *et al.*, (2007) menyatakan bahwa hidrogen dapat disimpan dalam suatu material karbon aktif dengan aktivasi KOH hingga 2,7% berat pada kondisi suhu ruang.

Pada material karbon, jumlah hidrogen yang diserap sebanding berbanding lurus terhadap luas permukaan dan volume pori, namun penyerapan hidrogen hanya terbatas pada kapasitas maksimum 6% berat. Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan proses aktivasi secara kimia pada karbon untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi hidrogen pada pori karbon. Proses aktivasi bertujuan membentuk mikropori dari karbon mesopori ataupun dari karbon grafit yang terdeposit dipermukaan material. Aktivasi secara kimia telah banyak dilakukan dengan menggunakan zat yang dapat menghidrasi karbon pada suhu tinggi seperti KOH (Figueroa *et al.*, 2007), NaOH (Raymundo *et al.*, 2005) dan H₃PO₄ (Guo dan Lua, 2002). Dalam penelitian ini karbon aktif dibuat melalui proses karbonisasi bahan serabut siwalan (*Borassus flabellifer*) dengan aktivasi secara kimia dilakukan dengan variasi aktivator berupa NaOH, KOH dan H₃PO₄.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah furnace, peralatan gelas, pengaduk magnetik (*magnetic stirrer*), oven listrik, neraca analitik, kertas pH indikator. Instrumen yang digunakan adalah DSC-TGA dan BET. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sabut siwalan, KOH, NaOH, H₃PO₄, Aquades.

2.2 Prosedur kerja

2.2.1 Pengeringan Bahan Baku

Sabut siwalan dikeringkan kemudian hasil pengeringan dibawah sinar matahari selanjutnya dimasukkan dalam oven dengan suhu 105°C selama 24 jam. Setelah itu, bahan baku pembuatan karbon aktif yang telah dikeringkan dipotong dan diseragamkan ukuran partikelnya.

2.2.2 Karbonasi Bahan Baku

Bahan baku yang telah dikeringkan dan diseragamkan ukuran partikelnya kemudian dikarbonasi pada suhu 400°C dengan *holding time* 1 jam dengan menggunakan furnace. Hasil karbonisasi berupa serbuk berwarna hitam yang disebut sebagai karbon.

2.2.3 Impregnasi dan Aktivasi Karbon.

Karbon yang diperoleh sebagai produk karbonasi diimpregnasi dengan larutan asam fosfat (H₃PO₄), natrium hidroksida (NaOH) serta kalium hidroksida (KOH) dengan perbandingan sebesar berat antara karbon:aktivator sebesar 1:4. Serbuk karbon distirer bersama dengan larutan aktivator selama 24 jam. Kemudian, karbon yang telah diimpregnasi dengan larutan aktivator disaring (filtrasi) dengan menggunakan pompa vakum dan kertas saring Whatman. Karbon selanjutnya dikeringkan dengan suhu 105°C selama 24 jam dengan menggunakan oven sehingga diperoleh karbon yang telah terimpreg dengan aktivator kimia. Hasil impregnasi karbon dan aktivator selanjutnya dipirolysis untuk mengaktivasi karbon secara kimiawi pada suhu 500°C dengan *holding time* selama 1 jam dan didinginkan pada suhu ruang.

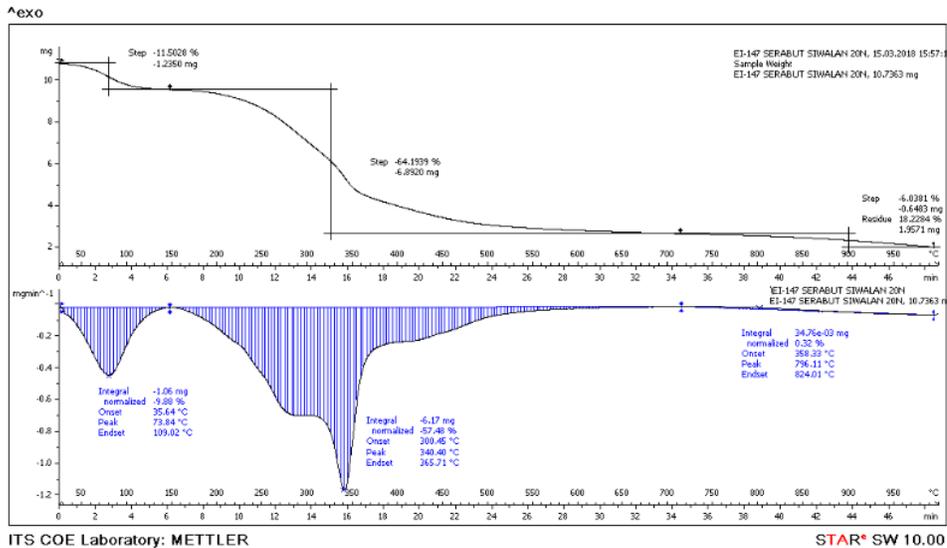
2.2.4 Pencucian Karbon Aktif

Karbon hasil aktivasi yang telah didinginkan dicuci dengan menggunakan larutan natrium hidroksida (NaOH) 1 M, kemudian dilanjutkan pencucian dengan air destilat panas dan air destilat dingin hingga pH larutan mencapai 6-7. Pengeringan selanjutnya dilakukan menggunakan oven dengan suhu 105°C selama 24 jam. Karbon aktif yang dihasilkan setelah proses pencucian dan pengeringan selanjutnya dikarakterisasi dengan menggunakan BET untuk menentukan luas permukaan material.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karbonisasi Serabut Siwalan (*Borassus flabellifer*)

Sintesa karbon aktif dalam penelitian ini diawali dengan tahapan karbonisasi serabut siwalan pada suhu tinggi. Karbonisasi adalah pembakaran suhu tinggi yang bertujuan untuk mendekomposisikan bahan dasar karbon dan melepaskan komponen volatil sehingga dalam waktu bersamaan terbentuk struktur berpori (Rohmah, 2013). Pemilihan suhu karbonisasi yang tepat perlu dilakukan untuk menghasilkan karbon dengan luas permukaan yang tinggi, namun pada suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pembengkakan mikropartikel karbon dan emisi molekul-molekul kecil dalam jumlah banyak sehingga linkage cluster karbon yang terbentuk menjadi lemah (Sun *et al.*, 2010). Berdasarkan hal tersebut, sebelum dilakukan karbonisasi pada sabut siwalan, material dikarakterisasi dengan TGA-DSC untuk menentukan suhu karbonisasi yang sesuai digunakan dalam penelitian ini. Hasil karakteristik pengurangan berat pada serabut siwalan (*Borassus flabellifer*) diuji dengan TGA-DSC seperti tertera pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva (a) TGA dan (b) DSC sabut siwalan (*Borassus flabellifer*)

Tahapan dekomposisi serabut siwalan terdiri dari 2 tahapan pengurangan massa. Tahap pertama terjadi pengurangan massa sebesar 11,5028% (1,2350 mg) pada suhu 73,84°C yang mengindikasikan hilangnya air yang terikat secara fisik pada material sabut siwalan. Pada tahapan ini terjadi reaksi secara endotermis, yang ditunjukkan dengan adanya lembah pada kurva DSC pada kisaran suhu tersebut. Tahap kedua pengurangan berat sebesar 64,1939% (6,8920 mg) terjadi pada suhu 340,40°C, ditandai dengan adanya puncak endotermis yang melebar menunjukkan pelepasan air permukaan yang terikat secara fisik disertai dengan hilangnya beberapa komponen volatil. Pada tahapan ini mulai terjadi pembentukan sejumlah pori terkait hilangnya beberapa komponen volatil dengan berat molekul yang ringan. Lukic *et al.*, (2009) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa pada kisaran suhu hingga 500°C terjadi pelepasan komponen volatil yang mengindikasikan dimulainya pembentukan pori sehingga dihasilkan material dengan jumlah C dan H yang lebih sedikit. Kurva TGA pada Gambar 1(a) menunjukkan bahwa pada suhu diatas 400°C terjadi pengurangan massa secara gradual. Hal ini berarti bahwa karbonisasi pada suhu lebih tinggi dibandingkan 400°C dapat memicu hancurnya struktur karbon karena oksidasi material membentuk CO sehingga beberapa karbon hilang dan terjadi pengurangan berat. Berdasarkan hal tersebut maka dalam penelitian ini dilakukan karbonisasi pada serabut siwalan (*Borassus flabellifer*) pada suhu 400°C.

3.2 Aktivasi Karbon Serabut Siwalan (*Borassus flabellifer*) dengan Perbandingan Aktivator

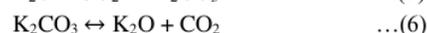
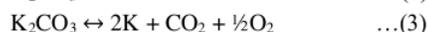
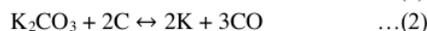
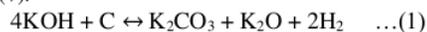
1 Aktivasi karbon serabut siwalan dilakukan dengan pemanasan bersamaan material karbon dan aktivator pada suhu tinggi. Pada saat proses aktivasi terbentuk spesi aktif yang terinterkalasi membentuk pori baru sehingga dihasilkan material dengan luas permukaan yang meningkat (Viswanathan *et al.*, 2009). Proses adsorpsi pada karbon aktif berkaitan dengan rongga pori yang dibentuk setelah proses aktivasi menggunakan variasi aktivator NaOH, KOH dan H₃PO₄. Xia *et al.*, (2008) menyatakan bahwa semakin banyak pori, maka semakin besar luas permukaan material karbon, sehingga semakin besar kapasitas penyimpanan hidrogen pada material tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa struktur pori karbon aktif menjadi parameter utama dalam menentukan kemampuan karbon sebagai penyimpan hidrogen. Dalam penelitian ini, aktivasi dilakukan pada serabut siwalan dengan suhu yang sama yaitu 500°C dengan menggunakan 3 jenis aktivator yang berbeda. Penentuan luas permukaan karbon dilakukan dengan adsorpsi-desorpsi nitrogen (*BET method*) pada material karbon sebelum dilakukan proses aktivasi dan setelah aktivasi. Hasil pengukuran luas permukaan karbon seperti tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik sifat permukaan karbon setelah proses aktivasi dengan NaOH, KOH dan H₃PO₄ sebagai aktivator.

| | Jenis Aktivator | Luas Permukaan (<i>BET Method</i>) m ² /gr | Luas | Volume | % |
|---------|--------------------------------|--|-----------------------------------|------------------------------------|-----------|
| | | | Mikropori (m ² /gr) | Mikropori (cm ³ /gr) | Mikropori |
| | Tanpa aktivator | 4,0841 | 0,4389 | 0,000216 | 10,7466 |
| Karbon | NaOH | 33,8787 | 14,1427 | 0,007339 | 41,7451 |
| Serabut | KOH | 218,8230 | 182,1753 | 0,093800 | 83,2524 |
| Siwalan | H ₃ PO ₄ | 373,5675 | 270,9166 | 0,142375 | 72,5215 |

Hasil yang diperoleh menunjukkan luas permukaan karbon setelah proses aktivasi secara keseluruhan mengalami peningkatan baik menggunakan aktivator NaOH, KOH maupun H₃PO₄. Hal tersebut membuktikan proses aktivasi secara kimia pada suhu tinggi menyebabkan pembakaran komponen volatil yang disertai dengan pembentukan pori yang diindikasikan melalui peningkatan luas permukaan pada karbon hasil aktivasi. Luas permukaan karbon sebelum diaktivasi sangat kecil, yaitu 4,0841 m²/gr, sedangkan setelah proses aktivasi meningkat menjadi 33,8787; 218,8230 dan 373,5675 m²/gr masing-masing dengan menggunakan aktivator NaOH, KOH dan H₃PO₄. Hasil terbesar diperoleh saat mengaktivasi karbon serabut siwalan dengan menggunakan aktivator berupa H₃PO₄, namun persentase luasan mikropori terbesar diperoleh pada karbon yang diaktivasi dengan KOH yaitu sebesar 83,25% dari luas permukaan total. Xia *et al.*, (2008) menyatakan bahwa semakin banyak pori dengan ukuran lebih kecil daripada 1 nm, maka semakin besar kapasitas penyimpanan hidrogen pada material tersebut. Hal 1 menunjukkan bahwa material karbon aktif dengan aktivator KOH dengan jumlah mikropori terbesar potensial untuk digunakan sebagai material penyimpan hidrogen.

Penggunaan aktivator yang berbeda menyebabkan perbedaan pada luas permukaan material yang dihasilkan, dikarenakan perbedaan mekanisme aktivasi masing-masing aktivator. Dalam penelitian ini, dilakukan modifikasi karbon melalui aktivasi secara kimia untuk mengubah pori berukuran meso atau karbon grafitik menghasilkan pori berukuran mikro yang sesuai untuk material penyimpan hidrogen. Aktivasi dilakukan melalui pemanasan karbon serabut siwalan pada suhu tinggi mencapai 500°C sehingga membentuk spesi aktif yang dapat terinterkalasi membentuk pori baru dengan ukuran sesuai jari-jari spesi yang terinterkalasi (Viswanathan *et al.*, 2009). Proses aktivasi dengan KOH melalui mekanisme oksidasi reduksi menghasilkan produk K₂CO₃ yang selanjutnya bereaksi kembali dengan karbon lain membentuk atom kalium dan beberapa gas CO maupun CO₂. Beberapa spesi aktif ini akan terinterkalasi dalam struktur karbon menghasilkan pembentukan pori sehingga meningkatkan luas permukaan karbon setelah proses aktivasi. Mekanisme reaksi yang terjadi selama proses aktivasi karbon secara kimia dengan aktivator KOH seperti tertera pada persamaan (1) - (7).



Sumber : Mc.Kee, (1983) dan Viswanathan *et al.*, (2009).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Karbon aktif dari serabut siwalan (*Borassus flabellifer*) telah disintesis dengan perbandingan aktivator berupa NaOH, KOH dan H₃PO₄. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa aktivasi secara kimia dapat meningkatkan luas permukaan karbon yang sebelum aktivasi 4,0841 menjadi optimum 218,8230 m²/gram dengan persentase mikropori mencapai 83% dari luas permukaan total, menggunakan KOH sebagai aktivator kimia. Untuk memperoleh hasil karbon dengan luas permukaan lebih optimum maka untuk penelitian selanjutnya diharapkan dilakukan optimasi pada waktu impregnasi, suhu aktivasi serta waktu aktivasi. Optimasi pada ketiga variabel dibutuhkan untuk menentukan kondisi aktivasi pembentukan mikropori dengan jumlah tinggi sehingga dihasilkan material dengan luas permukaan dan ukuran mikropori tinggi yang sesuai sebagai material penyimpan hidrogen.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat (LPPM) Universitas Internasional Semen Indonesia yang telah memberikan bantuan pendanaan penelitian dalam skema Hibah Riset Pemula (HRP) dengan nomor Kontrak 03/KP.01/11-01/04.18.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, Nurul, Mokaya, Robert, (2011), "*Characterization and hydrogen storage of Pt-doped carbons templated by Pt-exchanged zeolite Y*", Journal of Microporous and Mesoporous Materials, vol 142, hal 716-724
- Chen, et al, (2011), "*Application studies of activated carbon derived from rice husks produced by chemical-thermal process- A review*", Journal of Advances in colloid and interface science, vol 163, hal 39 – 52
- Dillon AC, Jones KM, et al. 1997. "Storage of hydrogen in single-walled carbon nanotubes". Nature, volume 386, page 377-379
- Figueroa, Torres M. Z., Robau, Sanchez A. and Aguilar, Elguezabal, A., (2007), "*Hydrogen adsorption by nanostructured carbons synthesized by chemical activation*", Journal of Microporous and Mesoporous Materials, vol 98, hal 89-93
- Guo, J., Lua, A.C., (2002), "*Textural and chemical characterization of adsorbent prepared from palm shell by potassium hydroxide impregnation at different stages*", Journal of Colloid Interface Science, vol 254, hal 227 – 233
- Lukic, I., Krstic, J., Jovanoic, D., Skala, D., (2009), "*Alumina/silica supported K₂CO₃ as a catalyst for biodiesel synthesis from sunflower oil*", Journal of Bioresource Technology, vol 100, hal 4690 – 4696
- McKee, Douglas W., (1983), "*Mechanisms of the alkali metal catalysed gasification of carbon*", Fuel, vol 62, hal 170 – 175
- Raymundo, et al, (2005), "*KOH and NaOH activation mechanisms of multiwalled carbon nanotubes with different structural organization*", Journal of Carbon, vol 43, hal 786 - 795
- Rosi, N. L., Eckert, J., Eddaoudi, M., Kim J., O'keeffe, M., et al., (2003), "*Hydrogen storage in microporous metal-organic frameworks*", Science, vol 300, hal 1127-1129
- Sakintuna, B., Lamari D. F. and Hirscher M., (2007), "*Metal hydride materials for solid hydrogen storage: a review*", International Journal of Hydrogen Storage, vol 32, 1121-1140
- Sankaran, M., Viswanathan, B, (2008), "*Nitrogen-containing carbon nanotubes as possible hydrogen storage medium*", Indian Journal of Chemistry, vol 47A, hal 808 – 814
- Schlapbach, L. and Zuttel, A., (2001), "*Hydrogen-storage materials for mobile applications*", Nature, vol 414, 353-358
- Sun, Yong, Webley, Paul A., (2010), "*Preparation of activated carbons from corncob with large spesific surface area by a variety of chemical activators and their application in gas storage*", Chemical Engineering Journal, vol 162, hal 883 – 892
- Sun, Yong, Webley, Paul A., (2010), "*Preparation of activated carbons from corncob with large spesific surface area by a variety of chemical activators and their application in gas storage*", Chemical Engineering Journal, vol 162, hal 883 – 892
- Xia, Yongde, Walker, Gavin S., Grant David M., Mokaya, Robert, (2009), "*Hydrogen Storage in high surface area carbons : Experimental Demonstration of the Effect of Nitrogen Doping*", JACS Articles, vol.131, hal 16493-16499
- Zuttel, A., Borgschulte, A., and Schlapbach L., (2008), "*Hydrogen as a Future Energy Carrier*", Willey – VCH, Germany, hal 15

AKTIVASI KIMIA KARBON SABUT SIWALAN (Borassus flabellifer) DENGAN PERBANDINGAN AKTIVATOR KOH, NaOH DAN H3PO4

ORIGINALITY REPORT

6%

SIMILARITY INDEX

6%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

repository.its.ac.id

Internet Source

6%

Exclude quotes Off

Exclude matches < 3%

Exclude bibliography On