

## PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI CANGKANG BUAH KARET (*Hevea brasiliensis*) DENGAN AKTIVATOR $H_3PO_4$ DAN APLIKASINYA SEBAGAI PENJERAP Cr(VI)

### *Activated Carbon Production from Rubber Shell (Hevea brasiliensis) Using $H_3PO_4$ Activator and Its Application as Cr(VI) Adsorber*

Muhammad Zulfadhli, Iriany

Departemen Teknik Kimia, Universitas Sumatera Utara,  
Jalan Almamater Kampus USU, Medan, 20155, Sumatera Utara, Indonesia  
Email: muhammadzulfadhli608@gmail.com

#### Abstrak

Karbon aktif dari bahan lignoselulosa bersifat terbarukan, melimpah, dan tidak mahal. Karbon aktif dari cangkang buah karet yang diaktivasi secara kimia mempunyai kemampuan untuk menyerap logam berat. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh konsentrasi aktivator asam fosfat terhadap karakteristik karbon aktif cangkang buah karet, dan kemampuannya dalam menyerap Cr(VI). Bahan-bahan yang digunakan antara lain cangkang buah karet, aquades, dan larutan Cr(VI). Penelitian dilakukan dengan mengimpregnasi cangkang buah karet yang sudah halus dengan asam fosfat pada konsentrasi 20%, 40%, dan 60% selama 1 jam kemudian dilakukan karbonisasi di *furnace* pada suhu 500°C selama 1 jam. Karbon aktif cangkang buah karet yang didapat diaplikasikan untuk menyerap Cr(VI). Analisis karakteristik luas permukaan karbon aktif cangkang buah karet menggunakan metode BET dan konsentrasi sisa Cr(VI) diukur menggunakan *Atomic Adsorption Spectrophotometer* (AAS). Hasil penelitian didapatkan karakteristik karbon aktif cangkang buah karet berupa kadar air, kadar abu, kadar zat menguap telah memenuhi Standard Nasional Indonesia (SNI) kecuali kadar abu karbon aktif hasil aktivasi 20%. Luas permukaan karbon aktif cangkang buah karet telah memenuhi standar adsorben komersial. Penjerapan Cr(VI) terbesar pada karbon aktif hasil aktivasi 40% dengan persentase penjerapan 96,67%

**Kata kunci:** Cangkang buah karet, Karbon aktif, Konsentrasi asam fosfat, Karakteristik karbon aktif, Penjerapan Cr(VI)

#### Abstract

*Activated carbon from lignocellulosic materials are renewable, abundant, and inexpensive. Rubber shell activated carbon that activated chemicaly has ability to adsorb heavy metal. The purpose of this research is to study the effect of phosphoric acid concentration toward characteristics of rubber shell activated carbon, and its ability to adsorb Cr(VI). The materials used in this research are rubber shell, aquadest, and Cr(VI) solution. This research was started by impregnating rubber shell with phosphoric acid at 20%, 40% and 60% for 1 hour and then sample was carbonized in furnace at 500°C for 1 hour. After that, activated carbon was applied to adsorb Cr(VI). The characteristic of surface area of rubber shell activated carbon are measured by BET method. Furthermore, the residual concentration of Cr(VI) was measured with Atomic Adsorption Spectrophotometer. The result shows that characteristics of rubber shell activated carbon such as moisture content, ash content, volatile matter have fulfilled National Standard of Indonesia (SNI) except ash content of activated carbon that activated by 20% phosphoric acid. Surface area of activated carbon has fulfilled the standard of commercial adsorbent. The largest adsorption capacity is obtained using Rubber shell activated carbon that activated by 40% phosphoric acid with adsorption percentage 96,67%.*

**Keywords:** Rubber shell, Activated carbon, Phosphoric acid concentration, Cr(VI) adsorption.

#### Pendahuluan

Adsorben utama yang digunakan dalam industri adalah karbon aktif. Karbon aktif dapat dihasilkan dari setiap padatan berkarbon sintetik atau alami. Karbon aktif dapat dibuat dari sejumlah besar sumber seperti batok kelapa, gambut, abu hitam, arang, lignit, batubara, dan kokas minyak bumi [5]. Kebutuhan Indonesia

akan karbon aktif untuk bidang industri masih relatif tinggi disebabkan semakin meluasnya pemakaian karbon aktif pada sektor industri. Permintaan karbon aktif akan terus meningkat sebesar 9% per tahun sampai dengan 2014 dan konsumsi karbon aktif dunia tahun 2014 diperkirakan 1,7 juta ton per tahun [10].

Karbon aktif dari bahan lignoselulosa, khususnya karbon aktif yang diproduksi dari limbah pertanian bersifat terbarukan, melimpah, tersedia, dan tidak mahal [12]. Saat ini, hutan dan limbah pertanian dianggap adsorben yang menjanjikan [3].

Adapun standar karbon aktif menurut SNI dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Standar Karbon Aktif (SNI) 06–3730-1995 [15]**

Jenis Persyaratan Parameter	Parameter
Kadar Air	Mak. 15 %
Kadar Abu	Mak. 10 %
Kadar Zat Menguap	Mak. 25 %
Kadar Karbon Terikat	Min. 65 %
Daya Serap Terhadap Yodium	Min. 750 mg/g
Daya Serap Terhadap Benzena	Min. 25 %

Karet merupakan komoditas ekspor yang mampu memberikan kontribusi dalam upaya peningkatan devisa Indonesia [19]. Perkebunan karet Indonesia terluas di dunia. Pada tahun 2012, luasnya mencapai 3,4 juta Ha, atau 15% dari luas total perkebunan di Indonesia seluas 22,76 juta Ha. Indonesia dengan produksi sebesar 3,04 juta ton merupakan negara produsen karet alam terbesar ke-2 di dunia. Dengan produksi tersebut, eksportnya mencapai sebesar 2,4 juta ton [1]. Pemanfaatan tanaman karet masih terbatas pada getahnya saja, sedangkan bagian-bagian yang lain dari tanaman ini seperti batang, buah dan cangkang buah karet merupakan limbah yang belum termanfaatkan.

Cangkang buah karet adalah bahan yang selama ini dikenal sebagai bahan yang kurang bermanfaat. Pemanfaatan cangkang buah karet dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan arang aktif, namun ada juga sebagian orang meng-gunakannya sebagai bahan untuk pembuatan berbagai kerajinan tangan [13].

Dari data di atas dapat diketahui cangkang buah karet merupakan bahan baku yang sangat potensial untuk dijadikan karbon aktif. Beberapa penelitian yang telah dilakukan dalam pembuatan karbon aktif dari tanaman karet diantaranya Srinivasakannan dan Abu Bakar, 2003 [2] mempelajari pembuatan karbon aktif dari serbuk kayu karet. Mereka menggunakan  $H_3PO_4$  60% sebagai aktivator dengan rasio 1; 1,5 dan 2 pada temperatur aktivasi 400 °C dan 500 °C. Vinsiah, dkk., 2015 [15] mempelajari pembuatan karbon aktif dari cangkang kulit buah karet (*Hevea brasiliensis*) dengan aktivator  $H_3PO_4$  7%, 100 mesh dan rasio impregnasi 1:4.

Di Indonesia banyak sekali berdiri industri dengan berbagai bidang produksi. Proses pelapisan logam krom merupakan salah satu proses perlakuan akhir yang dilakukan oleh industri tersebut. Limbah industri pelapisan logam khususnya pelapisan krom menghasilkan limbah dengan konsentrasi rata-rata sekitar 75.900 mg/L dalam bentuk  $CrO_4^{2-}$  [11]. Adsorpsi menggunakan karbon aktif telah menjadi pilihan populer di negara-negara maju untuk menghilangkan Cr(VI) dan ion logam lainnya. Penggunaan karbon aktif untuk menghilangkan Cr(VI) dari air diusulkan karena area permukaan yang lebih besar, sehingga mengarah ke pencarian adsorben murah [18].

Adapun penelitian mengenai karbon aktif yang diaplikasikan untuk menyerap logam krom adalah Karthikeyan, dkk., 2005 [18] menggunakan karbon dari serbuk kayu karet untuk menyerap Cr(VI), dimana *sawdust* :  $H_3PO_4$  (1 : 2 berat) dengan waktu impregnasi 24 jam dan temperatur karbonisasi 673 K selama 1 jam.

Pada penelitian ini dibuat karbon aktif dari cangkang buah karet yang diaktivasi dengan asam fosfat untuk diaplikasikan dalam menyerap logam Cr(VI). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji potensi pemanfaatan cangkang buah karet sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif dan mengetahui kemampuan karbon aktif dalam menyerap ion logam Cr(VI).

## Metodologi Penelitian

### Bahan dan Alat

Pada penelitian ini bahan yang digunakan antara lain: cangkang buah karet, asam fosfat ( $H_3PO_4$ ), kalium dikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ) dan aquades ( $H_2O$ ). Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah *furnace*, oven listrik, desikator, kertas saring Whatman, neraca digital, *hot plate*, *stirrer*.

## Prosedur Penelitian

### Proses Pembuatan Karbon Aktif

Cangkang buah karet dicuci hingga bersih dari debu dan partikel pengotor lainnya kemudian dikeringkan. Cangkang buah karet yang telah kering dikecilkan ukurannya menjadi 100 mesh.

Cangkang buah karet yang telah kering diimpregnasi selama 1 jam dengan  $H_3PO_4$  20%, 40% dan 60% pada suhu kamar, kemudian dikarbonisasi pada suhu 500 °C selama 1 jam. Karbon aktif didiamkan di dalam desikator lalu dicuci dengan aquades hingga karbon aktif memiliki pH 7. Karbon aktif ini dikeringkan dalam oven bersuhu 110 °C.

### Percobaan Adsorpsi Logam Cr(VI)

Larutan logam Cr(VI) 150 mg/L disiapkan dengan melarutkan 282,9 mg kalium dikromat dalam 1,0 L aquades. Karbon aktif dengan berat tertentu dimasukkan ke dalam erlemeyer yang berisi campuran Cr(VI) 150 ppm, kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 3 jam. Konsentrasi Cr(VI) ditentukan dengan *atomic adsorption spektrofotometer* (AAS).

#### Analisis Yield Karbon Aktif

Sampel bahan baku dan karbon aktif diukur masing-masing massanya kemudian *yield* dihitung dengan persamaan (1) sebagai berikut:

$$Yield = \frac{A}{BB} \times 100\% \quad (1)$$

dimana:

A = berat karbon aktif (g)

BB = berat bahan baku awal (g)

#### Analisis Kadar Air

Karbon aktif ditimbang dan dimasukkan ke dalam cawan porselin, setelah itu dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105 °C selama 3 jam. Karbon aktif didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Kadar air dapat dihitung dengan persamaan (2) sebagai berikut:

$$Kadar\ air = \frac{A-B}{A} \times 100\% \quad (2)$$

dimana:

A = berat karbon aktif (g)

B = berat karbon aktif setelah dikeringkan (g)

#### Analisis Kadar Abu

Karbon aktif ditimbang dan dimasukkan ke dalam cawan porselin, kemudian dimasukkan ke dalam *furnace* pada suhu 600 °C selama 3 jam. Karbon aktif didinginkan dan ditimbang. Kadar abu dihitung dengan persamaan (3):

$$Kadar\ abu = \frac{D-B}{C-B} \times 100\% \quad (3)$$

dimana:

B = berat wadah kosong (g)

C = berat wadah kosong dengan karbon aktif (g)

D = berat wadah dengan abu (g)

#### Analisis Kadar Zat Menguap

Karbon aktif ditimbang dan dimasukkan ke dalam cawan porselin, kemudian dimasukkan ke dalam *furnace* pada suhu 950 °C selama 7 menit. Karbon aktif didinginkan dalam desikator dan

ditimbang. Kadar zat menguap dihitung dengan persamaan (4):

$$Kadar\ Zat\ Menguap = \frac{A-B}{A} \times 100\% \quad (4)$$

dimana:

A = berat karbon aktif (g)

B = berat sampel setelah pemanasan (g)

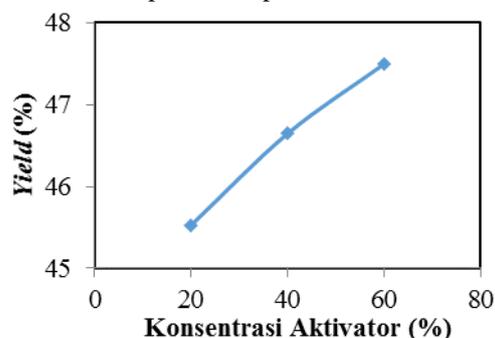
#### Analisis Luas Permukaan dan Volume Pori Karbon Aktif

Luas permukaan dan volume pori karbon aktif dihitung dengan menggunakan peralatan BET.

#### Hasil dan Pembahasan

##### Pengaruh Konsentrasi Aktivator terhadap Yield Karbon Aktif

Pada penelitian ini pengaruh peningkatan konsentrasi aktivator asam fosfat terhadap *yield* karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh Konsentrasi Aktivator terhadap Yield Karbon Aktif

Pada Gambar 1 dapat dilihat *yield* yang dihasilkan cenderung meningkat seiring dengan semakin tingginya konsentrasi aktivator yang digunakan untuk mengimpregnasi cangkang buah karet dengan rasio bahan : asam fosfat sebesar 1 : 2 (b:b). *Yield* tertinggi dimiliki karbon aktif yang dihasilkan dari aktivasi cangkang buah karet asam fosfat 60% yaitu sebesar 47,50%.

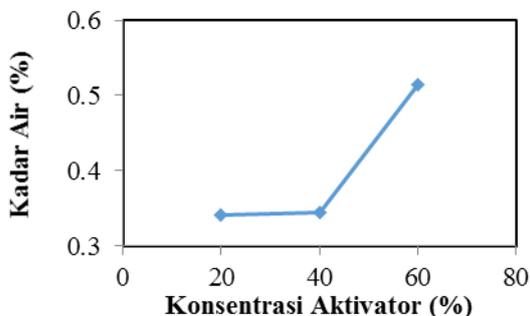
Penambahan konsentrasi aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dapat memperlambat laju reaksi pada proses oksidasi sehingga selain berfungsi sebagai aktivator, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> juga berfungsi sebagai pelindung arang dari suhu yang tinggi [17].

##### Pengaruh Konsentrasi Aktivator terhadap Kadar Air Karbon Aktif

Berikut merupakan pengaruh peningkatan konsentrasi aktivator asam fosfat terhadap kadar air karbon aktif.

Pada Gambar 2 kadar air karbon aktif meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi aktivator. Kadar air karbon aktif pada penelitian ini berkisar antara 0,321% - 0,514%.

Kadar air dari semua sampel karbon aktif telah memenuhi standar SNI. Kadar air tertinggi dimiliki oleh karbon aktif hasil aktivasi cangkang buah karet dengan asam fosfat 60% yaitu sebesar 0,514%.

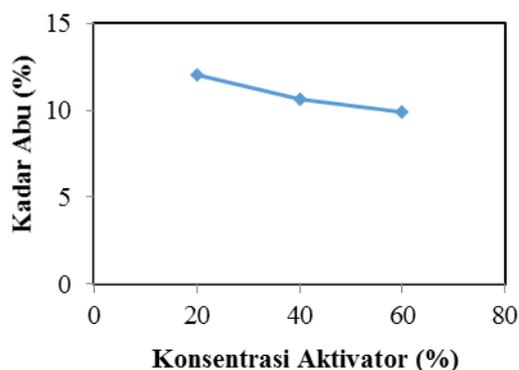


**Gambar 2. Pengaruh Konsentrasi Aktivator terhadap Kadar Air Karbon Aktif**

Pada dasarnya semakin pekat aktivator yang digunakan semakin besar luas permukaan karbon aktif. Besarnya luas permukaan karbon aktif meningkatkan sifat higroskopis karbon aktif [4].

**Pengaruh Konsentrasi Aktivator terhadap Kadar Abu Karbon Aktif**

Kadar abu pada karbon aktif menyatakan banyaknya mineral-mineral yang terdapat pada karbon aktif. Kadar abu karbon aktif yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3. Pengaruh Konsentrasi Aktivator terhadap Kadar Abu Karbon Aktif**

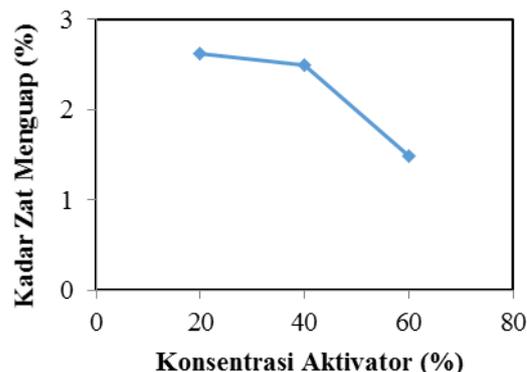
Pada Gambar 3 penambahan konsentrasi aktivator yang digunakan menurunkan kadar abu karbon aktif. Sampel karbon aktif yang memenuhi standar SNI yaitu kurang dari 10% adalah karbon aktif hasil aktivasi cangkang buah karet dengan asam fosfat 60% yaitu sebesar 9,903%. Karbon aktif ini juga merupakan karbon aktif dengan kadar abu terendah.

Tingginya kadar abu yang dihasilkan dapat mengurangi daya adsorpsi arang aktif,

karena pori arang aktif terisi oleh mineral-mineral logam seperti magnesium, kalsium, dan kalium [9]. Penurunan kadar abu karbon aktif dikarenakan bereaksinya aktivator dengan mineral-mineral yang terdapat pada bahan baku.

**Pengaruh Konsentrasi Aktivator terhadap Kadar Zat Menguap Karbon Aktif**

Berikut merupakan pengaruh konsentrasi aktivator asam fosfat terhadap kadar zat menguap karbon aktif



**Gambar 4. Pengaruh Konsentrasi Aktivator terhadap Kadar Zat Menguap Karbon Aktif**

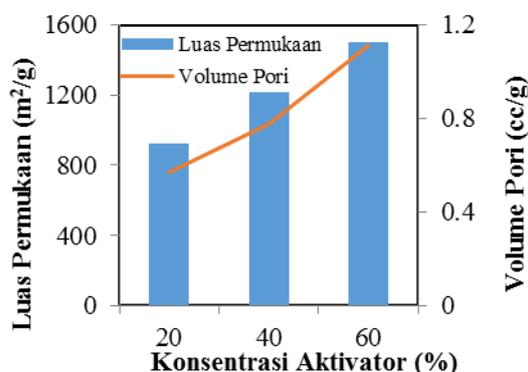
Pada Gambar 4 dapat dilihat kadar zat menguap semakin menurun dengan bertambahnya konsentrasi aktivator. Karbon aktif yang dihasilkan dari aktivasi cangkang buah karet dengan asam fosfat 20% adalah sebesar 2,64%. Karbon aktif ini merupakan karbon aktif dengan kadar zat menguap tertinggi. Kadar zat menguap dari semua sampel karbon aktif telah memenuhi standar SNI.

Kecenderungan penurunan kadar zat menguap menunjukkan bahwa residu-residu senyawa hidrokarbon yang menempel pada permukaan arang aktif sudah banyak yang terekstraksi dengan peningkatan konsentrasi H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> [4]. Dengan semakin pekatnya konsentrasi yang digunakan untuk aktivasi maka semakin banyak zat mudah menguap yang bereaksi dengan aktivator.

**Pengaruh Konsentrasi Aktivator terhadap Luas permukaan dan Volume Pori Karbon Aktif**

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa luas permukaan dan volume pori karbon aktif cenderung meningkat dengan bertambahnya konsentrasi aktivator. Luas permukaan merupakan salah satu karakter fisik yang berhubungan langsung dengan kemampuan adsorpsi terhadap zat-zat yang akan diserap. Bila adsorben memiliki luas permukaan besar akan

memberikan bidang kontak yang lebih besar antara adsorben dan adsorbatnya sehingga adsorbat dapat terserap lebih banyak [17].

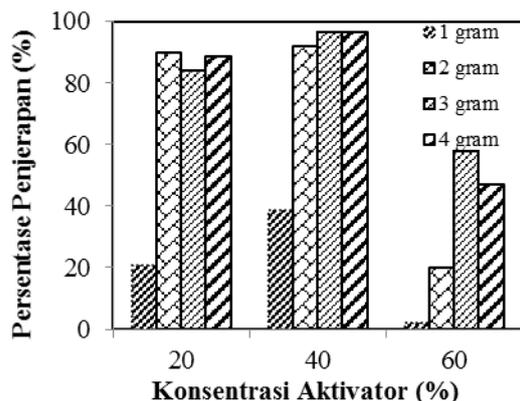


**Gambar 5. Pengaruh Konsentrasi Aktivator terhadap Luas permukaan dan Volume Pori Karbon Aktif**

Peningkatan luas permukaan karbon aktif ini dikarenakan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> meresap ke dalam arang dan membuka permukaan yang mula-mula tertutup oleh komponen kimia sehingga luas permukaan yang aktif bertambah besar [8].

Adsorben yang efektif harus memiliki luas permukaan minimal 5 m<sup>2</sup>/g tetapi untuk menjadi adsorben komersil maka luas permukaannya sebesar 300–400 m<sup>2</sup>/g [4]. Dengan demikian, semua luas permukaan karbon aktif yang dibuat dari cangkang buah karet telah memenuhi luas permukaan minimal untuk menjadi adsorben yang efektif dan komersil.

**Penentuan Jumlah Cr(VI) Yang Terjerap Dalam Karbon Aktif**



**Gambar 6. Pengaruh Aktivator dan Berat Karbon Aktif terhadap Persentase Penjerapan Cr(VI)**

Perhitungan persentase penjerapan terhadap logam Cr(VI) digunakan rumus perhitungan berikut (Geankoplis, 2003):

$$\text{Persentase Penjerapan} = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100 \% \quad (5)$$

Gambar 6 menunjukkan karbon aktif hasil aktivasi asam fosfat 40% merupakan karbon aktif yang terbaik untuk menyerap Cr(VI) ditandai dengan persentase penjerapan yang besar.

Persentase penjerapan Cr(VI) terbesar adalah 96,67% dengan menggunakan karbon aktif hasil aktivasi asam fosfat 40%. Pada penelitian yang dilakukan oleh Gottipati [15] karbon aktif yang dibuat mampu menyerap Cr(VI) 98,7% dengan karbon aktif sebanyak 3 g dan waktu kontak selama 3 jam pada temperatur 30 °C.

Penambahan berat adsorben akan meningkatkan penjerapan ion logam sehingga nilai adsorpsi terhadap ion logam semakin tinggi sebanding dengan bertambahnya luas permukaan adsorben [7]. Pada karbon aktif hasil aktivasi asam fosfat 20% dan 40% didapat peningkatan jumlah karbon aktif relatif tidak mempengaruhi jumlah ion logam Cr(VI) yang terjerap. Hal ini dikarenakan karbon aktif mempunyai kemampuan yang tidak seragam yang disebabkan oleh tidak meratanya pencampuran antara bahan baku dan aktivator sehingga hasil penjerapan terhadap Cr(VI) tidak menunjukkan perbedaan yang konsisten.

Pada karbon aktif yang dihasilkan dari aktivasi cangkang buah karet dengan asam fosfat 60% memiliki kemampuan yang kurang baik dalam menyerap Cr(VI). Hal ini kemungkinan dikarenakan terlalu tingginya konsentrasi aktivator sehingga menyebabkan struktur karbon aktif rusak. Untuk itu, aktivasi menggunakan asam fosfat dengan konsentrasi 60% sebaiknya tidak dilakukan.

Dari data hasil penjerapan logam Cr(VI) dapat disimpulkan karbon aktif yang diaktivasi dengan asam fosfat 40% sangat layak untuk menyerap ion logam Cr(VI).

**Kesimpulan**

Karakteristik karbon aktif yang diaktivasi dengan asam fosfat 20%, 40%, dan 60% berupa kadar air, kadar abu dan kadar zat menguap sesuai dengan Standar nasional Indonesia (SNI), kecuali kadar abu yang diaktivasi dengan asam fosfat 20% dan 40% yang mempunyai kadar abu lebih dari 10% yaitu sebesar 12,034% dan 10,648%. Luas permukaan masing-masing karbon aktif telah memenuhi luas permukaan minimal untuk menjadi adsorben yang efektif dan komersil. Penjerapan ion logam Cr(VI) menggunakan karbon aktif dari cangkang buah karet paling besar adalah pada karbon aktif yang diaktivasi asam fosfat 40% yaitu sebesar 96,67%.

**Daftar Pustaka**

- [1] Anonim, Pedoman Teknis Pengembangan Tanaman Karet Tahun 2014, Kementerian Pertanian, Jakarta, 2013.
- [2] C. Srinivasakannan and Mohamad Zailani Abu Bakar, Production of Activated Carbon from Rubber Wood Sawdust. *Biomass and Bioenergy*, 27, (2004) 89–96.
- [3] C. Saka, BET, TG - DTG, FT-IR, SEM, Iodine Number Analysis and Preparation Of Activated Carbon from Acorn Shell by Chemical Activation with  $ZnCl_2$ , *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 95, (2012) 21-24.
- [4] D. Hendra dan Saptadi Darmawan, Sifat Arang Aktif dari Tempurung Kemiri, *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 2007.
- [5] E. Farouk Mohamed, Removal of Organic Compounds from Water By Adsorption and Photocatalytic Oxidation, Thesis, Universite de Toulouse, France, 2011.
- [6] G. Pari dan Djeni Hendra, Pengaruh Lama Waktu Aktivasi dan Konsentrasi Asam Fosfat Terhadap Mutu Arang Aktif Kulit Kayu *Acacia Mangium*, *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 2006.
- [7] G. Indah Hayati, Bunga Pratiwi dan Yuli Ristianingsih. Pengaruh Variasi Konsentrasi Adsorben Biji Trembesi Terhadap Penurunan Kadar Logam Kromium (Cr) Total Pada Limbah Industri Sasirangan, *Konversi*, Vol. 5, No. 1, April 2016.
- [8] I. Ayu Gede Widihati, Ni.G.A.M. Dwi Adhi Suastuti Yusuf, M.A. Yohanita Nirmalasari, Studi Kinetik Adsorpsi Larutan Ion Logam Kromium (Cr) Menggunakan Arang Batang Pisang (*Musa paradisiaca*), *Jurnal Kimia*, 6, (1) 2012.
- [9] I. Subrada, Bambang Setiaji dan Iqmal Tahir. Activated Carbon Production From Coconut Shell with  $(NH_4)HCO_3$  Activator as An Adsorbent in Virgin Coconut Oil Purification, *Prosiding Seminar Nasional DIES ke-50*, FMIPA UGM, 2005.
- [10] M. Olivia Esterlita dan Netti Herlina, Pengaruh Penambahan Aktivator  $ZnCl_2$ , KOH, dan  $H_3PO_4$  dalam Pembuatan Karbon Aktif dari Pelepah Aren (*Arenga pinnata*), *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 4, No. 1, Maret 2015.
- [11] N. Anis Kundari, Nurmaya Arofah dan Kartini Megasari, Kinetika Reduksi Cr(VI) dalam Limbah Cair Industri Pelapisan Logam, *Seminar Nasional V*, ISSN 1978-0176, Yogyakarta, November 2009.
- [12] O. F. Olorundare, T. A. M. Msagati, R. W. M. Krause, J. O. Okonkwo dan B. B. Mamba, Preparation and Use of Maize Tassels' Activated Carbon for The Adsorption of Phenolic Compounds in Environmental Waste Water Samples, *Environ Sci Pollut Res*, October 2014.
- [13] Prasetyowati, Muhammad Hermanto dan Salman Farizy, Pembuatan Asap Cair Dari Cangkang Buah Karet Sebagai Koagulan Lateks, *Jurnal Teknik Kimia*, No. 4, Vol. 20, Desember 2014.
- [14] R. Gottipati, Preparation and Characterization of Microporous Activated Carbon from Biomass And Its Application in The Removal of Chromium (VI) from Aqueous Phase, Thesis, Department of Chemical Engineering, National Institute of Technology Rourkela, Odisha, 2012.
- [15] R. Vinsiah, Andi Suharman, Desi, Pembuatan Karbon Aktif dari Cangkang Kulit Buah Karet (*Hevea brasiliensis*). Palembang, 2015, Universitas Sriwijaya.
- [16] R. Kurniawan, Musthofa Lutfi dan Wahyunanto Agung N, Karakterisasi Luas Permukaan BET (Braunear, Emmelt dan Teller) Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dan Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Aktivasi Asam Fosfat ( $H_3PO_4$ ), *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, Vol. 2, No. 1, (Februari 2014), 15-20.
- [17] S. Wibowo, Wasrin Syafii dan Gustan Pari, Karakteristik Arang Aktif Tempurung Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* Linn). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 2010.
- [18] T. Karthikeyan, S. Rajgopal dan Lima Rose Miranda, Chromium(VI) Adsorption from Aqueous Solution by *Hevea Brasiliensis* Sawdust Activated Carbon, *Journal of Hazardous Materials*, B124, (2005) 192-199.
- [19] V. Oktavia, Erdi Suroso dan Tanto Pratondo Utomo, Strategi Optimalisasi Bahan Baku Lateks pada Industri Karet Jenis *Ribbed Smoked Sheet* (RSS), *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*, Vol. 19, No.2, Juli 2014.