

# Potensi Ampas Tebu Sebagai Alternatif Bahan Baku Pembuatan Karbon Aktif

A.S. Dwi Saptati Nur Hidayati\*, Silva Kurniawan, Nalita Widya Restu, Bambang Ismuyanto

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Diterima 04 Oktober 2016, Direvisi 31 Oktober 2016

## ABSTRAK

Ampas tebu merupakan sisa penggilingan tebu yang sebagian belum dimanfaatkan secara maksimal. Penelitian ini berupaya memanfaatkan ampas tebu tersebut untuk dijadikan karbon aktif, khususnya adsorpsi  $\text{Ca}^{2+}$ . Pembuatan karbon aktif pada penelitian ini melalui dua tahapan proses yaitu karbonisasi dan aktivasi. Proses karbonisasi dilakukan dengan variasi suhu yaitu 500, 550, 600, 650, 700 °C, kemudian dilanjutkan dengan proses aktivasi dengan mereflux karbon dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  6 M selama 4 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *yield* hasil karbonisasi semakin menurun seiring meningkatnya suhu karbonisasi. Sedangkan kadar abu, luas permukaan, volume pori, dan kemampuan adsorpsi  $\text{Ca}^{2+}$  akan semakin meningkat dengan meningkatnya suhu karbonisasi. Karbon aktif terbaik diperoleh pada suhu karbonisasi 700°C dengan aktivasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  6 M. Karakterisasi karbon aktif tersebut menunjukkan bahwa luas permukaan 100,62 m<sup>2</sup>/g, diameter pori 22,3750 Å, volume pori 22,376 mL/gr. Kemampuan karbon aktif yang dihasilkan pada penelitian ini dapat menurunkan kadar  $\text{Ca}^{2+}$  hingga 13,26%.

**Kata kunci:** Ampas tebu, karbon aktif, karbonisasi, aktivasi, adsorpsi

## ABSTRACT

This research studied to utilize the bagasse to be used as activated karbon in particular for the adsorption of  $\text{Ca}^{2+}$ . The manufacture of activated karbon consists of carbonization dan activation process. Temperature variation for carbonization process in this research are 500 °C, 550 °C, 600 °C, 650 °C and 700 °C then proceed with the activation process by karbon reflux with 6 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  for 4 hours. Carbonization yield will decrease with increasing temperature carbonization. While the ash content, surface area, pore volume, and adsorption capacity of  $\text{Ca}^{2+}$  will increase with increasing temperature of carbonization. Obtained activated karbon is best activated karbon made at a temperature of 700°C with an activation carbonization which has a surface area 100.62 m<sup>2</sup>/g, 22.3750 Å pore diameter, pore volume of 22.376 mL/g, can eliminate the  $\text{Ca}^{2+}$  up to 13.26 %.

**Keywords:** bagasse, activated karbon, carbonization, activation, adsorption

## PENDAHULUAN

Ampas tebu merupakan residu dari proses penggilingan tanaman tebu setelah diekstrak atau dikeluarkan niranya [1]. Ketersediaan ampas tebu di Indonesia cukup melimpah sejalan dengan banyaknya pabrik gula tebu, baik yang dikelola oleh negara (PT Perkebunan Nusantara/PTPN) maupun swasta. Data P3GI 2010 menunjukkan pada tahun 2009 terdapat 15

perusahaan (62 pabrik gula) dengan jumlah tebu yang digiling sebanyak 29,911 juta ton per tahun [2]. Dari jumlah tebu yang digiling tersebut, ampas tebu yang dihasilkan sebesar 2,991 juta ton.

Sekitar 50% ampas tebu yang dihasilkan di setiap pabrik gula dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler dan sisanya ditimbun sebagai buangan yang memiliki nilai ekonomi rendah. Penimbunan ampas tebu dalam waktu tertentu akan menimbulkan permasalahan, karena bahan ini mudah terbakar, mencemari lingkungan sekitar, dan menyita lahan yang luas untuk penyimpanannya [3]. Berbagai upaya pemanfaatan

-----  
\*Corresponding author:  
E-mail: say2as@ub.ac.id

terus dilakukan untuk meminimalkan ampas tebu, diantaranya adalah untuk makanan ternak, bahan baku pembuatan pupuk, *pulp* dan *particle board*, namun upaya ini masih belum mampu mengatasi permasalahan ampas tebu. Salah satu pertimbangan yang mendasari pemanfaatan ampas tebu menjadi karbon aktif, adalah ampas tebu merupakan biomassa lignoselulosa yang memiliki kadar karbon tinggi [4].

Penelitian ini berupaya untuk memberikan alternatif pemanfaatan ampas tebu menjadi karbon aktif yang selanjutnya dapat digunakan untuk menurunkan kadar ion kalsium di dalam perairan. Kalsium merupakan salah satu ion di dalam perairan yang berperan dalam pembentukan air sadah. Permasalahan yang dapat disebabkan oleh air sadah diantaranya adalah dapat menimbulkan kerak pada peralatan, misalnya boiler, mesin cuci, perpipaan, mengurangi daya kerja sabun, menyebabkan rambut dan kulit menjadi kasar [5].

Beberapa penelitian mengenai penurunan kesadahan dalam perairan menggunakan karbon aktif telah dikembangkan dengan berbagai bahan baku biomassa. Rolence [5] menunjukkan karbon aktif berbahan baku tempurung kelapa dapat menurunkan kesadahan pada perairan di daerah Tanzania hingga 38% dengan suhu adsorpsi 330°K, waktu kontak 4 jam, konsentrasi kesadahan awal 864mg/L, dosis 0.16 g karbon aktif/cm<sup>3</sup> adsorbat dan pH=6,3. Sedangkan hasil penelitian S. Mustapha [6] menunjukkan karbon aktif berbasis kulit buah melon dapat menurunkan kesadahan di perairan Nigeria hingga sekitar 55% dengan berat adsorben 0,50 g dan pada pH 8.

Karbon aktif merupakan karbon amorf yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas serta mempunyai kemampuan adsorpsi yang baik [7]. Pembuatan karbon aktif melibatkan 2 tahapan, yaitu karbonisasi dan aktivasi. Proses aktivasi bertujuan untuk meningkatkan luas permukaan, volume dan luas diameter [8]. Salah satu metode aktivasi yang dapat digunakan adalah aktivasi secara kimia dengan agen pengaktivasi yang sering digunakan yaitu H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, ZnCl<sub>2</sub>, dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> [9]. Agen pengaktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> lebih baik dibandingkan dengan ZnCl<sub>2</sub> karena ZnCl<sub>2</sub> dapat menjadi kontaminan di lingkungan. Konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> mempengaruhi karbon aktif yang terbentuk. Menurut Jia Guo [10] dengan

meningkatkan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> akan meningkatkan hasil dari BET surface area sampai dengan konsentrasi 30% (≈6M), dan menurun jika konsentrasi ditingkatkan.

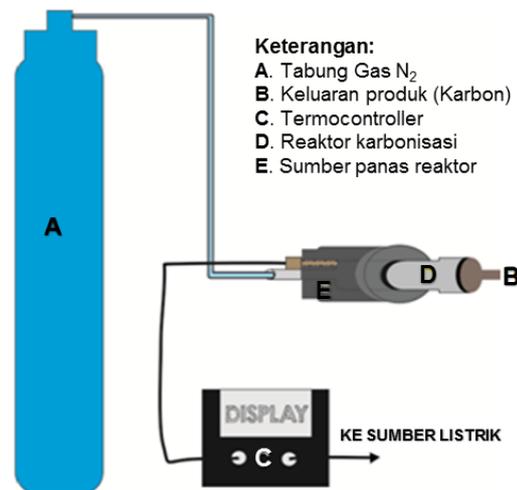
## METODE PENELITIAN

Bahan dan Instrumen Penelitian. Bahan yang digunakan untuk membuat karbon aktif adalah ampas tebu dengan hasil uji komposisi ampas tebu disajikan pada Tabel 1.

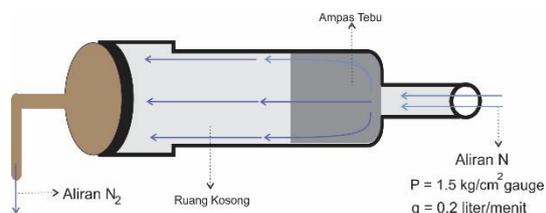
Tabel 1. Komposisi Ampas Tebu

Komponen	Jumlah (%)
Selulosa	35.01
Hemiselulosa	25.24
Lignin	6.4
Silikat	9.35

Reaktor yang digunakan pada proses karbonisasi adalah *horizontal fixed bed reactor* yang dialiri gas N<sub>2</sub> untuk memastikan bahwa tidak ada oksigen yang masuk ke dalam reaktor. Skema rangkaian proses karbonisasi dan *horizontal fixed bed reactor* yang digunakan pada penelitian ini masing-masing ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Rangkaian Proses Karbonisasi



Gambar 2. Horizontal Fixed Bed Reactor

**Prosedur Kerja.** Ampas tebu diayak dengan ketentuan lolos 50 Mesh dan tertahan 60 Mesh, kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 105°C. Proses berikutnya adalah karbonisasi yang dilakukan pada suhu 500, 550, 600, 650, 700°C. Karbon yang dihasilkan pada proses karbonisasi ini kemudian diaktivasi dengan cara mereflux karbon dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 6 M pada suhu 80°C. Selanjutnya, karbon aktif dicuci dengan aquadest dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105°C. Proses adsorpsi Ca<sup>2+</sup> dilakukan dalam larutan Ca<sup>2+</sup> konsentrasi 650 ppm. Proses adsorpsi dilakukan dengan perbandingan adsorben dan larutan adsorbat adalah 1:1 (w/v).

**Uji Parameter.** Parameter yang diuji pada penelitian ini terdiri dari *Uji Fourier Transform-Infra Red (FT-IR)* untuk menentukan gugus fungsi, uji kadar abu dilakukan berdasarkan standar CEFIC [11], uji luas permukaan, rerata jejari, dan volume pori dilakukan dengan metode Brunauer-Emmett-Teller (BET), perhitungan *yield* hasil karbonisasi menggunakan persamaan (1) serta uji Kalsium (Ca<sup>2+</sup>) dilakukan berdasarkan SNI 06-6989.12-2004:8 [12].

$$y = \frac{m_2}{m_1} \times 100\% \quad (1)$$

dimana *y* adalah *yield* hasil karbonisasi (%), *m<sub>1</sub>* menunjukkan massa ampas tebu (*gr*) dan *m<sub>2</sub>* adalah massa hasil karbonisasi (*gr*).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian komposisi ampas tebu seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. menunjukkan bahwa kandungan terbesar adalah selulosa sebesar 35,01%. Beberapa penelitian yang melakukan uji komposisi ampas tebu juga menunjukkan hasil serupa, dimana kandungan terbesar dari ampas tebu adalah selulosa, meskipun jumlahnya bervariasi dikarenakan perbedaan ampas tebu yang diuji. Perbedaan besarnya komposisi pada masing-masing ampas tebu disebabkan oleh beberapa hal seperti varietas, waktu panen, dan kondisi tumbuh [13]. Perbandingan komposisi ampas tebu antara hasil pengujian pada penelitian ini dengan penelitian lainnya ditunjukkan pada Tabel 2.

Komposisi biomass mempengaruhi suhu karbonisasi dan besarnya *yield* yang dihasilkan. Selulosa merupakan kandungan biomassa yang laju dekomposisinya tinggi karena pemutusan termal dari gula. Dekomposisi selulosa menghasilkan banyak komponen mudah menguap dan menyebabkan *yield* hasil karbonisasi rendah. Tetapi jika semakin besar kandungan hemiselulosa dan lignin akan semakin meningkatkan *yield* hasil karbonisasi [14]. Ampas tebu yang mengandung 6,4% lignin membuat karbonisasi dilakukan pada suhu minimal 500°C karena suhu tersebut merupakan suhu minimal lignin dapat terdekomposisi. Besarnya kandungan silika juga perlu diperhatikan karena silika dapat menyebabkan *slag* pada reaktor dan pembentukan pori tidak optimal.

**Tabel 2.** Perbandingan Komposisi Ampas Tebu PG Kebon Agung dan beberapa penelitian

Ampas Tebu	Kandungan			
	Hemiselulosa	Selulosa	Lignin	Silikat
Hartadi et al. [15]	29%	40%	14%	NA
Pandey et al [16]	25%	50%	25%	NA
Sudaryanto dkk. [17]	27%	37%	22%	3%
Gunam et al [18]	19,51%	40,59%	17,5%	NA
Wardani [19]	NA*	33,71%	21,11%	NA
Ampas Tebu dari PG Kebon Agung (penelitian ini)	25,24%	35,01%	6,4%	9,35%

\*NA: *Not Analysis* (peneliti tidak melakukan uji)

**Pengaruh Suhu Karbonisasi terhadap Yield hasil Karbonisasi.** Gambar 3 menunjukkan bahwa suhu karbonisasi mempengaruhi besarnya *yield* hasil karbonisasi. Berdasarkan profil yang ditunjukkan pada Gambar 3, terlihat bahwa semakin tinggi suhu karbonisasi maka semakin kecil *yield* hasil

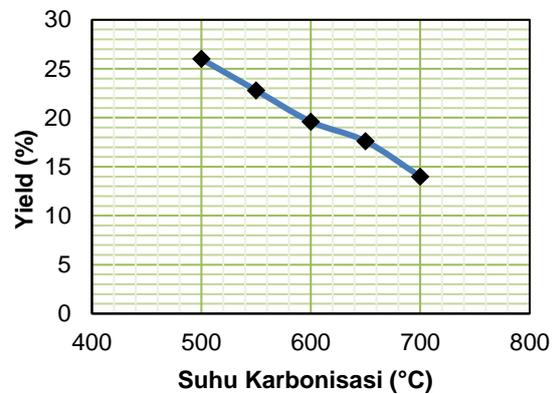
karbonisasi. *Yield* hasil karbonisasi tertinggi sebesar 26% pada suhu 500°C dan paling rendah 14% pada suhu 700°C

Ampas tebu terdiri atas beberapa komponen yaitu kandungan air, komponen mudah menguap, *fixed carbon*, dan abu [20]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan waktu

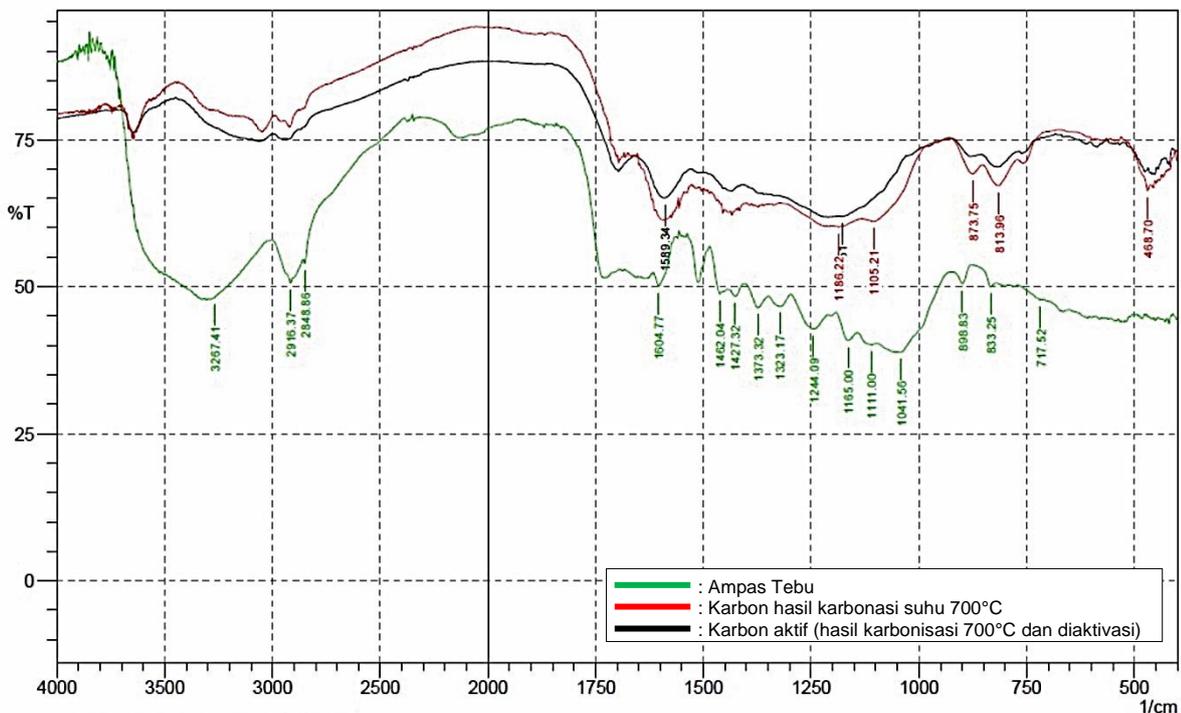
karbonisasi yang sama, yaitu selama 2 jam, semakin tinggi suhu karbonisasi maka *yield* hasil karbonisasi semakin rendah karena komponen mudah menguap yang terkandung di dalam ampas tebu akan semakin mudah untuk menguap/terlepas, sehingga hasil karbonisasi akan semakin berkurang.

**Karakterisasi Ampas Tebu, Karbon Tanpa Aktivasi, dan Karbon Teraktivasi dengan Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR).** Setelah karbonisasi, karbon yang dihasilkan sebagian diaktivasi dengan  $H_2SO_4$  menjadi karbon aktif yang kemudian dikarakterisasi untuk membandingkan karbon dengan karbon aktif. Pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus aktif yang

terdapat pada ampas tebu, karbon dan karbon aktif. Hasil FTIR ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 3.** Hubungan *yield* hasil karbonisasi dengan suhu karbonisasi



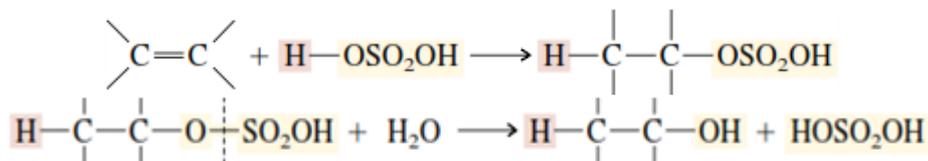
**Gambar 4.** Hasil FTIR ampas tebu, karbon non aktivasi, dan karbon aktif

Hasil FTIR pada Gambar 4 menunjukkan bahwa terdapat beberapa gugus yang mengalami perubahan seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Gugus C=C Alkuna ( $2.100-2.260\text{ cm}^{-1}$ ) terdapat pada ampas tebu kemudian hilang saat terbentuk karbon sedangkan gugus C-N ( $1.180-1.360\text{ cm}^{-1}$ ) hilang saat terbentuk karbon aktif. Gugus C=O Aldehyd/Keton/asam karboksilat/ester ( $1.690-1.760\text{ cm}^{-1}$ ) dan O-H alkohol monomer/fenol ( $3.200-3.650\text{ cm}^{-1}$ ) terdapat pada ampas tebu

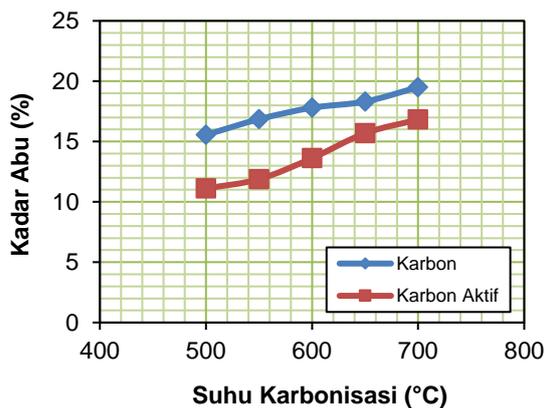
lalu hilang saat menjadi karbon, dan kembali muncul ketika menjadi karbon aktif. Gugus O-H tersebut terbentuk karena adanya reaksi antara karbon dan larutan  $H_2SO_4$  yang merupakan efek samping dari aktivasi secara kimia. Menurut Carey [21] gugus C=C alkena akan mengalami reaksi adisi dengan  $H_2SO_4$  menghasilkan alkil hidrogen sulfat kemudian alkil hidrogen sulfat akan mengalami hidrolisis membentuk alkohol, reaksinya ditunjukkan pada Gambar 5.

**Tabel 3.** Gugus Fungsi pada ampas tebu, biochar non aktivasi, dan karbon aktif

No	Gugus	Panjang Gelombang (cm-1)	Nama Sampel		
			Ampas Tebu	Biochar	Karbon Aktif
1	C-H Alkena	675-995 & 3010-3095	✓	✓	✓
2	C-H Aromatik	690-900 & 3010-3100	✓	✓	✓
3	C-O Alkohol/ eter/asam karboksilat/ester	1050-1300	✓	✓	✓
4	C-H Alkana	1340-1470 & 2850-2970	✓	✓	✓
5	C=C aromatic	1500-1600	✓	✓	✓
6	C=C Alkena	1610-1680	✓	✓	✓
7	C=C Alkana	2100-2260	✓	-	-
8	C-N Amina/Amida	1180-1360	✓	✓	-
9	C=O Aldehyd/Keton/asam karboksilat/ester	1690-1760	✓	-	✓
10	O-H Alkohol monomer/fenol	3200-3650	✓	-	✓

**Gambar 5.** Reaksi antara karbon dan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> [21]

**Kadar Abu.** Hasil pengujian kadar abu ditunjukkan pada Gambar 6. Semakin tinggi suhu karbonisasi untuk menghasilkan karbon maka kadar abu semakin besar karena dengan massa yang sama semakin tinggi suhu karbonisasi maka jumlah komponen mudah menguap semakin sedikit sehingga menyebabkan presentase abu dalam karbon semakin besar.

**Gambar 6.** Grafik hasil pengujian kadar abu

Kadar abu pada karbon aktif lebih rendah dibandingkan dengan karbon karena pada proses aktivasi dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, komponen anorganik pada karbon larut pada H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sehingga mengurangi kadar abu. Komponen anorganik yang dapat larut dalam H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> antara lain TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan SO<sub>3</sub>. Kadar abu yang

tinggi dipengaruhi oleh banyaknya silika yang terdapat pada bahan baku (ampas tebu) dan tidak dapat larut dalam H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

**Hasil Uji Brunauer-Emmet-Teller (BET).** Parameter luas permukaan, rerata jejari dan volume pori menggunakan Metode Brunauer-Emmett-Teller (BET) diujikan pada karbon dan karbon aktif yang dapat menurunkan kadar Ca<sup>2+</sup> tertinggi yaitu pada suhu karbonisasi 700°C. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil Pengujian Menggunakan Metode BET (Suhu Karbonisasi 700C)

Karakteristik	Karbon	Karbon Aktif
Luas permukaan spesifik (m <sup>2</sup> /gr)	58,635	100,662
Volume pori (ml/gr)	0,07149	0,1126
Rerata Diameter Pori (Å)	48,76	44,76

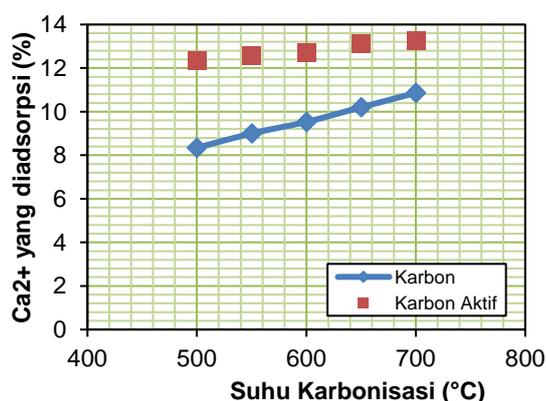
Dari Tabel 4, dapat diketahui bahwa semakin tinggi suhu maka luas permukaannya semakin besar karena pori yang terbentuk juga semakin banyak. Dengan meningkatnya suhu karbonisasi maka pori yang terbentuk semakin banyak karena bahan mudah menguap yang sebelumnya menutupi pori akan banyak menghilang dan pori yang terbuka akan semakin banyak. Selain luas permukaan, volume pori karbon juga mengalami

peningkatan dengan meningkatnya suhu karbonisasi.

Adanya perlakuan aktivasi menghasilkan luas permukaan dan volume pori yang semakin besar. Dengan adanya aktivasi dengan  $H_2SO_4$  maka dapat melarutkan sebagian senyawa anorganik yang menutupi pori sehingga pori menjadi terbuka dan pori semakin banyak terbentuk. Semakin banyak pori yang terbentuk maka semakin besar luas permukaannya.

Dari data hasil uji BET juga menunjukkan diameter rata-rata pori untuk karbon hasil karbonisasi suhu  $500^\circ C$  dan  $700^\circ C$  sebesar  $58,5 \text{ \AA}$  dan  $48,76 \text{ \AA}$  sedangkan untuk karbon aktif didapatkan diameter rata-rata pori untuk suhu  $500^\circ C$  dan  $700^\circ C$  sebesar  $43,84 \text{ \AA}$  dan  $44,76 \text{ \AA}$ . Pori dengan diameter tersebut tergolong mikropori ( $8 - 100 \text{ \AA}$ ) dimana menunjukkan bahwa karbon dan karbon aktif yang terbentuk sebagian besar porinya berupa mikro [9].

**Penurunan  $Ca^{2+}$ .** Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu karbonisasi yang digunakan untuk menghasilkan karbon maka penurun kadar  $Ca^{2+}$  dalam sampel semakin meningkat. Dengan meningkatnya suhu karbonisasi maka pori yang terbentuk semakin banyak dan menunjukkan semakin besar luas permukaan yang digunakan untuk berinteraksi dengan adsorbat sehingga kemampuan adsorpsinya semakin meningkat karena interaksi adsorbat ini terjadi pada permukaan adsorben yang disebabkan gaya tarik Van der Waals.



Gambar 4. Peningkatan jumlah  $Ca^{2+}$  yang diadsorpsi

Jumlah pengurangan  $Ca^{2+}$  dengan menggunakan karbon sebesar 8,34% - 10,86% sedangkan untuk karbon aktif sebesar 12,33% - 13,26% dimana menunjukkan bahwa

kemampuan adsorpsi karbon aktif lebih tinggi daripada karbon tanpa aktivasi. Hal ini dikarenakan dengan adanya aktivasi dengan  $H_2SO_4$  maka akan memperbesar luas permukaan. Menurut Interreg [22] aktivasi kimia memiliki beberapa keuntungan, salah satunya yaitu luas permukaan semakin besar dan mikropori karbon dapat dikontrol. Selain itu, dengan adanya aktivasi menggunakan asam ( $H_2SO_4$ ) dapat melarutkan sebagian senyawa anorganik yang menutupi pori, sehingga pori dapat terbuka dan dapat digunakan untuk interaksi dengan adsorbat.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, menunjukkan bahwa suhu karbonisasi mempengaruhi karakteristik karbon yang terbentuk dimana semakin tinggi suhu karbonisasi maka *yield* hasil karbonisasi yang dihasilkan semakin kecil sedangkan untuk kadar abu, luas permukaan dan volume pori, serta penurunan  $Ca^{2+}$  semakin meningkat dengan meningkatnya suhu karbonisasi.

Ampas tebu dapat dijadikan alternatif bahan baku pembuatan karbon aktif, yang selanjutnya dapat dimanfaatkan sebagai adsorben. Kemampuan adsorpsi  $Ca^{2+}$  karbon aktif lebih tinggi daripada karbon tanpa aktivasi, karbon aktif dapat menurunkan kadar  $Ca^{2+}$  hingga 13,26% sedangkan 10,86%.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yuwono, Timoteus., Eduward Rolanda., Arief Widjaja & Soeprijanto. (2012). Fermentasi Hidrolisat Enzimatik Bagasse Tebu Menjadi Hidrogen. *Jurnal Teknik Pomits*. 1 (1): 1-5.
- [2] P3GI. (2010). Laporan Produksi Giling Tahun 2009 PTPN/PT Gula di Indonesia. Pasuruan: Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI).
- [3] Lavarack, B.P., Griffin, G.J., Rodman, D., (2002). The acid hydrolysis of Sugarcane Bagasse Hemicellulose to Produce Xylose, Arabinose, Glucose and Other Products. *Biomass & Bioenergy*, **23**: 367-380.
- [4] Ganvir, V.N & Syed Tanweer Ahmed. (2014). Synthesis of Activated Carbon from Toor Dall Husk (Cajanus Cajan Seed

- Husk) By Chemical Activation. *International Journal of ChemTech Research*. **6**(5): 2750-2754.
- [5] Rolence, C., Machunda, R. L. and Njau, K. N. (2014). Potentials of Agric Wastes Activated Carbon for Water Softening. *Research Journal in Engineering and Applied Science* **3**(3): 199-207.
- [6] S. Mustapha, M.M. Ndamitso, U.M., Mohammed, N.O., Adeosun, and M. Idris. (2016). Study on Activated from Melon (*Citrullus lanatus*) Husk as Natural Adsorbent for Removal of Hardness in Water. *Advances in Analytical Chemistry* **6**(1): 1-9.
- [7] Ashabani. (2013). Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Sebagai Karbon Aktif Untuk Menurunkan Kadar Besi Pada Air Sumur. *Jurnal Teknik Sipil*. **13**(1): 105-114.
- [8] Bansal, Roop Chand. (2005). *Activated Carbon Adsorption*. US: Taylor & Francis Group, LLC.
- [9] McDougall, G.J. (1991). The Physical Nature and Manufacture of Activated Carbon. *Jurnal S.Afr.Inst. Min. Metal*. **90**(4): 109-120.
- [10] Jia Guo, Wang Sheng Xu, Yan Lin Chen, Aik Chong Lua. (2005). Adsorption of NH<sub>3</sub> onto activated carbon prepared from palm shells impregnated with H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. *Journal of Colloid and Interface Science*. **281**: 285-290.
- [11] CEFIC. (1986). *Test Methods for Activated Carbon*. European Council Chemical Manufacturers' Frederatio.
- [12] SNI 06-6989.12-2004. *Air dan air limbah – Bagian 12: Cara uji kesadahan total kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) dengan metode titrimetri*.
- [13] Jenkins B.M., L.L Baxter, T.R Miler Jr., T.R Miles. (1998). Combustion properties of biomassa. *Fuel Processing Technology*. **54**(1998): 17-46.
- [14] Brenes, Michael D. (2006). *Biomassa and Bioenergi: New Research*. New York: Nova Science Publisher.
- [15] Hartadi, H., S. Reksohadiprojo, dan A.D. Tillman. (1990). *Tabel Komposisi Pakan Untuk Indonesia*. Yogyakarta: Fakultas Peternakan Universitas Gadjah Mada.
- [16] Pandey, Ashok., Carlos R. Soccol, Poonam Nigam, Vanete T. Soccol. (2000). Biotechnological potential of agro-industrial residues. I: sugarcane bagasse. *Bioresource Technology*. **74**: 69-80
- [17] Sudaryanto, Y.; Antaresti; Wibowo, H. Biopulping Ampas Tebu Menggunakan *Trichoderma viride* dan *Fusarium solani*. *Prosiding Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia*, Surabaya, 30 September 2002; hal. 163-171.
- [18] Gunam, Ida Bagus Wayan., Ni Made Wartini, Anak Agung Made Dewi Anggreni Dan Pande Made Suparyana. (2011). Delignifikasi Ampas Tebu Dengan Larutan Natrium Hidroksida Sebelum Proses Sakaraifikasi Secara Enzimatis Menggunakan Enzim Selulase Kasar Dari *Aspergillus Niger* Fnu 6018. *LIPI Press*, **34**(2011), Edisi khusus,
- [19] Wardani, A. K., Indah K. (2015). Pretreatment Ampas Tebu (*Saccharum Oficinarum*) Sebagai Bahan Baku Bioetanol Generasi Kedua. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. **III**(4): 1430-1437.
- [20] Surono, Untoro Budi. (2010). Peningkatan Kualitas Pembakaran Biomassa Limbah Tongkol Jagung sebagai Bahan Bakar Alternatif dengan Proses Karbonisasi dan Pembriketan. *Jurnal Rekayasa Proses*, **4**(1): 2010.
- [21] Carey, Francis A. (2000). *Organic Chemistry 4th edition*. USA: McGraw-Hill Company
- [22] Interreg. (2012). *Project info 5: Preparation of adsorbens using chemical activation*. Oulun Yliopisto: University of Oulun.