

Pengaruh Konsentrasi Larutan Kalium Hidroksida pada Abu Dasar Ampas Tebu Teraktivasi

The Influence of Potassium Hydroxide Concentrations on the Activated Baggase Bottom Ash

Lina Suhendarwati¹, Bambang Suharto^{2*}, Liliya Dewi Susanawati²

¹Mahasiswa keteknikan Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Malang 65145

²Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Malang 65145

*Email Korespondensi: bambangs@ub.ac.id

Abstrak

Bagas (*bagasse*) merupakan limbah ampas tebu yang sekarang ini telah dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada pengolahan gula itu sendiri. Pembakaran ini menghasilkan abu terbang (*bagasse fly ash/BFA*) yang kaya akan silika dan abu dasar ampas tebu (*bagasse bottom ash/BBA*) yang sebagian besar tersusun dari karbon. Kalium hidroksida merupakan salah satu bahan pengaktif yang baik. Limbah abu dasar ampas tebu dapat dimanfaatkan menjadi karbon aktif dengan kualitas baik melalui proses aktivasi kimia dengan beberapa konsentrasi kalium hidroksida. Variasi konsentrasi larutan kalium hidroksida (KOH) yaitu 1M, 2M, 3M, 4M, dan 5M. Metode aktivasi menggunakan konsentrasi KOH 5 M didapatkan karakteristik yang lebih mendekati standar mutu karbon aktif, daya serap terhadap iodin sebesar 426.48 mg g⁻¹, daya serap terhadap *methylene blue* sebesar 21.04 mg g⁻¹, berat jenis sebesar 1.14 g mL⁻¹, kadar air sebesar 6.98%, dan kadar abu sebesar 48.19%.

Kata Kunci : Abu dasar ampas tebu, Kalium Hidroksida, Karbon Aktif

Abstract

Bagasse is sugar cane waste used as main composition in sugar processing. Nowadays, it is used as fuel in its producing process. This combustion produces Bagasse Fly Ash (BFA) which rich of silica and Bagasse Bottom Ash (BBA) which mainly consists carbon. Potassium Hydroxide was one of good activating agent. Bagasse bottom ash waste can be produced good quality activated carbon by chemical activation process with some potassium hydroxide concentrations. Variation of potassium hydroxideare 1M, 2M, 3M, 4M, and 5M. The activation method using potassium hydroxide concentration of 5 M to get activated carbon characterswas more nearby of quality standard, 426.48 mg g⁻¹ for iodine absorption, 21.04 mg g⁻¹ for blue methylene absorption, 1.14 g mL⁻¹ of density, 6.98% of water content and 48.19% of ash content.

Keywords : Activated Carbon, Bagasse Bottom Ash, Potassium Hydroxide

PENDAHULUAN

Bagasse atau ampas tebu adalah zat padat yang didapatkan dari sisa pengolahan tebu pada industri pengolahan gula pasir. Sebagian besar digunakan sebagai bahan bakar ketel (boiler) yang menghasilkan limbah hasil pembakaran berupa abu ampas tebu. Abu ampas tebu yang dihasilkan dari ketel dibedakan menjadi dua macam, antara lain abu terbang yaitu abu ampas tebu yang keluar lewat bagian

atas cerobong dan abu dasar yaitu abu ampas tebu yang keluar lewat bagian bawah ketel (Srivastava *et al.*, 2005). Abu dasar ampas tebu saat ini di PG. Kebon Agung hanya dimanfaatkan sebagai pupuk. Pemanfaatan abu dasar ampas tebu yang kurang optimal, sedangkan ketersediaan yang melimpah dan potensi yang dimiliki sebagai adsorben sangat baik sesuai dengan penelitian (Suksabye, 2011) yang menunjukkan efisiensi dekolerasi lebih besar dari adsorben dengan bahan baku

lainnya, hal ini menjadi pertimbangan untuk memanfaatkan abu dasar ampas tebu ini menjadi karbon aktif.

Karbon aktif adalah senyawa karbon yang telah diproses dengan cara aktivasi sehingga senyawa tersebut memiliki pori dan luas permukaan yang sangat besar dengan tujuan untuk meningkatkan daya adsorpsinya. Karbon aktif merupakan material yang unik karena memiliki pori dengan ukuran skala molekul (nanometer). Pori tersebut memiliki gaya *Van der Waals* yang kuat (Arfan, 2006).

Umumnya karbon aktif dapat dibuat melalui proses aktivasi fisika maupun kimia. Penggunaan jenis bahan aktivasi pada proses aktivasi kimia dapat memberikan pengaruh yang berbeda-beda terhadap luas permukaan maupun volume pori-pori karbon aktif yang dihasilkan. Proses aktivasi menggunakan bahan aktivasi kalium hidrosida (KOH) menghasilkan karbon aktif dengan luas permukaan $3000 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ (Teng, 1999). Dari hasil penelitian tersebut maka KOH merupakan salah satu bahan aktivasi kimia yang baik pada proses aktivasi pembuatan karbon aktif. Penggunaan bahan aktivasi yang baik diharapkan dapat menghasilkan daya adsorpsi besar pada pemanfaatan abu dasar ampas tebu (*Baggase Botom Ash*) menjadi karbon aktif.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi KOH terhadap karakterisasi karbon aktif dari abu dasar ampas tebu (*Bagasse Bottom Ash*) yang meliputi daya serap iodin dan *methylene blue*, berat jenis, kadar air, kadar abu. Mengetahui hasil perlakuan terbaik yang dilakukan dalam penelitian ini.

METODE PENELITIAN

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu dasar ampas tebu (BBA) yang didapatkan dari PG. Kebon Agung, Malang. Bahan baku BBA dihasilkan dari pembakaran ampas tebu dalam boiler dan diambil dari bagian bawah boiler. BBA banyak mengandung kandungan kimia yang dapat

dimanfaatkan sebagai adsorben, salah satunya adalah karbon.

Proses aktivasi abu dasar ampas tebu

Abu dasar ampas tebu diayak menggunakan ayakan 100 mesh agar dapat memiliki ukuran yang seragam. Bahan berukuran seragam yang didapatkan direndam selama 5 jam menggunakan bahan aktivasi KOH dengan lima variasi konsentrasi kadar KOH yakni 1 M, 2 M, 3 M, 4 M dan 5 M. Bahan dioven dan dicuci menggunakan asam klorida (HCl) 0.1 M, kemudian dilanjutkan dengan pencucian menggunakan aquades panas berulang kali sampai filtrat mempunyai pH netral lalu bahan hasil pencucian dioven kembali. Pengujian parameter yang dilakukan adalah karakterisasi karbon aktif, meliputi daya serap terhadap iodin (I_2), adsorpsi *methylene blue*, berat jenis, kadar air, dan kadar abu.

Karakterisasi karbon aktif BBA

1. Penentuan Daya Serap Iodin

Sampel kering sebanyak 0.5 g dimasukkan ke dalam erlenmeyer, lalu ditambahkan 25 ml larutan I_2 0.1 N, kemudian dikocok selama 15 menit pada suhu kamar dan selanjutnya disaring. Filtrat sebanyak 10 mL dititrasi dengan larutan Natrium Tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0.1 N hingga berwarna kuning muda lalu diberi beberapa tetes larutan amilum 1% dan titrasi dilanjutkan sampai warna biru tepat hilang. Daya Serap Iodin dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut (ASTM, 1999).

$$\text{DSI} = \frac{(\text{mL sampel} - \frac{T \times C_1}{C_2}) \times \text{WI} \times \text{Fp}}{\text{gr sampel}}$$

Dimana :

DSI = Daya Serap Iodin (mg g^{-1})

mL sampel = filtrat yang dititrasi (10 mL)

T = volume titrasi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (mL)

C1 = konsentrasi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (N)

C2 = konsentrasi Iodin (N)

WI = berat iod ($12.693 \text{ mg mL}^{-1}$)

Fp = faktor pengenceran (2.5)

2. Penentuan Daya Serap *Methylene Blue*

Pertama dilakukan penentuan panjang maksimum, dibuat larutan *metilen blue* 4 ppm sebanyak 20 mL. Absorbansi diukur pada panjang gelombang 660-669 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis

(*Spectro 20D plus spectrophotometer*). Didapatkan kurva standar *metilen blue* berdasarkan absorbansi dari berbagai larutan standar *metilen blue* 0, 1, 2, 3, dan 4 ppm (digunakan larutan yang mempunyai absorbansi lebih kecil dari satu) pada panjang gelombang maksimum. Dari kurva standar *metilen blue* didapatkan besar konsentrasi larutan *metilen blue* yang diserap oleh adsorben.

Kurva standar dengan regresi linier :

$$y = ax + b$$

Karbon aktif sebanyak 0.1 g ditambahkan larutan *metilen blue* 100 ppm sebanyak 20 mL kemudian ditempatkan dalam Erlenmeyer 50 mL dan ditutup aluminium foil, sampel diaduk menggunakan *shaker* selama 60 menit (didapatkan dari optimasi pengocokan 15, 30, 45, 60, dan 75 menit). Larutan hasil pengadukan disaring dan filtratnya dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis (*Spectro 20D plus spectrophotometer*) pada panjang gelombang maksimum yang telah diperoleh. Absorbansi yang dihasilkan dari pengukuran UV-Vis dimasukkan dalam persamaan linier kurva standar untuk mengetahui konsentrasi akhir *metilen blue* yang diserap oleh karbon aktif ditentukan berdasarkan perbedaan konsentrasi *metilen blue* sebelum dan sesudah penyerapan. Konsentrasi *metilen blue* dalam filtrate merupakan berat teradsorpsi maksimum (Mustafa & Noor, 2003). Jumlah *metilen blue* yang teradsorpsi dapat ditentukan dengan rumus

$$q(t) = \frac{(C_0 - C_t)V}{W}$$

3. Penentuan Berat Jenis

Piknometer 25 mL dikeringkan kemudian ditimbang dan ditambah dengan aquades. Setelah penambahan aquades, piknometer ditimbang lagi, volume aquades di kurangi sebanyak 5 mL kemudian karbon aktif sebanyak 0.2 g dimasukan ke dalam piknometer kemudian didiamkan sampai karbon mengendap lalu ditambah aquades sampai penuh, piknometer di timbang sampai didapatkan berat konstan. Berat jenis dapat ditentukan dengan persamaan berikut (Zamrudu, 2008) :

$$\rho_{KA} = \frac{W_{ka}}{V_{ka}} = \frac{W_2}{W_4 - W_3 + W_2} \times \rho_{air}$$

4. Penentuan Kadar Air

Karbon aktif ditimbang 1-2 g dalam cawan petridish kemudian dikeringkan pada oven 100-105 °C selama 3-5 jam tergantung bahan. Karbon aktif didinginkan dalam destikator dan ditimbang. Kemudian dipanaskan lagi dalam oven 30 menit, didinginkan dalam destikator, perlakuan ini diulang sampai tercapai berat konstan (selisih penimbangan berturut-turut kurang dari 0.2 mg). Menurut Sudarmadji (1984), kadar air dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{W_{Awal} - W_{Akhir}}{W_{Awal}}$$

5. Penentuan Kadar Abu

Satu gram karbon aktif dimasukkan dalam tanur dan dibakar pada temperatur 650 °C. Setelah 120 menit dikeluarkan dan didinginkan dalam desikator selama 30 menit, kemudian ditimbang. Prosedur tersebut dilakukan berulang-ulang dengan selang waktu yang sama sampai tercapai berat konstan (dua kali penimbangan berturut-turut selisihnya tidak lebih dari 0.2 mg). Kadar abu dihitung dengan rumus (AOAC, 1990) :

$$\text{Kadar abu (Ac)} = \frac{F-G}{B-G} \times 100\%$$

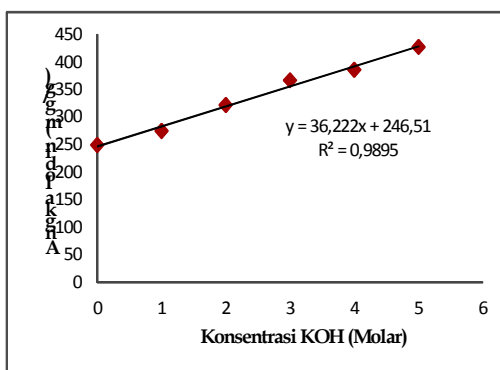
Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) Pola Searah (*One way classification*) yang terdiri dari satu faktor yaitu konsentrasi larutan KOH yang terdiri dari lima perlakuan. Penelitian dilakukan dengan tiga kali ulangan. Analisa data menggunakan *one-way ANOVA*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan karbon bahan baku abu dasar ampas tebu PG. Kebon Agung ini adalah sebesar 18.66%. Beberapa karakterisasi dilakukan pada penelitian ini untuk mengetahui kualitas aktivasi BBA yang dihasilkan.

1. Daya Serap Iodin karbon aktif BBA

Daya serap terhadap iodin ditentukan dengan tujuan mengetahui kemampuan adsorpsi dari adsorben yang dihasilkan terhadap larutan berbau. Daya serap terhadap iodin adalah jumlah miligram iodin yang diadsorpsi oleh satu gram karbon aktif. Hasil analisa statistik menunjukkan bahwa terdapat pengaruh perbedaan konsentrasi KOH yang sangat nyata pada aktivasi BBA terhadap daya serap iodin ($P < 0.01$). Hubungan antara konsentrasi KOH terhadap daya serap iodin dapat dilihat pada Gambar 1.



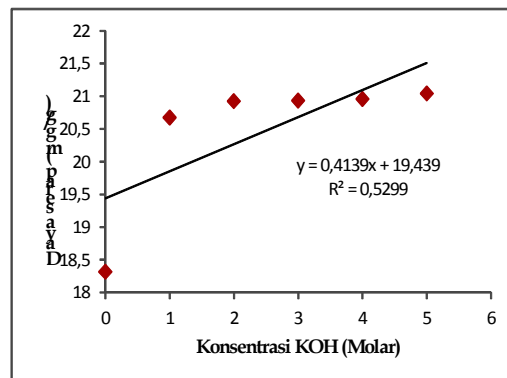
Gambar 1. Hubungan antara konsentrasi KOH terhadap daya serap Iodin

Nilai daya serap iodin terbesar didapatkan pada aktivasi dengan konsentrasi KOH 5 M sebesar 426.48 mg g^{-1} . Aktivasi dengan larutan KOH mampu meningkatkan daya serap iodin BBA dari 248.56 mg g^{-1} mencapai 426.48 mg g^{-1} . Menurut (Tutik & Faizah, 2001), daya serap karbon aktif semakin kuat bersamaan dengan meningkatnya konsentrasi dari aktivator yang ditambahkan. Penambahan aktivator memberikan pengaruh yang kuat untuk mengikat senyawa-senyawa tar keluar melewati mikro pori-pori dari karbon aktif sehingga permukaan dari karbon aktif tersebut semakin lebar atau luas yang mengakibatkan semakin besar pula daya serap karbon aktif tersebut.

2. Daya Serap terhadap *Methylene Blue* Karbon Aktif BBA

Penentuan daya serap terhadap *methylene blue* dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan adsorpsi karbon aktif BBA yang dihasilkan terhadap larutan berwarna. Penentuan ini juga dapat digunakan untuk mengetahui luas

permukaan yang dimiliki oleh adsorben. Hasil analisa statistik yang didapatkan menunjukkan adanya pengaruh KOH yang sangat nyata pada aktivasi BBA terhadap daya serap *methylene blue* ($P < 0.01$). Hubungan perbedaan konsentrasi KOH terhadap daya serap iodin dapat dilihat pada Gambar 2.



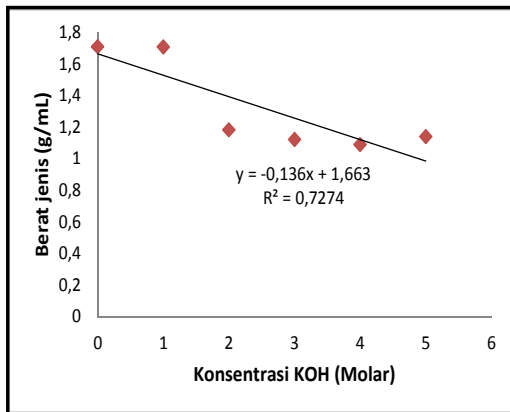
Gambar 2. Hubungan antara konsentrasi KOH terhadap daya serap *Methylene Blue*

Nilai daya serap *methylene blue* BBA tertinggi dihasilkan pada konsentrasi KOH 5 M sebesar 21.04 mg g^{-1} . Nilai daya serap *methylene blue* BBA sebelum dan setelah proses aktivasi meningkat dari 18.32 mg g^{-1} mencapai 21.04 mg g^{-1} . Daya serap *methylene blue* dapat digunakan untuk menentukan luas permukaan dari suatu karbon aktif. Daya serap yang semakin besar menunjukkan bahwa luas permukaan karbon aktif juga semakin besar. Daya serap terhadap metilen biru sebanding dengan luas permukaan adsorben (Widihati *et al.*, 2012), hal ini menunjukkan karbon aktif BBA dengan daya serap *methylene blue* terbesar yaitu pada konsentrasi KOH 5 M sebesar 21.04 mg g^{-1} memiliki luas permukaan paling besar. Luas permukaan karbon aktif yang semakin besar mampu mengadsorpsi larutan *methylene blue* semakin banyak, hal ini diakibatkan karena semakin besarnya bidang kontak yang menyerap adsorbat.

3. Berat Jenis Karbon Aktif BBA

Berat jenis merupakan parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui volume pori karbon aktif. Berat jenis kecil menunjukkan adanya pengembangan struktur pori dan membuat luas permukaan karbon aktif menjadi

besar. Analisis statistik menunjukkan adanya pengaruh konsentrasi KOH yang sangat nyata terhadap berat jenis karbon aktif BBA ($P < 0.01$). Hubungan hasil berat jenis karbon aktif BBA pada perlakuan berbagai konsentrasi KOH dapat dilihat pada Gambar 3.

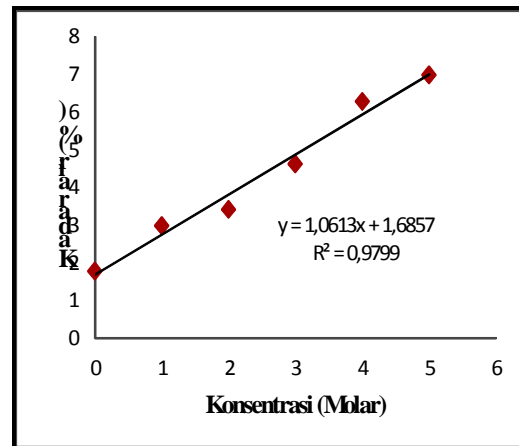


Gambar 3. Hubungan antara konsentrasi KOH terhadap Berat Jenis

Hasil terbaik terjadi pada konsentrasi 4 M dengan hasil berat jenis terkecil yaitu sebesar 1.09 g mL^{-1} . Secara umum, proses aktivasi dengan konsentrasi KOH yang semakin besar menghasilkan karbon aktif BBA dengan berat jenis yang semakin menurun sampai pada konsentrasi tertentu. Aktivasi karbon aktif BBA dapat mengurangi berat jenis dari 1.71 g mL^{-1} mencapai 1.09 g mL^{-1} . Sesuai dengan pendapat (Lartey & Acquah, 1999), perubahan berat jenis karbon aktif berlawanan arah dengan angka Iodin, yaitu nilai berat jenis yang semakin kecil akan menyebabkan peningkatan angka Iodin.

4. Kadar Air Karbon Aktif BBA

Hasil analisa statistik menunjukkan pengaruh konsentrasi larutan KOH yang sangat nyata terhadap kadar air karbon aktif BBA ($P < 0.01$). Karbon aktif bersifat higroskopis sehingga mudah menyerap uap air dari udara. Hubungan hasil kadar air karbon aktif BBA pada setiap perlakuan dapat dilihat pada Gambar 4.

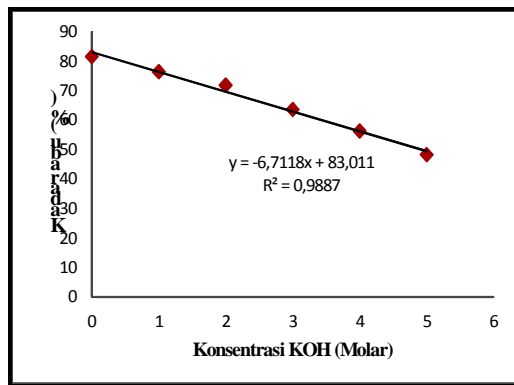


Gambar 4. Hubungan antara konsentrasi KOH terhadap Kadar Air

Kandungan air karbon aktif yang besar dapat menurunkan kualitas daya adsorpsi yang dimilikinya. Sesuai dengan yang diungkapkan (Pari, 1996), bahwa kadar air yang tinggi akan mengurangi daya jerap arang aktif terhadap gas maupun cairan gas. Oleh karena itu, karbon aktif BBA diharapkan memiliki kandungan air yang rendah. Peningkatan kadar air hingga 6.98% tidak mengurangi daya serap yang dimiliki oleh karbon aktif BBA yang dihasilkan, hal ini ditunjukkan pada hasil analisa daya serap terhadap iodin dan *methylene blue* yang semakin meningkat dengan konsentrasi bahan pengaktif KOH yang semakin besar.

5. Kadar Abu Karbon Aktif BBA

Kadar abu merupakan sisa mineral yang tertinggal setelah pembakaran pada suhu $500-800 \text{ }^\circ\text{C}$. Analisa statistik menunjukkan bahwa konsentrasi KOH yang dilakukan berpengaruh sangat nyata pada aktivasi karbon aktif BBA ($P < 0.01$). Hubungan hasil kadar abu setiap perlakuan pada aktivasi karbon aktif BBA dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan antara konsentrasi KOH terhadap Kadar Abu

Hasil terbaik didapatkan pada kadar abu yang paling rendah yaitu pada konsentrasi KOH 5 M sebesar 48.19%. Proses aktivasi yang dilakukan mampu mengurangi kadar abu 81.45% hingga 48.19%. Proses aktivasi menggunakan KOH mampu mendegradasi kandungan mineral BBA yang dapat menyumbat pori-pori karbon aktif BBA. Keberadaan abu yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori karbon aktif sehingga luas permukaan karbon aktif menjadi berkurang (Scroder, 2006).

Secara umum karakterisasi hasil aktivasi BBA belum memenuhi standar mutu karbon aktif SNI 06-3730-1995. Hasil aktivasi yang belum memenuhi standar tersebut dapat disebabkan oleh konsentrasi KOH yang kurang besar atau waktu aktivasi yang kurang lama, sehingga proses pengembangan pori belum dapat terbuka dengan sempurna. Selain itu dapat juga dipengaruhi oleh kandungan karbon yang dimiliki bahan baku BBA rendah, sehingga sedikit karbon yang berhasil teraktivasi, serta adanya kandungan pengotor lain yang menyebabkan terbentuknya karbon aktif menjadi terhambat. Namun proses aktivasi karbon aktif BBA yang telah dilakukan memberikan peningkatan kualitas atau kemampuan adsorpsi yang dimiliki. Peningkatan kualitas tersebut menunjukkan bahwa proses aktivasi menggunakan KOH telah memberikan pengaruh terhadap hasil aktivasi BBA.

SIMPULAN

Penambahan konsentrasi KOH yang semakin meningkat menghasilkan karakteristik karbon aktif abu dasar ampas tebu yang semakin baik, karakteristik tersebut meliputi daya serap terhadap iodin, daya serap terhadap *methylene blue*, berat jenis, kadar air, dan kadar abu.

Hasil terbaik karbon aktif BBA dalam penelitian ini didapatkan pada perlakuan konsentrasi KOH sebesar 5 M dengan hasil analisa karakterisasi hampir mendekati standar mutu SNI 06-3730-1995, antara lain daya serap terhadap iodin sebesar 426.48 mg g⁻¹, daya serap terhadap *methylene blue* sebesar 21.04 mg g⁻¹, berat jenis sebesar 1.14 g mL⁻¹, kadar air sebesar 6.98%, dan kadar abu sebesar 48.19%.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Washington, D.C: AOAC inc.
- Arfan Y. 2006. **Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Dasar Batubara Dengan Perlakuan Aktivasi Terkontrol Serta Uji Kinerjanya**. Depok : Departemen Teknik Kimia FT-UI.
- ASTM. 1999. *Standard Test Method for Determination of Iodine Number of Activated Carbon*. American Society for Testing and Material, Philadelphia.
- Lartey R.B. and Francis Acquah. 1999. *Developing National Capability For Manufacture Of Activated Carbon From Agricultural Wastes*. Institute Of Industrial Research, Csiir, Ghana. Published In The Ghana Engineer Reprinted With Ghie Permission By The African Technology Forum.
- Mustafa J. Noor A.M. 2003. **Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Ban Bekas dan Penggunaannya untuk Penyerapan Ion-Ion Logam dalam Larutan**. *Jurnal Kimia Andalas* 9, 11-15.
- Pari G. 1996. **Kualitas Arang Aktif dari 5 Jenis Kayu**. *Buletin Penelitian Hasil Hutan* 14, 60-68.

- Scroder Eliabeth. 2006. *Experiment on the Generation of activated carbon from Biomass*. Institute for Nuclear and energy Technologies Forschungs Karlsruhe, Germany, 106-111.
- Srivastava V.C., Prasad B., Misra I.M., Mall I.D. 2005. *Prediction Of Breakthrough Curves for Sorptive Removal Of Phenol By Bagasse Fly Ash Packed Bed*. *Ind.Eng.Chem.Res* 47, 1603-1613.
- Sudarmadji, Slamet, Bambang Haryono, dan Suhardi. 1984. **Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian**. Liberty, Yogyakarta.
- Suksabye Parindra. 2011. *Application Of Bagasse Bottom Ash Activated Carbon For Decolorization Of Bleaching Process In Vegetable Oil Industry*. *International Conference Of Agriculture Engineering CIGR-Ageng 2012*. Valencia, Spain.
- Teng Hsisheng, Hsu Li-Yeh.1999. *High-Porosity Carbons Prepared from Bituminous Coal with Potassium Hydroxide Activation*. *Ind.Eng. Chem. Res* 38, 2947-2953.
- Tutik M dan Faizah H. 2001. **Aktifasi Arang Tempurung Kelapa Secara Kimia dengan Larutan Kimia ZnCl₂, KCl dan HNO₃**. Jurusan Teknik Kimia UPN. Yogyakarta.
- Widihati, Ida Ayu Gede Ni G. A. M. Dwi Adhi Suastuti, dan M. A. Yohanita Nirmalasari. 2012. **Studi Kinetika Adsorpsi Larutan Ion Logam Kromium (Cr) Menggunakan Arang Batang Pisang (*Musa paradisiaca*)**. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana. Bukit Jimbaran.
- Zamrudty Windi. 2008. **Pembuatan Karbon Aktif dari Ampas Biji Jarak Pagar (*Jatropha Curcas Linn*)**. *Jurnal Teknologi Separasi* 1, 1978-8789.