

PENGARUH VARIASI WAKTU PADA KEMAMPUAN ADSORPSI KARBON AKTIF DARI LIMBAH BATANG PISANG (*Musa paradisiaca L.*) TERHADAP BENZENA

THE EFFECT OF TIME VARIATION ON THE ACTIVATED CARBON ADSORPTION ABILITY OF BANANA STEM WASTE (*Musa paradisiaca L.*) AGAINST BENZENE

Siti Aisyah*, Alimuddin, Saibun Sitorus

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman
Jalan Barong Tongkok No. 4 Kampus Gunung Kelua, Samarinda, 75123, Indonesia

*E-mail: sitiaisyahlaupa08@gmail.com

Received: 08 April 2019, Accepted: 15 August 2019

ABSTRACT

The research was conducted about the adsorption ability of activated carbon from banana trunk waste (*Musa paradisiaca L.*) toward benzene. The purpose of this research was to find out the characteristics and the adsorption ability of activated carbon from banana trunk waste in the form value of capacity in adsorption process. In this research, the production of activated carbon from banana trunk waste through stages of preparation and carbonization that was activated using H₃PO₄ solution. Then the carbon with SNI No. 06-3730-1995 was characterized and using *Scanning Electron Microscopy* (SEM) to find out the morphology of adsorbent. The result of analysis of SEM characteristics of activated carbon was the pores that were formed became larger. In addition, another analysis that was obtained namely 4.6% moisture content; 22.42% ash content; 24.14% volatile matter content; 48.74% bonded carbon content; 347.73 m²/g surface area and adsorption with I₂ 176.5 mg/g. At the optimum variations of the time of adsorption capacity value is equal 1.692 mg/g.

Keywords: *Activated Carbon, Banana Trunk Waste, Benzene*

PENDAHULUAN

Tanaman pisang merupakan salah satu tanaman yang melimpah ruah di Indonesia. Batang pisang ini dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif dimana dari segi komposisinya yang terdapat kandungan lignin yang rendah dan kandungan selulosa yang tinggi [1]. Komposisi kimia serat batang pisang : lignin 5-10%, selulosa 60-65 %, hemiselulosa 6-8% dan air 10-15%. kandungan-kandungan inilah yang dapat diubah menjadi karbon aktif untuk mengadsorpsi [2].

Karbon aktif dapat digunakan sebagai adsorben dalam pengolahan air sebagai upaya untuk mengeliminasi warna, bau dan rasa dari bahan organilo yang terkandung didalam air. Kontaminan pada air diserap karena adanya tarikan dari atas bagian permukaan karbon aktif lebih kuat jika dibandingkan dengan kemampuan larutan menahan zat didalamnya. Karbon aktif memiliki kontaminan yang mampu memasuki pori lalu terakumulasi didalamnya, jika kontaminan yang larut dalam air serta ukuran dari pori kontaminan yang lebih kecil

jika dilakukan perbandingan terhadap ukuran pori dari karbon aktif [3].

Benzena merupakan senyawa aromatik tersederhana. Cincin benzena dianggap sebagai induk sama seperti alkana rantai lurus. Gugus alkil, halogen dan gugus nitro dinamai dalam bentuk awalan pada benzena itu.

Bahaya senyawa benzena adalah dari paparan melalui ingesti dapat menyebabkan mual, iritasi perut, pusing, kantuk, tremor, detak jantung tidak stabil, bahkan kematian. Kontak terhadap cairan dan uap benzena dapat menyebabkan iritasi kulit, mata, dan saluran pernafasan atas. Paparan melalui kulit dapat menyebabkan bercak-bercak merah.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu oven, *Furnace*, Labu ukur, Pipet volume, peralatan gelas, ayakan 100 mesh, desikator, tiang statif, Buret, pipet mikro, neraca analitik, *magnetic stirrer*, spektrofotometer UV-VIS, *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu limbah batang pisang, larutan H_3PO_4 20% (v/v), larutan $Na_2S_2O_3$ 0,1 N; larutan iodine 0,1 N; indikator amilum 1% (b/v), pH universal, larutan metilen biru 300 ppm, kertassaring, aquades, aluminium foil.

Prosedur Penelitian

Determinasi

Determinasi Batang Pisang dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kebenaran klasifikasi dari sampel yang akan digunakan sebagai bahan uji dalam penelitian ini. Determinasi dilakukan di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Karbonisasi

Pada proses ini batang pisang dioven pada suhu $110^\circ C$ selama 1 jam lalu dipanaskan dalam tanur dengan suhu $400^\circ C$ selama 30 menit. Kemudian didinginkan, digerus dan diayak dengan ayakan ukuran 100 mesh [4].

Aktivasi kimia

Pada tahap aktivasi ini direndam sebanyak 100 gram karbon aktif dalam larutan H_3PO_4 20% sebanyak 500 mL selama 24 jam, disaring menggunakan kertas saring dan dicuci dengan aquades hingga pH netral. Residu yang dihasilkan kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu $110^\circ C$ selama 3 jam lalu didinginkan dalam desikator [5].

Pembuatan larutan

Pembuatan larutan induk metilen biru 1000 ppm

Padatan metilen biru ditimbang sebanyak 0,1 g kemudian dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL dan dilarutkan dengan aquades hingga tanda tera.

Pembuatan larutan metilen biru 300 ppm

Larutan metilen biru 1000 ppm diambil dengan pipet sebanyak 30 mL kemudian dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL dan ditambahkan aquades hingga tanda tera.

Pembuatan kurva standar larutan metilen biru

Pada tahap pertama yaitu digunakan larutan metilen biru 300 ppm kemudian diencerkan dengan menggunakan labu takar 100 mL dengan variasi konsentrasi larutan standar 1, 5, 7, 9 dan 10 ppm setelah itu diukur adsorbansinya menggunakan alat Spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang 664 nm.

Pengujian karakteristik karbon

Rendemen

Pada proses ini Karbon yang diperoleh terlebih dahulu dibersihkan, kemudian ditimbang. Penetapan rendemen dilakukan dengan menghitung perbandingan bobot karbon yang dihasilkan dengan bobot bahan baku awal yang digunakan.

Kadar air

Pada proses ini kadar air ditentukan dengan cara ditimbang 1 gram Karbon Aktif dengan neraca analitik ke dalam cawan porselen yang telah diketahui beratnya kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu $110^\circ C$ selama 3 jam selanjutnya didinginkan dengan desikator lalu ditimbang.

Kadar zat terbang

Pada proses ini kadar zat terbang ditentukan dengan cara ditimbang sebanyak 1 gram sampel karbon aktif, kemudian dimasukkan ke dalam cawan porselen yang diketahui bobotnya. Karbon dimasukkan ke dalam tanur pada suhu $900^\circ C$ selama 10 menit, selanjutnya didinginkan dalam desikator dan ditimbang.

Kadar abu

Pada proses ini kadar abu ditentukan dengan cara ditimbang sebanyak 1 gram sampel karbon aktif, kemudian dimasukkan ke dalam cawan porselen yang diketahui bobotnya. Karbon dimasukkan ke dalam tanur pada suhu $700^\circ C$ selama 4 jam, selanjutnya didinginkan dalam desikator dan ditimbang.

Kadar karbon terikat

Kadar karbon terikat dapat dihitung pada persamaan berikut ini.

$$\%KKT = 100\% - (\text{Kadar zat terbang} + \text{Kadar abu} + \text{Kadar air})\%$$

Keterangan :

% KTT : Kadar Karbon Terikat

Penentuan daya serap terhadap larutan I_2

Pada proses ini diambil karbon aktif sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam Erlenmeyer lalu ditambahkan 25 mL larutan Iodin 0,1 N kemudian dikocok selama 15 menit pada suhu kamar dan disaring. Filtrat sebanyak 10 mL dititrasi dengan larutan Natrium Tiosulfat 0,1 N hingga warna kuning muda lalu diberikan beberapa tetes indikator amilum 1% dan dilanjutkan titrasi hingga warna larutan menjadi biru tepat hilang. Untuk perbandingan digunakan larutan blanko dengan cara yang sama dan dilakukan duplo.

Penentuan luas permukaan dengan larutan metilen biru

Pada proses ini diambil 0,3 gram karbon aktif dimasukkan ke dalam Erlenmeyer lalu ditambahkan 50 mL larutan metilen biru 300 ppm kemudian dihomogenkan selama 60 menit menggunakan *magnetic stirrer*, lalu disaring. Setelah itu diambil filtratnya dan diuji dengan spektrofotometer UV-VIS untuk mengetahui absorbansinya pada panjang gelombang 664 nm.

Scanning Electron Microscopy (SEM)

Karbon aktif Batang Pisang sebelum aktivasi dan setelah aktivasi dianalisa menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui perbesaran pori-pori dari Karbon aktif batang pisang secara morfologi.

Penentuan panjang gelombang maksimum

Penentuan panjang gelombang maksimum larutan benzena dilakukan menggunakan larutan standar benzena 100 ppm dengan rentang panjang gelombang 200-340 nm dengan menggunakan Spektrofotometer UV.

Pembuatan kurva kalibrasi benzena

Larutan standar benzena dibuat dengan konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, 50

ppm dan 60 ppm. Selanjutnya diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV dengan panjang gelombang maksimum sebesar 267,7 nm. Kemudian dibuat kurva kalibrasi antara konsentrasi larutan standar benzena dengan absorbansinya untuk mendapatkan persamaan regresi linear.

Adsorpsi karbon aktif dari limbah batang pisang terhadap benzena

Variasi waktu adsorpsi terhadap berat karbon aktif

Sebanyak 0,4 gram, 0,6 gram, 0,8 gram dan 1 gram karbon aktif masing-masing dimasukkan ke dalam gelas kimia kemudian ditambahkan 25 mL xilena dengan konsentrasi 40 ppm. Selanjutnya diaduk selama 30 menit lalu disaring menggunakan kertas saring dan diambil filtratnya sebanyak 10 mL kemudian diukur konsentrasi benzena yang teradsorpsi menggunakan Spektrofotometri UV. Diulangi langkah yang sama secara berturut-turut pada waktu adsorpsi sebesar 45 menit dan 60 menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Karakteristik Karbon Aktif Batang Pisang

Hasil uji karakteristik karbon batang pisang meliputi kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, kadar karbon, luas permukaan dan daya serap I₂ seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Uji karakterisasi karbon batang pisang

Karakterisasi	Hasil	Persyaratan SNI
Kadar Air (%)	4,6	Maks. 15
Kadar Abu (%)	22,42	Maks. 10
Kadar Zat Terbang (%)	24,14	Maks. 25
Kadar Karbon Terikat (%)	48,74	Min. 65
Daya Serap I ₂ (mg/g)	Sebelum aktivasi	Min. 750
	Sesudah aktivasi	
Luas Permukaan (m ² /g)	Sebelum aktivasi	Min. 300
	Sesudah aktivasi	

Dari data di atas tidak semua hasil uji karakterisasi memenuhi persyaratan. Yang memenuhi persyaratan adalah kadar air dan kadar zat terbang, yang tidak memenuhi syarat adalah kadar abu, kadar karbon terikat, daya serap I₂, luas permukaan.

Pengujian Karakteristik Karbon

Pada proses Pengujian karakteristik karbon terlebih dahulu karbon ditimbang. Penetapan rendemen dilakukan dengan menghitung

perbandingan bobot karbon yang dihasilkan dengan bobot bahan baku awal yang digunakan. Dimana didapatkan % rendemen sebesar 54,93%.

Pengujian kadar air

Tujuan dari pengujian kadar air yaitu untuk mengetahui sifat higroskopis dari arang aktif. Kadar air sangat mempengaruhi kemampuan suatu adsorpsi. Semakin besar kadar air arang aktif maka semakin kecil kemampuan untuk menyerap adsorbat [6].

Dalam penelitian ini hasil kadar air yang diperoleh sebesar 4,6 %, sehingga memenuhi persyaratan SNI yaitu maksimum 15%. Hal ini disebabkan oleh kandungan air yang terikat dalam arang tersebut telah menguap selama proses karbonisasi.

Pengujian kadar zat terbang

Tujuan dari pengujian kadar zat terbang yaitu mengetahui kandungan senyawa yang belum menguap pada proses karbonisasi. Tinggi rendahnya zat terbang dipengaruhi oleh komponen kimia dari arang [7]. Dalam penelitian ini didapatkan hasil kadar zat terbang dalam karbon aktif dari batang pisang sebesar 24,14% hal ini memenuhi syarat SNI yaitu maksimum 25%.

Pengujian kadar abu

Tujuan dari pengujian kadar abu yaitu mengetahui persentase kandungan mineral dalam karbon aktif batang pisang. Semakin tinggi kandungan mineral dalam karbon aktif maka semakin tinggi juga kadar abu sehingga akan mengganggu proses adsorpsi dan menyebabkan penyumbatan pori-pori arang aktif akibatnya kemampuan adsorpsi dari karbon aktif tersebut akan menurun [8]. Dari penelitian ini didapatkan hasil kadar abu dalam karbon aktif batang pisang sebesar 24,42% hal ini tidak memenuhi syarat SNI yaitu maksimum 10 %. Hasil dalam penelitian ini tidak memenuhi syarat SNI disebabkan oleh meningkatnya kadar abu terjadi karena terbentuknya garam-garam mineral pada saat proses pengarangan yang bila proses tersebut berlanjut akan membentuk partikel-partikel halus dari garam-garam mineral tersebut. Selain itu khusus untuk arang aktif batang pisang, kadar abu yang tinggi disebabkan karena pada dasarnya batang pisang mengandung selulosa dan lignin.

Pengujian kadar karbon terikat

Kadar karbon merupakan jumlah karbon murni yang terkandung di dalam arang. Semakin tinggi jumlah kadar air, kadar abu dan kadar zat volatil maka akan menentukan tinggi atau rendah kadar karbon terikat yang diperoleh. Penentuan kadar karbon terikat ini bertujuan untuk mengetahui karbon setelah proses karbonisasi [7]. Dalam penelitian ini kadar karbon terikat pada karbon aktif batang pisang sebesar 48,74% hal ini tidak memenuhi syarat SNI yaitu minimum 65%. Hal ini disebabkan oleh karbon aktif yang kurang sempurna pengabuannya sehingga mengakibatkan kandungan karbon pada arang aktif batang pisang tidak memenuhi syarat.

Pengujian daya serap I₂

Apabila daya serap semakin tinggi maka kualitas karbon aktif semakin bagus serta menunjukkan banyaknya jumlah mikropori yang terbentuk. Ukuran yang dapat diserap oleh I₂ adalah rentang nilai < 1 nm, hal ini karena ukuran molekul I₂ lebih kecil daripada metilen biru sehingga lebih banyak teradsorpsi sesuai ukuran pori-pori tersebut [9]. Dari hasil penelitian ini, didapatkan karbon dari batang pisang sebelum dilakukan aktivasi kemampuan daya serap terhadap I₂ sebesar 290,62 mg/g dan untuk karbon dari batang pisang sesudah dilakukan aktivasi sebesar 347,73 mg/g. Hasil penelitian tersebut tidak memenuhi dari syarat SNI yaitu minimal 750 mg/g sehingga kemampuan penyerapannya rendah. Rendahnya kemampuan daya serap I₂ dikarenakan bagian permukaan pada arang aktif masih terdapat pengotor, pori-pori yang terbentuk berjumlah sedikit sehingga luas permukaannya yang rendah dan kemampuan penyerapan I₂ masih rendah.

Pengujian luas permukaan

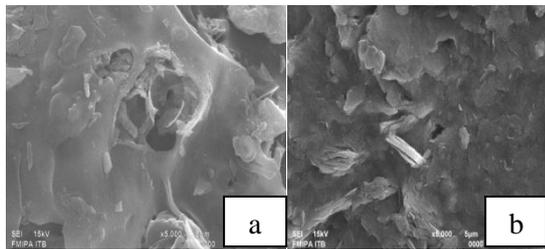
Semakin pudar warna dari larutan metilen biru maka semakin besar luas permukaan arang yang dapat menyerap adsorbat. Tinggi rendahnya daya serap arang aktif terhadap metilen biru menunjukkan ukuran pori-pori yang terbentuk. Hasil penetapan daya serap terhadap metilen biru menunjukkan bahwa pori-pori yang terbentuk pada kedua arang aktif kurang efektif jika digunakan untuk menyerap molekul berukuran 1,5-2,5 nm [9]. Dari hasil penelitian ini, didapatkan luas permukaan dari arang batang pisang sebelum aktivasi sebesar 174,7 m²/g dan sesudah aktivasi sebesar 176,5 m²/g. Hasil yang didapatkan ini masih jauh dari syarat SNI yaitu minimal 300 m²/g. Hal ini disebabkan pori-pori yang terbentuk di permukaan arang aktif mempunyai ukuran yang lebih kecil daripada molekul metilen biru sehingga pada saat penyerapan pori-pori yang memiliki ukuran sekitar 1,5-2,5 nm akan diisi oleh molekul metilen biru sedangkan yang memiliki ukuran lebih kecil akan diisi oleh molekul iodine. Dalam penelitian ini luas permukaan arang aktif sebelum dan sesudah aktivasi tidak berbeda jauh sehingga dapat dikatakan proses aktivasi tidak maksimal.

Pengaruh waktu aktivasi H₃PO₄ terhadap ukuran dan struktur pori karbon semakin lama waktu aktivasi maka ukuran pori akan semakin besar sehingga luas permukaan akan semakin kecil [10].

Hasil Scanning Electron Microscopy (SEM)

Karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* bertujuan melihat morfologi dari karbon dan dilihat

perbesaran dari rongga-rongga karbon aktif sebelum dan sesudah aktivasi.



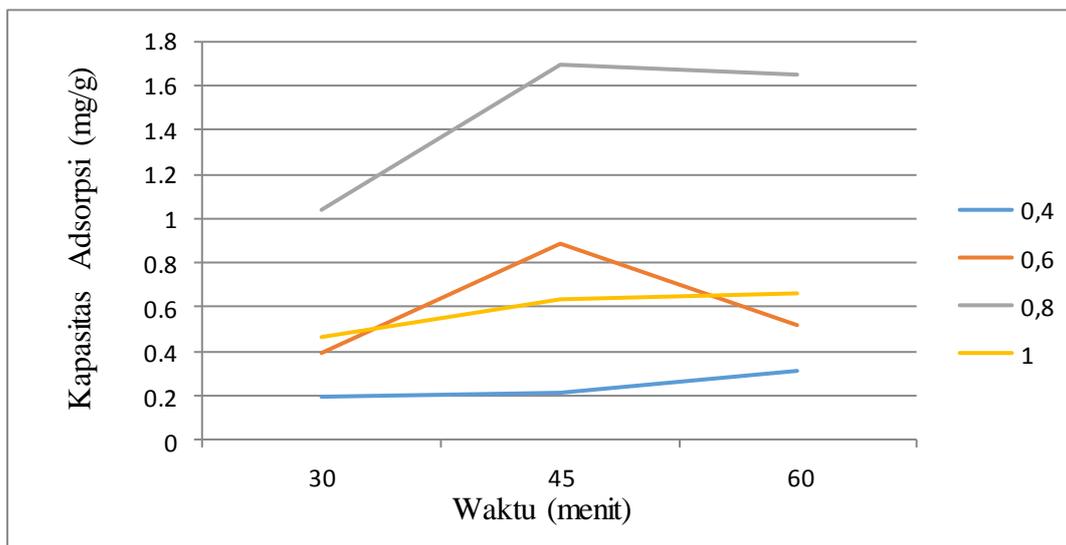
Gambar 1. (a) Karbon batang pisang sebelum diaktivasi (b) diaktivasi dengan perbesaran 5000X

Dari gambar (a) dapat dilihat karbon limbah batang pisang sebelum diaktivasi memiliki diameter rongga-rongga yang tertutup oleh zat pengotor

sehingga luas permukaannya lebih kecil sedangkan pada gambar (b) dapat dilihat karbon limbah batang pisang sesudah diaktivasi memiliki diameter rongga-rongga yang telah terbuka karena adanya aktivasi sehingga luas permukaannya lebih besar dan mampu menyerap lebih banyak senyawa benzena.

Berdasarkan variasi waktu

Pada adsorpsi karbon aktif pada larutan benzene berdasarkan variasi konsentrasi menggunakan konsentrasi 20 ppm, 40 ppm dan 60 ppm dengan lama waktu pengadukan selama 45 menit sehingga didapatkan kapasitas adsorpsi sebagai berikut.



Gambar 2. Variasi waktu terhadap kapasitas adsorpsi

Dari grafik tersebut menunjukkan kenaikan nilai kapasitas setiap konsentrasi berbeda-beda. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini yaitu pada waktu 30 menit dengan berat karbon aktif 0,4 gram konsentrasi yang teradsorpsi sebesar 3,1865 ppm dengan % teradsorpsi benzene sebesar 7,96625% memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 0,199 mg/g, pada berat 0,6 gram konsentrasi yang teradsorpsi sebesar 15,8984 ppm dengan % teradsorpsi benzene sebesar 39,746% memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 0,396 mg/g, pada berat 0,8 gram konsentrasi yang teradsorpsi sebesar 25,0509 ppm dengan % teradsorpsi benzene sebesar 62,6272% memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 1,043 mg/g, pada berat 1,0 gram konsentrasi yang teradsorpsi sebesar 18,4407 ppm dengan % teradsorpsi benzene sebesar 46,1017% memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 0,461 mg/g. Pada waktu

45 menit dengan berat karbon aktif 0,4 gram konsentrasi yang teradsorpsi sebesar 5,9594 ppm dengan % teradsorpsi benzene sebesar 13,8985% memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 0,231 mg/g, pada berat 0,6 gram konsentrasi yang teradsorpsi sebesar 28,4407 ppm dengan % teradsorpsi benzene sebesar 71,1017% memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 0,888 mg/g, pada berat 0,8 gram konsentrasi yang teradsorpsi sebesar 27,0847 ppm dengan % teradsorpsi benzene sebesar 67,7117% memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 1,692 mg/g, pada berat 1,0 gram konsentrasi yang teradsorpsi sebesar 20,4746 ppm dengan % teradsorpsi benzene sebesar 51,1865% memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 0,639 mg/g. pada waktu 60 menit dengan berat karbon aktif 0,4 gram konsentrasi yang teradsorpsi sebesar 12,5085 ppm dengan % teradsorpsi benzene sebesar

31,2712% memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 0,312 mg/g, pada berat 0,6 gram konsentrasi yang teradsorpsi sebesar 16,5763 ppm dengan % teradsorpsi benzene sebesar 41,4407% memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 0,518 mg/g, pada berat 0,8 gram konsentrasi yang teradsorpsi sebesar 26,4068ppm dengan % teradsorpsi benzene sebesar 66,017% memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 1,650 mg/g, pada berat 1,0 gram konsentrasi yang teradsorpsi sebesar 14,5424 ppm dengan % teradsorpsi benzene sebesar 36,356% memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 0,659 mg/g. Terjadinya naik dan turun pada grafik kapasitas ini disebabkan belum tercapainya kapasitas optimum yang menyebabkan nilai kapasitas adsorben pada masing-masing variasi waktu terhadap berat tidak stabil. Dimana dari variasi waktu yang telah dilakukan didapatkan waktu optimum pada berat 0,8 gram karbon aktif dengan lama waktu engadukan selama 45 menit dengan kapasitas adsorpsi sebesar 1,692 mg/g.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa Menurut SNI No. 06-3730-1995, dari hasil pengujian yang memenuhi syarat adalah pengujian kadar air dan pengujian kadar zat terbang. Kondisi optimum pada variasi waktu yakni pada konsentrasi 40 ppm pada 0.8 gram karbon aktif serta lama waktu adsorpsi 45 menit dimana didapatkan kapasitas adsorpsi sebesar 1,692 mg/g.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pramono dan Widodo. 2012. Pengaruh perlakuan alkali kadar 5% dengan lama perendaman 0 jam, 2 jam, 4 jam, 6 jam terhadap sifat tarik serat pelepah pisang Kepok. *Penelitian Inovasi*; Vol.37 No.1: Madura: Universitas Trunojoyo Madura.
- [2] Rahman, H. 2006. *Pembuatan pulp dari batang pisang Utert (Musa paradisiaca L.) pascapanen dengan proses soda*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- [3] Juliandini F. dan Trihadiningrum Y. 2008. *Uji kemampuan karbon aktif dari limbah kayu dalam sampah kota untuk penyisihan fenol*. Surabaya: ITS.
- [4] Danarto, Y. dan T, Samun. 2008. Pengaruh aktivasi karbon dari sekam padi pada proses adsorpsi logam Cr (VI). *Ekulilibrium*, 7(1), pp.13–16.
- [5] Gultom, E.M. dan Lubis, M.T. 2014. Aplikasi karbon aktif dari cangkang kelapa sawit dengan aktivator H_3PO_4 untuk penyerapan logam berat Cd dan Pb. Medan: Universitas Sumatera Utara. *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 3, No.
- [6] Puspita, Y.V.D., Ibnu, M.S., dan Wonorahardjo, S. 2013. Karakterisasi dan uji kemampuan serbuk ampas kelapa asetat sebagai adsorben belerang oksida. *Jurnal Kimia*.
- [7] Siahhaan S., Melvha H. dan Rosdanelli H. 2013. *Penentuan Kondisi Optimum Suhu dan Waktu Karbonisasi Pada Pembuatan Arang Dari Sekam Padi*. Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara
- [8] Zakir, M. 2013. *Adsorption of lead (II) and cooper (II) ions on husk activated carbon under sonication*. Yogyakarta: Makalah Simposium Internasional Teknik Kimia dan Bioproses. Universitas Negeri Yogyakarta.
- [9] Adhitiyawardman dan Anita I. 2015. *Kapasitas Adsorpsi maksimum ion Pb (II) oleh arang aktif ampas kopi teraktivasi HCl dan H_3PO_4* . Pontianak: Universitas Tanjungpura.
- [10] Sandi, Anggun P. dan Astuti. 2014. *Pengaruh waktu aktivasi menggunakan H_3PO_4 terhadap struktur dan ukuran pori karbon berbasis arang tempurung kemiri (Aleuritis moluccana)*. Padang: Universitas Andalas.