

## EFEKTIVITAS ADSORPSI LOGAM TIMBAL (Pb) DENGAN KARBON AKTIF DARI KULIT PISANG KEPOK TERAKTIVASI $\text{CaCl}_2$ TERHADAP KONSENTRASI LARUTAN $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

**Wahyudi Egar Megantoro Saputro, Salma Putri Sekarningrum,\*Kindriari Nurma Wahyusi**  
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur  
Jalan Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya, Jawa Timur 60293

<sup>1</sup>Email: wahyudiegar07@gmail.com

### Abstrak

*Pemanfaatan limbah kulit pisang di Indonesia terhitung belum maksimal. Kandungan kulit pisang kepok dapat dimanfaatkan dalam pembuatan karbon aktif, dimana kandungan selulosa sebesar 60-65%, hemiselulosa 6-8% dan lignin 5-10%. Karbon aktif adalah adsorben yang diaplikasikan cukup luas di industri untuk menghilangkan kontaminan dan polutan. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh variabel massa karbon aktif dan konsentrasi larutan  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  terhadap efektivitas penyerapan pada adsorpsi logam timbal menggunakan karbon aktif dari kulit pisang kepok. Metode yang digunakan dalam penelitian ini berupa adsorpsi menggunakan karbon aktif berupa kulit pisang kepok yang telah diaktivasi fisika dan kimia. Pada tahap adsorpsi digunakan alat magnetic stirrer dengan waktu pengadukan yang telah ditentukan. Setelah itu, dilakukan proses uji analisa untuk mengetahui kualitas karbon aktif yang sesuai standart. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, diperoleh karakteristik karbon aktif kulit pisang kapok berdasarkan syarat mutu oleh Badan Standarisasi Nasional diantaranya kadar air dan kadar abu. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini yakni karbon aktif yang telah dihasilkan memiliki nilai kadar air sebesar 4,2% dan kadar abu sebesar 4%, hasil tersebut telah memenuhi standar SII (0258-88) dimana kadar air maksimal sebesar 4,5% dan kadar abu maksimal 2,5%. Pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa hubungan antara konsentrasi dari larutan  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  dengan kapasitas serap adsorben yakni semakin tinggi konsentrasi dari larutan  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  maka semakin tinggi pula logam Pb yang terserap. Selain itu, diperoleh pula hubungan antara massa karbon aktif dengan efektivitas penyerapan dimana semakin banyak massa karbon aktif maka efektivitas penyerapan akan semakin meningkat. Besarnya efektivitas disebabkan oleh banyaknya karbon aktif yang menyerap logam Pb.*

**Kata kunci:** adsorpsi, karbon aktif, timbal

### 1. PENDAHULUAN

Buah pisang kepok merupakan salah satu contoh komoditas buah terbesar di Indonesia dimana pisang menempati posisi teratas sebagai buah dengan tingkat produksi terbanyak dengan jumlah 8.182.756 ton/tahun. Potensi limbah kulit pisang berdasarkan data produksi dari Badan Pusat Statistik (2020) diperkirakan mencapai 2,4 juta ton/tahun. Banyaknya potensi pada limbah kulit pisang ini, maka diperlukan langkah pemanfaatan untuk menekan penyebaran limbah kulit pisang. Selulosa yang terkandung dalam kulit pisang kepok dapat dimanfaatkan dalam pembuatan karbon aktif dimana kandungan selulosa sebesar 60-65%, hemiselulosa 6-8% dan lignin 5-10% (Aritonang, 2019).

Berdasarkan penelitian Putra (2019), diperoleh hasil bahwa karbon aktif berbahan dasar kulit kepok dapat menurunkan kadar logam timbal, namun masih memerlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui

kapasitas maksimum dalam proses adsorpsi logam timbal menggunakan persamaan isotherm adsorpsi. Hal terbaru yang akan dikembangkan pada penelitian ini dengan menambahkan persamaan adsorpsi isotherm untuk mendapatkan kapasitas adsorpsi maksimum. Oleh karena itu, kulit pisang kepok yang dapat mengikat logam dalam air ini efektif apabila dimanfaatkan sebagai karbon aktif. Pada penelitian ini, digunakan jenis aktivator lain dan pengaplikasian karbon aktif dalam proses penyerapan logam timbal.

Menurut Fauzana (2012), pemanfaatan limbah kulit pisang masih belum maksimal padahal komposisi kulit pisang kepok sebanyak 1:3 dari buah pisang. Terlebih lagi, buah pisang menjadi salah satu buah yang menyumbang 50 persen total produksi buah nasional yang menyebabkan potensi menumpuknya limbah kulit pisang semakin besar.

Komposisi lain dalam kulit pisang kepok meliputi tanin, selulosa, hemiselulosa, lignin

dan sebagainya. Tanin adalah senyawa alami yang memiliki sejumlah gugus hidroksi fenolik dengan bobot molekul yang cukup tinggi. Selulosa merupakan polimer glukosa yang tidak bercabang dengan ikatan  $\beta$ -1,4-glikosidik yang memungkinkan selulosa untuk saling terikat dan membentuk serat yang sangat kuat. Hemiselulosa merupakan polisakarida heterogen dengan percabangan rantai molekul, selain itu hemiselulosa berikat dengan lignin sehingga tidak mudah larut. Lignin adalah molekul kompleks dan mengandung karbon yang relative tinggi dibandingkan dengan hemiselulosa dan selulosa.

Menurut Burrahman (2020) limbah kulit pisang kepok selama ini dimanfaatkan sebagai pakan ternak dikarenakan kandungan nutrient yang cukup tinggi seperti karbohidrat 59%, lemak kasar 1,7%, protein kasar 0,9%, serat kasar 31,7% dan kandungan mineral lainnya. Pemanfaatan lain dari limbah kulit pisang kepok yakni pada pembuatan pupuk organik cair (POC) dimana menurut Ramdani (2022) kulit pisang mengandung air 68,9 gram, kalsium 715 mg, fosfor 117 mg, besi 1,6 mg yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan pupuk organik cair (POC). Berdasarkan penelitian diatas, pemanfaatan kulit pisang kepok masih kurang optimal dikarenakan kulit pisang kepok memiliki potensi lain dengan adanya kandungan selulosa dan zat pektin.

Menurut Roque (2018) karbon aktif adalah adsorben yang diaplikasikan cukup luas di industry untuk menghilangkan kontaminan dan polutan dari suatu fase zat. Kapasitas adsorpsi suatu karbon aktif bergantung pada sifat adsroben, sifat adsorbat, dan kondisi larutan meliputi pH, suhu, dan kekuatan ionik.

Karbon aktif memiliki bentuk amorf yakni struktur yang tidak teratur. Karbon aktif dapat dibuat melalui proses oksidasi parsial dengan bahan seperti tempurung kelapa, kayu, batubara, lignit, gambut, tulang, dan sebagainya. Karbon aktif memiliki sifat makropori didalam partikelnya yang membantu mentransfer molekul ke mikropori, relative hidrofobik dan memiliki luas permukaan yang besar (Seader, 2011).

**Tabel 1. Syarat Mutu Karbon Aktif (SII.0258-88)**

Uraian	Persyaratan	
	Butiran	Padatan
Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C	Max 15%	Max 25%
Kadar air	Max 4,5%	Max 10%
Kadar abu	Max 2,5%	Max 10%
Daya serap terhadap larutan iodine	Min 750 mg/g	Min 750 mg/g
Karbon aktif murni	Min 80%	Min 65%
Daya serap terhadap benzene	Min 25%	Tidak ada
Daya serap terhadap methylene blue	Min 60 ml/g	Min 120 ml/g
Kerapatan jenis curah	0,45-0,55 g/ml	0,30-0,35 g/ml
Lolos ukuran mesh 325	Tidak ada	Min 90%

(Departemen Perindustrian dan Perdagangan, 2003)

Menurut Kirk (1992) aktivator merupakan suatu senyawa kimia yang berfungsi untuk mengaktifkan suatu karbon aktif dengan mengikat air. Senyawa kimia yang bisa digunakan sebagai aktivator adalah CaCl<sub>2</sub>, ZnCl<sub>2</sub>, NaCl, Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, Ca(OH)<sub>2</sub>, HNO<sub>3</sub>, HCl, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, dan sebagainya yang memiliki sifat mengikat air.

Menurut Perry (2019) kalsium klorida (CaCl<sub>2</sub>) merupakan senyawa berwujud serbuk putih yang memiliki kemiripan dengan NaCl. Kalsium klorida dapat digunakan sebagai aktivator karena senyawa ini dapat berfungsi sebagai zat dehidrat atau zat pengikat air.

Menurut Keller (2012) adsorpsi merupakan fenomena kimia fisika dimana molekul fase fluida seperti gas, uap, ataupun cairan dapat menempel pada permukaan suatu zat padat atau fase cair lainnya. Umumnya terdapat tiga jenis proses adsorpsi antara lain secara elektrik (ion exchange), Van der Waals (adsorpsi fisika), dan adsorpsi kimia.

Terdapat beberapa faktor yang memengaruhi proses adsorpsi diantaranya:

#### 1. Jenis adsorben

Menurut Ali (2020) jenis adsorben memengaruhi proses adsorpsi. Dimana berdasarkan dua jenis adsorben berbeda yakni zeolit dan karbon aktif, diperoleh daya adsorpsi

yang berbeda. Pada konsentrasi adsorben 25% (m/v), hasil akhir Pb dengan adsorpsi menggunakan zeolite diperoleh 20,79% sedangkan dengan karbon aktif diperoleh 2,98%. Sehingga adsorpsi menggunakan karbon aktif lebih optimal dibandingkan dengan zeolite.

### 2. Konsentrasi zat

Menurut Fillaeli (2019) didapatkan bahwa konsentrasi awal zat mempengaruhi proses adsorpsi dimana semakin besar konsentrasi zat maka jumlah adsorbat yang teradsorpsi akan semakin banyak. Diperoleh pada konsentrasi awal 20,972 ppm diperoleh efisiensi penyerapan sebesar 88,227% sedangkan pada konsentrasi awal 76,619 ppm didapatkan efisiensi penyerapan sebesar 98,871%.

### 3. Ukuran partikel adsorben

Menurut Reyra (2017) didapatkan semakin kecil ukuran partikel (semakin besar ukuran mesh) maka luas permukaan akan semakin besar yang menyebabkan semakin banyak adsorbat yang teradsorpsi. Didapatkan bahwa ukuran partikel pada 100 mesh lebih banyak menyerap logam dibanding ukuran 80 mesh.

### 4. Kecepatan pengadukan

Menurut Purba (2018) didapatkan bahwa kecepatan pengadukan mempengaruhi adsorpsi dimana semakin besar kecepatan pengadukan maka semakin banyak adsorbat yang teradsorpsi. Namun setelah melewati waktu adsorpsi optimum maka daya adsorpsi akan semakin kecil. Didapatkan pada kecepatan 60 rpm didapatkan banyaknya Pb yang terserap sebesar 37,6386 ppm sedangkan pada kecepatan 100 rpm didapatkan banyaknya Pb yang terserap sebesar 43,1211 ppm.

### 5. Waktu adsorpsi

Menurut Fillaeli (2019) didapatkan waktu adsorpsi mempengaruhi adsorpsi. Dimana semakin lama waktu adsorpsi maka semakin banyak adsorbat yang teradsorpsi. Namun setelah melewati waktu adsorpsi optimum maka daya adsorpsi akan semakin kecil. Didapatkan pada waktu adsorpsi 15 menit didapatkan efisiensi adsorpsi sebesar 99,423% sedangkan pada waktu adsorpsi 60 menit didapatkan efisiensi adsorpsi sebesar 99,606%. Kemudian pada waktu adsorpsi 120 menit didapatkan efisiensi adsorpsi sebesar 99,580%.

### 6. Temperatur

Menurut Wakid (2020) diperoleh bahwa temperatur mempengaruhi proses adsorpsi. Dimana semakin besar temperatur maka semakin besar daya adsorpsi. Didapatkan pada temperatur 50°C didapatkan kadar logam

setelah adsorpsi 23,306 ppm sedangkan pada temperatur 75°C didapatkan kadar logam setelah adsorpsi 4,105 ppm.

### 7. Massa adsorben

Menurut Kusumawardani (2020) diperoleh bahwa massa adsorben berbanding lurus dengan daya adsorpsi. Dimana pada massa adsorben 0,5 gram didapatkan daya adsorpsi sebesar 96,96% sedangkan pada massa adsorben 1 gram didapatkan daya adsorpsi sebesar 97,19%.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui hubungan massa karbon aktif dan konsentrasi larutan  $Pb(NO_3)_2$  dengan efektivitas penyerapan pada adsorpsi logam timbal pb menggunakan karbon aktif dari kulit pisang kepok.

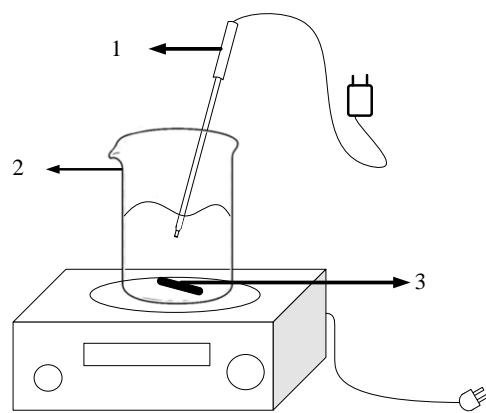
## 2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan kondisi tetap ukuran bubuk karbon kulit pisang kepok 100 mesh, waktu aktivasi kimia 40 menit, konsentrasi activator 0,3 M, waktu adsorpsi 45 menit, kecepatan pengadukan adsorpsi 200 rpm. Variabel yang ditetapkan yaitu massa karbon aktif 10, 15, 20, 25, 30 (gram), konsentrasi  $Pb(NO_3)_2$  100, 150, 200, 250, 300 (ppm)

### 2.1 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain pisau, cawan porselin, ayakan, oven, kaca arloji, beaker glass, kertas saring, kertas pH, neraca analitik, spektofotometer, mortar dan alu, furnace, gelas ukur, labu ukur, spatula.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: Limbah kulit pisang kepok dari pasar Mangga Dua Surabaya, Kalsium klorida ( $CaCl_2$ ) dan Timbal (II) nitrat ( $Pb(NO_3)_2$ ) dari toko bahan kimia, serta Aquadest.



Gambar 1. Rangkaian Alat Adsorpsi

Keterangan :

1. Termokopel
2. Beaker Glass
3. *Magnetic Stirrer*

## 2.2 Prosedur Penelitian

### 2.2.1 Pembuatan Karbon Aktif

#### 1. Persiapan bahan

Melakukan penyeleksian limbah kulit pisang kepok matang yang berwarna kuning kecoklatan kemudian dipotong menjadi ukuran 5 cm untuk memaksimalkan dalam proses pengeringan.

#### 2. Pengeringan

Dilakukan penjemuran di bawah sinar matahari selama kurang lebih ±2 hari untuk mengurangi kadar air.

#### 3. Aktivasi fisika (karbonisasi)

Kulit pisang kepok hasil pengeringan sebanyak 500 gram diaktivasi secara fisika menggunakan furnace pada suhu 500°C selama kurang lebih 1 jam. Proses ini dilakukan untuk mengaktifkan karbon dengan membuka pori-pori karbon menggunakan suhu tinggi sehingga permukaan karbon akan lebih luas.

#### 4. Penghalusan

Hasil dari proses karbonisasi dilakukan pengecilan ukuran partikel menggunakan mortar dan alu. Setelah dilakukan pengecilan ukuran dilakukan pengayakan untuk memperoleh ukuran partikel sebesar 100 mesh +.

#### 5. Aktivasi kimia

Serbuk karbon diaktivasi juga secara kimia dengan penambahan bahan kimia CaCl<sub>2</sub> dengan konsentrasi 0,3 M 250 ml untuk mengoptimalkan aktivasi dengan bantuan bahan kimia. Proses ini dilakukan dengan pengadukan menggunakan rangkaian alat magnetic stirrer dengan kecepatan pengadukan 200 rpm dan temperatur 80°C selama 40 menit.

#### 6. Pencucian

Hasil karbon aktif kemudian didiamkan selama 1 jam untuk memisahkan filtrat dan endapan yang kemudian disaring untuk didapatkan endapan. Endapan kemudian dicuci dengan aquadest hingga air cucian mencapai pH netral yaitu 7. Setelah pH netral, endapan dikeringkan dengan oven pada suhu 105°C selama kurang lebih 1 jam. Setelah itu karbon aktif dapat digunakan dalam adsorpsi dimana sebelumnya dilakukan pengujian kadar air

dan kadar abu untuk mengetahui karakteristik karbon aktif yang telah dibuat.

### 2.2.2 Proses Adsorpsi

Karbon aktif dimasukkan ke dalam beaker glass sesuai dengan variabel yang telah ditentukan sebanyak 5 gram, 10 gram, 15 gram, 20 gram, dan 25 gram yang kemudian ditambahkan larutan sampel yang diuji yaitu timbal (II) nitrat [Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] sebanyak 250 ml dengan konsentrasi 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm, dan 100 ppm. Dilakukan pengadukan dengan magnetic stirrer dengan kecepatan pengadukan sebesar 200 rpm dan waktu adsorpsi sebesar 45 menit. Setelah itu diamkan selama 30 menit, lalu filtrat yang diperoleh diuji menggunakan AAS untuk mendapatkan kadar Timbal (Pb) yang tidak teradsorp. Sehingga, akan diperoleh banyaknya logam Timbal (Pb) yang teradsorp melalui perhitungan selisih antara kadar Pb mula-mula (Q<sub>0</sub>) dan kadar Pb yang tidak teradsorp (Q<sub>e</sub>).

$$\% \text{ Efektivitas Adsorpsi} = \frac{(Q_0 - Q_e)}{Q_0} \times 100\%$$

### 2.2.3 Uji Analisa

#### 1. Uji kadar air

Pengukuran kadar air dilakukan dengan metode penimbangan. Dimana karbon aktif ditimbang terlebih dahulu sebanyak 1 gram menggunakan neraca analitik dan diperoleh berat awal (W<sub>0</sub>). Setelah itu, karbon aktif dipanaskan di oven dan dimasukkan ke desikator, lalu ditimbang kembali dan diperoleh berat akhir (W<sub>1</sub>). Sehingga dapat dihitung dengan :

$$\text{Kadar air} = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100\%$$

#### 2. Uji kadar abu

Pengukuran kadar abu dilakukan menggunakan furnace. Dimana karbon aktif ditimbang terlebih dahulu sebanyak 1 gram menggunakan neraca analitik dan diperoleh berat awal (W<sub>0</sub>). Kemudian dimasukkan kedalam furnace dan ditimbang sehingga diperoleh berat akhir (W<sub>1</sub>). Sehingga dapat dihitung dengan :

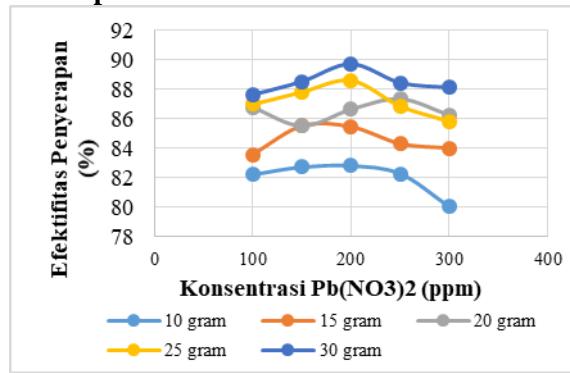
$$\text{Kadar abu} = \frac{W_1}{W_0} \times 100\%$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Analisa Karakteristik Karbon Aktif

Penelitian ini dilakukan dengan pembuatan karbon aktif terlebih dahulu menggunakan bahan baku pisang kepok. Pisang kepok yang telah dilakukan proses aktivasi fisika dengan suhu 500°C dilanjut dengan aktivasi kimia dengan larutan  $\text{CaCl}_2$  dilakukan pengujian kadar air dan kadar abu. Pembuatan karbon aktif harus memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional diantaranya kadar air dan kadar abu dari karbon aktif yang telah dibuat. Karbon aktif yang telah dihasilkan memiliki nilai kadar air sebesar 4,2% dan kadar abu sebesar 4%, hasil tersebut telah memenuhi standar SII (0258-88) dimana kadar air maksimal sebesar 4,5% dan kadar abu maksimal 2,5%. Hasil karbon aktif yang telah dibuat masih terdapat kekurangan dimana kadar abu yang dihasilkan masih diatas batas maksimal kadar abu pada karbon aktif. Menurut Huda (2020) tingginya kadar abu diakibatkan oleh aktivasi fisika dengan suhu yang terlalu tinggi yang mengakibatkan kandungan unsur anorganik teroksidasi membentuk senyawa abu.

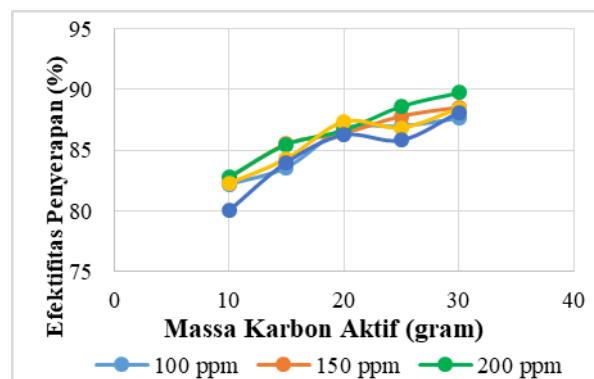
#### 3.2 Hasil Analisa Adsorpsi Logam Pb dengan Karbon Aktif Kulit Pisang Kepok



**Gambar 2. Hubungan Konsentrasi  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  dengan Efektivitas Penyerapan (%) dengan Variasi Massa Karbon Aktif**

Berdasarkan tabel 2 diperoleh bahwa terjadi penurunan kadar Pb setelah dilakukan proses adsorpsi menggunakan karbon aktif dari kulit pisang kepok dengan variasi massa karbon aktif 10 gram; 15 gram; 20 gram; 25 gram; dan 30 gram. Gambar 1 dapat dilihat bahwa kemampuan daya serap maksimal pada variabel konsentrasi  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  200 ppm. Dengan massa 30 gram dengan efektivitas penyerapan sebesar

89,73%. Banyaknya konsentrasi dari larutan  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  menyebabkan semakin tinggi pula logam Pb yang terserap oleh adsorben. Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa setiap konsentrasi larutan  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  mengalami fluktuasi untuk nilai efektivitas penyerapan. Hal ini disebabkan pada konsentrasi yang lebih tinggi, jumlah ion logam dalam larutan tidak sebanding dengan jumlah partikel karbon aktif sehingga permukaan adsorben akan mencapai titik jenuh dan kemungkinan akan terjadi proses desorpsi atau pelepasan kembali antara adsorben dan adsorbat. Hasil yang diperoleh didukung pernyataan yang dikemukakan oleh Fillaeli (2019) dimana berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh hasil fluktuatif untuk efektivitas penyerapan tiap konsentrasi larutan yang berbeda.



**Gambar 3. Hubungan Massa Karbon Aktif dan Efektivitas Penyerapan dengan Variasi Konsentrasi  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$**

Massa karbon aktif merupakan salah satu faktor yang memengaruhi proses adsorpsi. Gambar 2 merupakan hubungan antara massa karbon aktif dan efektivitas penyerapan dengan variasi konsentrasi  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  sebesar 100 ppm; 150 ppm; 200 ppm; 250 ppm; dan 300 ppm. Kemampuan daya serap optimum terjadi pada massa 30 gram dengan konsentrasi  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  200 ppm memiliki efektivitas penyerapan sebesar 89,73%. Pengaruh massa dapat diketahui pada gambar 2 dimana semakin banyak massa karbon aktif maka efektivitas penyerapan akan semakin meningkat. Besarnya efektivitas disebabkan oleh banyaknya karbon aktif yang melakukan proses penyerapan logam Pb. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini yaitu massa adsorben berbanding lurus dengan daya adsorpsi sehingga semakin banyak massa adsorben maka adsorbat yang terjerat akan semakin banyak. Hal tersebut telah sesuai

dengan teori yang dikemukakan oleh Kusumawardani (2020) dalam jurnal “Optimasi Adsorpsi Kromium (VI) Oleh Arang Aktif dari Tempurung Kelapa (Cocos nucifera)”.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa hubungan antara konsentrasi dari larutan Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> dengan kapasitas serap adsorben, dimana tingginya konsentrasi dari larutan Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> menyebabkan semakin banyak logam Pb yang terserap oleh adsorben. Selain itu, diperoleh pula hubungan antara massa karbon aktif dengan efektivitas penyerapan dimana semakin banyak massa karbon aktif maka efektivitas penyerapan akan semakin meningkat. Besarnya efektivitas disebabkan oleh banyaknya karbon aktif yang melakukan proses penyerapan logam Pb.

Saran dari penelitian ini sebaiknya pada saat proses pengeringan memastikan kadar air pada kulit pisang kepok benar-benar kering agar saat proses pengarangan berlangsung optimal. Sebaiknya ditambahkan proses delignifikasi untuk mengurangi kadar lignin pada kulit pisang kepok agar saat proses karbonisasi mendapatkan kadar karbon yang tinggi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ali, R.M., Hendrawati, T.Y., Ismiyati, & Fithriyah, N.H., (2020), ‘Pengaruh Jenis Adsorben Terhadap Efektifitas Penurunan Kadar Timbal Limbah Cair Recycle Aki Bekas’, *Jurnal Teknologi*, Vol. 12, No. 2
- Aritonang, B., Sinaga, E.M., Supartiningish dan Sitorus, E., (2019), ‘Pembuatan Kertas Ramah Lingkungan Kombinasi Limbah Ampas Tahu dan Limbah Kulit Pisang Kepok dengan Metode Pemisahan Alkalisisasi’, *Jurnal Farmanesia*, Vol. 6, No. 2
- Badan Pusat Statistik, (2020), *Produksi Tanaman Buah-Buahan*, Jakarta
- Burrahman, R., (2020), ‘Pemanfaatan Kulit Pisang Kepok Fermentasi Pada Pakan Terhadap Performans Domba Lokal Jantan’, Medan : Universitas Sumatera Utara
- Departemen Perindustrian dan Perdagangan (2003), *Syarat Mutu dan Uji Arang Aktif SII No. 0258-88*, Balai Perindustrian dan Perdagangan, Palembang
- Fauzana, N.A., Sastrawibawa, S., Safitri, R & Abun., (2012), *Potensi Kulit Pisang, Teknologi Fermentasi Untuk Bahan Pakan Ikan*, UNPAD Press, Bandung
- Fillaeli, A., Siswani, E. & Kristianingrum, S., (2019), ‘Adsorpsi Multilogam Untuk Menurunkan Kadar Cu, Fe, Ni, dan Zn Menggunakan Arang Aktif Daun Pandan Laut’, *Jurnal Sains Dasar*, Vol. 8, No. 2
- Huda, S., Ratnani, R.D., & Kurniasari, L., (2020), ‘Karakterisasi Karbon Aktif dari Bambu Ori (*Bambusa arundinacea*) yang Diaktivasi Menggunakan Asam Klorida (HCl)’, *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, Vol.5, No.1
- Keller, J & Staudt, R., (2012), *Gas Adsorption Equilibria*, Springer Science Inc, Boston
- Kirk, O., (1992), *Encyclopedia of Chemical Technology 2<sup>nd</sup> Edition Vol 4*, John Willy and Sons
- Kusumawardani, L.J., Suryadi, T.R., Taufik, A., (2020), ‘Optimasi Adsorpsi Kromium (VI) Oleh Arang Aktif dari Tempurung Kelapa (Cocos nucifera)’, *Prosiding Senantiasa*, Vol. 1, No. 1
- Perry, P.A., (2019), *Perry’s Chemical Engineering Handbook 9<sup>th</sup> Edition*, McGraw Hill, New York
- Purba, A.S., (2018), ‘Pengaruh Waktu Kontak dan Kecepatan Pengadukan pada Proses Penurunan Kadar Campuran Logam Pb dan Cu Menggunakan Karbon Aktif dari Batang Pisang Kepok (*Musa paradisiaca forma typical*)’, Medan: Universitas Sumatra Utara
- Reyra, A.S., Daud, S. & Yenti, S.R., (2017), ‘Pengaruh Massa dan Ukuran Partikel Adsorben Daun Nanas Terhadap Efisiensi Penyisihan Fe Pada Air Gambut’, *JOM FTEKNIK*, Vol. 4, No. 2
- Roque, M & Rolando, M.A., (2018), *Adsorption and Diffusion in Nanoporous Materials 2<sup>nd</sup> Edition*, CRC Press, London
- Seader, J.D., Henley, E.J., Roper, D.K., (2011), *Separation Process Principles*, John Wiley & Sons Inc, New York
- Wakid, R.N., Prasetyo, R.H. & Mulyaningtyas, A., (2020), “Pengaruh Konsentrasi KOH dan Suhu Terhadap Adsorpsi Cu pada Limbah Cair Batik dengan Adsorben Bonggol Jagung”, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”*