

## Pembuatan dan Karakterisasi BPAC (*Banana Peels Activated Carbon*) sebagai Biosorben Logam Raksa (Hg) dengan Aktivator HCl

Putri Ade Rahma Yulis<sup>1\*</sup>, Asyti Febliza<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Islam Riau, Pekanbaru, Indonesia

Corresponding Author:  
Putri Ade Rahma Yulis  
putriaderahmayulis@edu.uir  
.ac.id

Received: March 2023  
Accepted: June 2023  
Published: September 2023

©Putri Ade Rahma Yulis et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

### Abstract

Based on the 2021 Central Statistics Agency (BPS) about environment, there is still a high level of pollution, especially pollution in water. The pollution is dominated by heavy metal contaminants. This research was carried out to make and characterized biosorbents which were activated into activated carbon from banana peel waste called BPAC (Banana Peels Activated Carbon) with HCl activator. Activated carbon has many advantages as an adsorbent with time and cost efficiency in absorbed heavy metals. Activated carbon from banana peels that has been formed was tested for its characterization included tests for water content, ash content, and iodine absorption and compared with SNI standard activated carbon quality with results of 3.9% water content, 6.2% ash content and iodine absorption 563.6 mg/g. The functional groups were tested by FT-IR (Fourier Transform-Infra Red) with the result spectrum at the peak of 3334  $\text{cm}^{-1}$ , 2921  $\text{cm}^{-1}$ , 2853  $\text{cm}^{-1}$ , 1575  $\text{cm}^{-1}$ , 1375  $\text{cm}^{-1}$ , and 1098  $\text{cm}^{-1}$  which indicated the presence of functional groups such as (C-O); (C=O); (C-H); (O-H) of several compounds such as lignin, pectin, cellulose and galacturonic acid as active sites that can bind heavy metals such as mercury. Surface morphology of activated carbon was tested by SEM (Scanning Electron Microscopy) with 500x and 1000x magnification. Activated carbon that has been tested is then applied to artificial mercury metal waste to determine the adsorption power and effectiveness of the activated carbon. Mercury metal content before adsorption was 6.995 mg/L and after adsorption was 0.0084 mg/L which was measured used ICP-OES (Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry). The percentage effectiveness of BPAC (Banana Peels Activated Carbon) reaches 99.87% with an adsorption capacity of 0.698 mg/g. Based on the results of this percentage it can be said that BPAC is effective to be used as a metal mercury biosorbent.

**Keywords:** *banana peels activated carbon (BPAC), metal mercury, water pollution*

### Pendahuluan

Pencemaran air adalah salah satu masalah lingkungan utama secara global karena pertumbuhan industri yang cepat dapat menyebabkan banyaknya limbah industri yang mengandung zat warna, logam berat serta

kontaminan yang mempengaruhi kualitas air<sup>1</sup>. Badan Pusat Statistik Indonesia telah melakukan pendataan terkait tingkat pencemaran lingkungan, salah satunya data tahun 2021 pada daerah Riau masih terdapat tingkat pencemaran yang tinggi terutama pencemaran air yang terdapat di 250 desa

diikuti dengan pencemaran udara sebanyak 148 desa dan pencemaran tanah di 9 desa<sup>2</sup>. Beberapa kawasan yang terpapar adalah kawasan Industri seperti Dumai, Taluk Kuantan dan Siak khususnya pada aliran sungai seperti Sungai Kuantan, Singingi dan Sungai Siak<sup>3, 4, 5 6, 7, dan 8</sup>.

Beberapa teknik telah dilakukan untuk mengatasi pencemaran air seperti koagulasi, sistem elektrokimia, fotokatalisis, filtrasi membran, dan pengolahan secara biologis<sup>9</sup>. Namun, teknik ini membutuhkan biaya operasi dan pemeliharaan yang tinggi. Saat ini teknik adsorpsi disorot karena mempunyai beberapa kelebihan diantaranya efisiensinya yang tinggi, fleksibilitas, desain sederhana dan biaya rendah<sup>10, 11</sup>. Adsorpsi oleh karbon aktif adalah metode yang paling disukai karena tingkat ketahanan kimia yang tinggi, volume pori-pori yang besar, dan luas permukaan tinggi yang dapat berkontribusi terhadap tingginya kapasitas adsorpsi<sup>1</sup>.

Salah satu hasil limbah pertanian yang dapat dijadikan karbon aktif adalah kulit pisang. Berdasarkan data tahun 2020 bahwa Indonesia merupakan negara penghasil pisang terbesar ke 3 di dunia dengan produksi sebesar 7.007.125 ton. Hal ini menyebabkan berlimpahnya limbah kulit pisang tersebut, terutama di daerah Riau masih terbuang sebagai sampah, hal inilah yang menjadikan studi ini sangat layak untuk dikembangkan ke depannya dimana limbah pertanian bisa ditingkatkan nilainya serta dihasilkan biosorben yang lebih efektif dengan harga terjangkau khususnya untuk logam raksa.

Kulit pisang dapat diubah menjadi arang aktif sehingga akan meningkatkan jumlah pori-pori yang terbentuk serta dapat lebih optimal dalam proses penyerapan logam berat baik dari segi jumlah maupun efisiensi waktu<sup>12, 13, 14, 15</sup>. Kulit pisang Kepok memiliki kandungan protein, selulosa, hemiselulosa, pigmen klorofil, lemak, arabinosa, galaktosa, rhamnosa, dan asam galacturonic yang dapat mengikat logam berat di air<sup>16</sup>. Berdasarkan pemaparan tersebut kulit pisang dapat dikembangkan menjadi produk lebih bernilai yakni salah satunya menjadi biosorben logam-logam berat karena

komponen aktif tersebut mempunyai kemampuan dalam menyerap berbagai jenis pencemar.

Pada penelitian ini kajian difokuskan pada logam raksa (Hg) yang diperkirakan paling dominan sebagai pencemar karena banyak dunia industri yang masih memakai raksa dalam proses kegiatannya serta masih terbatas penggunaan BPAC untuk meminimalisir kadar logam raksa. Batas kadar raksa serta analisis pengendalian paparan raksa dapat dilihat pada Permenkes No 57 Tahun 2016<sup>17</sup>. Manusia juga dapat terakumulasi raksa melalui konsumsi makanan yang tercemar seperti dari ikan dan juga kerang<sup>18</sup>. Raksa apabila terpapar pada konsentrasi yang cukup tinggi maka dapat mengakibatkan kerusakan otak secara permanen dan juga dapat menyebabkan kerusakan ginjal<sup>19</sup>. Adanya biosorben yang lebih murah dan praktis ke depannya dapat menjadi solusi untuk diaplikasikan langsung dalam mengurangi pencemaran logam raksa tersebut.

## Metodologi Penelitian

### Bahan kimia

Bahan yang digunakan adalah bahan kimia pro-analisis seperti: aquades, (HgCl<sub>2</sub>, Merck) , (HCl, Merck) dan limbah Kulit pisang Kepok di sekitar Marpoyan Damai, Pekanbaru.

### Peralatan

Alat yang digunakan diantaranya peralatan gelas di laboratorium , pH meter (ATC) , TDS meter (TDS-3 HM), Furnace, neraca analitik (Kern: ABS 220-4) (FT-IR Perkin Elmer Spektrum IR Versi 10.6.1) , (SEM-EDX JEOL JSM -6510 LA) dan ( ICP-OES Prodigy Plus).

### Prosedur penelitian

#### *Pembuatan Limbah Kulit Pisang Menjadi Menjadi Karbon Aktif (Banana Peels Activated Carbon)*

Limbah kulit pisang yang telah dikumpulkan kemudian dibersihkan dan dikeringkan. Kulit pisang yang telah dikeringkan selanjutnya masuk ke dalam tahap karbonasi yaitu pemanasan dalam *furnace* dengan suhu sekitar

400° C selama 1,5-2 jam<sup>20</sup>. Karbon yang telah terbentuk kemudian diaktivasi secara kimia dengan aktivator HCl 3 M sebanyak 500 mL dengan cara direndam selama 24 jam kemudian dicuci sampai netral dengan aquades dan dikeringkan.

**Uji Karakterisasi BPAC (Banana Peels Activated Carbon) meliputi pH karbon aktif, kadar air, kadar abu, dan daya Serap Iodin**

Prosedur analisis karakterisasi arang aktif mengacu pada SNI (Standar Nasional Indonesia) No. 06-3730-1995 tentang arang aktif teknis.

1. Penentuan nilai pH

Karbon dilarutkan dan dipanaskan, kemudian dihitung dengan pH meter.

2. Penentuan Kadar Air

Sebanyak 1 g arang aktif ditempatkan pada cawan porselen yang telah diketahui massanya, lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C hingga diperoleh massa yang konstan. Arang aktif kemudian didinginkan di dalam desikator.

$$\text{Kadar air} = \frac{\text{berat karbon yang hilang dari pengeringan}}{\text{berat awal}} \times 100 \%$$

3. Penentuan Kadar Abu

Sebanyak 1 g arang aktif diletakkan di dalam cawan porselen, dipanaskan dalam oven pada suhu 105°C sampai diperoleh massa konstan. Sampel dalam cawan dimasukkan ke dalam tanur dan diabukan pada suhu 650 °C selama 4 jam, lalu didinginkan di dalam desikator. Abu yang terbentuk kemudian ditimbang.

Pada penentuan kadar abu, dianalisis dengan rumus :

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{berat abu}}{\text{berat kering oven}} \times 100 \%$$

4. Penentuan Daya Serap iodin

Sebanyak 1 g arang aktif dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer, kemudian ditambahkan 25

mL larutan iodin 0.125 N. Larutan diaduk selama 15 menit lalu erlenmeyer ditutup dan disimpan ditempat yang gelap selama 2 jam. Larutan kemudian disaring, lalu filtratnya dipipet 10 mL, dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer yang bersih dan dititrisi dengan larutan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sehingga larutan berwarna kuning muda. Sebanyak 1 mL indikator amilum ditambahkan pada filtrat dan titrasi dilanjutkan sampai warna biru tepat hilang. Volume larutan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang digunakan dicatat dan dihitung daya serap arang aktif terhadap iodin dalam mg/g.

$$\text{Daya serap iodin} = \frac{25}{10} \frac{(B-S) \times N \times \text{BM Iodine}}{\text{berat sampel}}$$

B = volume blanko, ml

S = volume sampel, ml

N = normalitas Thiosulfat

**Uji Karakteristik Gugus Fungsi BPAC dengan FT-IR (Fourier Transform-Infra Red)**

Analisis gugus fungsi BPAC menggunakan FT-IR yang akan menunjukkan gugus-gugus fungsi sesuai spektrum yang dihasilkan. Analisis spektroskopi FTIR menggunakan spektrofotometer Perkin Elmer Spektrum IR Versi 10.6.1 dengan rentang rekaman bilangan gelombang antara 4000 cm<sup>-1</sup> dan 400 cm<sup>-1</sup>. Semua sampel dianalisis dengan pellet KBr sebagai blanko dan data yang didapatkan dibandingkan dengan referensi untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdeteksi<sup>21, 22</sup>.

**Uji Karakteristik Permukaan BPAC dengan SEM (Scanning Electron Microscopy)**

Morfologi atau permukaan dari BPAC dianalisis menggunakan SEM agar dapat melihat bentuk pori-pori yang terbentuk<sup>23</sup>. Instrumen yang digunakan yaitu SEM-EDX JEOL JSM-6510 LA dengan 15 kV dengan perbesaran 500x dan 1000x untuk mendapatkan kualitas terbaik<sup>21, 22</sup>.

### ***Pengukuran Efektivitas Biosorben Kulit Pisang Terhadap Penurunan Kadar Logam raksa , Tingkat Kejernihan Air , pH dan TDS***

Untuk mengukur efektivitas penyerapan logam raksa menggunakan ICP-OES Prodigy Plus (*Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry*)

$$\% \text{ (Removal) } E = \frac{(C_{A0} - C_{Af})}{C_{A0}} \times 100\%$$

E = persen efektivitas penyerapan logam merkuri atau (% Removal)

$C_{A0}$  = Konsentrasi logam Merkuri sebelum perlakuan

$C_{Af}$  = Konsentrasi logam merkuri setelah perlakuan<sup>24</sup>

Selain persen efektivitas juga dilakukan perhitungan kapasitas adsorpsi dari simplisia kulit pisang kepok sebagai berikut :

$$Q = \frac{(C_{A0} - C_{Af})}{m} \times V$$

Q = Kapasitas adsorpsi per bobot molekul (mg/g)

$C_{A0}$  = Konsentrasi logam Merkuri sebelum perlakuan (mg/L)

$C_{Af}$  = Konsentrasi logam Merkuri setelah perlakuan (mg/L)

V = Volume sampel (ml)

m = Massa adsorben yang digunakan (g)<sup>25</sup>

### **Hasil dan Diskusi**

### **Pembuatan Sampel Kulit Pisang Menjadi Karbon Aktif (*Banana Peels Activated Carbon*)**

Sampel limbah kulit pisang yang telah dikumpulkan dibersihkan dengan air mengalir untuk menghilangkan pengotor. Setelah itu kulit pisang dikeringkan selama 2-3 hari untuk menghilangkan kadar air yang terkandung di dalamnya. Setelah kering kulit pisang dihaluskan dengan tujuan memperbesar luas permukaan bidang sentuh karena kita ketahui bahwa dengan memperkecil ukuran suatu sampel maka dapat memperbesar luas bidang sentuh sehingga proses absorpsi dapat lebih maksimal karena lebih banyak yang dapat mengikat pengotor pada limbah artifisial yang digunakan. Hal ini senada dengan yang diungkapkan<sup>26</sup> bahwa hal tersebut dapat memperbesar peluang kontak adsorpsi. Pada penelitian peneliti sebelumnya telah diuji efektivitas dari serbuk kulit pisang tanpa proses karbonasi dan aktivasi dalam menyerap logam merkuri<sup>27</sup>. Pada penelitian ini dilakukan tahap lanjutan yaitu dijadikan karbon dan diaktivasi dengan aktivator asam kuat yaitu HCl.

### **Uji Karakterisasi BPAC (*Banana Peels Activated Carbon*) meliputi pH karbon aktif, kadar air, kadar abu, dan daya serap iodin**

BPAC (*Banana Peels Activated Carbon*) yang telah terbentuk kemudian dilanjutkan dengan proses karakterisasi. Karakterisasi yang dilakukan meliputi pengukuran pH karbon aktif, kadar air, kadar abu dan daya serap iodin. Proses Pengukuran dilakukan dengan menggunakan standar arang aktif sesuai SNI 06-3730-1995.



**Gambar 1.** Proses Preparasi Kulit pisang menjadi BPAC (*Banana Peels Activated Carbon*).

**Tabel 1.** Hasil Karakterisasi Kimia BPAC (*Banana Peels Activated Carbon*)

No	Parameter	Satuan	Hasil	
			Standar SNI Arang aktif	BPAC ( <i>Banana Peels Activated Carbon</i> )
1	pH		7.0	7.1
2	Kadar Air	%	15%	3.9 %
3	Kadar Abu	%	10%	6.2%
4	Daya Serap Iodin	mg/g	750	563.6

Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas adsorben adalah pH adsorben. pH karbon aktif harus berada pada rentang normal agar karbon yang terbentuk tidak ada sisa aktivator baik asam maupun basa. Hal ini sejalan dengan yang diungkapkan oleh<sup>28</sup> bahwa penetralan dilakukan agar karbon aktif yang dihasilkan memiliki pH netral dan menghilangkan sisa aktivator. Nilai pH adsorben BPAC yang dihasilkan berada pada pH normal yaitu 7.1. Kualitas karbon aktif lainnya dipengaruhi oleh kadar air. Kadar air yang dihasilkan telah sesuai standar SNI untuk karbon aktif berbentuk serbuk. Proses Aktivasi secara kimia menyebabkan penurunan kadar air akibat sifat higroskopis dari aktivator<sup>29</sup>.

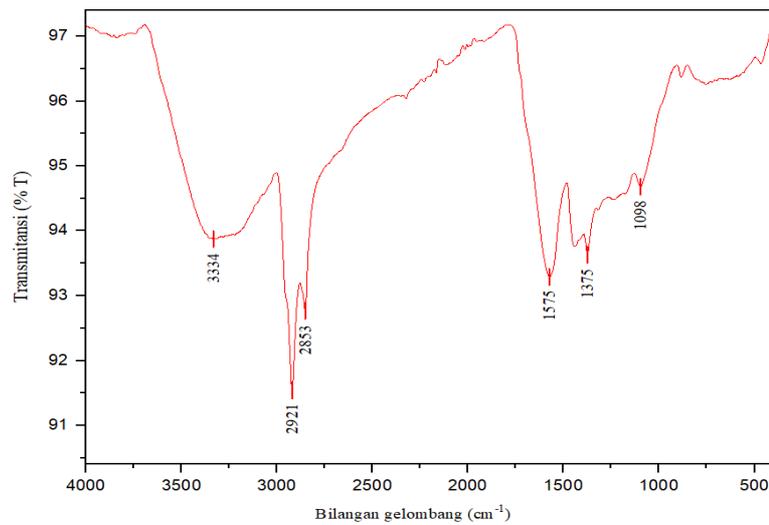
Nilai kadar abu BPAC yang dihasilkan telah sesuai standar SNI untuk karbon berbentuk serbuk maksimal kadar air sebesar 10 %. Jika kadar abu yang dihasilkan tinggi maka hal ini dapat mengurangi daya adsorpsi dari karbon aktif. Hal ini dikarenakan pori-pori dari karbon aktif terisi oleh mineral logam seperti magnesium, kalsium, dan kalium. Keberadaan abu yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pada pori-pori karbon aktif, sehingga luas permukaan karbon aktif menjadi berkurang<sup>29</sup>. Standar lainnya yang diukur adalah daya serap iodin sebesar 563.6 mg/g, artinya dari 1 gram karbon aktif yang dihasilkan sekitar 56.36 % dapat menyerap atau berfungsi sebagai adsorben. Persentase ini sudah cukup besar namun masih dibawah standar SNI yaitu 750 mg/g atau sekitar 75 %.

Hal ini salah satunya disebabkan karena masih adanya pengotor anorganik yang menutupi pori-pori karbon sehingga kemampuan karbon dalam menyerap iod berkurang<sup>28</sup>.

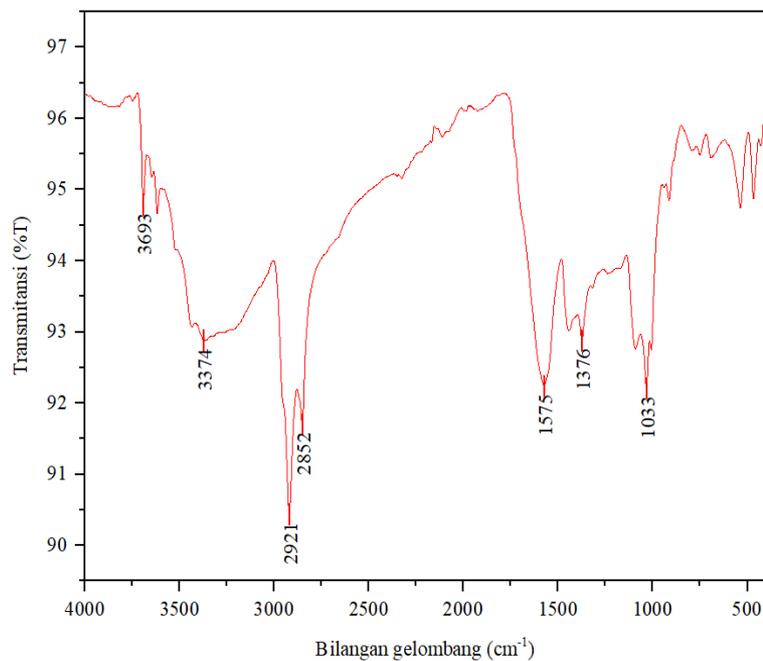
#### Uji Karaktersitik Gugus Fungsi BPAC dengan FT-IR (*Fourier Transform-Infra Red*)

Spektrum IR menunjukkan adanya beberapa gugus fungsi pada panjang gelombang tertentu dengan terbentuknya puncak-puncak gelombang<sup>30</sup>. Pada penelitian ini dilakukan dua kali pengujian yaitu sebelum proses adsorpsi dan setelah proses adsorpsi.

Puncak serapan yang terdeteksi pada BPAC setelah proses aktivasi dengan HCl pada penelitian ini diantaranya pada bilangan gelombang 3334  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya gugus hidroksil (O-H) bebas dari polimer seperti lignin dan pektin yang mengandung gugus fungsional alkohol, phenol dan asam karboksilat, puncak yang sedikit melebar ini karena adanya tumpang tindih dengan gugus amina (N-H), Hal ini sejalan dengan analisis spectrum IR kulit pisang yang dilakukan oleh<sup>31, 30</sup> bahwa pada rentang tersebut terdeteksi spectrum yang mengindikasikan grup hidroksil. Serapan berikutnya pada 2853  $\text{cm}^{-1}$ , 2921  $\text{cm}^{-1}$ , menunjukkan adanya vibrasi dari ikatan (C-H) yang dapat berasal dari grup alkana. Serapan pada 1375  $\text{cm}^{-1}$ , 1575  $\text{cm}^{-1}$  mengindikasikan adanya vibrasi ulur dari ikatan C-H dari atom karbon yang terikat pada gugus hidroksil dari selulosa, hemiselulosa atau lignin.



**Gambar 2.** Spektrum FT-IR BPAC sebelum proses adsorpsi logam raksa (Hg).



**Gambar 3.** Spektrum FT-IR BPAC setelah proses adsorpsi logam raksa (Hg)

Serapan pada  $1098\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya ikatan (C-O) yang mengindikasikan ikatan lignin dan selain itu juga mengindikasikan gugus alkohol, eter, asam karboksilat serta ester. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh<sup>1</sup> bahwa pada rentang gelombang tersebut terdeteksi spectrum yang mengindikasikan gugus fungsi senyawa organic seperti alcohol, phenol, eter dan ester.

Terdapat puncak serapan yang hampir sama pada BPAC yang telah digunakan untuk proses adsorpsi logam raksa, hanya terjadi sedikit pergeseran yang disebabkan adanya penyerapan logam pada gugus-gugus fungsi tersebut. Hal ini juga dapat dilihat adanya penurunan nilai % T sebelum dan sesudah adsorpsi dilakukan. Hal ini sesuai dengan yang diungkapkan<sup>32</sup> bahwa setelah proses adsorpsi akan terjadi pergeseran pita dan penurunan

intensitas karena adanya molekul yang telah terikat pada BPAC. Selain itu hasil penelitian oleh<sup>30</sup> juga menunjukkan hal yang sama adanya perubahan puncak spectrum sebelum dan sesudah adsorpsi karena adanya ikatan yang terbentuk dengan senyawa yang diserap oleh karbon aktif.

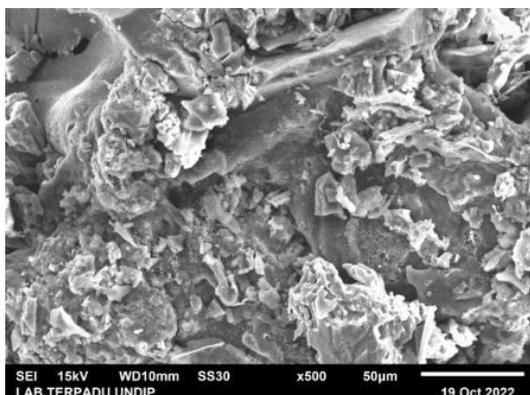
Puncak serapan yang terdeteksi diantaranya pada bilangan gelombang  $3693\text{ cm}^{-1}$  dan  $3374\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya gugus hidroksil (O-H). Serapan berikutnya pada  $2852\text{ cm}^{-1}$ ,  $2921\text{ cm}^{-1}$ , menunjukkan adanya vibrasi dari ikatan (C-H) yang dapat berasal dari grup alkana. Serapan pada  $1376\text{ cm}^{-1}$ ,  $1575\text{ cm}^{-1}$  mengindikasikan adanya vibrasi ulur dari ikatan C-H dari atom karbon yang terikat pada gugus hidroksil dari selulosa, hemiselulosa atau lignin. Serapan pada  $1033\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya ikatan (C-O-C). Hal ini sesuai dengan analisis karakterisasi kulit pisang yang telah dilakukan penelitian lainnya dari<sup>32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 1, dan 30</sup> terkait puncak-puncak spektrum gugus fungsi yang ditemukan pada karbon kulit pisang.

Adanya gugus -gugus fungsional ini yang menjadikan kulit pisang mempunyai kemampuan sebagai biosorben. Biosorben merupakan adsorben dari bahan-bahan alami yang mempunyai kemampuan menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida<sup>39</sup> atau

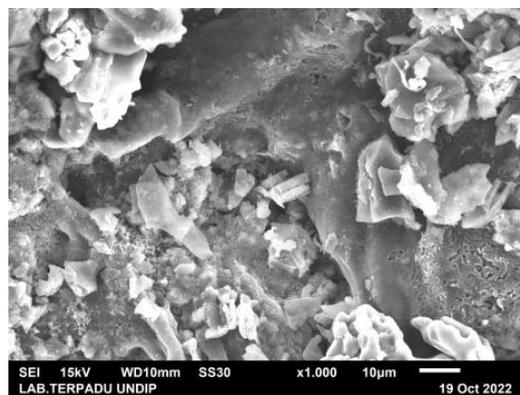
dikenal dengan istilah adsorpsi. Hal ini sejalan dengan yang diungkapkan<sup>36</sup> bahwa proses adsorpsi sangat dipengaruhi oleh gugus fungsi karboksil pada polimer asam galakturonat yang menjadi senyawa utama pektin, dimana kita ketahui bahwa kulit pisang mengandung pektin dalam jumlah yang besar. Senyawa asam galakturonat ini terionisasi menjadi ion negative ( $-\text{COO}^-$ ) yang mempunyai kemampuan mengikat logam. Gugus fungsi lainnya pun mempengaruhi proses pengikatan logam seperti yang diungkapkan<sup>40</sup> bahwa keberadaan selulosa ini yang membuat kulit pisang kepek dapat menyerap ion logam dengan baik.

#### Uji Karakteristik Permukaan BPAC dengan SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Pengubahan menjadi arang aktif dapat meningkatkan jumlah pori-pori yang terbentuk sehingga dapat lebih optimal dalam proses penyerapan logam berat baik dari segi jumlah maupun efisiensi waktu<sup>12, 13, 14, 15</sup>. Ukuran pori-pori dan perubahannya dapat dilihat berdasarkan perbandingan hasil SEM morfologi permukaan BPAC yang terbentuk. Hasil Uji SEM pada karbon aktif kulit pisang (BPAC) menunjukkan bentuk dan ukuran pori - pori penyerap sebelum dan setelah aktivasi serta setelah proses adsorpsi logam merkuri (Hg). Pengujian SEM dilakukan pada pembesaran 500 x dan 1000 x.

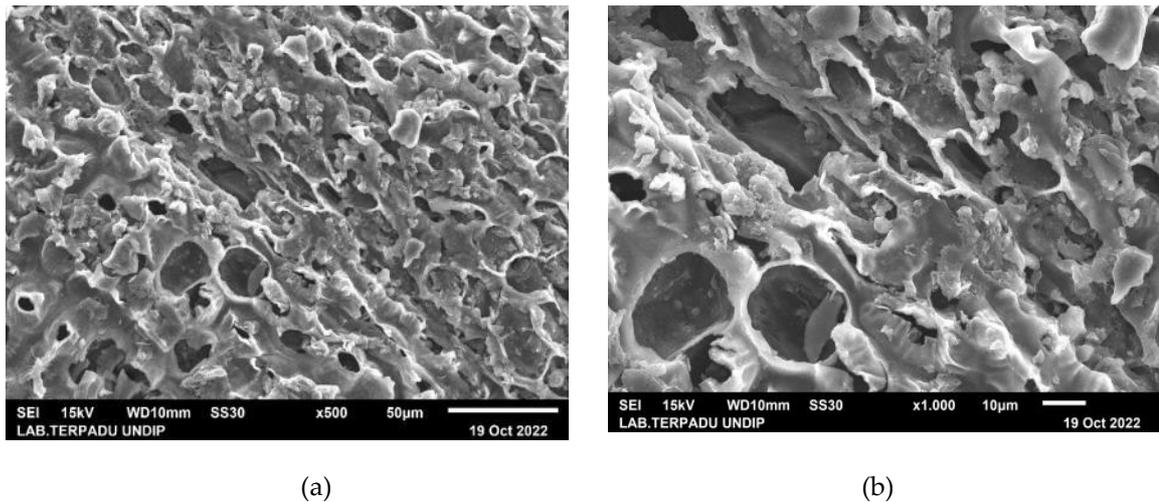


(a)

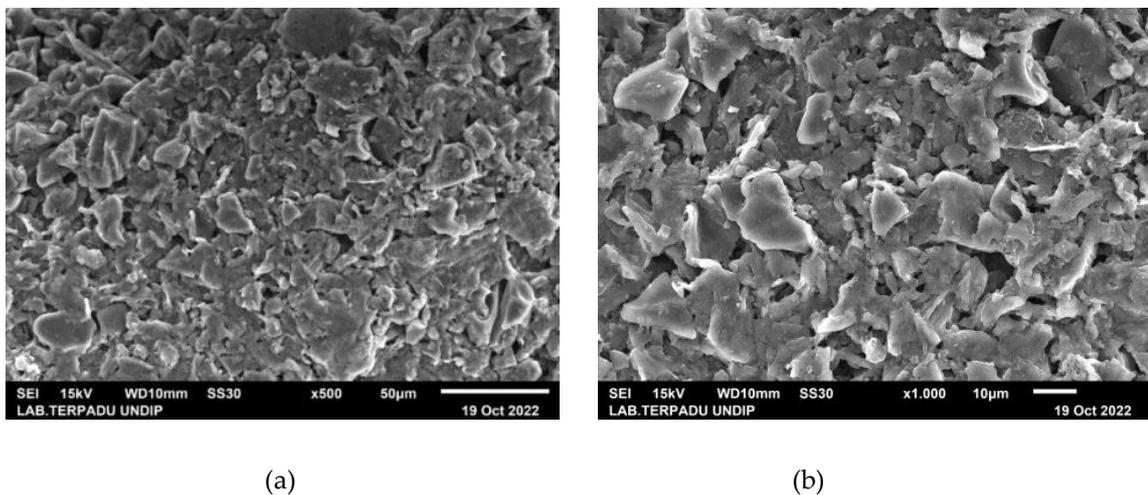


(b)

**Gambar 4.** Morfologi BPAC sebelum aktivasi ; a) perbesaran 500 x , b) perbesaran 1000 x.



**Gambar 5.** Morfologi BPAC setelah aktivasi ; a) perbesaran 500 x , b) perbesaran 1000 x.



**Gambar 6.** Morfologi BPAC setelah proses adsorpsi logam Hg; a) perbesaran 500 x , b) perbesaran 1000.

Berdasarkan hasil uji SEM dapat dilihat bahwa terdapat pori-pori yang terbentuk pada BPAC, namun sebelum proses aktivasi pori-pori yang terbentuk masih banyak tertutupi oleh pengotor. Setelah proses aktivasi dengan aktivator HCl dapat dilihat bahwa pada permukaan BPAC terdapat banyak pori-pori. Sejalan dengan penelitian<sup>41</sup> yang menunjukkan bahwa setelah proses aktivasi karbon terdapat peningkatan porositas. Pori-pori inilah yang akan menyerap logam raksa. Hal ini sejalan dengan pendapat<sup>37</sup> bahwa permukaan pori yang besar akan meningkatkan kontak dengan logam. Hal senada juga diungkapkan oleh<sup>42</sup> bahwa material padatan berpori inilah yang

menyerap bahan-bahan berbahaya bagi lingkungan. Kemudian setelah dikontak dengan logam raksa pori-pori yang terbentuk tertutup kembali oleh logam Hg.

#### **Pengukuran Efektivitas Biosorben Kulit Pisang Terhadap Penurunan Kadar Logam Raksa , Tingkat Kejernihan Air , pH dan TDS**

Setelah proses karakterisasi dilakukan, maka dilanjutkan ke tahapan pengujian efektivitas BPAC yang dihasilkan. Adapun beberapa hal yang diuji diantaranya tingkat kejernihan air, nilai pH, nilai TDS dan penurunan kadar logam raksa.



**Gambar 7.** Peningkatan kejernihan air dengan variasi waktu kontak.

**Tabel 2.** Efektivitas BPAC terhadap nilai pH dan TDS

No	Parameter	Variasi waktu kontak			
		Awal	1 jam	2 jam	3 jam
1	Nilai pH	5.9	7.0	7.1	7.3
2	Nilai TDS (mg/L)	213	174	224	225

### *Tingkat Kejernihan Air*

Peningkatan kualitas fisik air yang dapat diamati adalah perubahan tingkat kejernihan air. Kualitas air yang baik adalah jernih (bening) dan tidak keruh. Kekeruhan air disebabkan oleh partikel-partikel yang tersuspensi di dalam air yang menyebabkan air terlihat keruh, kotor, bahkan berlumpur<sup>43</sup>. Untuk proses penjernihan air dilakukan menggunakan 30 gram BPAC. Kemudian untuk variasi waktu kontak yaitu perlakuan 1 jam; 2 jam; dan 3 jam. Adapun hasil yang didapatkan adalah terjadi peningkatan tingkat kejernihan air dari awalnya yang bewarna kecokelatan menjadi lebih bening.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa BPAC mempunyai kemampuan mengadsorpsi kotoran yang terdapat pada limbah artifisial sehingga terjadi peningkatan kualitas fisik air yang ditandai dengan perubahan air menjadi lebih jernih. Hal ini menandakan pengotor dari air tersebut telah terikat ke BPAC. Proses pengikatan tersebut terjadi salah satunya karena pada kulit pisang sebagai bahan dasar BPAC mengandung

selulosa yang merupakan polimer sederhana, membentuk ikatan kimia yang memiliki permukaan rantai selulosa seragam dan membentuk lapisan berpori. Selain itu kulit pisang juga terdiri dari atom nitrogen, sulfur dan bahan-bahan organik seperti asam carboxylic. Zat tersebut dapat berfungsi mengikat molekul pencemar dalam air<sup>16</sup>.

Bertambahnya waktu filtrasi artinya sirkulasi yang terjadi semakin lama sehingga akan semakin banyak pengotor di dalam air yang dapat terikat pada kulit pisang kepek tersebut karena interaksi yang lebih lama. Hal ini sejalan dengan yang diungkapkan<sup>44</sup> bahwa semakin lama waktu kontak maka semakin banyak kesempatan partikel saling bersinggungan dan terjadi adsorpsi atau penyerapan.

### *Efektivitas terhadap nilai pH dan TDS*

Nilai pH pada suatu perairan mempunyai pengaruh yang besar terhadap organisme perairan sehingga seringkali dijadikan petunjuk untuk menyatakan baik buruknya suatu perairan<sup>3</sup>.

**Tabel 3.** Efektivitas Penyerapan logam raksa (Hg) oleh BPAC

No	Kadar Awal Logam Hg	Kadar Logam Hg setelah adsorpsi	% Efektivitas penyerapan Logam Hg oleh BPAC	Kapasitas adsorpsi BPAC
1	6.995 mg/L	0.0118 mg/L	99.83 %	0.698 mg/g
		0.0016 mg/L	99.97%	0.699 mg/g
		0.0118 mg/L	99.83%	0.698 mg/g
Rata-rata		0.0084 mg/L±0.0058	99.87 % ±0.081	0.698 mg/g ±0.00058

Berdasarkan hal tersebut maka pada penelitian ini juga dilakukan pengukuran perubahan nilai pH air dengan menggunakan BPAC. Parameter lainnya yang diamati terkait kualitas air adalah nilai TDS atau (*Total Dissolved Solid*). TDS adalah jumlah padatan terlarut dalam air, nilai TDS menunjukkan kandungan zat organik dan anorganik, mineral serta material yang terlarut di dalamnya<sup>45</sup>.

Dapat dilihat bahwa BPAC sebagai biosorben dapat meningkatkan nilai pH secara cukup signifikan. Dimana kita ketahui bahwa pH air yang aman berkisar 6-9. Pada penelitian ini pH air limbah artifisial mengalami peningkatan sejalan dengan lamanya waktu kontak karena semakin berkurangnya pengotor-pengotor yang mempengaruhi nilai pH. Dapat dilihat bahwa dari pH yang terbilang asam berubah hampir mendekati pH netral dan masuk kategori aman. Komponen aktif didalam kulit pisang dapat mempengaruhi keberadaan ion H<sup>+</sup> di dalam air sehingga mempengaruhi nilai pH. Hal ini sejalan dengan penelitian<sup>43</sup> yang mengungkapkan bahwa karbon aktif dari kulit pisang kepok baik dalam meningkatkan nilai pH.

Untuk nilai TDS dapat dilihat terjadi penurunan pada satu jam pertama, hal ini menunjukkan kulit pisang mempunyai kemampuan mengikat zat padat terlarut pada air limbah tersebut sehingga terjadi penurunan. Hal ini sejalan dengan yang diungkapkan<sup>46</sup> bahwa secara umum kandungan kulit pisang terdiri dari mineral, vitamin, protein, karbohidrat dan lemak yang bagian aktif ini yang mempunyai kemampuan mengurangi nilai TDS. Namun seiring dengan

bertambahnya waktu kontak terjadi kenaikan kembali nilai TDS meskipun air dalam keadaan jernih. Hal ini disebabkan terdapat komponen BPAC yang ikut terlarut didalam air sehingga secara tidak langsung akan menambah komponen organik dan anorganik air limbah tersebut dan cenderung konstan setelah komponen-komponen tersebut ikut terlarut di air limbah.

#### *Efektivitas Penyerapan Logam raksa (Hg)*

Pengukuran kadar logam raksa (Hg) menggunakan ICP -OES (*Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry*).

Kadar logam raksa mengalami penurunan yang signifikan dari 6.995 mg/L menjadi 0.0084 mg/L dengan persen efektivitas mencapai 99.87 %. Hal ini menunjukkan bahwa BPAC yang terbentuk mempunyai kemampuan sebagai biosorben dengan efektivitas tinggi. Penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian<sup>24</sup> terkait efektivitas penyerapan logam raksa oleh kulit pisang mencapai 81-91 %, serta hasil penelitian lainnya terkait efektivitas kulit pisang dalam menyerap gas<sup>47</sup> dan metilen biru<sup>1</sup> mencapai 90%. Kemampuan BPAC menyerap logam raksa tersebut karena kandungan gugus aktif dari kulit pisang yang mempunyai kemampuan menyerap logam-logam pencemar. Hal ini sesuai dengan penelitian yang diungkapkan oleh<sup>48</sup> bahwa sisi aktif inilah yang digunakan untuk proses adsorpsi secara kimia melalui pembentukan kompleks logam dengan sisi aktif dari adsorben. Selain persentase penyerapan logam raksa juga dihitung kapasitas adsorpsi dari BPAC. Kapasitas adsorpsi menyatakan banyaknya adsorbat yang

mampu terakumulasi pada permukaan adsorben sehingga ketika proses adsorpsi berlangsung pada kondisi optimum yang pada penelitian ini menggunakan BPAC sebanyak 30 g dengan waktu filtrasi selama 60 menit, maka akan diperoleh arang aktif dengan kapasitas adsorpsi yang maksimum.

### Kesimpulan

BPAC (*Banana Peels Activated Carbon*) hasil penelitian ini telah memenuhi beberapa karakteristik sebagai karbon aktif, diantaranya kadar air dan kadar abu yang telah sesuai dengan SNI, sementara untuk parameter daya serap iodin belum memenuhi SNI arang aktif. Untuk analisis gugus fungsi BPAC dengan FTIR menghasilkan puncak serapan di beberapa titik yang mengindikasikan terdapat beberapa gugus fungsi seperti (C-O); (C=O); (C-H), (O-H) dari beberapa senyawa seperti lignin, pektin, selulosa, asam galacturonic yang berperan sebagai situs aktif yang dapat mengikat logam berat seperti Merkuri. Secara morfologi permukaan BPAC yang dilihat dengan SEM mempunyai pori-pori yang dapat mengikat logam merkuri. Kemudian efektivitas BPAC yang dihasilkan dapat dilihat dari kemampuannya dalam menjernihkan air, menaikkan nilai pH dan menurunkan nilai TDS. Komponen aktif BPAC dapat menyerap pengotor sehingga air tampak lebih jernih kemudian terdapat peningkatan nilai pH dan penurunan TDS. BPAC juga berpengaruh sangat signifikan terhadap penurunan kadar logam raksa. Persentase penyerapan optimum yang dihasilkan sebesar 99.87%. Berdasarkan hasil efektivitas yang cukup tinggi ini artinya BPAC ini layak digunakan sebagai biosorben, terutama dalam hal ini sebagai biosorben logam raksa.

### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kami ucapkan kepada DPPM Universitas Islam Riau (UIR) yang telah mendanai penelitian ini sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik serta pihak-pihak yang dilibatkan dalam penelitian ini.

### Daftar Pustaka

1. Maia, L. S., Duizit, L. D., Pinhatio, F. R. & Mulinari, D. R. Valuation of banana peel waste for producing activated carbon via NaOH and pyrolysis for methylene blue removal. *Carbon Lett.* (2021) doi:10.1007/s42823-021-00226-5.
2. Statistik(BPS), B. P. *Jumlah Desa sesuai Pencemaran Lingkungan Hidup.* (2021).
3. Yulis, P. A. R. Analisis Kadar Logam Merkuri (Hg) dan (pH) Air Sungai Kuantan Terdampak Penambangan Emas tanpa Izin (Peti). *Orbital* 2, 28–36 (2018).
4. Putri Ade Rahma Yulis, Desti, A. F. Analisis Kadar DO, BOD, dan COD Air Sungai Kuantan Terdampak Penambangan Emas Tanpa Izin. *J. Bioterdidik Wahana Ekspresi Ilm.* 6, (2018).
5. Yulis, P. A. R. & Desti 2. Penentuan Kadar Logam Berat Air Sungai Singingi Terdampak Penambangan Emas Tanpa Izin (Peti). *J. Katalisator* 5, 188–196 (2020).
6. Nopriadi. Effect of Illegal Gold Mining Activities on Social-Economic of Workers and Community Surrounding the Watershed in Kuantan Singingi, Indonesia. *Int. J. Sci. Res.* 5, 171–178 (2016).
7. Johar, O. A. Pencemaran Sungai Siak di Kota Pekanbaru dan Penegakan Hukum Pidana Lingkungan Olvia. *Jispo* 9, 489–501 (2019).
8. Putra, A. Y. Fitri Mairizki. Analisis Logam Berat Pada Air Tanah di Kecamatan Kubu Babussalam, Rokan Hilir, Riau. *J. Katalisator* 5, 47–53 (2020).
9. Salimi, A. & Roosta, A. Thermochemical Experimental solubility and thermodynamic aspects of methylene blue in different solvents. *Thermochim. Acta* 675, 134–139 (2019).
10. Enniya, I., Rghioui, L. & Jourani, A. Adsorption of hexavalent chromium in aqueous solution on activated carbon prepared from apple peels. *Sustain. Chem. Pharm.* 7, 9–16 (2018).
11. Meili, L. *et al.* Adsorption of methylene blue on agroindustrial wastes: Experimental

- investigation and phenomenological modelling. *Prog. Biophys. Mol. Biol.* (2018) doi:10.1016/j.pbiomolbio.2018.07.011.
12. Bibaj, E. *et al.* Activated carbons from banana peels for the removal of nickel ions. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* **16**, 667–680 (2019).
  13. Ingole, R. S., Lataye, D. H. & Dhorabe, P. T. Adsorption of phenol onto Banana Peels Activated Carbon. *KSCE J. Civ. Eng.* **21**, 100–110 (2017).
  14. Mohammad, S., Ahmed, S., Badawi, A. & El-Desouki, D. Activated Carbon Derived from Egyptian Banana Peels for Removal of Cadmium from Water. *J. Appl. Life Sci. Int.* **3**, 77–88 (2015).
  15. Viena, V., Elvitriana & Nizar, M. Characterization of Activated Carbon Prepared from Banana Peels: Effect of Chemical Activators on the Adsorption of Gas Emissions. *J. Phys. Conf. Ser.* **1232**, (2019).
  16. Budiman;Hamidah;Hasria. Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa Acuminata*) sebagai Biofilter Zat Besi (Fe) dan Zat Kapur ( $\text{CaCO}_3$ ). *Promot. J. Kesehatan. Masy.* **8**, 152–158 (2018).
  17. Permenkes. *Rencana Aksi Nasional Pengendalian Dampak Kesehatan Akibat Paparan Merkuri Tahun 2016-2020.* (2016).
  18. Narasiang, A. N., Lasut, M. T. & Kawung, N. J. Akumulasi Merkuri (Hg) Pada Ikan Di Teluk Manado. *J. Pesisir Dan Laut Trop.* **3**, 8 (2015).
  19. Stancheva, M., Makedonski, L. & Petrova, E. Determination of heavy metals (Pb, Cd, As and Hg) in Black Sea grey mullet (*Mugil cephalus*). *Bulg. J. Agric. Sci.* **19**, 30–34 (2013).
  20. Ekpete, O. A., Marcus, A. C. & Osi, V. Preparation and Characterization of Activated Carbon Obtained from Plantain (*Musa paradisiaca*) Fruit Stem. *J. Chem.* **2017**, (2017).
  21. Jujur, P., Nur, M., Asy, M. & Nur, H. Heliyon SEM , XRD and FTIR analyses of both ultrasonic and heat generated activated carbon black microstructures. *Heliyon* **6**, e03546 (2020).
  22. Kaya, M. Preparation and TG / DTG , FT-IR , SEM , BET Surface Area , Iodine Number and Methylene Blue Number Analysis of Activated Carbon from Pistachio Shells by Chemical Activation. 1–13 (2017) doi:10.1515/ijcre-2017-0060.
  23. Guo, J. *et al.* Preparation and characterization of nanoporous activated carbon derived from prawn shell and its application for removal of heavy metal ions. *Materials (Basel).* **12**, (2019).
  24. Fabre, E., Lopes, C. B., Vale, C., Pereira, E. & Silva, C. M. Valuation of banana peels as an effective biosorbent for mercury removal under low environmental concentrations. *Sci. Total Environ.* **709**, 135883 (2020).
  25. Musafira; & Dzulkifli; Penyerapan Ion Logam Merkuri Menggunakan Arang Aktif Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* Formatypica). *KOVALEN J. Ris. Kim.* **6**, 39–44 (2020).
  26. Imani, A. dan & Sukwika, T. Karbon Aktif Ampas Tebu sebagai Adsorben Penurun Kadar Besi dan Mangan Limbah Air Asam Tambang. *J. Teknol.* **13**, 33–42 (2021).
  27. Yulis, P. A. R. & Sari, Y. Kepok Banana Peels as Biosorbent for Mercury Sorption from Artificial Wastewater. *JKPK (Jurnal Kim. dan Pendidik. Kim.* **7**, 64–75 (2022).
  28. Safariyanti, S. J., Rahmalia, W. & Shofiyani, A. Sintesis dan Karakteristik Karbon Aktif Dari Tempurung Buah Nipah (*Nypa fruticans*) Menggunakan Aktivator Asam Klorida. *J. Kim. Khatulistiwa* **7**, 41–46 (2018).
  29. Sa'diyah, K. & Lusiani, C. E. Kualitas Karbon Aktif Kulit Pisang Kepok Menggunakan Aktivator Kimia dengan Variasi Konsentrasi dan Waktu Aktivasi. *J. Tek. Kim. dan Lingkung.* **6**, 9 (2022).
  30. Chafidz, A., Astuti, W., Hartanto, D., Mutia, A. S. & Sari, P. R. Preparation of activated carbon from banana peel waste for reducing air pollutant from motorcycle muffler. *MATEC Web Conf.* **154**, 1–5 (2018).
  31. Pathak, P. D. & Mandavgane, S. A. Journal of Environmental Chemical Engineering Preparation and characterization of raw

- and carbon from banana peel by microwave activation : Application in citric acid adsorption. *Biochem. Pharmacol.* **3**, 2435–2447 (2015).
32. Ma, J. *et al.* Adsorption of methylene blue and Orange II pollutants on activated carbon prepared from banana peel. *J. Porous Mater.* **22**, 301–311 (2015).
33. Yollanda, D., Nasra, E., Dewata, D. K. I. & Nizar, U. K. Pengaruh Ion  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$  dan  $\text{Cr}^{3+}$  terhadap peyerapan logam  $\text{Pb}^{2+}$  menggunakan kulit pisang kepok (*Musa Paradisiaca* L) .... *Menara Ilmu* **XIII**, 171–177 (2019).
34. Rahadi, B., Haji, A. T. S. & Robbaniyah, I. Analisis Penurunan Konsentrasi Methyl Orange Dengan Biosorben Kulit Pisang Cavendish (*Musa Acuminata* Cv. Cavendish). *J. Sumberd. Alam dan Lingkung.* **6**, 29–35 (2019).
35. Satria, I., Putra, R., Alharissa, E. Z. & Rachma, H. A. Penurunan Kadar Pb ( II ) Dan Mn ( II ) Pada Sungai Code Dengan Adsorben Limbah Kulit Pisang. *Semin. Nas. Tek. Kim. Ecosmart* 78–89 (2018).
36. Arifiyana, D. & Devianti, V. A. Biosorpsi Logam Besi (Fe) dalam Media Limbah Cair Artifisial menggunakan Adsorben Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata*). *J. Kim. Ris.* **5**, 1–8 (2020).
37. Zhang, X., Wang, X. & Chen, Z. Radioactive cobalt(II) removal from aqueous solutions using a reusable nanocomposite: Kinetic, isotherms, and mechanistic study. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **14**, (2017).
38. Sugumaran, P., Susan, V. P., Ravichandran, P. & Seshadri, S. Production and Characterization of Activated Carbon from Banana Empty Fruit Bunch and Delonix regia Fruit Pod. **3**, 125–132 (2012).
39. Rahmi, R. & Sajidah. Pemanfaatan Adsorben Alami (Biosorben) Untuk Mengurangi Kadar Timbal(Pb) dalam Limbah Cair. *Pros. Semin. Nas. Biot.* 271–279 (2017).
40. Wardani, G. A. & Wulandari, W. T. Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata*) sebagai Biosorben Ion Timbal(II). *J. Kim. Val.* **4**, 143–148 (2018).
41. Prastuti, O. P., Septiani, E. L. & Kurniati, Y. Banana Peel Activated Carbon in Removal of Dyes and Metals Ion in Textile Industrial Waste. **966**, 204–209 (2019).
42. Nasir La Hasan; Zakir, M; Budi, P. Desilikasi karbon aktif sekam padi sebagai adsorben hg pada limbah pengolahan emas di kabupaten buru propinsi maluku. *Indones. Chim. Acta* **7**, 1–11 (2015).
43. Legiso dan Heni, J. Perbandingan Efektivitas Karbon Aktif Sekam Padi Dan Kulit Pisang Kepok Sebagai Adsorben Pada Pengolahan Air Sungai Enim. *Semin. Nas. Sains dan Teknol.* 2019 1–13 (2019).
44. Fatmawati, S. dan & Inayah, S. N. Arang Aktif Gambut sebagai Filter Logam Berat Mercury (Hg). *J. Ilm. Sains* **21**, 63 (2021).
45. Ariani, D. dan & Nurhasanah. Analisis Kandungan TDS dan Mineral pada Air Hujan untuk Konsumsi dengan Penambahan Karbon Aktif Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata* L.). *Prism. Fis.* **8**, 10 (2020).
46. Hanifah, H. N. dan & Hadisoebroto. Efektivitas Biokoagulan Cangkang Telur Ayam Ras dan Kulit Pisang Kepok (*Musa Balbisiana* ABB) dalam Menurunkan Turbiditas, TDS, dan TSS dari Limbah Cair Industri Farmasi. *al-Kimiya* **7**, 47–54 (2020).
47. Mao, N. & Su, Y. Characterization of Activated Carbon Prepared From Banana Peels : Effect of Chemical Activators on the Adsorption of Gas Emissions Characterization of Activated Carbon Prepared From Banana Peels : Effect of Chemical Activators on the Adsorption of Gas Emissions. (2019) doi:10.1088/1742-6596/1232/1/012005.
48. Lestari, S. Pengaruh berat dan waktu kontak untuk adsorpsi Timbal(II) oleh adsorben dari kulit batang jambu biji (*Psidium guava* L.). *J. Kim. Mulawarman* **8**, 7–10 (2010).