

## PEMANFAATAN ARANG AKTIF DARI LIMBAH SABUT KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq) SEBAGAI ADSORBEN LOGAM Pb

Sunarti<sup>1\*</sup>, V. Kayadoe<sup>1</sup>, Siti Sarifa M Yusuf<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departement of Chemistry –FKIP, Pattimura University Ambon

[\\*sunartihalim835@gmail.com](mailto:sunartihalim835@gmail.com)

Received: 18 October 2021 / Accepted: 05 January 2022 / Published: 31 January 2022

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk mengetahui karakteristik pori, kapasitas dan efisiensi serta kinetika adsorpsi arang aktif dari sabut kelapa sawit. Karakteristik pori Arang sabut kelapa sawit teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dianalisis menggunakan *Surface Area Analyzer* (SAA) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM), sedangkan kemampuan adsorpsinya terhadap logam Pb dianalisis menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA) pada variasi waktu kontak 30,60,90,120, dan 150 menit. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa luas permukaan arang aktif teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebesar 0,241 m<sup>2</sup>/g, volume pori sebesar 0,008 cm<sup>3</sup>/g, sedangkan diameter pori sebesar 99,6354 nm. Adsorpsi optimum ion Pb<sup>2+</sup> oleh arang aktif teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> terjadi pada waktu kontak 150 menit. Kinetika adsorpsi ion Pb<sup>2+</sup> oleh arang teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> mengikuti model kinetika orde dua semu. Hal ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi arang aktif sabut kelapa sawit terhadap ion Pb terjadi secara kimia.

**Kata kunci** : Adsorpsi, Logam Pb, Arang aktif sabut kelapa sawit, SAA, SEM, SSA.

### PENDAHULUAN

Ion logam Pb(II) merupakan salah satu jenis ion logam berat limbah bahan beracun dan berbahaya (B3) yang dapat mencemari lingkungan. Limbah Pb(II) dalam persenyawaannya di perairan cukup banyak, biasanya berasal dari aktivitas manusia diantaranya adalah air buangan limbah industri, pariwisata, pembangunan yang tidak dikelola dengan baik serta kurangnya kesadaran masyarakat khususnya yang mendiami wilayah pesisir pantai dan sungai untuk tidak membuang sampah langsung ke perairan. Oleh karena itu keberadaan Pb dalam perairan perlu diperhatikan sehingga konsentrasinya tidak melebihi ambang batas yang ditentukan. Menurut KEPMENLH No.51 Tahun 2004 bahwa kadar maksimal (baku mutu) timbal (Pb) dalam perairan adalah 0,05 ppm.

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) merupakan salah satu komoditas perkebunan yang mempunyai peranan penting di Indonesia. Dalam proses pengolahan tandan buah segar (TBS) menjadi kelapa sawit akan menghasilkan sisa produksi berupa limbah padat dan cair. Limbah padat kelapa sawit dapat berupa tandan kosong, cangkang dan fiber (sabut). Limbah padat kelapa sawit selama ini hanya dibuang begitu saja tanpa pengolahan lebih lanjut sehingga berpotensi mencemari lingkungan (Sastrosaryono, 2003). Untuk itu perlu adanya pengelolaan terhadap limbah padat kelapa sawit tersebut sehingga memberikan nilai ekonomis sekaligus mengatasi persoalan pencemaran lingkungan.

Dalam penelitian ini limbah padat kelapa sawit yaitu fiber atau sabut kelapa sawit dimanfaatkan untuk pembuatan arang aktif. Hal ini didasarkan pada komposisi kimia dari sabut kelapa sawit yang banyak mengandung selulosa, lignin dan hemiselulosa. Nata (2016) melaporkan sabut kelapa sawit

mengandung 57,9% selulosa, 18% lignin dan 14,94% hemiselulosa. Selain itu sabut kelapa sawit juga mengandung nutrient, fosfor(P), kalsium (Ca), magnesium (Mg) dan karbon (C). Berdasarkan komposisi kimia dan sifat fisik material sabut kelapa sawit, maka sabut kelapa sawit dapat dijadikan arang aktif (Alfius,2011).

Arang aktif adalah arang yang telah diaktivasi sehingga mempunyai luas permukaan pori yang sangat besar berkisar 300-2000 m<sup>2</sup>/g dan memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi. Dalam penelitian ini proses aktivasi arang dari sabut kelapa sawit menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan arang aktif yang dihasilkan diuji kemampuan adsorpsinya terhadap logam Pb. Selain itu kualitas arang aktif juga berpengaruh terhadap proses adsorpsi. Untuk mengukur kualitas arang aktif maka digunakan beberapa paramteter diantaranya uji kualitas kadar air dan kadar abu. Standar untuk penentuan kadar air maksimum adalah 15% dan kadar abu maksimal sebesar 10% menurut SNI No.06-3730-1995.

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah: peralatan gelas, neraca analitik, oven, tanur, ayakan 100 Mesh, shaker, hot plate, spektrofotometer serapan atom, *surface area analyzer*, *scanning electron microscope*. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: sabut kelapa sawit 250 g, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5%, Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 1000 ppm, kertas saring Whatman 42, akuades, kertas pH universal, alumunium foil

### Prosedur Kerja

#### 1. Pembuatan Arang aktif Sabut Kelapa Sawit

Limbah sabut kelapa sawit yang sudah dibersihkan dan dipotong-potong kecil-kecil, dikeringkan pada suhu kamar dan dimasukkan di dalam oven selama 1 jam dengan suhu 105°C, kemudian dibakar di dalam tanur pada suhu 400 °C hingga menjadi arang. Arang sabut kelapa sawit yang diperoleh didinginkan pada suhu kamar dan digerus kemudian diayak menggunakan ayakan 100 mesh (Zuhroh, 2015).

#### 2. Aktivasi Arang Aktif

Arang yang dihasilkan diaktifkan secara kimia yaitu 50 g arang direndam dengan 500 ml asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 5 % dan 50 g arang direndam dengan 500 ml natrium hidroksida (NaOH) 5 % selama 4 jam sambil dilakukan pemanasan pada suhu 105°C kemudian ditiriskan. Setelah itu disaring dan dibilas menggunakan akuades secara berulang-ulang hingga pH netral dengan menggunakan kertas pH universal. Arang yang sudah diaktivasi dimasukkan di dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam. Setelah itu disimpan di dalam desikator (Zuhroh, 2015). Selanjutnya arang aktif dianalisis menggunakan *surface area analyzer* dan *scanning electron microscope*.

#### 3. Uji Kualitas Arang Aktif

##### a) Uji Kadar Air

Sebanyak 1 gram arang aktif ditempatkan pada cawan porselin yang telah diketahui massanya, lalu dikeringkan pada oven 105°C hingga diperoleh massa konstan. Arang aktif kemudian dimasukkan ke dalam desikator (Zuhroh, 2015).

**b) Uji Kadar Abu**

Sebanyak 1 gram arang aktif diletakkan di dalam kurs porselin, dipanaskan dalam oven pada suhu 105°C sampai diperoleh massa konstan. Sampel dalam cawan lalu dimasukkan ke dalam tanur dan diabukan pada suhu 750 °C selama 3 jam lalu dimasukkan ke dalam desikator (Zuhroh, 2015).

**4. Penentuan Waktu Adsorpsi Maksimum**

Sebanyak 50 ml larutan Pb 100 ppm diinteraksikan dengan 1g arang aktif sabut kelapa sawit dengan variasi waktu kontak berturut-turut adalah 30, 60, 90, 120, dan 150 menit. Selanjutnya campuran diaduk pada suhu kamar menggunakan shaker dengan kecepatan 150 rpm. Campuran disaring dan diukur adsorbansinya menggunakan spektrofotometer serapan atom.

**HASIL PENELITIAN****A. Uji Kualitas Arang Aktif**

Kualitas arang aktif diuji pada dua parameter yaitu kadar air dan abu. Penentuan kadar air arang aktif teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> menggunakan metode termogravimetri dengan tujuan untuk mengetahui sifat higroskopis dari arang aktif, dimana umumnya arang aktif memiliki sifat afinitas yang sangat besar terhadap air. Sifat higroskopis inilah yang mengakibatkan arang aktif dimanfaatkan sebagai adsorben (Laos, dkk., 2016). Penentuan kadar abu untuk memperoleh gambaran kandungan oksida mineral yang terkandung dalam arang aktif. Kadar abu sangat berpengaruh terhadap kualitas arang aktif. Keberadaan abu yang tinggi dapat menyebabkan penyumbatan pori-pori arang aktif. Kadar air dan abu arang teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1. Kadar Air Arang Aktif Sabut Kelapa Sawit Teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**

Aktivator	Kadar Air	Kadar Abu
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5%	10

Kadar air yang dihasilkan pada arang aktif teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebesar 5%. Dalam hal ini kadar air yang diperoleh dari arang aktif sabut kelapa sawit dengan aktivator yang berbeda sesuai dengan standar mutu SNI (No. 06-3730-1995), kadar air maksimal sebesar 15 %.

Pada penelitian ini kadar abu pada arang sabut kelapa sawit yang menggunakan aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebesar 10 %. Dalam hal ini sesuai dengan SNI 06-3730-1995 tentang arang aktif teknis, arang aktif berbentuk serbuk yang berkualitas baik memiliki kadar abu maksimal 10%.

**B. Karakterisasi Arang Aktif****1. Karakterisasi Menggunakan Isoterm Adsorpsi-Desorpsi N<sub>2</sub>**

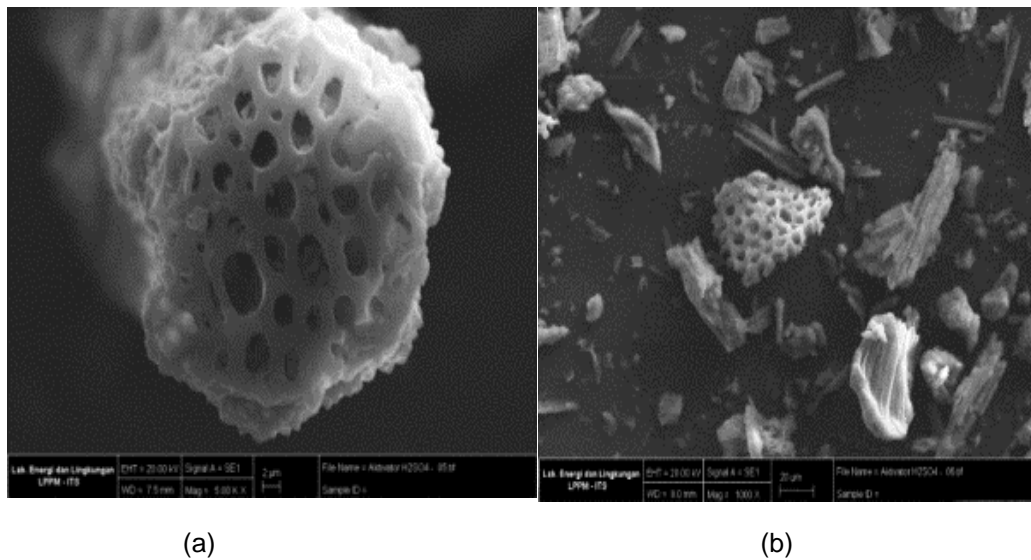
Karakterisasi menggunakan isoterm adsorpsi desorpsi N<sub>2</sub> bertujuan untuk mengetahui luas permukaan, ukuran pori dan dimeter pori arang aktif sabut kelapa sawit. Hasil karakterisasi ditunjukkan pada **tabel 2**.

Tabel 2. Hasil analisis karakteristik pori menggunakan *Surface Area Analyzer*

Sampel	Aktivator	Luas Permukaan BET ( $m^2/g$ )	Volume Pori Total ( $cm^3/g$ )	Diameter Pori Rata-Rata BET (nm)
Arang Aktif Sabut Kelapa Sawit	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,241	0,008	99, 8177

## 2. Karakteristik Morfologi Arang Aktif Menggunakan SEM

Analisis struktur permukaan pori-pori pada arang aktif dari sabut kelapa sawit dapat menggunakan *Scanning Electron Microscop* (SEM). Karakterisasi ini bertujuan untuk mengetahui morfologi permukaan arang aktif akibat proses karbonasi dan aktivasi (Hartini, 2014). Hasil karakterisasi menggunakan SEM dapat ditunjukkan pada **Gambar 1**.



**Gambar 1. Morfologi Arang Aktif Sabut Kelapa Sawit Teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (a) pembesaran 5000x ; (b) pembesaran 1000x**

Berdasarkan **gambar 1 (a)** dan **(b)** terlihat bahwa permukaan adsorben arang aktif sabut kelapa sawit berbentuk seperti spons berongga. Pada hasil analisis menggunakan SEM terlihat bahwa aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> didominasi permukaan pori dengan jarak  $>2\mu m$ .

### C. Adsorpsi Ion Pb<sup>2+</sup> Menggunakan Arang Aktif

Data pengukuran kapasitas dan efisiensi adsorpsi dengan variasi waktu kontak juga digunakan untuk mengetahui kinetika adsorpsi. Makin cepat periode kesetimbangan tercapai makin baik adsorben digunakan dari sudut pandang waktu yang diperlukan (Muna,2011).

**Tabel 3. Hasil Analisis Konsentrasi Ion Pb<sup>2+</sup> Sebelum dan Sesudah Adsorpsi pada Larutan Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> Teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**

Waktu Kontak (Menit)	Setelah Adsorpsi		Kapasitas Adsorpsi (mg/g)	Efisiensi Adsorpsi (mg/g)
	Absorbansi	Konsentrasi(ppm)		
30	0,0102	0,3343	4,9832	99,6657
60	0,0113	0,3677	4,9816	99,6323
90	0,0105	0,3434	4,9828	99,6566
120	0,0119	0,3860	4,9807	99,614
150	0,0080	0,2674	4,9866	99,7326

Konsentrasi sebelum adsorpsi=100 ppm

Hasil perhitungan kapasitas adsorpsi dan efisiensi adsorpsi menggunakan arang aktif sabut kelapa sawit, terlihat bahwa kapasitas dan efisiensi adsorpsi Pb<sup>2+</sup> tertinggi oleh arang aktif sabut kelapa sawit yakni 4,9866 mg/g dan efisiensi adsorpsinya sebesar 99,7326% pada waktu kontak 150 menit dengan massa adsorben 1 gram untuk aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (**Tabel 3**).

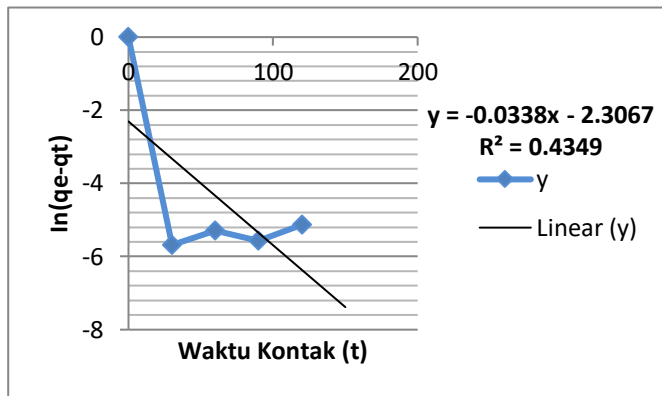
#### D. Kinetika Adsorpsi Ion Pb<sup>2+</sup>

Kinetika adsorpsi digunakan untuk mengetahui laju adsorpsi yang terjadi pada adsorben arang aktif sabut kelapa sawit terhadap adsorbat Pb<sup>2+</sup> dan dipengaruhi oleh waktu. Reaksi orde satu diperoleh dengan memplotkan konsentrasi (ln(qe-qt)) versus waktu (t) dapat ditunjukkan pada **Tabel 4**.

**Tabel 4. Kinetika orde satu ion Pb<sup>2+</sup> untuk arang aktif teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**

Waktu Kontak (Menit)	qe (mg/g)	qt(mg/g)	qe-qt	ln (qe-qt)
30	4,9866	4,9832	0,0034	-5,6839
60		4,9816	0,005	-5,2983
90		4,9828	0,0038	-5,5727
120		4,9807	0,0059	-5,1328
150		4,9866	0	-

Berdasarkan tabel di atas maka hubungan antara waktu terhadap orde reaksi satu dapat ditunjukkan pada **Gambar 2**.



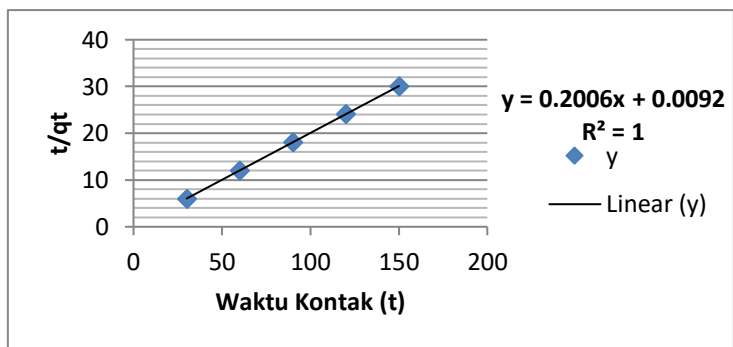
Gambar 2. Grafik hubungan antara variasi waktu kontak terhadap orde satu

Sedangkan untuk penentuan orde reaksi dua dapat diperoleh dengan memplotkan antara  $t/qt$  terhadap waktu (menit) yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kinetika orde reaksi dua ion  $Pb^{2+}$  untuk arang aktif teraktivasi  $H_2SO_4$

Waktu Kontak (Menit)	$q_e$ (mg/g)	$t/qt$
30		6,0202
60		12,0443
90	4,9866	18,0621
120		24,0929
150		30,0806

Hubungan antara waktu dengan orde dua dapat ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Hubungan Variasi Waktu Terhadap Orde Dua

Berdasarkan grafik hubungan waktu terhadap orde dua terlihat sangat stabil untuk ion  $Pb^{2+}$  yang diaktivasi dengan  $H_2SO_4$  dibandingkan dengan orde satu. Orde dua menunjukkan bahwa laju berbanding lurus dengan kuadrat konsentrasi dari suatu reaktan. Dilihat dari grafik menunjukkan bahwa hasil penelitian yang diperoleh mengikuti teori yang dijelaskan dan dibuktikan dengan

persamaan regresi. Selain itu, adanya perbedaan pada setiap selang waktu yang menjelaskan bahwa peningkatan tiap selang waktu berjalan sesuai dengan peningkatan konsentrasi teradsorpsi.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan:

1. Kadar air arang aktif sabut kelapa sawit teraktivasi  $H_2SO_4$  adalah sebesar 5%. Sedangkan kadar abu arang aktif sabut kelapa sawit yang diaktivasi dengan NaOH dan  $H_2SO_4$  adalah sebesar 7% dan 10%.
2. Luas permukaan pori pada arang aktif sabut kelapa sawit teraktivasi asam  $H_2SO_4$  sebesar 0,241  $m^2/g$ , sedangkan diameter pori sebesar 99,6354 nm.
3. Kapasitas dan efisiensi adsorpsi  $Pb^{2+}$  tertinggi oleh arang aktif sabut kelapa sawit teraktivasi  $H_2SO_4$  sebesar 4,9866 mg/g dan 99,7326%, 150 menit dengan massa adsorben 1 gram.
4. Model kinetika adsorpsi yang sesuai dengan proses adsorpsi ion  $Pb^{2+}$  menggunakan arang aktif sabut kelapa sawit teraktivasi  $H_2SO_4$  adalah kinetika adsorpsi orde dua dengan nilai regresi ( $R^2=1$ ) yang menunjukkan bahwa adsorpsi terjadi secara kimia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alfius Herman, dkk. 2011. *Pengelolaan Limbah Padat Sabut Kelapa Sawit Sebagai Bahan Untuk Mengelola Limbah Cair*. Jurnal Teknologi Lingkungan. Vol 6. No. 12. Universitas Hassanudin.
- Anonim, 1951. *Active carbon in encyclopedia of chemical technology*, Vol 6. The Interscience Encyclopedia Inc, New York
- Anonim, "Mutu dan Cara Uji Arang Aktif Teknis" Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995, Dewan Standarisasi, Jakarta.
- Asrijal dan Aisyah. (2013). *Variasi Konsentrasi Aktivator Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ ) pada Karbon Aktif Ampas Tebu Terhadap Kapasitas Adsorpsi Logam Timbal*. Jurnal Kimia. UIN Alauddin Makassar. Makassar.
- Hartini L, 2014, Karakterisasi karbon aktif teraktivasi NaCl dari ampas tahu, Skripsi, Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut
- Laos, LE dan Selan, A (2016), *Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Bahan Baku Karbon Aktif*, Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika, Volume 1 Nomor 1, hal: 32-36
- Nata, FI, Norlina, Pangesti, M, 2016., *Biokonversi Serat Kelapa Sawit Menjadi Glukosa dengan Diluted-Acid Hydrothermal Treatment*. Jurnal Bahan Alam, Vol.5. Universitas Lambung Mangkurat.
- Sastrosaryono, S., 2003, *Budidaya Kelapa Sawit*, Gramedia Pustaka, Jakarta.
- Zuhroh Naelatuz, 2015, *Adsorpsi Krom(VI) Oleh Arang aktif Serabut Kelapa (Cocos nucifera) Serta Imobilisasinya Sebagai Campuran Batako*, Skripsi, Universitas Negeri Semarang.