

## **THE POTENTIAL OF PALM SHELL ACTIVATED CARBON AS AN ADSORBENT FOR HEAVY METALS IN THE RECYCLING PROCESS OF USED LUBRICATING OIL**

### **POTENSI KARBON AKTIF CANGKANG SAWIT SEBAGAI ADSORBEN LOGAM BERAT DALAM PROSES DAUR ULANG PELUMAS BEKAS**

**Zilfa <sup>a\*</sup>, Safni<sup>a</sup>, Selya Amanda<sup>a</sup>**

<sup>a</sup> *Laboratorium Kimia Analisis Terapan, Departemen Kimia FMIPA, Universitas Andalas Kampus Limau Manis, Padang 25163, Indonesia*

\* Corresponding author: [zilfa@sci.unand.ac.id](mailto:zilfa@sci.unand.ac.id)

Diterima: 22 Januari 2024, Direvisi: 01 April 2024, Diterbitkan: 28 Juli 2024

#### **ABSTRACT**

*With the increasing industrial and transportation activities, the demand for lubricating oil is increasing every year. Lubricating oil is used to reduce friction and wear on frictional engine components. Over time, lubricating oil becomes inefficient and needs to be replaced with new oil. To enhance the efficiency of petroleum use and reduce environmental pollution, used lubricants need to be recycled. One method of improving the quality of used lubricants is by absorbing heavy metal contaminants using activated carbon from palm kernel shells. The efficiency of activated carbon adsorption as an adsorbent for heavy metals in used lubricants was observed by varying the adsorption parameters of contact time, adsorbent mass, and sample volume. In this study, the absorption of several heavy metals, including iron (Fe), lead (Pb), and zinc (Zn), was investigated. Analysis of the absorption results was performed using AAS, FTIR, XRD, and XRF. The results showed that the absorption of metals in used lubricants using activated carbon from palm kernel shells with optimum parameters can absorb 90% of Fe, Pb, and Zn metals. The optimum contact time for each metal adsorption was 3 hours, with an adsorbent mass of 0.75 grams and a sample volume of 5 mL. Analysis of used lubricants before and after adsorption using FTIR indicated a shift in wave numbers, indicating an adsorption process.*

**Keywords:** *activated carbon, adsorption, heavy metals, used lubricants*

#### **ABSTRAK**

Penggunaan bahan bakar semakin meningkat karena semakin banyaknya kendaraan., Begitu juga pemakaian minyak pelumas semakin bertambah. Fungsi minyak pelumas pada kendaraan adalah untuk mengurangi friksi dan keausan pada komponen mesin yang bergesekan. Dalam jangka waktu tertentu minyak pelumas tidak efisien lagi untuk digunakan dan perlu diganti dengan yang baru. Dalam rangka efisiensi penggunaan minyak bumi dan mengurangi pencemaran lingkungan, pelumas bekas perlu di daur ulang kembali. Adapun metoda penanggulangan perbaikan kualitas pelumas bekas salah satunya adalah dengan melakukan penyerapan kontaminasi logam berat menggunakan karbon aktif cangkang sawit berat pada pelumas bekas.(karena recycling oli bekas tdk hanya pengambilan logam, masih ada proses yang lain yg harus dilakukan, misal perbaikan viscosity/density, pH dll. Efisiensi adsorpsi karbon aktif sebagai adsorben logam berat pada pelumas bekas diamati dengan memvariasikan parameter adsorpsi waktu kontak, massa adsorben dan volume sampel. Pada penelitian ini dilakukan penyerapan beberapa logam berat diantaranya adalah logam Fe, Pb dan Zn. Analisis hasil penyerapan dilakukan dengan AAS, FTIR, XRD dan XRF. Hasil menunjukkan adsorpsi logam pada pelumas bekas menggunakan adsorben karbon aktif cangkang sawit sebanyak 0,73 g, dengan waktu kontak 3 jam dengan volume sampel sebanyak 5 mLpersen penyerapan mencapai 90 % untuk logam Fe, Pb dan Zn.. Analisis pelumas bekas sebelum dan setelah

adsorpsi menggunakan FTIR menunjukkan terjadinya pergeseran bilangan gelombang yang menandakan terjadinya proses adsorpsi.

**Kata kunci:** adsorpsi, karbon aktif, logam berat, pelumas bekas

## PENDAHULUAN

Minyak pelumas atau oli penting digunakan pada mesin atau kendaraan bermotor. Minyak pelumas pada dasarnya dirancang untuk mengurangi gesekan pada permukaan mesin yang saling bersentuhan dengan membentuk suatu lapisan film tipis diantara kedua logam tersebut. Minyak pelumas berfungsi untuk mengurangi friksi dan keausan pada mesin. Selain itu minyak pelumas juga berfungsi untuk mengurangi panas berlebih pada mesin dan sebagai agen anti karat. Setelah mengalami berbagai macam gesekan dan tercampur dengan kotoran dari komponen-komponen mesin, sisa pembakaran maupun debu akan terakumulasi ke dalam minyak pelumas, hal ini menyebabkan efektifitas minyak pelumas menurun (Mara & Kurniawan, 2015). Setelah jangka waktu tertentu minyak pelumas tidak efisien lagi untuk digunakan sehingga perlu diganti dengan yang baru.

Indonesia termasuk negara pengguna pelumas terbanyak karena peningkatan pertambahan kendaraan (Hasyim & Fitriyano, 2017). Bertambah banyaknya penggunaan pelumas mengakibatkan limbah pelumas lebih besar. (Azharuddin et al., 2020). Limbah yang dihasilkan termasuk kedalam limbah B3 yang berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan. Pada pelumas bekas akan terakumulasi logam berat yang

berasal dari gesekan mesin maupun dari zat aditif pada pelumas bekas. Pelumas bekas juga mengandung hidrokarbon terhalogenasi, Poly Aromatic Hydrocarbons (PAH) dan senyawa polisiklik lainnya.

Pemanfaatan pelumas bekas telah banyak dilakukan namun dengan cara yang kurang tepat. Pelumas bekas banyak dimanfaatkan oleh nelayan-nelayan dalam pelumas mesin kapal, alat-alat berat yang biasa digunakan oleh kalangan ekonomi menengah kebawah. Penggunaan pelumas bekas ini akan berdampak buruk terhadap mesin kapal atau alat-alat berat yang digunakan. Untuk itu, pelumas bekas perlu di daur ulang kembali dalam rangka efisiensi penggunaan minyak bumi dan meminimalisir resiko kerusakan lingkungan. Limbah pelumas bekas ini dapat di daur ulang kembali salah satunya dengan cara menghilangkan sejumlah kontaminan yang terdapat pada limbah pelumas. Kandungan logam pada pelumas dengan konsentrasi rendah terdiri dari (Zn), besi (Fe), timbal (Pb), dan juga mengandung air yang berasal dari pembakaran bahan bakar (Hasyim & Fitriyano, 2017). Sedangkan konsentrasi tinggi yaitu Pb, Zn, dan Mg. Konsentrasi yang lebih rendah yaitu dari Fe, Na, Cr, Mn, K, Ni, Sn, Si, B dan Mo. Jumlah kadar logam tergantung waktu operasional motor, jenis bahan bakar dan kondisi

mekanik mesin (Supriyanto et al., 2018). Logam berat pada pelumas bekas dapat dihilangkan dengan proses adsorpsi. Adsorben yang digunakan adalah karbon aktif, silika gel dan mineral lempung seperti zeolit, kaolit dan bentonit (Hasyim & Fitriyano, 2017).

Karbon aktif dari cangkang sawit merupakan salah satu adsorben yang potensial untuk menyerap logam berat dan bahan organik. Keuntungan menggunakan karbon aktif cangkang sawit sebagai adsorben adalah memiliki luas permukaan yang besar, kandungan karbon yang tinggi dan lebih ekonomis (Baby & Hussein, 2020). Cangkang sawit merupakan limbah pertanian yang melimpah di Indonesia (Wahyuni & Fathoni, 2019). Dengan menjadikannya sebagai adsorben diharapkan dapat meningkatkan nilai tambah limbah ini.

Berdasarkan hal diatas telah dilakukan penelitian mengenai penyerapan logam Fe, Pb dan Zn menggunakan carbon aktif dari cangkang kelapa sawit. Analisis logam diukur dengan menggunakan alat Spektroskopi Serapan Atom (SSA) Analisis pelumas bekas dan karakterisasi karbon aktif cangkang kelapa sawit sebelum dan sesudah penyerapan menggunakan FTIR. Cangkang kelapa sawit dikarakterisasi sebelum dan sesudah penyerapan menggunakan XRD dan SEM.

## **METODE PENELITIAN**

### **Alat dan Bahan**

#### *Alat*

Ayakan (Fritsch, Germany), magnetik stirrer (Thermo), oven (Mettler), spatula, rotary evaporator, corong buchner, pompa vakum, timbangan analitik (Shimadzu), pH meter, kertas saring Whatman No.42, labu ukur, gelas ukur, gelas piala, petridis, magnetik bar, pipet takar, erlenmeyer, kaca arloji, AAS (Varian SpectrAA-400c Spectrometer), FTIR (Perkin Elmer Frontier C90704), XRD (Xpert Pro PANalytical), XRF (PANalytical Epsilon 3).

#### *Bahan*

Karbon aktif cangkang kelapa sawit yang diambil dari daerah Pasaman, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 85% (Merck), HNO<sub>3</sub> (Merck), Etanol (Merck), KOH (Merck), Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>.9H<sub>2</sub>O (Merck), Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O (Merck), Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O (Merck), dan akuades.

### **Preparasi Sampel**

Karbon aktif cangkang sawit diambil dari Pasaman Barat. Cangkang sawit di dibersihkan, dicuci dan dikeringkan. Selanjutnya cangkang sawit dihaluskan menjadi bubuk.

### **Aktivasi Karbon Aktif**

Bubuk cangkang sawit direndam dengan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dengan rasio 1:3 (100 g bubuk cangkang sawit dan 300 mL H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) dan diaduk selama 24 jam. Selanjutnya disaring

dengan kertas dan dikeringkan dengan oven pada suhu 70 °C selama 24 jam. Kemudian dikarbonisasi pada suhu 500 °C selama 2 jam. Selanjutnya dicuci dengan akuades hingga pH netral, disaring dan dikeringkan dengan oven pada suhu 110 °C. kemudian karbon aktif yang terbentuk diseragamkan ukurannya dengan ayakan 125µm (Nicholas et al., 2018).

#### **Penentuan Pengaruh Waktu Kontak Adsorpsi Terhadap Konsentrasi Logam Fe, Pb dan Zn Pada Pelumas Bekas- Pengolahan Pelumas Bekas**

Sampel pelumas bekas diambil 10 mL, kemudian dimasukkan kedalam 5 gelas piala 50 mL. Lalu ditambahkan kedalam 5 gelas piala etanol 30 mL dan 1,33 g KOH dan diaduk selama 1 jam dengan menggunakan suhu 60 °C, kemudian disaring. Setelah disaring, dimasukkan filtrat yang sudah disaring kedalam 5 gelas piala 50 mL. Selanjutnya ditambahkan karbon aktif cangkang sawit sebanyak 1 g kedalam masing-masing gelas piala, lalu didiamkan menggunakan variasi waktu kontak (1, 2, 3, 4, 5) jam. Disaring menggunakan kertas saring, kemudian filtratnya dilakukan untuk proses destruksi.

#### **Proses Destruksi**

Sampel yang sudah diolah dimasukkan ke labu Kjeldahl. Selanjutnya ditambahkan 5 mL HCl pekat dan 5 mL HNO<sub>3</sub> pekat. Kemudian dipanaskan hingga asap yang ada pada larutan hilang. Lalu dimasukkan kedalam labu ukur 25 mL, ditambahkan akuades sampai tanda batas, kemudian dianalisis menggunakan SSA.

#### **Penentuan Pengaruh Massa Karbon Aktif Cangkang Sawit terhadap Adsorpsi Logam Pengolahan Pelumas Bekas**

Sampel pelumas bekas diambil 10 mL, kemudian dimasukkan kedalam 5 gelas piala 50 mL. Lalu ditambahkan kedalam 5 gelas piala etanol 30 mL dan 1,33 g KOH dan diaduk selama 1 jam dengan menggunakan suhu 60 °C, kemudian disaring. Setelah disaring, dimasukkan filtrat yang sudah disaring kedalam 5 gelas piala 50 mL. Selanjutnya ditambahkan karbon aktif cangkang sawit alam dengan variasi (0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,25) g kedalam gelas piala, lalu didiamkan dengan waktu kontak 1 jam. Disaring menggunakan kertas saring, kemudian filtratnya dilakukan untuk proses destruksi.

#### **Proses Destruksi**

Sampel yang sudah diolah dimasukkan ke labu Kjeldahl. Kemudian dengan hati-hati ditambahkan 5 mL HCl

pekat dan 5 mL HNO<sub>3</sub> pekat. Kemudian dipanaskan hingga asap yang ada pada larutan hilang. Setelah itu dimasukkan kedalam labu ukur 25 mL, ditambahkan akuades sampai tanda batas, kemudian dianalisis menggunakan SSA.

### Penentuan Pengaruh Volume Sampel terhadap Adsorpsi Logam - Pengolahan Pelumas Bekas

Sampel pelumas bekas dengan variasi volume (5, 10, 15, 20, 25) mL, dimasukkan kedalam 5 gelas piala 50 mL. Ditambahkan etanol (5, 10, 15, 20, 25) mL dan (0,66; 1,33; 2; 2,66; 3,33) g KOH kedalam 5 gelas piala masing-masing dan diaduk selama 1 jam dengan suhu 60 °C, kemudian disaring. Setelah disaring, dimasukkan filtrat yang disaring kedalam 5 gelas piala 50 mL. Kemudian ditambahkan karbon aktif cangkang sawit 0,75 g kedalam masing-masing gelas piala, lalu didiamkan dengan waktu kontak 1 jam. ~~Penyaringan~~ menggunakan kertas saring dan filtratnya dilakukan proses destruksi.

### Proses Destruksi

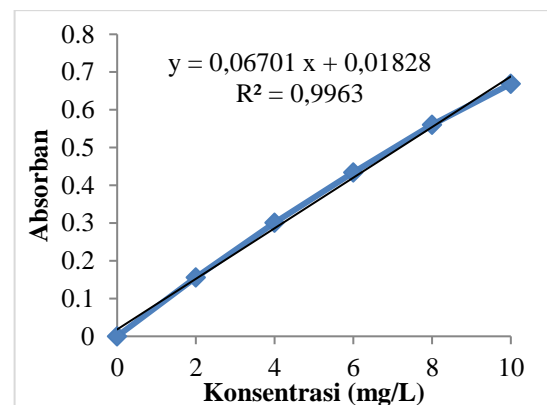
Sampel yang sudah diolah dimasukkan ke labu Kjeldahl. Selanjutnya ditambahkan 5 mL HCl pekat dan 5 mL HNO<sub>3</sub> pekat. Kemudian dipanaskan hingga asap yang ada pada larutan hilang. Lalu dimasukkan kedalam labu ukur 25 mL,

ditambahkan akuades sampai tanda batas, kemudian dianalisis menggunakan SSA.

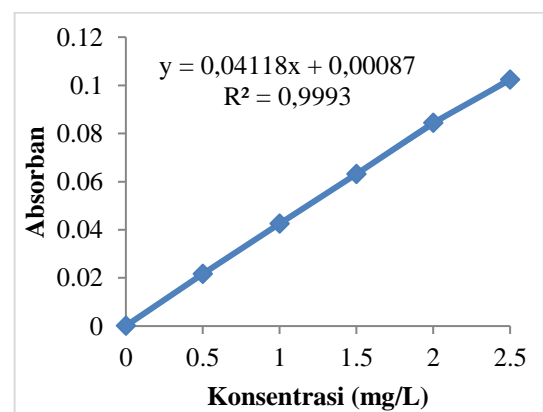
## PEMBAHASAN

### Penentuan Kurva Kalibrasi standar

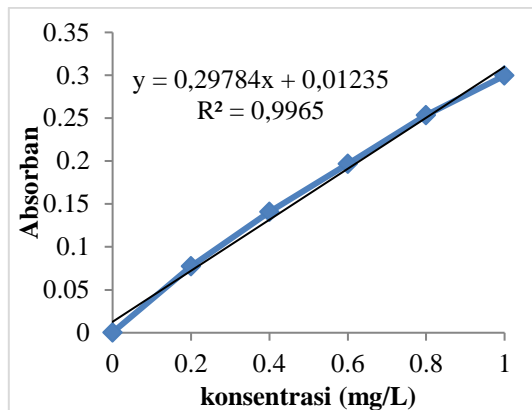
Kurva kalibrasi standar logam Fe, Pb dan Zn digunakan untuk mengetahui konsentrasi logam pada sampel pelumas bekas sebelum dan sesudah adsorpsi. Kurva kalibrasi larutan standar logam Fe, Pb dan Zn pada beberapa variasi konsentrasi dapat dilihat pada Gambar 1.a



**Gambar 1.a** Kurva Kalibrasi Standar Logam Fe



**Gambar 1.b** Kurva Kalibrasi Standar Logam Pb

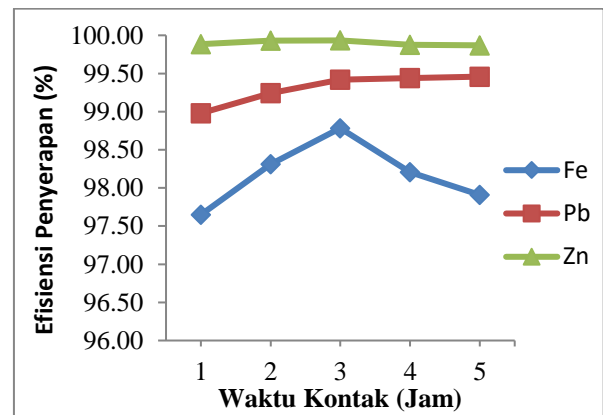


**Gambar 3.1.c** Kurva Kalibrasi Standar Logam Zn

Gambar 1.a.b.c menunjukkan hubungan antara konsentrasi dan absorban yang berbanding lurus. Semakin tinggi konsentrasi maka absorban juga akan semakin tinggi, sehingga kurva kalibrasi standar logam dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi sampel secara akurat.

### Pengaruh Waktu Kontak terhadap Efisiensi Adsorpsi Logam

Variasi waktu kontak ditentukan untuk melihat waktu kontak optimum yang dibutuhkan pada adsorpsi untuk mencapai efisiensi adsorpsi logam maksimum. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan waktu optimum yaitu 3 jam. Hasil penentuan pengaruh waktu kontak terhadap efisiensi adsorpsi logam Fe, Pb dan Zn dapat dilihat pada Gambar 2.



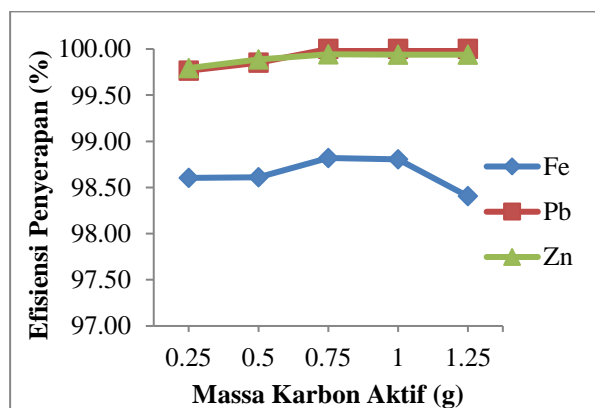
**Gambar 2.** Pengaruh waktu kontak terhadap efisiensi adsorpsi logam (massa adsorben 1 g, volume sampel 10 mL)

Semakin lama waktu kontak, maka semakin besar nilai efisiensi penyerapan, karena banyaknya logam yang terikat pada permukaan adsorben karbon aktif cangkang sawit. Pada Gambar 2, didapatkan terjadinya peningkatan penyerapan logam Fe, Pb dan Zn dari waktu 1 jam hingga 3 jam, dimana efisiensi optimum pada waktu kontak 3 jam. Efisiensi adsorpsi optimum untuk logam Fe, Pb dan Zn berturut-turut adalah 98,78%; 99,42%; 99,93%. Efisiensi penyerapan meningkat seiring bertambahnya waktu kontak. Setelah mencapai waktu kontak optimum dimana efisiensi penyerapan mencapai nilai maksimum, efisiensi penyerapan cenderung konstan atau menurun (Cair et al., 2016)(Zilfa et al., 2020). Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu kontak maka situs aktif penyerapan semakin berkurang sehingga kemampuan adsorben untuk menyerap logam menurun, bersamaan dengan ini laju pelepasan kembali (desorpsi)

logam akan meningkat. Proses desorpsi dapat terjadi karena adanya logam yang bersaing untuk teradsorpsi pada adsorben (Aisyahlika et al., 2018).

### Pengaruh Massa Karbon Aktif Cangkang Sawit terhadap Efisiensi Adsorpsi Logam Fe, Pb dan Zn

Pengaruh massa adsorben karbon aktif cangkang sawit terhadap penyerapan logam Fe, Pb dan Zn dilakukan pada variasi massa adsorben 0,25; 0,5; 0,75; 1 dan 1,25 gram. Massa optimum adsorpsi logam Fe, Pb dan Zn adalah pada massa adsorben sebesar 0,75 gram. Hasil pengaruh massa terhadap efisiensi adsorpsi logam Fe, Pb dan Zn dapat dilihat pada Gambar 3.



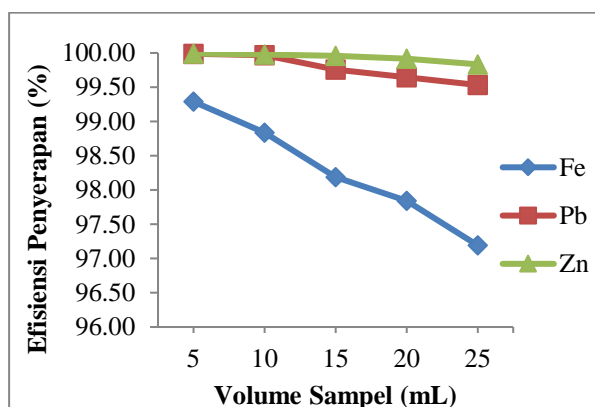
**Gambar 3.** Pengaruh massa adsorben terhadap efisiensi adsorpsi logam (waktu kontak 3 jam, volume sampel 10 mL)

Pada Gambar 3. terlihat bahwa terjadi peningkatan efisiensi adsorpsi logam Fe, Pb dan Zn dari massa 0,25 hingga 0,75 gram dan mengalami penurunan atau cenderung

konstan pada massa adsorben lebih dari 0,75 gram. Efisiensi adsorpsi meningkat seiring dengan bertambahnya massa adsorben. Hal ini disebabkan karena semakin banyak massa adsorben maka semakin banyak juga situs aktif adsorpsi pada karbon aktif untuk berinteraksi dengan ion logam (Baby & Hussein, 2020). Efisiensi adsorpsi mengalami penurunan setelah proses adsorpsi pada massa optimum adsorben. Hal ini terjadi karena permukaan adsorben sudah jenuh dengan ion – ion logam sehingga peningkatan massa adsorben tidak lagi mempengaruhi peningkatan penyerapan oleh ion – ion logam. Massa adsorben optimum pada penyerapan logam Fe, Pb dan Zn adalah 0,75 gram dengan efisiensi adsorpsi berturut – turut sebesar 98,82%; 100%; 99,94%.

### Pengaruh Volume Sampel terhadap Efisiensi Adsorpsi Logam Fe, Pb dan Zn

Pengaruh volume sampel terhadap penyerapan logam Fe, Pb dan Zn dilakukan pada variasi volume 5, 10, 15, 20, dan 25 mL. Perlakuan variasi volume sampel bertujuan untuk mengetahui nilai efisiensi adsorpsi optimum logam Fe, Pb dan Zn oleh karbon aktif cangkang sawit seiring dengan semakin meningkatnya volume sampel. Hasil pengaruh volume terhadap efisiensi adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 4.

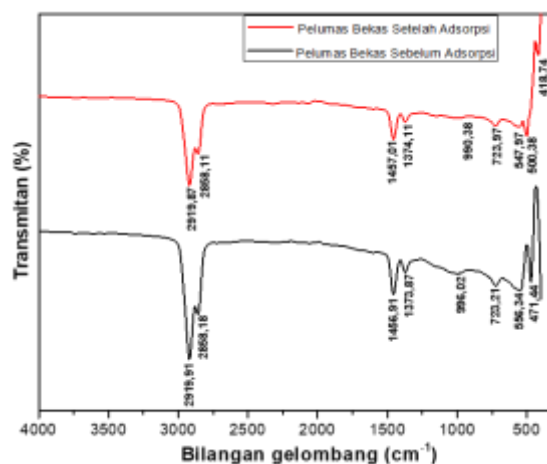


**Gambar 4.** Pengaruh volume sampel terhadap efisiensi adsorpsi logam (waktu kontak = 3 jam, massa adsorben = 0,75 g)

Pada Gambar 4. dapat dilihat bahwa efisiensi penyerapan masing – masing logam berkurang seiring dengan bertambahnya volume sampel. Bertambahnya volume sampel menyebabkan konsentrasi logam juga semakin meningkat, sehingga situs aktif adsorben akan segera jenuh dan efisiensi penyerapan mencapai batas maksimum. Oleh karena itu efisiensi adsorpsi akan menurun karena sebagian ion logam tidak dapat teradsorpsi oleh permukaan adsorben yang sudah jenuh (Ariyanto, 2021). Volume sampel optimum untuk penyerapan logam Fe adalah 5 mL dengan efisiensi penyerapan sebesar 99,29%. Volume sampel optimum untuk penyerapan logam Pb adalah 5 mL dengan efisiensi penyerapan sebesar 99,99%. Volume sampel optimum untuk penyerapan logam Zn adalah 5 mL dengan efisiensi penyerapan sebesar 99,99%.

### Analisis Pelumas Bekas sebelum dan setelah Adsorpsi Menggunakan FTIR

Analisis menggunakan FTIR dilakukan untuk melihat pergeseran gugus fungsi pada pelumas bekas sebelum dan setelah adsorpsi. Berdasarkan spektrum FTIR pelumas bekas sebelum dan setelah adsorpsi bahwasanya terjadi sedikit pergeseran bilangan gelombang dan setelah penyerapan muncul puncak baru, hal ini menandakan telah terjadinya proses adsorpsi pada pelumas bekas oleh adsorben karbon aktif cangkang sawit. Spektra FTIR pada pelumas bekas sebelum dan setelah adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Spektrum FTIR Pelumas Bekas Sebelum dan Setelah Adsorpsi

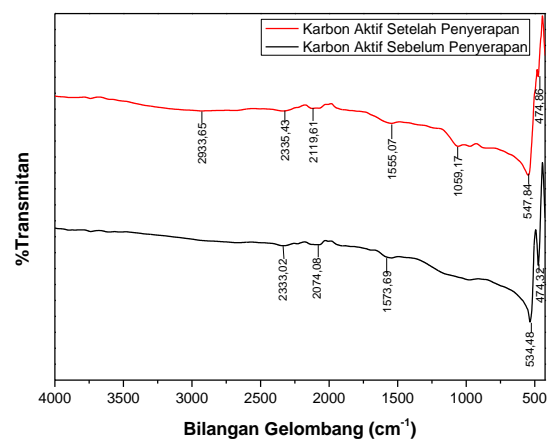
Pada gambar 5. memperlihatkan hasil pengukuran FTIR dari pelumas bekas sebelum dan setelah adsorpsi. Puncak serapan bilangan gelombang 2919,91 dan 2858,18  $\text{cm}^{-1}$  mengidentifikasi adanya gugus C-H dalam senyawa hidrokarbon



pelumas bekas. Sedangkan pada bilangan gelombang  $1456,91\text{ cm}^{-1}$  dan  $1373,87\text{ cm}^{-1}$  mengidentifikasi adanya gugus C-O senyawa aromatik yang menandakan adanya senyawa aromatik pada pelumas bekas. Bilangan gelombang  $996,02\text{ cm}^{-1}$  dan  $723,21\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya regangan gugus C=C senyawa aromatik pada pelumas bekas. Bilangan gelombang  $556,34\text{ cm}^{-1}$  mengidentifikasi adanya vibrasi bending C-Cl, menunjukkan adanya senyawa klorin pada pelumas bekas. Bilangan gelombang  $471,44\text{ cm}^{-1}$  mengidentifikasi adanya regangan gugus C-O.

### Analisis Karbon Aktif Cangkang Sawit sebelum dan setelah Adsorpsi Menggunakan FTIR

Karakterisasi karbon aktif menggunakan FTIR dilakukan untuk melihat perubahan struktur kimia dan proses adsorpsi yang terjadi antara karbon aktif dengan pelumas bekas yang dilihat melalui pergeseran gugus fungsi yang terdapat dalam karbon aktif sebelum dan setelah melakukan adsorpsi terhadap pelumas bekas. Spektra FTIR karbon aktif sebelum dan setelah adsorpsi dengan pelumas bekas ditunjukkan pada Gambar 5.

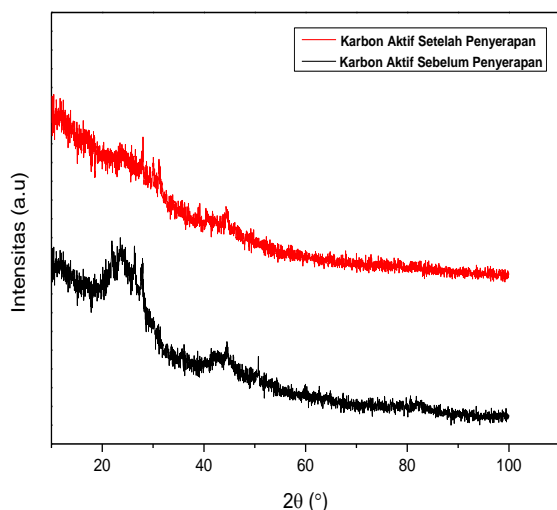


**Gambar 6.** Spektrum FTIR Karbon Aktif Cangkang Sawit Sebelum dan Setelah Adsorpsi

Perbandingan spektra karbon aktif sebelum dan sesudah penyerapan menunjukkan adanya pergeseran pita serapan gugus fungsi. Pita serapan pada daerah bilangan gelombang  $2333,02\text{ cm}^{-1}$  bergeser menjadi  $2335,43\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya regangan C=C. Pada bilangan gelombang  $2074,08$  bergeser menjadi  $2119,61$  menunjukkan regangan C≡C. Pita serapan pada  $1573,69$  bergeser menjadi  $1555,07$  menunjukkan vibrasi ikatan rangkap C=O (Mangesti et al., 2019). Berdasarkan spektrum FTIR karbon aktif sebelum dan setelah adsorpsi bahwasanya terjadi sedikit pergeseran bilangan gelombang dan setelah penyerapan muncul 2 puncak baru, hal ini menandakan telah terjadinya proses adsorpsi.

### Analisis Karbon Aktif Cangkang Sawit sebelum dan setelah Adsorpsi Menggunakan XRD

Karakterisasi karbon aktif cangkang sawit sebelum dan setelah adsorpsi dengan menggunakan XRD dilakukan untuk menganalisis struktur kristal dari karbon aktif cangkang sawit. Pola XRD karbon aktif cangkang sawit sebelum dan sesudah adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Spektrum FTIR Karbon Aktif Cangkang Sawit Sebelum dan Setelah Adsorpsi

Pola XRD karbon aktif cangkang sawit diamati pada sudut  $2\theta = 10^\circ$  hingga  $100^\circ$ . Berdasarkan Gambar 7. dapat dilihat puncak XRD dari karbon aktif sebelum dan sesudah penyerapan menunjukkan tidak adanya puncak yang spesifik pada sudut  $2\theta$ . Hal ini menunjukkan struktur karbon aktif yang amorf. Karbon aktif menunjukkan 2 pita difraksi luas dengan rentang sudut ( $2\theta = 22-30$  dan  $43-48$ ) (Ricky et al., n.d.). intensitas puncak karbon aktif sebelum dan sesudah penyerapan terjadi penurunan. Hal ini disebabkan karena sifat amorfik atau ketidakteraturan kristal pada karbon aktif meningkat setelah menyerap ion logam.

### Analisis Komposisi Kimia Karbon Aktif Cangkang Sawit Sebelum dan Sesudah Penyerapan Pelumas Bekas dengan XRF

Analisis X-Ray Fluorescence (XRF) dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia pada adsorben sebelum dan sesudah adsorpsi. Komposisi adsorben sebelum dan sesudah penyerapan pada pelumas bekas dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Komposisi Senyawa Oksida pada Karbon Aktif Cangkang Sawit

Unsur	Kadar (%)	
	Sebelum Adsorpsi	Setelah Adsorpsi
Fe	2,463	2,983
Zn	0,132	5,124
Pb	-	0,463

Senyawa	Kadar %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,236
SiO <sub>2</sub>	2,327
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3,125
K <sub>2</sub> O	2,202
CaO	0,752
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,349
TiO <sub>2</sub>	0,205

Analisis XRF karbon aktif sebelum penyerapan menunjukkan komposisi oksida logam yang terdapat pada karbon aktif. Senyawa oksida logam terbesar dari karbon aktif cangkang sawit berturut – turut adalah P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, TiO<sub>2</sub> dan senyawa oksida lainnya hanya dalam persentase yang kecil. Kadar oksida logam

karbon aktif cangkang sawit kurang dari 15% menunjukkan kualitas karbon aktif yang baik. Kadar oksida logam menunjukkan kontaminan yang terdapat pada karbon aktif setelah proses aktivasi. Oksida logam dapat menutup pori – pori pada permukaan karbon aktif sehingga mempengaruhi aktivitas penyerapan. Semakin kecil kadar oksida logam semakin baik kualitas karbon aktif (Verayana et al., 2018),(Viena et al., 2019).

Tabel 2. Hasil Analisis XRF dari Karbon Aktif Cangkang Sawit Sebelum dan Sesudah Adsorpsi pada tabel 2. terjadi perubahan kadar dari komposisi karbon aktif cangkang sawit setelah penyerapan pelumas bekas. Peningkatan kadar unsur terjadi pada Fe, Pb, dan Zn membuktikan bahwa logam Fe, Pb dan Zn telah teradsorpsi pada permukaan adsorben karbon aktif cangkang sawit.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dapat disimpulkan bahwa, adsorpsi logam pada pelumas bekas menggunakan adsorben karbon aktif dengan parameter optimum yang dilakukan bisa menyerap 90% logam Fe, Pb dan Zn yang terdapat pada pelumas bekas. Parameter waktu optimum untuk masing-masing adsorpsi logam yaitu 3 jam, dengan efisiensi adsorpsi masing-masing logam Fe, Pb dan Zn yaitu 98,78%, 99,42%, dan 99,93%. Parameter massa optimum masing-masing logam yaitu 0,75 g, dengan efisiensi adsorpsi

masing-masing logam Fe, Pb dan Zn yaitu 98,82%, 100%, dan 99,94%. Parameter volume optimum adsorpsi masing-masing logam yaitu 5 mL untuk dengan efisiensi adsorpsi masing-masing Fe, Pb dan Zn yaitu 99,29%, 99,99%, dan 99,99%. Hasil analisis FTIR menunjukkan adanya pergeseran bilangan gelombang yang menandakan telah terjadinya proses adsorpsi. Karakterisasi karbon aktif dengan XRD menunjukkan penurunan kristalinitas karbon aktif setelah adsorpsi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aisyahlika, S. Z., Firdaus, M. L., & Rinaelvia, 2018. Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Cangkang Bintaro (Cerbera Odollam) terhadap Zat Warna Sintetis Reactive Red-120 dan Reactive Blue-198. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia*, 2(2). 148–155.
- Ariyanto, E., 2021. Analisa Kemampuan dan Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif Dari Cangkang Ketapang Terhadap Zat Warna Metil Oranye Adsorptionorption Ability And Kinetics Analyses Of Activated Carbon. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*.
- Azharuddin, Anwar Sani, A., Ade Ariasya., 2020. Proses Pengolahan Limbah B3 (Oli Bekas) Menjadi Bahan Bakar Cair dengan Perlakuan Panas Yang Konstan. *Jurnal Austenit*. 12(2).
- Baby, R., & Hussein, M. Z., 2020. Ecofriendly Approach For Treatment Of Heavy-Metal-Contaminated Water Using Activated Carbon Of Kernel Shell Of Oil Palm. *Materials*. 13(11). 11–13.

- Fajrianti H, Oktawan W., 2016. Pengaruh Waktu Perendaman dalam Aktivator Naoh dan Debit Aliran terhadap Penurunan Krom Total (Cr) dan Seng (Zn) pada Limbah Cair Industri Elektroplating dengan Menggunakan Arang Aktif dari Kulit Pisang. *Jurnal Tenik Lingkungan*. 5(1). 1-9.
- Hasyim, U. H., & Fitriyano, G., 2017. Pengaruh Konsentrasi Hcl Dan Massa Adsorbent Dalam Pengolahan Limbah Pelumas Bekas Dengan Kajian Keseimbangan Adsorpsi Bentonit Terhadap Logam Fe. *Jurnal Integrasi Proses*. 6(4). 191–196.
- Mangesti, F. L., Sosidi, H., Prismawiryanti, & Syamsuddin, 2019. Adsorpsi Logam Pb Dan Cu Dari Pelumas Bekas Menggunakan Blending Selulosa Asetat-Kitosan. *Jurnal Riset Kimia*. 5(2). 222–232.
- Mara, I. M., & Kurniawan, A., 2015. Analisa Pemurnian Minyak Pelumas Bekas Dengan Metode Acid-Clay. *Dinamika Teknik Mesin*. 5(2). 106–112.
- Nicholas, A. F., Hussein, M. Z., Zainal, Z., & Khadiran, T., 2018. Palm Kernel Shell Activated Carbon As An Inorganic Framework For Shape-Stabilized Phase Change Material. *Nanomaterials*. 8(9).
- Ricky, D., Wijaya, P., Martono, Y., Riyanto, C. A., Kimia, P. S., Sains, F., Kristen, U., & Wacana, S. (N.D.). Synthesis And Characterization Of Nano Activated Carbon Tea Waste ( Camellia Sinensis L .) Viewed From The Content And Ratio Of Orthophosphoric Acid, *Indonesian Journal Of Chemical Research*. 3(2). 12–21.
- Supriyanto, A., Alimuddin, & Bohari., 2018. Analisis Logam Fe, Cu, Pb, Dan Zn Dalam Minyak Pelumas Baru Dan Bekas Menggunakan X-Ray Fluorescence. *Jurnal Atomik*. 03(1). 13–17.
- Verayana, V. (Verayana), Paputungan, M. (Mardjan), & Iyabu, H. (Hendri)., 2018. Pengaruh Aktivator HCl Dan  $H_2PO_4$  Terhadap Karakteristik (Morfologi Pori) Arang Aktif Tempurung Kelapa Serta Uji Adsorpsi Pada Logam Timbal (Pb). *Jambura Journal Of Educational Chemistry*. 13(1). 67–75.
- Viena, V., Bahagia, B., & Afrizal, Z., 2019. Produksi Karbon Aktif dari Cangkang Sawit Dan Aplikasinya Pada Penyerapan Zat Besi, Mangan Dan Ph Air Sumur. *Jurnal Serambi Engineering*. 5(1). 875–882.
- Wahyuni, I., & Fathoni, R., 2019. Pembuatan Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Variasi Waktu Aktivasi. *Jurnal Chemurgy*. 3(1). 11.
- Zilfa, Z., Septiani, U., & Mirawati, M., 2020. Pengaruh Hcl Terhadap Aktifasi Zeolit Alam Clipnotilolit-Ca Pada Penyerapan Pb(II). *Jurnal Riset Kimia*. 11(2). 80–88.