



## Penggunaan Karbon Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Teraktivasi NaOH pada Penyerapan Ion Pb(II)

### [Utilization of NaOH-Activated Carbon from Oil Palm Empty Fruit Bunches on Pb(II) Ion Absorption]

Minda<sup>✉</sup>, Husain Sosidi, Ni Ketut Sumarni, Hardi Ys, Ruslan, Nov Irmawati Inda, Moh. Mirzan

Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tadulako  
Jalan Soekarno-Hatta Km. 9, Kampus Bumi Tadulako Tondo Palu, Indonesia

**Abstract.** Oil palm empty fruit bunches (OPEFB) are plantation waste that has the potential to be used as activated carbon. The main component of OPEFB is lignocellulosic which can be a source of activated carbon and utilized for Pb<sup>2+</sup> ion adsorption. The use of activated carbon activated by NaOH still requires optimization, especially in determining the contact time and optimum adsorption pH. This study aims to determine the effect of pH and contact time on the adsorption of Pb<sup>2+</sup> and to determine the efficiency of the adsorbent on the adsorption of Pb<sup>2+</sup>. In this study, activated carbon from OPEFB was carbonized at 300°C for 1 hour, followed by activation using NaOH 0.5%. The results showed that the use of pH 5 and a contact time of 90 minutes had a relatively higher Pb<sup>2+</sup> adsorption than other conditions. However, the use of variations in pH and contact time had no significant effect on the adsorption of Pb<sup>2+</sup> ions. Adsorbents with variations in pH 4, 5, 6, 7, and 8 were able to absorb Pb<sup>2+</sup> of 99.73%, 99.86%, 99.74%, 99.79%, and 99.80%, respectively. Adsorbents with variations in contact time of 30, 60, 90, 120, and 150 minutes were able to absorb Pb<sup>2+</sup> of 99.28%, 99.40%, 99.48%, 99.44%, and 99.48%, respectively.

**Keywords:** Oil palm empty fruit bunches, NaOH, activated carbon, adsorption, lead metal ion.

**Abstrak.** Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah hasil perkebunan yang berpotensi untuk dijadikan karbon aktif. Komponen utama TKKS adalah lignoselulosa yang dapat menjadi sumber karbon yang diaktivasi dan dimanfaatkan untuk penyerapan ion Pb<sup>2+</sup>. Penggunaan karbon aktif teraktivasi NaOH masih memerlukan optimalisasi khususnya pada penentuan waktu kontak dan pH adsorpsi optimum. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pH dan waktu kontak terhadap penyerapan Pb<sup>2+</sup>, serta mengetahui efisiensi adsorben terhadap penyerapan Pb<sup>2+</sup>. Pada penelitian ini karbon aktif dari tandan kosong kelapa sawit dikarbonisasi pada suhu 300°C selama 1 jam, dilanjutkan dengan aktivasi menggunakan NaOH 0,5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan pH 5 dan waktu kontak 90 menit memiliki penyerapan Pb<sup>2+</sup> yang relatif lebih tinggi daripada kondisi lainnya. Namun demikian, penggunaan variasi pH dan waktu kontak berpengaruh tidak nyata terhadap penyerapan ion Pb<sup>2+</sup>. Adsorben dengan variasi pH 4, 5, 6, 7, dan 8 mampu menyerap Pb<sup>2+</sup> masing-masing sebesar 99,73%, 99,86%, 99,74%, 99,79%, dan 99,80%. Adsorben dengan variasi waktu kontak 30, 60, 90, 120, dan 150 menit mampu menyerap Pb<sup>2+</sup> masing-masing 99,28%, 99,40%, 99,48%, 99,44%, dan 99,48%.

**Kata kunci:** Tandan kosong kelapa sawit, NaOH, karbon aktif, adsorpsi, ion logam timbal.

Diterima: 20 Maret 2022, Disetujui: 21 April 2022

Sitasi: Minda., Sosidi, H., Sumarni, N.K., Ys, H., Ruslan., Inda, N.I., dan Mirzan, M. (2022). Penggunaan Karbon Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Teraktivasi NaOH pada Penyerapan Ion Pb(II). *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 8(1): 92-98.

#### LATAR BELAKANG

Perkembangan industri yang sangat pesat, berdampak pada permasalahan limbah

yang harus serius ditangani. Limbah industri, seperti industri pengolahan kertas yang prosesnya menggunakan bahan kimia untuk memisahkan tinta dari kertas, menghasilkan limbah berbahaya. Selain itu, proses *dyeing*

✉ Corresponding author  
E-mail: [minda12salomi@gmail.com](mailto:minda12salomi@gmail.com)

<https://doi.org/10.22487/kovalen.2022.v8.i1.15847>



atau proses pemberian warna menggunakan bahan kimia pada industri tekstil, juga menghasilkan limbah berbahaya yang akan mencemari lingkungan. Salah satu komponen limbah yang sangat berbahaya adalah logam berat. Logam berat dapat menimbulkan efek racun bagi manusia (Boran & Altınok, 2010) dan dapat berpindah dari lingkungan ke organisme, juga dari organisme satu ke organisme lainnya melalui rantai makanan (Yalcin et al., 2008).

Timbal (Pb) merupakan logam berat yang biasa ditemui dalam limbah. Timbal sangat berbahaya dan dapat menyebabkan keracunan pada makhluk hidup, tidak dapat terurai oleh proses alam dan toksisitasnya tidak berubah (Deri & Afu, 2013). Timbal yang masuk ke dalam tubuh manusia akan mengendap dalam darah dan berikatan dengan sel darah merah yang mengganggu sintesis hemoglobin (Tsamara dkk., 2020). WHO menetapkan kadar maksimum timbal dalam air yang layak dikonsumsi ialah lebih kecil dari 0,1 mg/L (Putra dkk., 2020), sedangkan dalam darah kurang dari 0,20 ppm (Mardani dkk., 2005). Upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi kandungan logam berat dalam air adalah dengan metode adsorpsi. Karbon aktif dapat menjadi salah satu adsorben alternative karena mudah dibuat. Karbon aktif dapat dibuat dari limbah organik, salah satunya adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS).

TKKS termasuk limbah padat dari perkebunan kelapa sawit dan tersedia sangat melimpah karena jumlahnya sekitar 23% dari jumlah tandan buah segar (Maslahat dkk., 2017). Limbah TKKS mengandung bahan lignoselulosa yang terdiri atas 30–55% selulosa, 15–35% hemiselulosa dan 20–30% lignin (Hidayah & Wusko, 2020; Noah, 2022).

Lignoselulosa dari TKKS dapat diubah menjadi karbon melalui proses pirolisis pada suhu 300-700°C (Faisal dkk., 2021; Thoe et al., 2019; Wirasnita dkk., 2015). Kandungan karbon dalam TKKS dapat berkisar antara 40,93-68,3% (Thoe et al., 2019; Wahi et al., 2009).

Sopiah dkk. (2017) melaporkan TKKS dapat dijadikan adsorben untuk mengadsorpsi cadmium (Cd) terlarut hingga 99,31% dengan menggunakan activator. Arang aktif tandan kosong kelapa sawit juga telah digunakan untuk adsorpsi logam berat merkuri (Hg) (Gova & Oktasari, 2019). Sementara untuk adsorpsi logam timbal (Pb) telah dikembangkan oleh Fitriani (2017) menggunakan serbuk daun puring teraktivasi HCl, dengan variasi waktu kontak mampu mengadsorpsi sebesar 35,2%. Adsorpsi logam Pb juga dilakukan oleh Zikra dkk. (2016), menggunakan karbon aktif kulit durian teraktivasi KOH. Efisiensi adsorpsi sebesar 90,68% dengan waktu kontak 120 menit dan ukuran partikel 100 mesh. Safrianti dkk. (2012) juga melakukan penelitian serupa, yaitu adsorpsi timbal (II) menggunakan selulosa dari limbah jerami teraktivasi asam nitrat dengan variasi pH dan waktu kontak yang mendapatkan kapasitas adsorpsi pada pH 7 dan waktu kontak 90 menit sebesar 4,2 mg/g – 4,5 mg/g. Kulit kelapa sawit juga telah digunakan sebagai bahan dasar pembuatan karbon aktif untuk penyerapan ion logam timbal dan didapatkan waktu kontak terbaik 150 menit dengan efisiensi penghilangan Pb hingga 92% (Faisal dkk., 2021).

Penggunaan NaOH sebagai aktivator karbon dari TKKS telah dilakukan sebelumnya untuk mengadsorpsi logam Pb, tetapi tidak dikaji hingga penggunaan pH dan waktu kontak optimum. Waktu dan pH yang digunakan pada penelitian tersebut, yaitu 2 jam dan pH 4,5

dengan persentase adsorpsi logam Pb hingga 48,96 mg/g (Wahi et al., 2009). Penggunaan waktu kontak dan pH menjadi hal yang baru dan perlu dikaji untuk memastikan efektivitas dan efisiensi penggunaan karbon aktif dari TKKS teraktivasi NaOH dalam menyerap ion logam timbal.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan antara lain, tandan kosong kelapa sawit, NaOH p.a (Merck),  $Pb(C_2H_3O_2)_2 \cdot 3H_2O$  p.a (Merck), HCl p.a (Merck), akuades, kertas saring, aluminium foil, dan kertas saring whatman 41.

Peralatan yang digunakan meliputi tanur, lumpang alu, neraca analitik, pengaduk magnetik, *electromagnetic shieve shaker* (EMS-8), ayakan 100 mesh, oven, desikator, *Scanning Electron Microscope* (SEM HITACHI FLEXSEM 100), dan Spektroskopi Serapan Atom (AAS GBC 932 AA).

### Prosedur Penelitian

#### Pembuatan arang TKKS

Tandan kosong kelapa sawit di potong-potong ukuran 6 x 6 cm, lalu dikeringkan di bawah sinar matahari sampai kering. Kemudian dikarbonisasi pada suhu 300°C selama 60 menit. Setelah dikarbonisasi, arang dihaluskan dan diayak dengan ayakan 100 mesh (Sopiah dkk., 2017).

#### Aktivasi arang TKKS

Ditimbang arang sebanyak 30 gram dalam gelas kimia 500 mL dan diaktivasi menggunakan 300 mL larutan NaOH 0,5%. Larutan di-shaker selama 1 jam. Selanjutnya, larutan disaring dan dicuci menggunakan akuades kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 1 jam, lalu dianalisis

luas pori menggunakan SEM (Gova & Oktasari, 2019).

### Adsorpsi ion timbal

#### 1. Pengaruh pH

Arang aktif ditimbang 0,5 gram dan dimasukkan ke dalam 5 erlenmeyer 250 mL, kemudian ditambahkan 100 mL larutan  $Pb^{2+}$  dengan konsentrasi 20 mg/L dan pH diatur menjadi 4, 5, 6, 7, dan 8. Campuran dikocok selama 90 menit pada kecepatan 180 rpm. Filtrat diperoleh melalui penyaringan yang dilanjutkan dengan analisis konsentrasi ion timbal menggunakan SSA.

#### 2. Pengaruh Waktu Kontak

Setelah didapatkan pH adsorpsi ion  $Pb^{2+}$  terbaik, selanjutnya dilakukan penentuan waktu kontak terbaik. Sebanyak masing-masing 0,5 gram adsorben dimasukkan ke dalam 5 labu erlenmeyer 250 mL, lalu masing-masing ditambahkan 100 mL larutan  $Pb^{2+}$  pH 5 konsentrasi 20 mg/L. Kemudian dikocok dengan kecepatan 180 rpm menggunakan variasi waktu 30, 60, 90, 120, dan 150 menit. Selanjutnya, larutan disaring dan filtrat yang diperoleh dianalisis menggunakan SSA.

### Analisa data

Analisa data untuk mendapatkan persentase konsentrasi (C) terjerap logam timbal (Pb) dalam larutan dapat dihitung menggunakan rumus:

$$C \text{ terserap (\%)} = \frac{C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}}}{C_{\text{awal}}} \times 100\%$$

Konsentrasi yang diserap untuk tiap waktu dihitung dari:

$$C_{\text{adsorpsi}} = (C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}})$$

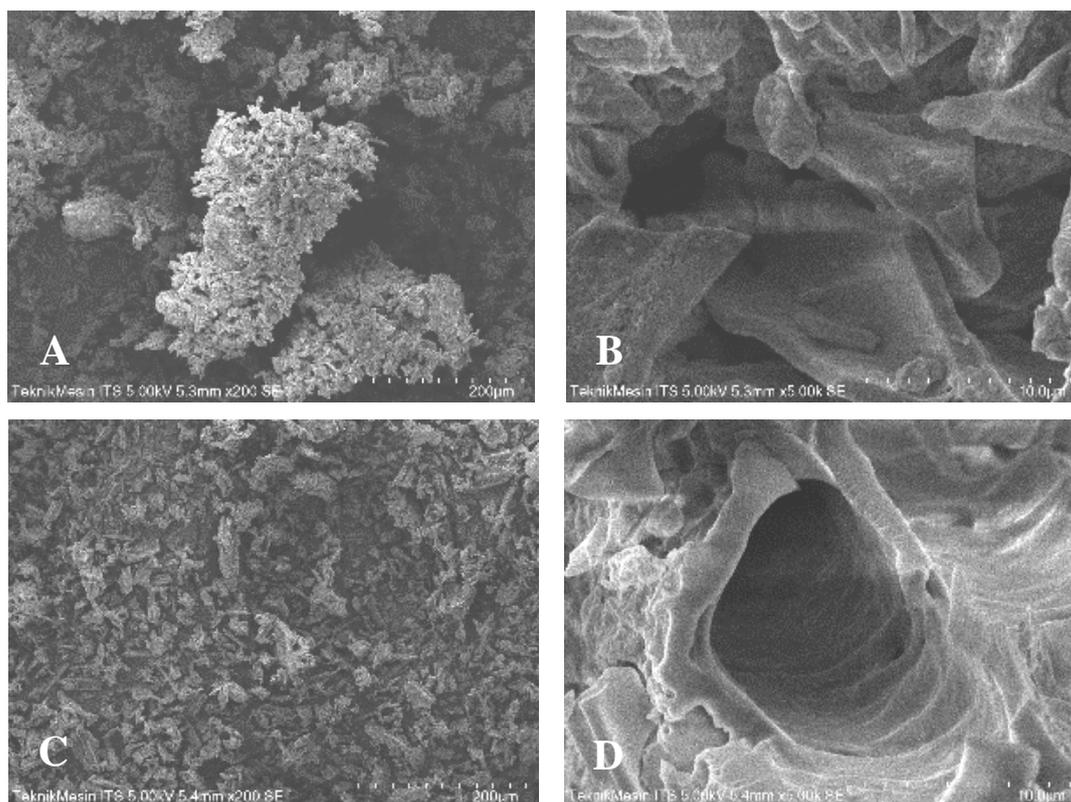
Pengolahan data dilakukan menggunakan uji ANOVA dan dilanjutkan uji Duncan dengan aplikasi IBM SPSS 25.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karbon TKKS Teraktivasi NaOH

Hasil karbonisasi dan aktivasi 30 gram adsorben mengalami penurunan berat sekitar 43,99% atau 13,20 gram hingga menjadi 56,01%. Hal ini karena mineral-mineral dan zat

pengotor dalam arang ikut larut pada proses aktivasi. Risfiandi dkk. (2016) menyatakan bahwa zat pengotor yang memungkinkan terdapat dalam karbon sebelum aktivasi berupa FeO, MgO, ZnO, dan oksida logam lainnya. Hasil aktivasi karbon dapat diketahui melalui analisis SEM.



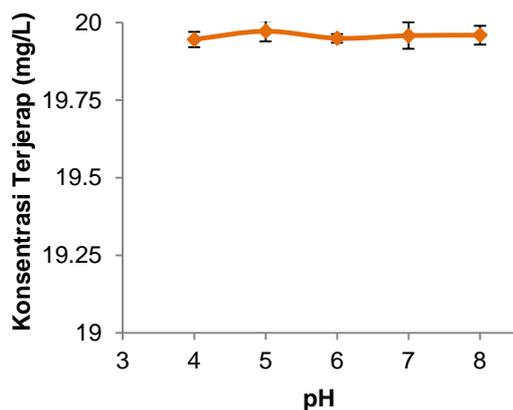
**Gambar 1.** Topografi adsorben sebelum aktivasi pada pembesaran 2000X (A) dan 5000X (B) (b) serta setelah aktivasi pada perbesaran 2000X (C) dan 5000X (D).

Topografi adsorben sebelum aktivasi baik pada perbesaran 2000X (Gambar 1A) maupun 5000X (Gambar 1B), menunjukkan bahwa permukaan adsorben tampak masih tertutupi oleh mineral-mineral setelah proses karbonisasi. Sementara setelah aktivasi pada perbesaran 2000x (Gambar 1C) dan 5000x (Gambar 1D), terlihat mineral-mineral dan zat pengotor pada permukaan arang telah hilang sehingga pori-pori adsorben terbuka. Aktivasi karbon TKKS dapat menghilangkan pengotor pada pori adsorben, seperti tar dan amorf,

sehingga meningkatkan kemampuan adsorpsi terhadap adsorbat (Gova & Oktasari, 2019). Pori-pori adsorben yang terbuka akan meningkatkan kemampuan adsorpsi.

#### pH Adsorpsi Ion Logam Pb<sup>2+</sup>

pH merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi adsorpsi ion logam. Pengaruh pH terhadap adsorpsi Pb<sup>2+</sup> oleh adsorben karbon aktif dari TKKS dapat dilihat pada Gambar 2.



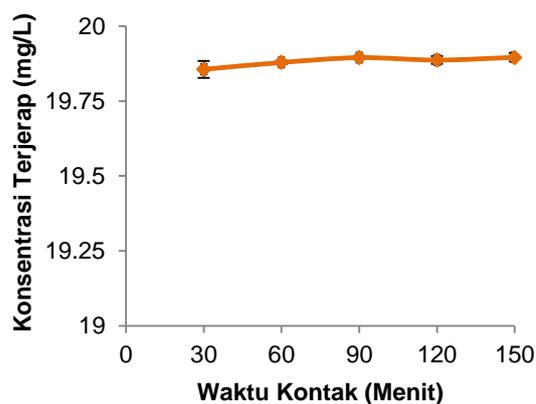
**Gambar 2.** Adsorpsi ion  $Pb^{2+}$  oleh arang aktif TKKS pada berbagai pH.

Serapan terendah didapatkan pada pH 4 dengan rata-rata konsentrasi terjerap dari dua kali pengulangan sebesar 19,95 mg/L, efisiensi penyerapan sebesar 99,73% (Gambar 2). Pada pH rendah (keadaan asam), penyerapan ion Pb (II) relatif kecil karena ion  $H^+$  dalam larutan melimpah yang akan berkompetisi dengan ion  $Pb^{2+}$  untuk berinteraksi dengan permukaan adsorben (Safrianti dkk., 2012).

Serapan maksimum dicapai pada pH 5 dengan konsentrasi terjerap 19,97 mg/L, efisiensi penyerapan 99,86%. Adsorben pada pH 4-8 mampu menyerap  $Pb^{2+}$  99,73% - 99,86%. Pada pH 6 adsorpsi menurun. Hal ini memungkinkan terjadi karena permukaan adsorben mengalami kejenuhan sehingga molekul adsorbat yang telah terjerap terlepas kembali ke dalam larutan (Atkins, 1990 dalam Ningsih dkk., 2016). Sementara adsorpsi pada pH 7 dan 8 kembali mengalami peningkatan serapan karena pada keadaan basa, ion  $OH^-$  melimpah dalam larutan sehingga kelarutan ion Pb semakin kecil. Peristiwa tersebut terjadi karena terdapat tolakan elektrostatis sehingga terbentuk endapan  $Pb(OH)_2$  yang dapat mempengaruhi proses adsorpsi (Oktasari, 2018). Hasil uji statistik didapatkan bahwa variasi pH berpengaruh tidak nyata terhadap adsorpsi  $Pb^{2+}$ .

### Waktu Kontak Penyerapan Ion Logam $Pb^{2+}$

Faktor lain yang mempengaruhi adsorpsi adalah waktu kontak. Waktu kontak yang semakin lama dapat menyebabkan jumlah interaksi antara partikel karbon aktif dengan ion  $Pb^{2+}$  semakin banyak hingga pada waktu kontak yang diperlukan untuk cukup mengadsorpsi ion  $Pb^{2+}$  (Zikra dkk., 2016). Penggunaan waktu kontak 30-150 menit merujuk pada beberapa penelitian, salah satunya yaitu penggunaan variasi waktu kontak 30-180 menit untuk menyerap logam timbal dengan adsorben karbon aktif dari kulit buah kelapa sawit (Faisal dkk., 2021). Pengaruh waktu kontak terhadap rata-rata adsorpsi  $Pb^{2+}$  dari dua kali pengulangan dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Adsorpsi ion  $Pb^{2+}$  oleh karbon aktif TKKS pada berbagai waktu kontak.

Penyerapan tertinggi terjadi pada menit ke 90 dengan konsentrasi ion  $Pb^{2+}$  terjerap 19,90 mg/L dan efisiensi penyerapan 99,48%, sedangkan adsorpsi terendah terjadi pada menit ke 30 dengan konsentrasi ion  $Pb^{2+}$  yang terjerap 19,86 mg/L atau efisiensi penyerapan 99,28% (Gambar 3). Arang aktif dari TKKS pada waktu kontak 30-150 menit mampu menyerap  $Pb^{2+}$  antara 99,28% - 99,48%. Setelah mencapai serapan optimum, daya

adsorpsi dari arang aktif cenderung menurun. Pori dari arang aktif yang telah terisi penuh akan mengalami penurunan kemampuan untuk menyerap ion logam lagi (Gova & Oktasari, 2019). Hasil yang diperoleh mendekati hasil penelitian sebelumnya yang menggunakan variasi massa adsorben arang aktif dari TKKS pada penyerapan ion timbal yang mampu mencapai penyerapan 100% pada penggunaan adsorben 0,2 – 1 gram karbon aktif dengan waktu kontak 24 jam dan kecepatan penagradukan 150 rpm (Wahi et al., 2009). Hasil uji statistik diperoleh bahwa variasi waktu kontak berpengaruh tidak nyata terhadap adsorpsi ion Pb (II) (signifikan > 0,05). Dengan demikian, variasi waktu kontak tidak berpengaruh terhadap adsorpsi Pb<sup>2+</sup>. Berdasarkan data statistik tersebut, penurunan ion timbal yang terjerap pada waktu kontak 120 menit dan peningkatan penyerapan kembali pada menit 150 menit tidak signifikan, sehingga penyerapan ion Pb<sup>2+</sup> dapat diartikan cenderung konstan hingga waktu 150 menit.

## KESIMPULAN

Adsorben arang aktif dari TKKS pada variasi pH mampu menyerap ion Pb<sup>2+</sup> 99,73% - 99,86%, sedangkan pada variasi waktu kontak mampu menyerap ion Pb<sup>2+</sup> sebesar 99,28% - 99,48%. Penyerapan ion Pb<sup>2+</sup> pada pH pada pH 5 memiliki kemampuan penyerapan yang relatif lebih baik daripada pH lainnya, yaitu 99,86%, sedangkan penggunaan waktu kontak 90 menit lebih efisien dalam menyerap ion logam Pb<sup>2+</sup> dengan konsentrasi penyerapan 99,48%. Tandan kosong kelapa sawit sangat potensial untuk digunakan sebagai bahan dasar pembuatan karbon aktif dan masih dapat diteliti lebih lanjut untuk aplikasi lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Boran, M., & Altinok, I. (2010). A Review of Heavy Metals in Water, Sediment and Living Organisms in the Black Sea; *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10(4), 565–572.
- Deri, E., & Afu, L. (2013). Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Akar Mangrove *Avicennia Marina* di Perairan Teluk Kendari. *J. Mina Laut Indonesia*, 1(1), 38–48.
- Faisal, M., Gani, A., & Fuadi, Z. (2021). Utilization of Activated Carbon From Palm Kernel Shells As The Bioadsorbent Of Lead Waste. *International Journal of GEOMATE*, 20(78), 81–86. <https://doi.org/10.21660/2021.78.6135>
- Fitriani, F. (2017). Penyerapan Ion Logam Pb(II) Dari Larutan Menggunakan Serbuk Daun Puring (*Codiaeum variegatum*). *Jurnal Pendidikan Matematika Dan IPA*, 8(1), 34–42. <https://doi.org/10.26418/jpmipa.v8i1.18421>
- Gova, M. A., & Oktasari, A. (2019). Arang Aktif Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Adsorben Logam Berat Merkuri (Hg). *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, 2(1). <http://semnas.radenfatah.ac.id/index.php/semnasfst/article/view/55>
- Hidayah, N., & Wusko, I. U. (2020). Characterization and Analysis of Oil Palm Empty Fruit Bunch (OPEFB) Waste of PT Kharisma Alam Persada South Borneo. *Majalah Obat Tradisional*, 25(3), 154–160. <https://doi.org/10.22146/mot.52715>
- Mardani, T., Prabang, S., & Shanti, L. (2005). Kadar Timbal (Pb) dalam Darah dan Hubungannya dengan Kadar Hb Darah akibat Emisi Kendaraan Bermotor pada Petugas DLLAJ di Kota Surakarta. *Jurnal BioSMART*, 7(1), 60–65.
- Maslahat, M., Hutagaol, R. P., & Lestari, S. (2017). Potensi Biosorben Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Dalam Recovery Limbah Fenol. *JURNAL*

- SAINS NATURAL, 2(2), 155–168.  
<https://doi.org/10.31938/jsn.v2i2.45>
- Ningsih, D. A., Said, I., & Ningsih, P. (2016). Adsorpsi Logam Timbal (Pb) dari Larutannya dengan Menggunakan Adsorben dari Tongkol Jagung. *Jurnal Akademika Kimia*, 5(2), 55–60.
- Noah, A. (2022). Oil Palm Empty Fruit Bunches (OPEFB) – Alternative Fibre Source for Papermaking. Dalam *In H. Kamyab (ed.), Elaeis guineensis*. IntechOpen. <https://www.intechopen.com/chapters/76954> doi: 10.5772/intechopen.98256
- Oktasari, A. (2018). Kulit Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) sebagai Adsorben Ion Pb(II). *ALKIMIA: Jurnal Ilmu Kimia Dan Terapan*, 2(1), 17–27.  
<https://doi.org/10.19109/alkimia.v2i1.2258>
- Putra, W. E., Setiani, O., & Nurjazuli. (2020). Kandungan Logam Berat Pb pada Air Bersih dan Pada Darah Wanita Usia Subur Di Kota Semarang. *JURNAL KESEHATAN MASYARAKAT (e-Journal)*, 8(6), 840–846.
- Risfiandi, F., Yusnimar, & Helianty, S. (2016). Penentuan Daya Jerap Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Terhadap Ion Cu(II). *Jom FTEKNIK*, 3(1), 1–6.
- Safrianti, I., Wahyuni, N., & Zaharah, T. A. (2012). Adsorpsi Timbal (II) Oleh Selulosa Limbah Jerami Padi Teraktivasi Asam Nitrat: Pengaruh pH dan Waktu Kontak. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 1(1), 1–7.
- Sopiah, N., Prasetyo, D., & Aviantara, D. B. (2017). Pengaruh Aktivasi Karbon Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit terhadap Adsorpsi Kadmium Terlarut. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, 8(2), 55–66.  
<https://doi.org/10.21771/jrtppi.2017.v8.n02.p55-66>
- Thoe, J., Surugau, N., & Chong, H. (2019). Application of Oil Palm Empty Fruit Bunch as Adsorbent: A Review. *Transactions on Science and Technology*, 6(1), 9–26.
- Tsamara, G., Rinawati, D., & Barlian, B. (2020). Identifikasi Kadar Timbal (Pb) Dalam Darah Pada Petugas Operator SPBU 34-42115 Kota Serang. *Jurnal Medikes (Media Informasi Kesehatan)*, 7(1), 1–8.  
<https://doi.org/10.36743/medikes.v7i1.195>
- Wahi, R., Ngaini, Z., & Jok, V. (2009). Removal of Mercury, Lead and Copper from Aqueous Solution by Activated Carbon of Palm Oil Empty Fruit Bunch. *World Applied Sciences Journal* 5, *Special Issue for Environment*, 84–91.
- Wirasnita, R., Hadibarata, T., Yusoff, A., & Lazim, Z. (2015). Preparation and Characterization of Activated Carbon From Oil Palm Empty Fruit Bunch Wastes using Zinc Chloride. *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)*, 74(11), 77–81.
- Yalcin, G., Narin, I., & Soylak, M. (2008). Multivariate Analysis of Heavy Metal Contents of Sediments from Gumusler Creek, Nigde, Turkey. *Environmental Geology*, 54, 1155–1163.
- Zikra, N. R. Y., Chairul, C., & Yenti, S. R. (2016). Adsorpsi Ion Logam Pb Dengan Menggunakan Karbon Aktif Kulit Durian Yang Teraktivasi. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains*, 3(1), 1–8.