



# Plagiarism Checker X Originality Report

**Similarity Found: 23%**

Date: Monday, July 27, 2020

Statistics: 651 words Plagiarized / 2884 Total words

Remarks: Medium Plagiarism Detected - Your Document needs Selective Improvement.

---

Jurnal Integrasi Proses Vol. 6, No. 4 (Desember 2017) 185 - 190 JURNAL INTEGRASI PROSES Website: <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip> Submitted : 17 September 2017 Revised : 28 Oktober 2017 Accepted : 12 November 2017 KINERJA KOLOM ADSORPSI PADA PENJERAPAN TIMBAL (Pb<sup>2+</sup>) DALAM LIMBAH ARTIFISIAL MENGGUNAKAN CANGKANG KERNEL SAWIT Novi Sylvia<sup>1\*</sup>, Meriatna<sup>1</sup>, Lukman Hakim<sup>1</sup>, Fitriani<sup>1</sup>, Anisma Fahmi<sup>1</sup> Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh Jl. Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Kabupaten Aceh Utara - Indonesia \*Email: nxsylvia@gmail.com Abstrak Cangkang kernel sawit merupakan limbah hasil pengolahan minyak sawit yang sebagian kecil dimanfaatkan sebagai bahan bakar, sisanya dibuang ke lingkungan sebagai pupuk.

Salah satu upaya peningkatan nilai ekonomis limbah cangkang kernel sawit dapat dilakukan dengan mengolahnya menjadi karbon aktif yang dapat mengadsorpsi logam berat, salah satunya timbal. Tujuan dari penelitian ini untuk menentukan kapasitas adsorpsi ion Pb<sup>2+</sup> dengan menggunakan model Thomas. Pada penelitian ini kemampuan karbon aktif sebagai adsorben dapat ditingkatkan melalui aktivasi kimia dan fisika.

Adsorben tersebut dimasukkan ke dalam kolom dengan tinggi unggun yang divariasikan 3, 6, dan 9 cm. Kolom tersebut dialirkan limbah artifisial Pb<sup>2+</sup> secara kontinyu dengan variasi laju alir influen 6, 10 dan 14 L/menit. Konsentrasi efluent Pb<sup>2+</sup> dianalisa dengan Atomic Absorb Spectrophotometer (AAS).

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin tinggi unggun dan laju alir maka kapasitas adsorpsi (q<sub>0</sub>) dan konstanta Thomas (k<sub>Th</sub>) ion Pb<sup>2+</sup> semakin meningkat. Nilai q<sub>0</sub> dan k<sub>Th</sub> tertinggi diperoleh pada tinggi unggun 9 cm dan laju alir 14 L/menit sebesar

80,133 mg/g, 0,0028 L/mg.min. Kata Kunci: adsorpsi, karbon aktif, cangkang kernel sawit, timbal (Pb<sup>2+</sup>), model Thomas Abstract Palm kernel shell is a waste of palm oil processing which used as a small fuel, the rest thrown into the environment as fertilizer.

One effort to increase the economic value of palm kernel shell waste possible to do by processing it into activated carbon that can adsorb heavy metals, one of them lead (Pb<sup>2+</sup>). This research is aimed to determine the adsorption capacity of Pb<sup>2+</sup> ions by using Thomas model. In this research the ability of activated carbon as an adsorbent can be increased through chemical and physical activation.

The adsorbents were inserted into the column as the bed height varied by 3, 6, and 9 cm. The column is continuously streamed Pb<sup>2+</sup> artificial waste with variations of influent flow rate of 6, 10 and 14 L/min. Effluent concentration of Pb<sup>2+</sup> was analyzed with Atomic Absorb Spectrophotometer (AAS).

The result shows that the higher bed and flow rate, the adsorption capacity (q<sub>0</sub>) and Thomas (k<sub>Th</sub>) constant of Pb<sup>2+</sup> ion increase. The highest values of q<sub>0</sub> and k<sub>Th</sub> were obtained at bed height of 9 cm and a flow rate of 14 L / min of 80.133 mg / g, 0.0028 L / mg.min. Keywords: adsorption, activated carbon, palm kernel shell, lead (Pb<sup>2+</sup>), Thomas model 185



1.

PENDAHULUAN Perkembangan industri yang pesat berdampak negatif terhadap pencemaran lingkungan. Salah satu limbah yang dihasilkan adalah limbah Pb (Timbal). Limbah ini akan mencemari lingkungan jika kandungan logam berat yang terdapat didalamnya melebihi ambang batas. Limbah ini juga sangat beracun dan akan menyebabkan penyakit serius apabila terakumulasi di dalam tubuh manusia.

Saat ini, upaya pengendalian limbah ion logam dengan mencari metode baru yang murah, efektif dan efisien semakin berkembang (Kundari dan Slamet, 2008). Beberapa metode telah dicoba, baik metode secara kimia maupun biologis, seperti adsorpsi, pertukaran ion (ion exchange) dan pemisahan dengan membran. Namun, metode yang paling sering digunakan adalah metode adsorpsi. Hal ini karena proses adsorpsi tidak menimbulkan efek racun dan harganya juga lebih ekonomis.

Salah satu adsorben yang bisa digunakan untuk mengurangi kadar timbal dalam air adalah karbon aktif. Karbon aktif atau arang aktif merupakan suatu jenis karbon yang telah diaktifkan terlebih dahulu (Nunik dan Okayadnya, 2013). Berbagai bahan baku bisa dibuat karbon aktif asalkan bahan tersebut mengandung karbon.

Karbon ini bisa diperoleh dari limbah pertanian ataupun biomassa dengan harga yang murah dan bahan baku yang melimpah (Khaled, 2009). Salah satu limbah pertanian tersebut adalah limbah cangkang kernel sawit. Cangkang kernel sawit merupakan limbah biomassa hasil pengolahan kernel sawit. Dalam pabrik minyak kelapa sawit cangkang kernel sawit hanya sebagian kecil yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar, sisanya dibuang begitu saja dan pada akhirnya berdampak terhadap lingkungan seperti bau dan polusi pada tanah jika menumpuk dalam jumlah besar. Sistem adsorpsi dapat dilakukan secara batch maupun kolom.

Namun kelemahan dengan sistem batch yaitu tidak bisa dilakukan pada limbah yang mengandung ion logam berat yang diproses secara kontinyu. Sehingga sistem kolom paling sering digunakan. Saat ini penelitian-penelitian tentang adsorpsi ion logam berat dengan sistem kolom telah banyak dilakukan seperti yang dilakukan Junaedi dkk (2012), Maulidha dkk (2016), Julhim (2013), Hasri (2015), dan Wardalia (2016).

Namun penelitian adsorpsi ion logam berat yang dilakukan dengan menggunakan sistem kolom masih sangat minim dan kebanyakan tidak menggunakan biomassa sebagai adsorben, seperti yang dilakukan Juniawan dkk (2011) adsorpsi ion logam Cu(II) dalam larutan menggunakan abu dasar batubara sebagai karbon aktif. Untuk itu penelitian ini menitik beratkan pada pembuatan karbon aktif dari limbah cangkang

kernel sawit dan memanfaatkannya sebagai media penjerap ( $Pb^{2+}$ ) dengan sistem kolom. Penentuan kapasitas adsorpsi dilakukan dengan menggunakan model Thomas. 2.

METODE PENELITIAN Bahan baku yang digunakan dalam penelitian adalah limbah artifisial  $Pb^{2+}$  20 ppm dan limbah cangkang kernel sawit dari PT. Syaukad Sejahtera Aceh Utara yang digunakan sebagai karbon aktif. Kolom adsorpsi berukuran diameter 6 cm dengan panjang 50 cm. kolom ini terbuat dari pipa aclyric yang didesain khusus seperti pada Gambar 1.

Sedangkan alat penunjang yang digunakan yaitu neraca digital, ayakan, blender, FTIR, dan Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) AA Shimadzu 7000 dan SEM JSM-6510LA. Gambar 1. Kolom Adsorpsi model kontinyu 2.1 Preparasi karbon aktif dari cangkang kernel sawit Proses preparasi dimulai dari mencuci bersih cangkang kernel sawit dengan aquades untuk membersihkan dan mengurangi zat pengotor yang masih menempel pada cangkang kernel sawit. Kemudian cangkang kernel sawit diangin-anginkan dan dihaluskan sampai berbentuk butiran halus.

Selanjutnya difurnace pada suhu 600? selama 3 jam. Cangkang kernel sawit kemudian diaktifasi secara fisika di atas suhu 600°C. Aktivasi secara kimia dengan menggunakan larutan  $ZnCl_2$ . Setelah dikarbonisasi pada suhu 400°C, arang cangkang kernel kelapa sawit direndam dalam larutan  $ZnCl_2$ . Karbon aktif yang telah selesai diaktifasi dijadikan isian kolom adsorpsi yang digunakan sebagai kolom penjerap logam timbal dari limbah artifisial. 2.2

Proses adsorpsi larutan ion  $Pb^{2+}$  oleh karbon aktif cangkang kernel sawit





Karbon aktif dari cangkang kernel sawit dimasukkan ke dalam kolom dengan variasi tinggi unggun 3; 6; 9 cm, laju alir 6; 10; 14 L/jam dan waktu kontak 4; 8; 12; dan 16 jam. Kemudian, larutan  $Pb^{2+}$  dengan konsentrasi 20 mg/L dialirkan secara down flow ke dalam kolom yang ditunjukkan pada Gambar 1.

Proses adsorpsi dilakukan dengan menggunakan adsorben yang diaktivasi secara fisika dan kimia. Pada setiap tahap proses adsorpsi dilakukan analisis kadar  $Pb^{2+}$  dalam larutan efluen setiap 4 jam menggunakan AAS. 3. PEMBAHASAN 3.1 Karakterisasi Karbon Aktif Karakterisasi terhadap adsorben yang digunakan dalam penelitian ini meliputi uji kualitas dan gugus fungsi.

Ada pun data uji kualitas karbon aktif dapat dilihat pada Tabel 1. Tabel 1. Data uji kualitas karbon aktif sesuai SII No. 0258-79 No \_Jenis Uji \_Syarat \_Sebelum \_Aktivasi \_Aktivasi \_ \_ \_Aktivasi \_Kimia \_Fisika \_ \_ Gugus fungsi karbon aktif cangkang kernel kelapa sawit dianalisis menggunakan FTIR.

Analisis gugus fungsi dilakukan untuk mengetahui perubahan gugus fungsi yang terjadi pada karbon aktif, sebelum diaktivasi, sesudah aktivasi kimia dan aktivasi fisika. Spektrum FTIR karbon aktif cangkang kernel sawit pada Gambar 2 mempunyai pita serapan pada bilangan gelombang 4000 - 2500  $cm^{-1}$  yang merupakan vibrasi C-H dan OH dan 2500 - 2000  $cm^{-1}$  yang menunjukkan adanya vibrasi C=C. Serapan pada bilangan gelombang 1550 - 650  $cm^{-1}$  yang merupakan C-O.

Arang aktif yang dihasilkan memiliki pola serapan dengan jenis ikatan OH, C-H, C-O, dan C=C. Arang aktif yang bersifat polar ditunjukkan dengan adanya ikatan O-H dan C-O, sehingga arang aktif yang dihasilkan bisa dijadikan sebagai adsorben.



1\_Kadar Air <10%\_7.64\_5.89\_4.81\_\_2\_Kadar <25%\_1.79\_2.05\_2.53\_\_Abu \_\_\_  
3\_Zat \_\_\_mudah \_\_\_menguap <15%\_30.39\_12.02\_14.18\_\_  
(950oC) \_\_\_Penetapan kadar air bertujuan mengetahui sifat higroskopis arang aktif.

Kandungan air yang terdapat di dalam karbon aktif dipengaruhi oleh jumlah uap air yang ada di udara, lamanya proses pendinginan, penggilingan dan pengayakan. Jumlah kadar air yang banyak dapat mempengaruhi daya adsorpsi (Yusuf, 2013). Kadar abu dalam karbon aktif diukur untuk mengetahui persentase kandungan mineral. Semakin tinggi kandungan mineral yang terdapat di dalamnya maka kadar abu juga semakin tinggi (Zakir dkk., 2012).

Selain itu, abu dapat mengganggu proses adsorpsi karena kandungan abu yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori karbon aktif sehingga menurunkan kemampuan adsorpsi (Masitoh, 2013). Zat mudah menguap merupakan senyawa non karbon dan abu yang terdapat di dalam karbon aktif. Zat mudah menguap yang terlalu tinggi dapat mengurangi kemampuan adsorpsi.

Tingginya zat mudah menguap dalam karbon aktif biasanya disebabkan karena tidak sempurnanya penguraian senyawa non karbon seperti CO<sub>2</sub>, CO dan H<sub>2</sub>. Zat mudah menguap yang tinggi pada karbon aktif dapat mengurangi kemampuan adsorpsi. \_  
Gambar 2. Hasil Analisa FTIR Karbon Aktif Cangkang kernel sawit sebelum diaktivasi, sesudah aktivasi kimia dan aktivasi fisika 3.2

Karakterisasi Karbon aktif dengan SEM Permukaan karbon aktif dapat dilihat menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk mengetahui morfologi meliputi bentuk dan ukuran dari pori karbon aktif. Selain itu analisis SEM digunakan untuk mengetahui topografi karbon aktif meliputi analisis permukaan dan tekstur karbon aktif yang terbentuk.

Hasil analisis SEM dapat dilihat pada Gambar 3. Perlakuan panas yang dialami cangkang kernel kelapa sawit pada proses karbonisasi menyebabkan senyawa-senyawa tersebut terurai dan menghasilkan tiga komponen utama yaitu karbon (arang), tar, dan gas (volatile matter).

Hasil pengamatan SEM pada cangkang kernel kelapa sawit sebelum aktivasi yang ditunjukkan Gambar 3(a) mempunyai ukuran partikel yang tidak seragam dan pori-porinya belum terbentuk. Hal ini disebabkan karena belum dilakukannya proses aktivasi sehingga bentuk permukaan masih terikat rapat satu sama lain yang menyebabkan morfologi dan topografi karbon tidak membentuk pori. Pengamatan SEM

cangkang kernel kelapa sawit setelah aktivasi fisika dan aktivasi kimia yang ditunjukkan pada Gambar 3(b) dan (c).

Pada karbon aktif dengan aktivasi fisika Gambar 3(b) sebagian permukaan porinya masih tertutup hal ini terjadi karena pada saat terjadi karbonisasi pori-porinya tidak seluruhnya bersih dari pengotor. Pada karbon aktif dengan aktivasi kimia pada Gambar 3(c) terlihat pori-porinya semakin terbuka yang tersebar di



Jurnal Integrasi Proses Vol. 6, No.

4 (Desember 2017) 185 - 190

permukaan dan dinding rongga karbon aktif cangkang kernel kelapa sawit. Jika karbon aktif bersih dari pengotor maka pori-porinya akan semakin banyak dan luas permukaannya akan semakin besar. Bentuk permukaan dari arang sudah terlihat homogen, karena telah mengalami aktivasi oleh  $ZnCl_2$ . (a) (b) (c) Gambar 3.

Hasil uji SEM Karbon Aktif Cangkang kernel sawit sebelum diaktivasi, sesudah aktivasi fisika dan aktivasi kimia 3.3 Proses adsorpsi larutan ion  $Pb^{2+}$  oleh karbon aktif cangkang kernel sawit pada sistem kolom Pada penelitian ini, laju alir divariasikan pada 6; 10; dan 14 L/menit. Adsorpsi ion  $Pb^{2+}$  oleh adsorben cangkang kernel sawit ini diuji dengan mengalirkan larutan ion  $Pb^{2+}$  dengan konsentrasi 20 mg/L.

Hasil variasi laju alir ditampilkan sebagai kurva breakthrough yang menggambarkan hubungan antara  $C_t/C_0$  dan  $t$ , dimana  $C_t$  adalah konsentrasi ion  $Pb^{2+}$  effluen dan  $C_0$  adalah konsentrasi ion  $Pb^{2+}$  influen. Sedangkan  $t$  adalah waktu adsorpsi. Hasil ini ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 3. Hasil pada Tabel 2 merupakan hasil kapasitas adsorpsi pada variasi laju alir yang dihitung menggunakan persamaan 1.

$(\frac{C_t}{C_0} - 1) = \frac{h_0}{Q} - \frac{K_{Th}}{Q} \quad (1)$  Dengan:  $K_{Th}$  : Konstanta Thomas (L/mg/menit)  $q_0$  : kapasitas adsorpsi (mg/gr) : Massa adsorben (gr)  $Q$ : Laju alir (L/menit)  $C_0$ : Konsentrasi awal (mg/L)  $t$  : waktu (menit)  $C_t$  : Konsentrasi akhir (mg/L) Tabel 2. Nilai kapasitas adsorpsi, konstanta Thomas dan waktu breakthrough pada laju alir yang dihitung berdasarkan model Thomas Laju alir\_Massa\_KTh\_q0\_t (L/menit) (gr) (L/mg.menit) (mg/gr) (jam) 6 50.08 0.0016 80,133 68 10 50.08 0.0026 106,799 48 14 50.08 0.0028 134,949 36 Nilai konstanta  $K_{Th}$  dan  $Q$  dapat diketahui melalui nilai slope dan intersep persamaan (1).

Berdasarkan persamaan tersebut diketahui nilai  $q_0$  pada laju alir 6, 10 dan 14 L/menit berturut-turut adalah 80,133 mg/g, 106,799 mg/g, 134,949 mg/g, sedangkan nilai  $K_{Th}$  sebesar 0,0016 L/mg/menit, 0,0026 L/mg/menit dan 0.0028 L/mg/menit. Sementara, kurva breakthrough yang diperoleh dari hasil plot Nilai  $C_t/ C_0$  terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 4. Gambar 4.

Kurva breakthrough Kurva breakthrough pada Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai  $C_t/C_0$  terus mengalami kenaikan hingga mendekati 1, yang artinya konsentrasi effluen semakin lama akan semakin sama dengan konsentrasi influennya. Perbedaan laju alir influen akan berpengaruh terhadap waktu breakthrough yaitu waktu yang dibutuhkan larutan effluen untuk mengandung ion  $Pb^{2+}$  sebanyak lebih dari 50% dari konsentrasi influennya, yaitu 25 mg/L.

Pada laju alir yang lebih tinggi, maka waktu breakthrough semakin cepat, akibat dari

bertambahnya ion  $Pb^{2+}$  yang masuk ke dalam kolom per satuan waktu sehingga adsorben pada laju alir yang lebih tinggi menjadi lebih cepat jenuh. 3.4 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Persen Penyerapan Waktu kontak yang cukup diperlukan oleh karbon aktif agar dapat mengadsorpsi ion  $Pb^{2+}$  secara optimal.

Semakin lama waktu kontak maka semakin banyak kesempatan partikel karbon aktif untuk bersinggungan dengan ion  $Pb^{2+}$  yang akan terikat di dalam pori-pori karbon aktif.







Gambar 5. Pengaruh waktu kontak terhadap persen penyerapan pada tinggi unggun influent bervariasi 3.5

Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Persen Penyerapan Gambar 6 menunjukkan semakin tinggi unggun semakin banyak persentase penyerapan yang terserap dan sebaliknya. Hal ini terjadi karena semakin tinggi packing maka luas permukaan kontak adsorben karbon aktif menjadi semakin besar sehingga penyerapannya menjadi lebih baik. Semakin kecil laju alir maka semakin banyak ion  $Pb^{2+}$  yang terserap.

Kondisi ini disebabkan karena pada laju alir yang semakin kecil maka waktu kontak antara ion-ion yang terdapat dalam air semakin lama sehingga ion-ion yang teradsorpsi semakin banyak. Gambar 6. Pengaruh tinggi unggun terhadap persen penyerapan pada laju alir influent bervariasi 3.6 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Persen Penyerapan pada aktivasi kimia dan fisika Pengaruh aktivasi terhadap hasil adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 7 yang menjelaskan bahwa pada waktu kontak yang sama pada aktivasi kimia persen penyerapan lebih besar dibandingkan dengan aktivasi fisika.

Hal ini dikarenakan unsur-unsur mineral dari persenyawaan kimia yang digunakan saat aktivasi kimia meresap ke dalam arang dan membuka permukaan yang semula tertutup oleh komponen kimia sehingga volume dan diameter pori bertambah besar. Pemilihan jenis aktivator juga berpengaruh terhadap kualitas arang aktif. Beberapa jenis senyawa kimia yang sering digunakan dalam industri pembuatan arang aktif adalah  $ZnCl_2$ ,  $KOH$ , dan  $H_2SO_4$  (Sembiring, 2003). \_ Gambar 7.

Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Persen Penyerapan pada aktivasi kimia dan fisika. 4. KESIMPULAN Berdasarkan hasil dari penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa: Laju alir dan tinggi unggun mempengaruhi waktu breakthrough dan kapasitas adsorpsi pada adsorben cangkang kernel sawit. Semakin cepat laju alir dan tinggi unggun maka kapasitas adsorpsi dan konstanta Thomas yang didapat semakin besar.

Kapasitas adsorpsi dan konstanta Thomas pada laju alir 6 L/menit adalah 80,133 mg/g; 0,00158 L/mg/menit, pada 10 L/menit adalah 106,799 mg/g; 0,00026 L/mg/menit, dan pada 14 L/menit sebesar 134,949 mg/g; 0,00028 L/mg/menit. Tinggi unggun, waktu kontak, laju alir dan proses aktivasi cangkang kernel sawit mempengaruhi persen penyerapan ion logam timbal.

ACKNOWLEDGMENT/UCAPAN TERIMA KASIH Penulis mengucapkan terima kasih kepada KEMENRISTEK DIKTI yang telah mendanai penulis dalam PENELITIAN PRODUK TERAPAN yang telah menunjang pelaksanaan penelitian 6. DAFTAR PUSTAKA Julhim S. Tangio., Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Dengan Menggunakan Biomassa Enceng Gondok

(Eichhorniacrassipes), Jurnal Entropi, 2013, 8(1): 500-506. Hasri.,

Studi Adsorpsi Logam Pb(II) Menggunakan Adsorben biomassa Aspergillus niger Hasil Pemerangkapan, Jurnal Sainsmat, 2015, 4(2): 126-135.





Khaled; Abdelwahab; A. El-Sikaily; A. El Nemr., Treatment of Artificial Textile Dye Effluent Containing Direct Yellow 12 by Orange Peel Carbon; International Conference on Aquatic Resources: Needs and Benefits, NIOF, Alexandria., 2009, 210-232. Kundari; Anis; Wiyuniati; Slamet.,

Tinjauan Keseimbangan Adsorpsi Tembaga Dalam Limbah Pencuci PCB Dengan Zeolit; Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta., 2008. Masitoh F.Y. & Sianita B.M.M., Pemanfaatan Arang Aktif Kulit Buah Coklat (*Theobroma cacao L.*) Sebagai Adsorben Logam Berat Cd (II) dalam Pelarut Air, *Unesa Journal of Chemistry*, 2013, 2(2): 23-27.

Maulidha Kurnia Dini; Fida Rachmadiarti; Sunu Kuntjoro, Potensi Jerami Sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb) Pada Limbah Cair Industri Batik Sidokare, Sidoarjo, *Jurnal LenteraBio*, 2016, 5(3): 111-116. \_ Nunik Prabarini dan DG Okayadnya., Penyisihan Logam Besi (Fe) pada Air Sumur Dengan Karbon Aktif dari Tempurung Kemiri. *Jurnal Teknik Lingkungan.*, 2013.

Nurul Fadhilah Junaedi; Farouk Maricar; Mary Selintung, Pemanfaatan Arang Sekam Padi Sebagai Adsorben untuk Menurunkan Ion Logam Berat Dalam Air Limbah Timbal (Pb)., 2012. Yusuf A.M. & Tjahjani S., Adsorpsi Ion Cr (IV) oleh Arang Aktif Sekam Padi; *Unesa Journal of Chemistry*, 2013, 2(1): 84-88. Zakir M.; Maming; Raya I.; Karim A; Santi., Pemanfaatan Energi Gelombang Ultrasonik dalam Adsorpsi Ion Logam Berat Cu(II) pada Biosorben Karbon Aktif dari Sekam Padi. *Indo. Chim.*

*Acta*, 2012, 5(2): 1-9. Wardalia, Karakterisasi Pembuatan Adsorben Dari Sekam Padi Sebagai Pengadsorpsi Logam Timbal Pada Limbah Cair; *Jurnal Integrasi Proses*, 2016, 6(2): 83-88.

## INTERNET SOURCES:

- 
- <1% - <https://talenta.usu.ac.id/koridor/article/download/1304/848/>
- 1% - <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip/article/view/2549>
- <1% -  
[http://repository.unhas.ac.id/bitstream/handle/123456789/17067/JURNAL%20NISWATU  
 N.pdf?sequence=1](http://repository.unhas.ac.id/bitstream/handle/123456789/17067/JURNAL%20NISWATU%20N.pdf?sequence=1)
- <1% -  
[http://digilib.polban.ac.id/files/disk1/84/jbptppolban-gdl-endangwidi-4185-1-pengemb  
 a-a.pdf](http://digilib.polban.ac.id/files/disk1/84/jbptppolban-gdl-endangwidi-4185-1-pengemb<br/>
  a-a.pdf)
- <1% -  
[https://www.researchgate.net/publication/335176359\\_Chemical\\_modification\\_of\\_four\\_lig  
 nocellulosic\\_materials\\_to\\_improve\\_the\\_Pb2\\_and\\_Ni2\\_ions\\_adsorption\\_in\\_aqueous\\_soluti  
 ons](https://www.researchgate.net/publication/335176359_Chemical_modification_of_four_lig<br/>
  nocellulosic_materials_to_improve_the_Pb2_and_Ni2_ions_adsorption_in_aqueous_soluti<br/>
  ons)
- <1% - <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1631074814001441>
- <1% - <https://aiche.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/btpr.1962>
- <1% - <https://upiconf.org/2020/aasec/kfz/pages/abstracts1.php?offset=60>
- <1% - <http://jurnalpermukiman.pu.go.id/index.php/JP/article/download/50/pdf>
- <1% -  
[http://digilib.uin-suka.ac.id/19443/1/10630011\\_bab-i\\_iv-atau-v\\_daftar-pustaka.pdf](http://digilib.uin-suka.ac.id/19443/1/10630011_bab-i_iv-atau-v_daftar-pustaka.pdf)
- 1% -  
[http://repository.unhas.ac.id/bitstream/handle/123456789/16502/Jurnal%20Skripsi.pdf;s  
 equence=1](http://repository.unhas.ac.id/bitstream/handle/123456789/16502/Jurnal%20Skripsi.pdf;s<br/>
  equence=1)
- <1% - <http://www.lib.ui.ac.id/naskahringkas/2015-08/S43917-Anyi%20Salim>
- <1% - <http://www.mesinpks.com/page/9/>
- 3% - <http://semnas.pnl.ac.id/prosiding/38/Artikel%20A%20038.pdf>
- <1% - <https://lasryza.blogspot.com/2014/11/>
- <1% - <https://id.scribd.com/doc/248804925/TUGAS-MAKALAH>
- <1% -  
[http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/39250/Chapter%20l.pdf;sequen  
 ce=4](http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/39250/Chapter%20l.pdf;sequen<br/>
  ce=4)
- <1% -  
[http://bse.mahoni.com/data/2013/kelas\\_11smk/Kelas\\_11\\_SMK\\_Produksi\\_Hasil\\_Perkebun  
 an\\_3.pdf](http://bse.mahoni.com/data/2013/kelas_11smk/Kelas_11_SMK_Produksi_Hasil_Perkebun<br/>
  an_3.pdf)
- <1% -  
[http://snp2m.poliupg.ac.id/2019/wp-content/uploads/2019/12/2.-Prosiding-Kimia-SNP2  
 M-2019-NXPowerLite-Copy.pdf](http://snp2m.poliupg.ac.id/2019/wp-content/uploads/2019/12/2.-Prosiding-Kimia-SNP2<br/>
  M-2019-NXPowerLite-Copy.pdf)
- <1% -

[https://ejournal.undip.ac.id/index.php/index/oai?verb=ListRecords&metadataPrefix=oai\\_dc&set=reaktor:RA](https://ejournal.undip.ac.id/index.php/index/oai?verb=ListRecords&metadataPrefix=oai_dc&set=reaktor:RA)

<1% -

[http://seminar.uny.ac.id/semnaskimia/sites/seminar.uny.ac.id.semnaskimia/files/2017/E-10\\_Gatut\\_Ari\\_Wardani.pdf](http://seminar.uny.ac.id/semnaskimia/sites/seminar.uny.ac.id.semnaskimia/files/2017/E-10_Gatut_Ari_Wardani.pdf)

1% -

[https://www.researchgate.net/publication/307816506\\_ADSORPSI\\_Pb2\\_DALAM\\_LIMBAH\\_CAIR\\_ARTIFISIAL\\_MENGGUNAKAN\\_SISTEM\\_ADSORPSI\\_KOLOM\\_DENGAN\\_BAHAN\\_ISIAN\\_ABU\\_LAYANG\\_BATUBARA\\_SERBUK\\_DAN\\_GRANULAR](https://www.researchgate.net/publication/307816506_ADSORPSI_Pb2_DALAM_LIMBAH_CAIR_ARTIFISIAL_MENGGUNAKAN_SISTEM_ADSORPSI_KOLOM_DENGAN_BAHAN_ISIAN_ABU_LAYANG_BATUBARA_SERBUK_DAN_GRANULAR)

<1% - [https://radiks.files.wordpress.com/2010/09/jurnal\\_skripsi.pdf](https://radiks.files.wordpress.com/2010/09/jurnal_skripsi.pdf)

<1% - <https://id.scribd.com/doc/289908187/1651-3024-1-SM>

<1% -

<https://id.123dok.com/document/q2k45pjq-kajian-awal-pembangkit-listrik-tenaga-biogas-pltbg-skala-pilot-dari-limbah-cair-pabrik-kelapa-sawit-lcpcs.html>

<1% - <https://phsycologlove.blogspot.com/2015/02/spektrofotometer-infra-red.html>

<1% - <https://id.scribd.com/doc/210520390/Ampas-Kopi>

<1% -

<https://text-id.123dok.com/document/ozlkj3rq-penggunaan-zncl2-sebagai-aktivator-karbon-aktif-dari-limbah-padat-agar-dan-aplikasinya-sebagai-adsorben-pada-limbah-cair-industri-tahu.html>

<1% - <http://eprints.umm.ac.id/42776/3/BAB%20II.pdf>

<1% - <https://talenta.usu.ac.id/jtk/article/download/1587/1069/6137>

<1% - <http://eprints.undip.ac.id/19538/1/D-07.pdf>

<1% -

[https://www.researchgate.net/publication/331236194\\_Komposit\\_Karbon\\_Aktif\\_dari\\_Eceng\\_Gondok\\_dengan\\_TiO2\\_untuk\\_Degradasi\\_Fotokatalitik\\_Zat\\_Warna\\_Tekstil\\_Congo\\_Red](https://www.researchgate.net/publication/331236194_Komposit_Karbon_Aktif_dari_Eceng_Gondok_dengan_TiO2_untuk_Degradasi_Fotokatalitik_Zat_Warna_Tekstil_Congo_Red)

<1% -

<https://cjp.jurnal.stikescendekiautamakudus.ac.id/index.php/cjp/article/download/2/2>

<1% -

<https://repository.ipb.ac.id/jspui/bitstream/123456789/60394/10/BAB%20VIII%20Analisis%20Structural%20....pdf>

<1% -

[https://www.researchgate.net/publication/323277746\\_Pengaruh\\_Suhu\\_Karbonisasi\\_Terhadap\\_Struktur\\_Dan\\_Konduktivitas\\_Listrik\\_Arang\\_Serabut\\_Kelapa](https://www.researchgate.net/publication/323277746_Pengaruh_Suhu_Karbonisasi_Terhadap_Struktur_Dan_Konduktivitas_Listrik_Arang_Serabut_Kelapa)

<1% - [https://mafiadoc.com/riyan-pepitaharyanti\\_5a0f36351723dd56a2e239c7.html](https://mafiadoc.com/riyan-pepitaharyanti_5a0f36351723dd56a2e239c7.html)

1% -

[https://www.researchgate.net/publication/320824779\\_Optimasi\\_Adsorpsi\\_Ion\\_Mg2\\_pada\\_Fixed\\_Bed\\_Column\\_dengan\\_Menggunakan\\_Response\\_Surface\\_Methodology](https://www.researchgate.net/publication/320824779_Optimasi_Adsorpsi_Ion_Mg2_pada_Fixed_Bed_Column_dengan_Menggunakan_Response_Surface_Methodology)

1% - <http://www.digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-12370-Paper.pdf>

<1% -

[http://eprints.undip.ac.id/36355/1/MAKALAH\\_SNTKI\\_TEKNOLOGI\\_PENGERINGAN\\_DJAE\\_NI.pdf](http://eprints.undip.ac.id/36355/1/MAKALAH_SNTKI_TEKNOLOGI_PENGERINGAN_DJAE_NI.pdf)

<1% - <https://nanosmartfilter.com/pengolahan-air-bersih-2/>

1% - <https://talenta.usu.ac.id/jtk/article/download/1493/975/5946>

<1% -

[https://www.researchgate.net/publication/336866498\\_Simulasi\\_Aliran\\_Kolom\\_Absorpsi\\_untuk\\_Proses\\_Penyerapan\\_CO2\\_dengan\\_Absorben\\_Air\\_menggunakan\\_Computational\\_Fluid\\_Dynamics\\_CFD](https://www.researchgate.net/publication/336866498_Simulasi_Aliran_Kolom_Absorpsi_untuk_Proses_Penyerapan_CO2_dengan_Absorben_Air_menggunakan_Computational_Fluid_Dynamics_CFD)

1% - <https://jkptb.ub.ac.id/index.php/jkptb/article/download/168/146>

1% -

<https://www.scribd.com/document/187166578/Pembuatan-Karbon-Aktif-Dari-Limbah-Kulit-Singkong-Ukm-Tapioka-Kabupaten-Pati>

<1% -

[https://www.researchgate.net/publication/337825606\\_PENGARUH\\_TEMPERATUR\\_TERHADAP\\_SIFAT\\_MEKANIK\\_PADA\\_PEMBUATAN\\_PAPAN\\_KOMPOSIT\\_BERBASIS\\_SEKAM\\_PADI\\_DAN\\_MATRIKS\\_HDPE](https://www.researchgate.net/publication/337825606_PENGARUH_TEMPERATUR_TERHADAP_SIFAT_MEKANIK_PADA_PEMBUATAN_PAPAN_KOMPOSIT_BERBASIS_SEKAM_PADI_DAN_MATRIKS_HDPE)

1% - <https://www.scientific.net/MSF.981.331>

<1% -

[http://download.portalgaruda.org/article.php?article=420562&val=4331&title=Studi%20Adsorpsi%20Logam%20Pb\(II\)%20Menggunakan%20Adsorben%20biomassa%20Aspergillus%20niger%20Hasil%20Pemerangkapan](http://download.portalgaruda.org/article.php?article=420562&val=4331&title=Studi%20Adsorpsi%20Logam%20Pb(II)%20Menggunakan%20Adsorben%20biomassa%20Aspergillus%20niger%20Hasil%20Pemerangkapan)

1% - <https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jbat/article/view/3699>

<1% -

[http://repository.ump.ac.id/162/7/DAFTAR%20PUSTAKA\\_Ihda%20Hilyatunnisa.pdf](http://repository.ump.ac.id/162/7/DAFTAR%20PUSTAKA_Ihda%20Hilyatunnisa.pdf)

1% - <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1341/3/032041/pdf>

<1% - <https://jtai.politala.ac.id/index.php/JTAI/article/view/96>