

## PEMANFAATAN KULIT PISANG SEBAGAI MEDIA PENYERAPAN LOGAM PADA LIMBAH CAIR (*REVIEW JURNAL*)

**Dian Yanuarita, Anggita Sutra Pratiwi, dan Shania Miranda Rossa Saragih**

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

e-mail: [anggitasp16@gmail.com](mailto:anggitasp16@gmail.com)

### ABSTRAK

*Kulit pisang diketahui mempunyai kemampuan dalam menyerap logam berat khususnya logam kadmium karena menghasilkan persen penyerapan tertinggi. Tujuan studi literatur yaitu untuk mengetahui aktivator terbaik pada adsorben, hubungan waktu kontak dengan persen penyerapan logam kadmium, dan hubungan massa adsorben dengan persen penyerapan logam kadmium. Aktivator yang digunakan pada studi literatur ini adalah HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>, NaOH, KOH, dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Karbon aktif yang terbaik dari studi literatur didapatkan pada suhu karbonasi 300-500°C dengan menggunakan aktivator HCl, sedangkan untuk biosorben hasil terbaik didapatkan pada suhu 75-100°C dengan aktivator NaOH. Hasil terbaik pada karbon aktif didapatkan persen penyerapan sebesar 98,35% dengan massa 0,8 gram dan waktu kontak 90 menit, sedangkan pada biosorben didapatkan persen penyerapan sebesar 99,21% dengan massa 15 gram dan waktu kontak 3 menit. Dapat disimpulkan bahwa biosorben efektif digunakan dalam penyerapan logam kadmium dibandingkan karbon aktif.*

**Kata kunci :** Kulit Pisang, Karbon Aktif, Biosorben, dan Persen Penyerapan

### ABSTRACT

*Banana peel is known to have ability to absorb heavy metal, especially cadmium metal because banana peel produces the highest absorption. The aim of this study was to find out the best activator in absorbent, relationship between contact time and percentage of cadmium metal absorption, and the relationship between adsorbent mass and cadmium metal absorption percentage. Activators used in this literature study were HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>, NaOH, KOH, and H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. The best activated carbon from literature study was obtained in carbonation temperature of 300-500°C using HCl activator and the best result for biosorbent was obtained at temperature of 75-100°C with NaOH activator. The best result of active carbon was obtained absorption of 98,35%, mass of 0.8 gram, and contact time was 90 minutes. In biosorbent was obtained the absorption of 99,21%, 15 gram mass and 3 minutes contact time. It could be concluded that biosorbent was more effective used in cadmium metal absorption than active carbon.*

**Keywords :** Banana peel, Active carbon, Biosorbent, Absorption percentage

## PENDAHULUAN

Pisang termasuk salah satu buah yang mengandung vitamin C, vitamin B6 serta memiliki kadar kalori tinggi. Buah pisang memiliki kadar selulosa tinggi, sehingga mempunyai manfaat untuk menurunkan berat badan apabila dikonsumsi. Limbah yang berasal dari pisang salah satunya yaitu kulit pisang. Masih belum ada penanganan limbah kulit pisang yang dimanfaatkan sebagai adsorben dalam sektor industri, mengingat ketersediaan kulit pisang yang cukup berlimpah. Sama dengan buahnya, kulit pisang mengandung selulosa yang sangat tinggi. Selulosa ini menyebabkan kulit pisang bermanfaat sebagai adsorben dalam penyerapan logam yang terdapat pada air limbah. Kandungan pada selulosa yang menyebabkan kulit pisang dapat menyerap ion logam yaitu adanya asam galakturonat. Kandungan lain dari selulosa adalah zat pektin, zat pektin itu sendiri merupakan sumber dari media penyerapan dimana zat pektin mengandung gugus karboksilat yang membentuk senyawa kompleks apabila bereaksi dengan ion logam.

Ion logam merupakan salah satu ion yang ditemukan di dalam kerak bumi. Pencemaran logam berasal dari penggunaan pupuk fosfat, buangan industri minyak, industri batubara, serta industri yang menggunakan zat pewarna juga merupakan sumber pencemaran logam. Sebagai pencegahan paparan logam yang berlebih ke lingkungan maka harus dilakukan pengolahan lanjutan bagi limbah industri yang memiliki kandungan logam tersebut. Salah satu upaya yang dilakukan yaitu dengan proses penyerapan logam dengan memanfaatkan limbah alami sebagai media penyerapan.

## METODOLOGI

### Variasi Penelitian

Setelah dilakukan studi literatur, maka kami mendapatkan variasi yang digunakan

dalam penelitian. Adapun variasi yang digunakan antara lain :

1. Waktu kontak
2. Massa adsorben

### Metodologi Pembuatan Adsorben

Setelah kami lakukan studi literatur mengenai metode pembuatan adsorben alami (karbon aktif dan biosorben), maka dapat kami simpulkan bahwa metode pembuatan adsorben dengan hasil terbaik, diantaranya :

#### a. Pembuatan Karbon Aktif

Kulit pisang segar yang diperoleh dari limbah pertanian dicuci dengan *aquadest* untuk menghilangkan dari kotoran, kemudian limbah kulit pisang dipotong kecil dan dikeringkan dengan tujuan untuk menghilangkan kadar air sebelum dimasukkan ke dalam oven, lalu dikeringkan dengan oven. Kulit pisang yang telah kering kemudian digiling menjadi bubuk dan disaring. Sebanyak 350g kulit pisang ditempatkan dalam tungku untuk dipanaskan pada suhu 600°C selama 1 jam, dan kemudian dibiarkan dalam suhu kamar. Sebanyak 200g direndam dalam HCl 0,1 M selama 24 jam. Lalu dicuci dengan *aquadest* mencapai pH 7,2. Karbon aktif yang telah dinetralkan lalu dikeringkan menggunakan oven bersuhu 105°C selama 24 jam, dan kemudian didinginkan dalam suhu kamar. (Mohammad dkk,2015)

#### b. Pembuatan Biosorben

Kulit pisang yang telah dibersihkan menggunakan *aquadest* di oven dengan menggunakan suhu 60°C, yang kemudian dihaluskan dan diayak dengan menggunakan ayakan 100 *mesh*. Serbuk dibagi dua, sebagian langsung digunakan dan sebagian lagi di alkalisasi dengan larutan NaOH 0,5N. Serbuk yang telah dialkalisasi kemudian dicuci dengan *aquadest* sebanyak empat kali pencucian lalu dikeringkan pada suhu 40°C.

(Hakim dkk, 2016)

**PEMBAHASAN**

Studi literatur ini bertujuan untuk mengetahui pemanfaatan kulit pisang sebagai adsorben dalam penyerapan logam yang terkandung di dalam air limbah, dan untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan kulit pisang dalam proses adsorpsi logam. Jenis-jenis limbah industri yang banyak mengandung zat logam diantaranya industri zat warna, industri *electroplating*, industri metalurgi dan sebagainya. Salah satu cara sederhana yang dapat dilakukan guna mengurangi kadar logam pada lingkungan dengan memanfaatkan media penyerap yang berasal dari bahan ramah lingkungan seperti

pemanfaatan kulit pisang sebagai adsorpsi. Setelah dilakukan studi literatur dari beberapa peneliti terdahulu, adapun logam-logam yang dapat terserap dengan media kulit pisang diantaranya Cd, Cr, Pb, Fe, Cu, Mn, Hg, dan Zn. Secara umum, parameter yang sangat berpengaruh terhadap proses adsorpsi diantaranya, nilai pH, konsentrasi logam, massa/dosis adsorben, waktu kontak, jenis aktivator, dan jenis logam.

Berdasarkan studi literatur dari penelitian terdahulu didapatkan hasil optimum penyerapan karbon aktif dan biosorben kulit pisang dalam menyerap logam tersaji pada **Tabel 2**.

**Tabel 2 :** Data Hasil Studi Literatur dengan Penyerapan Terbaik

Jenis Adsorben	Aktivator	Logam	Hasil	Peneliti
Karbon Aktif	HCl	Kadmium	- Waktu kontak : 180 menit Persen penyerapan : 98% - Massa karbon aktif : 20 gr Persen penyerapan : 80%	Olaoye, dkk (2018)
	HCl	Kadium	- Waktu kontak : 90 menit Persen penyerapan: 98,35% - Massa karbon aktif : 0,8 gr Persen penyerapan : 98%	Mohammad, dkk (2015)
Biosorben	NaOH	Kadmium	- Waktu kontak: 3 menit Persen penyerapan : 99% - Massa biosorben : 15 gr Persen penyerapan : 99,21%	Hakim, dkk (2016)
	HCl	Kadmium	- Waktu kontak: 4 menit Persen penyerapan : 82% - Massa biosorben :	Anwar, dkk (2009)

Jenis Adsorben	Aktivator	Logam	Hasil	Peneliti
			25 gr Persen penyerapan : 89%	
	HCl	Kadmium	- Waktu kontak : 2 menit Persen penyerapan : 78% - Massa biosorben : 20 gr Persen penyerapan : 79,8%	Prashant, dkk (2017)

### Penyerapan Logam Kadmium oleh Karbon Aktif dari Kulit Pisang

Studi literatur mengenai penyerapan logam menggunakan karbon aktif dari kulit pisang, salah satu faktor yang mempengaruhi keefektifan penyerapan yaitu penggunaan

aktivator. Telah dilakukan penelitian oleh Jubilate, dkk (2016) dengan membandingkan larutan asam kuat yang secara umum digunakan sebagai aktivator, hasil karakteristik penggunaan aktivator pada karbon aktif tersaji pada **Tabel 3**.

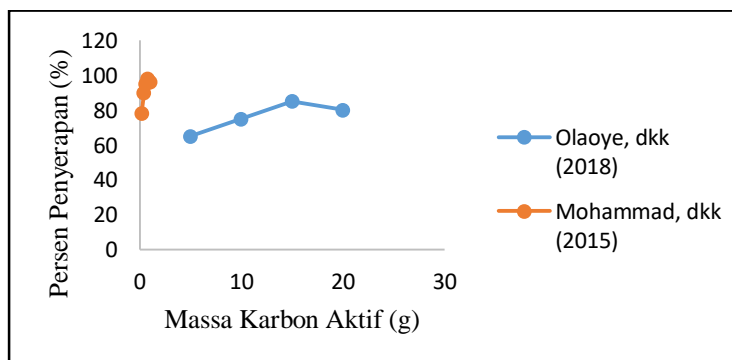
**Tabel 3** : Karakteristik Arang Aktif

Aktivator	Kadar Air rata-rata (%)	Daya Serap rata-rata (%)	Daya Serap Iodium (mg/g)	Daya Serap Metilen Biru (mg/g)	Luas Permukaan Spesifik (m <sup>2</sup> /g)
HCl	3,53	3,02	911,49	18.841,20	37.024,84
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4,97	3,46	900,80	19.600,76	36.987,73
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	6,78	6,78	899,55	18.679,94	37.054,54
Tanpa Aktivasi		4,08	649,83	14.447,31	36.970,68
SNI	Max. 15	Max. 10	Min. 750	Min. 120	

Sumber : Jubilate dkk, (2016)

Berdasarkan **Tabel 3** didapatkan hasil bahwa aktivator terbaik yang dapat digunakan pada arang aktif dari kulit pisang yaitu HCl dengan ditinjau dari nilai kadar abu, kadar air, dan bilangan iodin serta nilai BET yang dihasilkan.

Salah satu faktor yang mempengaruhi persen penyerapan yaitu massa karbon aktif. Hubungan massa karbon aktif terhadap persen penyerapan yang tersaji pada **Grafik 4.1**.

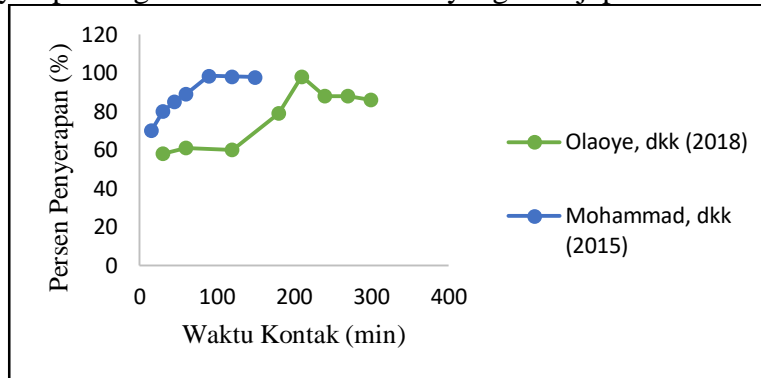


**Grafik 1** : Hubungan Massa Karbon Aktif (g) dan Persen Penyerapan (%)

Berdasarkan **Grafik 1** terjadi kenaikan dan penurunan persen penyerapan yang dipengaruhi oleh banyaknya karbon aktif yang digunakan dalam analisa. Hal tersebut dikarenakan semakin berat massa karbon aktif maka jumlah pori untuk menyerap logam juga akan semakin bertambah. Hal tersebut membuktikan bahwa banyaknya jumlah pori yang tersedia memberikan banyak ruang oleh adsorben untuk menyerap ion logam sehingga berakibat terhadap peningkatan daya adsorpsi Jubilate dkk, (2016). Namun kenaikan massa tidak selalu berbanding lurus dengan penyerapan logam hal tersebut

dibuktikan dari penelitian Mohammad, dkk (2015) dengan massa 0,8 gram menghasilkan penyerapan yang lebih besar yaitu sebesar 98%, hal tersebut dikarenakan jumlah karbon aktif yang besar menciptakan agregasi partikel yang mengakibatkan penurunan jumlah luas permukaan dan penurunan jumlah penyerapan, selain itu dengan penambahan massa juga beresiko menimbulkan kekeruhan pada air (Shukla, 2002).

Adapun parameter lain yang juga berpengaruh yaitu waktu kontak. Hubungan waktu kontak terhadap persen penyerapan yang tersaji pada **Gambar 2**.

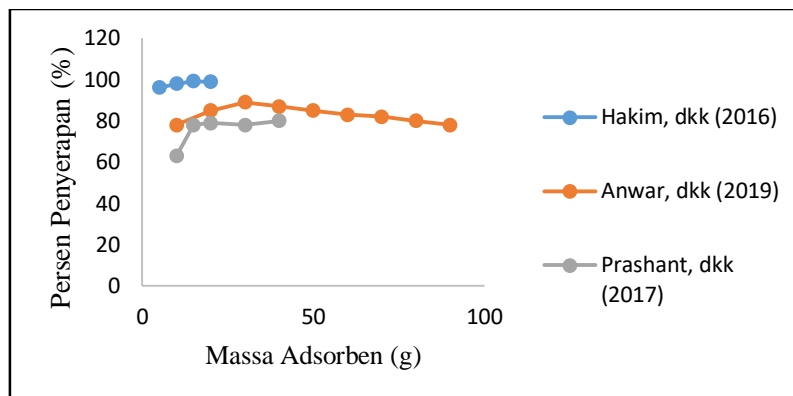


**Gambar 2 :** Hubungan Waktu Kontak (min) dengan Persen Penyerapan (%)

Berdasarkan **Gambar 2** terjadi kenaikan dan penurunan persen penyerapan yang dipengaruhi oleh lamanya waktu kontak yang digunakan. Menurut Mohammad, dkk (2015) menjelaskan bahwa kenaikan waktu kontak berbanding lurus dengan kenaikan persen penyerapan, sehingga semakin lama waktu kontak yang diberikan maka penyerapan logam yang terjadi semakin optimum, namun apabila waktu kontak yang diberikan terlalu sedikit maka kurangnya waktu untuk adsorben berinteraksi dengan adsorbat. Hal tersebut **Penyerapan Logam Kadmium oleh Karbon Aktif dari Kulit Pisang**

dapat ditunjukkan dari hasil penelitian oleh Mohammad, dkk (2015) Namun terjadi penurunan pada saat waktu kontak lebih dari kondisi optimum, hal tersebut menunjukkan bahwa terjadi proses desorpsi. Proses desorpsi terjadi karena permukaan adsorben terlalu jenuh sehingga tidak mampu berinteraksi dengan ion logam sehingga akan berpengaruh terhadap nilai efisiensi adsorpsi (Sulistiyawati, 2008) sehingga memungkinkan terjadinya penurunan apabila waktu kontak yang diberikan terlalu banyak.

Hubungan massa biosorben terhadap persen penyerapan, yang tersaji pada **Grafik 3**.

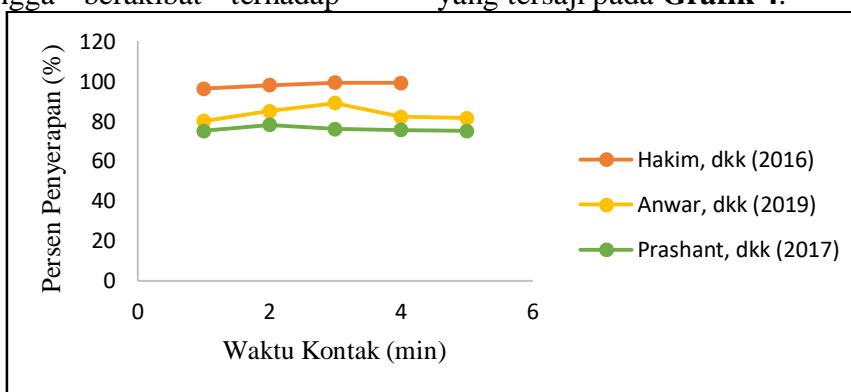


**Grafik 3 :** Hubungan Massa Biosorben (g) dan Persen Penyerapan (%)

Pada **Grafik 3** menunjukkan hubungan massa biosorben dengan persen penyerapan menurut penelitian oleh Hakim, dkk (2016), Anwar, dkk (2009), dan Prashant, dkk (2017). Dapat dilihat pada **Grafik 3** efek massa pada penyerapan kadmium hasilnya menunjukkan bahwa persen penyerapan pada awalnya mengalami peningkatan. Peningkatan ini mungkin disebabkan karena ketersediaan yang lebih aktif untuk penyerapan ion logam pada massa biosorben yang lebih tinggi (Sharma, 2007). Ditunjukkan pada penelitian oleh Hakim, dkk (2016) terjadi persen penyerapan optimal sebesar 99,21% dengan massa adsorben 15 gram hal tersebut membuktikan bahwa banyaknya pori pada biosorben memberikan ruang untuk menyerap ion logam sehingga berakibat terhadap

peningkatan daya adsorpsi Jubilate dkk, (2016). Namun kenaikan massa tidak selalu berbanding lurus dengan penyerapan logam hal tersebut dibuktikan dari penelitian Anwar, dkk (2009) dengan massa 25 gram menghasilkan penyerapan sebesar 89%, sedangkan pada penelitian Prashant, dkk (2015) dengan massa 20 gram menghasilkan penyerapan sebesar 79,8%. Hal ini disebabkan pada dosis adsorben maksimum, pori-pori kulit pisang telah tertutup oleh ion logam sehingga jika massa ditingkatkan lagi tidak akan terjadi penambahan penyerapan ion logam kadmium secara signifikan, dengan kata lain adsorben telah jenuh.

Adapun parameter lain yang juga berpengaruh yaitu waktu kontak. Hubungan waktu kontak terhadap persen penyerapan yang tersaji pada **Grafik 4**.



**Grafik 4 :** Hubungan Waktu Kontak (min) dengan Persen Penyerapan (%)

Berdasarkan **Grafik 4** menunjukkan hubungan waktu kontak dengan persen penyerapan menurut penelitian oleh Hakim, dkk (2016), Anwar, dkk (2009), dan

Prashant, dkk (2017). Menurut Hakim, dkk (2016) waktu kontak yang digunakan 3 menit didapatkan persen penyerapan 99%. Hal tersebut dikarenakan bahwa semakin

besar waktu kontak yang terlarut dalam larutan maka semakin banyak jumlah biosorben yang teradsorpsi pada permukaan adsorben. Namun pada **Gambar 4** waktu kontak mengalami penurunan, yang telah dilakukan pada penelitian Jamil Anwar, dkk (2009) didapatkan waktu kontak selama 4 menit dengan persen penyerapan sebesar 82%, sedangkan pada penelitian yang dilakukan Prashant, dkk (2017) didapatkan waktu kontak selama 2 menit dengan persen

penyerapan sebesar 78%. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa peningkatan waktu maka akan lebih banyak logam kadmium yang terserap dan jika dilakukan terus-menerus maka aktivator yang digunakan akan jenuh dan daya serapnya akan mulai berkurang. Dari studi literature didapatkan aktivator terbaik yaitu NaOH dengan persen penyerapan tertinggi yaitu pada penelitian yang dilakukan oleh (Hakim dkk, 2016).

## KESIMPULAN

Setelah dilakukan studi literatur dari berbagai penelitian, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Beberapa aktivator yang digunakan antara lain HCl, NaOH dan tanpa aktivator, didapatkan jenis aktivator terbaik pada karbon aktif yaitu larutan HCl, sedangkan jenis aktivator terbaik pada biosorben yaitu NaOH, penggunaan aktivator terbaik menghasilkan persen penyerapan dengan nilai tinggi.
2. Semakin lama waktu kontak yang diberikan maka nilai persen penyerapan yang dihasilkan semakin tinggi, didapatkan persen penyerapan tertinggi logam kadmium dengan penggunaan waktu kontak optimum pada karbon aktif yaitu selama 90 menit dengan hasil persen penyerapan sebesar 98,35%, sedangkan pada biosorben digunakan waktu kontak selama 3 menit dengan persen penyerapan sebesar 99%.
3. Semakin banyak jumlah adsorben yang diberikan maka nilai persen penyerapan semakin tinggi, didapatkan penggunaan massa karbon aktif kulit pisang dengan hasil optimum yaitu sebesar 0,8 gr dengan hasil persen penyerapan logam kadmium sebesar 98%, sedangkan pada biosorben kulit pisang digunakan massa sebesar 15 gram dengan persen penyerapan logam kadmium sebesar 99,21%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, C., Khair, R. M. and Saputra, M. W. (2016) 'Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata* L.) Sebagai Karbon Aktif Untuk Pengolahan Air Sumur Kota Banjarbaru: Fe DAN Mn', *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 1(1), pp. 8–15. doi: 10.20527/jukung.v1i1.1045.
- Alberty, R.A., and F. Daniel. 1987. *Physics Chemistry*, 5<sup>th</sup> ed, SI Version. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Alfiaturrahma, P. and Hendriyanto, O. (no date) 'Pemanfaatan Kulit Pisang Kepok Sebagai Adsorben Untuk Menyingkahkan Logam Cu', *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 8(2), pp. 105–111.
- Ali, A. (2017) 'Removal of Mn(II) from water using chemically modified banana peels as efficient adsorbent', *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*. Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management, 7(Ii), pp. 57–63. doi: 10.1016/j.enmm.2016.12.004.
- Ali, A., Saeed, K. and Mabood, F. (2016) 'Removal of chromium (VI) from aqueous medium using chemically modified banana peels as efficient low-cost adsorbent', *Alexandria Engineering Journal*. Faculty of

- Engineering, Alexandria University, 55(3), pp. 2933–2942. doi: 10.1016/j.aej.2016.05.011.
- Anwar, J. *et al.* (2010) ‘Removal of Pb(II) and Cd(II) from water by adsorption on peels of banana’, *Bioresource Technology*. Elsevier Ltd, 101(6), pp. 1752–1755. doi: 10.1016/j.biortech.2009.10.021.
- Asmadi dan Suharno. 2012. *Dasar-Dasar Teknologi Pengolahan Air Limbah*. Goyesen Publishing : Yogyakarta.
- Chandra, Budiman. 2006. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. EGC. Jakarta.
- Deshmukh, P. D. *et al.* (2017) ‘Cadmium Removal from Aqueous Solutions Using Dried Banana Peels as An Adsorbent: Kinetics and Equilibrium Modeling’, *Journal of Bioremediation & Biodegradation*, 08(03). doi: 10.4172/2155-6199.1000395.
- Dewanti. 2008. *Limbah Kulit Pisang Kepok Sebagai Bahan Baku Pembuatan Etanol*. UPN Veteran. Jawa Timur : 6.
- Dewi, M. S., Budi, E. and Susilaningih, E. (2015) ‘Pemanfaatan Arang Aktif Kulit Pisang Raja Untuk Menurunkan Kadar Ion Pb(II)’, *Indonesian Journal of Chemical Science*, 4(3).
- Fabre, E. *et al.* (2020) ‘Valuation of banana peels as an effective biosorbent for mercury removal under low environmental concentrations’, *Science of the Total Environment*. Elsevier B.V, 709, p. 135883. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.135883.
- Fatmi, D. (2018) ‘Studi Efektifitas Limbah Kulit Pisang (Musa Acuminata) Sebagai Biosorben Logam Berat Seng (Zn)’, 12(9), pp. 40–50.
- Hakim, A., Subekti, S. and Sugijanto, N. E. N. (2016) ‘Studi Penurunan Logam Berat Cu<sup>2+</sup> dan dan Cd<sup>2+</sup> Dengan Menggunakan Limbah Kulit Pisang Kepok ( Musa acuminata )’, *J. Biosains*, 18(1), pp. 1–11.
- Hewett, Emma., 2011. *Banana Peel Heavey Metal Water Filter*. STEM Research. <https://id.scribd.com/document/101530616/Banana-Peel>.
- JM, M., GS, S. and M, de B. (2018) ‘Adsorption of Mn<sup>2+</sup> from the Acid Mine Drainage using Banana Peel’, *International Journal of Water and Wastewater Treatment*, 4(1), pp. 1–9. doi: 10.16966/2381-5299.153.
- Jubilate, F., Zaharah, T. A. and Syahbanu, I. (2016) ‘Pengaruh Aktivasi Arang Dari Limbah Kulit Pisang Kepok Sebagai Adsorben Besi (II) Pada Air Tanah’, *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 5(4), pp. 14–21. Available at: <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/jkkmipa/article/view/16743/14397>.
- Maksiola, Masni. 2015. *Modifikasi Adsorben Berbasis Kayu Randu Menggunakan NaOH untuk Menjerap Zat Warna Metyl Violet dalam Limbah Industri Batik*. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang: Semarang.
- Memon, J. R. *et al.* (2008) ‘Characterization of banana peel by scanning electron microscopy and FT-IR spectroscopy and its use for cadmium removal’, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 66(2), pp. 260–265. doi: 10.1016/j.colsurfb.2008.07.001.
- Mohammad, S. *et al.* (2015) ‘Activated Carbon Derived from Egyptian Banana Peels for Removal of Cadmium from Water’, *Journal of Applied Life Sciences International*, 3(2), pp. 77–88. doi: 10.9734/jalsi/2015/16652.
- Mohd Salim, R. *et al.* (2016) ‘Biosorption of Pb and Cu from aqueous solution using banana peel powder’, *Desalination and Water Treatment*, 57(1), pp. 303–314. doi: 10.1080/19443994.2015.1091613.
- Musafira *et al.* (2020) ‘Penyerapan Ion



- Logam Merkuri Menggunakan Arang Aktif Limbah Kulit Pisang Kepok (Musa paradisiaca Formatypica)', *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 6(1), pp. 39–44. doi: 10.22487/kovalen.2020.v6.i1.15043.
- M. Zuhdi Syakuri. 2005. *Karbon Aktif Sengon Putih sebagai Filter Kromium (Cr), Nikel (Ni), dan Perak (Ag) Limbah Industri Electroplating. Skripsi*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Olaoye, R. *et al.* (2018) 'The Efficacy of Banana Peel Activated Carbon in the Removal of Cyanide and Selected Metals from Cassava Processing Wastewater', *Advances in Research*, 16(1), pp. 1–12. doi: 10.9734/air/2018/43070.
- Palar, H. 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta: Jakarta.
- Prabarini, N. 2013. *Pemanfaatan Tempurung Kemiri sebagai Bahan Karbon Aktif dalam Penyisihan Logam Besi (Fe) pada Air Sumur*. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur. Surabaya.
- SNI (06-3730-1995). *Arang Aktif Teknis*. Jakarta.
- Sudiarta, I. W dan Sulihingtyas, W. D. S. 2012. *Biosorpsi Cr (III) pada Biosorben Serat Serabut Kelapa Hijau Termobilisasi EDTA*. Jurnal Kimia FMIPA Universitas Udayana: Bukit Jimbaran.
- Surya Effendy. 2004. *Pengolahan Limbah Simulasi Logam Cr dengan Karbon Aktif Tempurung Kelapa menggunakan Gas Nitrogen. Skripsi*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Sutrisno, C., Totok, Ir. 2004. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Cetakan Kelima. Jakarta. Rineka Cipta : 8, 12-20, 26-32.
- Timbal, K., Dalam, P. and Cair, L. (2017) '2) 1,2)', pp. 271–279.
- Van Thuan, T. *et al.* (2017) 'Response surface methodology approach for optimization of Cu<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup> and Pb<sup>2+</sup> adsorption using KOH-activated carbon from banana peel', *Surfaces and Interfaces*. Elsevier B.V., 6, pp. 209–217. doi: 10.1016/j.surfin.2016.10.007.
- Wardani, G. A. and Wulandari, W. T. (2018) 'Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Kepok (Musa acuminata) sebagai Biosorben Ion Timbal(II)', *Jurnal Kimia VALENSI*, 4(2), pp. 143–148. doi: 10.15408/jkv.v4i2.6918.
- Zhou, N. *et al.* (2017) 'Effect of phosphoric acid on the surface properties and Pb(II) adsorption mechanisms of hydrochars prepared from fresh banana peels', *Journal of Cleaner Production*. Elsevier Ltd, 165, pp. 221–230. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.07.111.