

## Potensi Serabut Buah Nipah Sebagai Adsorben Ion-Ion Terlarut Dalam Air Limbah *Stockpile* Batubara

Dimas Ferliant Putra<sup>1)</sup>, Parmin Lumban Toruan<sup>1)</sup>, Syaiful Eddy<sup>2\*)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas PGRI Palembang

<sup>2)</sup>Program Studi Sains Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas PGRI Palembang

\*Corresponding email: [syaifulgeddy@gmail.com](mailto:syaifulgeddy@gmail.com)

### Abstrak

Batubara merupakan sumber energi fosil. Area penyimpanan batubara (*stockpile*) dapat menyebabkan pencemaran lingkungan perairan dalam bentuk pencucian bahan kimia dan logam berat seperti besi, arsenik, dan merkuri oleh air hujan. Pencemaran tersebut dapat diatasi dengan proses adsorpsi menggunakan adsorben bahan alami yang mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan adsorben serabut nipah dalam menyerap ion-ion terlarut dan penurunan kadar keasaman dari air limbah *stockpile* batubara. Metode penelitian ini berupa kegiatan survey pengambilan sampel *stockpile* di Keramasan Kertapati Palembang sedangkan buah nipah diambil di Hutan Lindung Air Telang (HLAT) Banyuasin II, kemudian dilanjutkan dengan eksperimen di Laboratorium Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas PGRI Palembang. Penelitian yang telah dilakukan ini menunjukkan hasil bahwa serabut nipah dapat digunakan sebagai adsorben untuk menyerap ion-ion terlarut dalam *stockpile* batubara, yaitu semakin lama waktu kontak maka ion-ion terlarut semakin berkurang. Waktu kontak 180 menit, kadar ion-ion terlarut dalam *stockpile* batubara dapat terserap dengan persentase sebanyak 25,47% dari yang awal 1,511 hingga menjadi 1,126. Persentase nilai pH meningkat sebanyak 29% dari sebelum perlakuan 4,7 dan setelah perlakuan 6,1. Berdasarkan uji F bahwa waktu kontak berpengaruh nyata terhadap ion-ion terlarut dan pH.

**Kata Kunci:** Adsorben, Buah Nipah, *Stockpile* Batubara, Ion-ion Terlarut

### PENDAHULUAN

Negara Indonesia memiliki kekayaan batubara yang cukup melimpah, salah satu provinsi penghasil sumber energi batubara adalah Sumatera Selatan (Oktarinasari dkk, 2019). Batubara merupakan sumber energi tidak terbarukan yang telah diprogram pemerintah pemanfaatannya untuk kemajuan perekonomian masyarakat dan sebagai energi alternatif pengganti minyak dan gas bumi dengan harga yang lebih murah, hal ini merupakan faktor pengaruh pesatnya perkembangan industri pertambangan batubara (Azwari dan Suprpto, 2018).

Kegiatan industri pertambangan batubara selain memberikan dampak yang positif bagi pertumbuhan perekonomian dan sebagai penyedia tenaga kerja, juga menimbulkan dampak negatif berupa pencemaran lingkungan akibat aktifitas pertambangannya (Fitriyanti, 2015). Dampak negatif tersebut diawali dengan pembukaan, penambangan batubara (eksploitasi), pengangkutan, penyimpanan antara (*stockpile*), dan pembakaran batubara (Setiawan dkk, 2018).

Area yang digunakan untuk menyimpan limbah *stockpile* (residu yang dihasilkan dari kegiatan penanganan, penimbunan, dan pemrosesan batubara berupa material padat, cair, atau gas) dapat menyebabkan perubahan kualitas lingkungan. Limbah cair yang dihasilkan dari timbunan limpasan air

yang melewati/menggenangi batubara mengandung padatan tersuspensi dan berbagai zat terlarut (Fitriyanti, 2015). Zat terlarut berupa ion logam yang dapat mencemari air dan tanah (Setiawan dkk, 2018).

Pengolahan limbah industri telah banyak dilakukan, salah satunya dengan proses adsorpsi. Adsorpsi dipilih karena merupakan proses yang relatif sederhana dengan menggunakan adsorben yang terbuat dari bahan alami, adsorben alami yaitu biomassa yang tidak terpakai (Widayatno, 2017). Penyerapan ion logam menggunakan bahan alam terjadi karena adanya peran dari gugus fungsi yang terdapat pada bahan alam tersebut yaitu gugus fungsi hidroksil dan karboksil (Ningsih dkk, 2016). Adsorpsi merupakan sesuatu yang setelah diproses mempunyai daya serap terhadap bahan yang berbentuk larutan atau uap (Tangio, 2013). Menurut Primandini (2012), adsorpsi adalah proses yang terjadi ketika suatu zat cair atau gas terikat pada suatu zat padat atau cair (adsorben) dan akhirnya membentuk lapisan tipis atau film pada permukaannya berupa cairan atau gas. Besarnya penyerapan dari adsorben dipengaruhi oleh porositas, dimana porositas merupakan ruang kosong dari suatu material dan selain itu juga kaya akan selulosa (Setiawan dkk, 2012).

Selulosa termasuk salah satu bahan alam yang paling banyak digunakan sebagai adsorben dan juga merupakan sumber daya alam yang banyak digunakan karena melimpah. Penelitian yang menggunakan selulosa sebagai adsorben telah banyak digunakan. Menurut Muna (2011), adsorben selulosa dari batang pisang dapat digunakan untuk menyerap ion logam Cr(VI). Penelitian oleh Nasruddin dkk, (2017) selulosa dari kulit kemiri mampu digunakan untuk mengadsorpsi ion logam Cr(VI). Menurut penelitian Martina dkk, (2016), ion logam Pb<sup>2+</sup> diserap efisiensi dengan penyerapan sebesar 66,88% menggunakan adsorben selulosa tongkol jagung dan polivinil alkohol (PVA). Sebuah penelitian oleh Kusumawardani dkk, (2018) mengemukakan bahwa penggabungan ion logam Cd(II) dilakukan dengan menggunakan adsorben selulosa dari bagasse dengan kapasitas adsorpsi sebesar 2,215 mg/g. Penelitian Safrianti dkk, (2012), ion logam Pb(II) dimasukkan ke dalam adsorben selulosa berbahan baku limbah jerami padi dengan kapasitas adsorpsi 4,5 mg/g. Berdasarkan penelitian yang telah diuraikan, dapat diketahui bahwa selulosa dapat menyerap ion logam berat. Bahan yang banyak mengandung selulosa salah satunya nipah.

Nipah (*Nypa fruticans*) termasuk ke dalam famili palmae yang tumbuh subur di muara sungai air payau dan daerah hutan pasang surut atau daerah rawa-rawa. Invasi Nipah telah terjadi hampir di seluruh hutan mangrove yang ada di sepanjang pesisir pantai timur Sumatera Selatan, tidak terkecuali di Hutan Lindung Air Telang (HLAT) (Eddy dkk, 2019; Eddy dan Basyuni, 2020; Eddy dkk, 2022; Eddy dkk, 2023; Eddy dkk, 2024). Beberapa pemanfaatan buah nipah antara lain sebagai briket (Mulyadi 2013), sebagai bahan baku pembuatan selai (Afrizal dan Pato, 2017), sebagai pewarna alami dan masih banyak lagi (Herfyati dkk, 2020). Nipah memiliki kandungan selulosa sebesar 35,1%, lignin 17,8% serta abu 11,7%, yang membuat nipah dapat dimanfaatkan sebagai adsorben dengan biaya yang murah untuk menyerap logam berat pada limbah cair (Tamunaidu dan Saka, 2011). Berdasarkan uraian diatas, maka peneliti tertarik untuk memanfaatkan serabut nipah sebagai adsorben untuk menyerap ion-ion terlarut seperti sulfat, klorida, sulfur, nitrat dan logam berat yang ada dalam air limbah *stockpile* batubara.

## METODOLOGI PENELITIAN

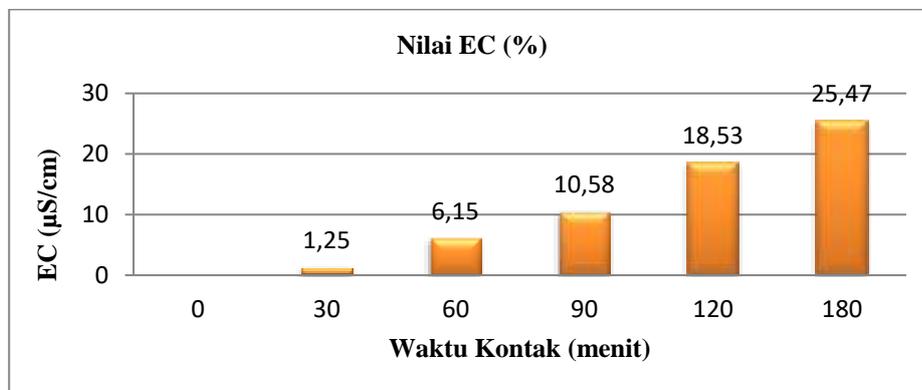
Metode pada penelitian ini berupa survey dan eksperimen. Kegiatan survey berupa pengambilan sampel *stockpile* di Keramasan Kertapati Palembang dan nipah di Hutan Lindung Air Telang (HLAT) Banyuasin II, sedangkan metode eksperimen dilakukan di Laboratorium Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas PGRI Palembang. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei-Juni 2022 dan dilakukan di Laboratorium Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas PGRI Palembang,

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan uji laboratorium, berupa uji ion-ion terlarut seperti sulfat, klorida, sulfur, nitrat dan logam berat menggunakan uji EC (*Electrical Conductivity*) dan derajat keasaman air limbah *stockpile* sebelum dan sesudah perlakuan variasi waktu kontak.

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis anova satu arah (*One Away Anova*). Jika hasil uji F berpengaruh maka dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji lanjut (BNT) Beda Nyata Terkecil dengan program SPSS.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 1 menunjukkan semakin lama waktu kontak antara larutan dengan adsorben maka EC yang terserap semakin tinggi. Persentase tertinggi EC yang terserap ditunjukkan pada waktu kontak 180 menit sebanyak 25,47%. Sedangkan persentase terendah EC yang terserap ditunjukkan pada waktu kontak 30 menit yaitu 1,25%.



Gambar 1. Grafik persentase peningkatan EC pada waktu kontak yang berbeda.

EC mengukur jumlah total partikel bermuatan listrik dalam larutan. Nilai EC berkaitan dengan banyaknya ion-ion yang terkandung dalam larutan, semakin banyak ion-ion yang terkandung maka semakin tinggi nilai EC yang berarti bahwa kemampuan larutan tersebut untuk mengantarkan listrik semakin tinggi. Ketika larutan mengandung lebih banyak ion-ion terlarut, maka kemampuannya untuk menghantarkan listrik juga akan meningkat. Hal ini terjadi karena ion-ion yang terlarut dalam larutan memiliki muatan listrik positif atau negatif yang dapat bergerak bebas dalam larutan ketika tegangan listrik diterapkan.

Tabel 1. Analisis sidik ragam variabel ion-ion terlarut dengan menggunakan Uji F.

Sumber	Ragam	DB	JK	KT	Uji F			
					F Hitung	Sig	F 5%	Tabel 1%
1	Perlakuan	5	0,4591	0,09182	26234,286	.000	2,77	4,25
2	Error	18	0,000064	0,0000035				
3	Total	23	0,459164					

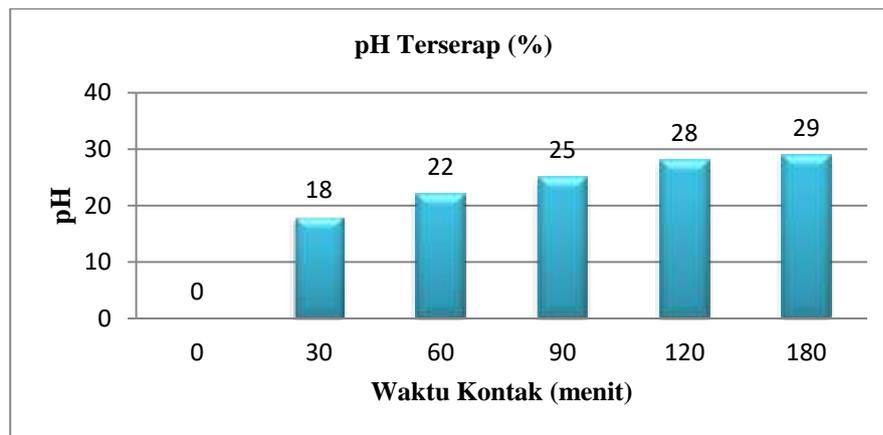
Tabel 1. terlihat bahwa perlakuan ragam uji F menunjukkan nilai F hitung sebesar 26234,286 dengan nilai sig (signifikan) ,000 < 5 %, yang artinya dari perlakuan lama waktu adsorben dengan air limbah *stockpile* batubara berpengaruh sangat nyata terhadap penurunan ion-ion terlarut.

Tabel 2. Analisis beda nyata terkecil variabel ion-ion terlarut.

Perlakuan Jumlah Waktu (menit)	Rata-rata Pengukuran Ion-ion Terlarut ( $\mu\text{S/cm}$ )	Notasi
0	1,511	a
30	1,492	a
60	1,418	b
90	1,351	c
120	1,231	d
180	1,126	e

Keterangan: Perlakuan yang diikuti oleh notasi huruf yang berbeda menunjukkan nilai rata-rata kedua perlakuan berbeda nyata.

Tabel 2. terlihat bahwa perlakuan waktu kontak 0 menit sebagai kontrol dan 30 menit tidak berpengaruh nyata, sedangkan waktu kontak 60 menit, 90 menit, 120 menit, dan 180 menit berpengaruh nyata.



Gambar 2. Grafik persentase peningkatan pH pada waktu kontak yang berbeda.

Gambar 2. menunjukkan pH larutan setelah menggunakan adsorben dengan serabut nipah mengalami kenaikan. Kenaikan pH tertinggi terjadi pada waktu kontak 180 menit dengan persentase sebesar 29%. Sedangkan, kenaikan pH terendah terjadi pada waktu kontak 30 menit dengan persentase 17%. Kenaikan pH disebabkan oleh zat-zat organik, termasuk asam-asam organik yang teradsorpsi oleh adsorben. Waktu kontak yang lebih lama meningkatkan potensi kinerja adsorben (Yoserizal dkk, 2016).

Tabel 3. Analisa sidik ragam variabel pH dengan menggunakan Uji F.

Sumber	Ragam	DB	JK	KT	Uji F			
					F Hitung	Sig	F 5%	Tabel 1%
1	Perlakuan	5	5,1821	1,03642	497,5612	.000	2,77	4,25
2	Error	18	0,0375	0,002083				
3	Total	23	5,2196					

Tabel 3. menunjukkan bahwa perlakuan ragam uji F menunjukkan nilai F hitung sebesar 497,5612 dengan nilai sig (signifikan) ,000 < 5 %, yang artinya dari perlakuan adsorben dengan air limbah *stockpile* batubara berpengaruh nyata terhadap penurunan derajat keasaman.

Tabel 4. Analisis beda nyata terkecil variabel pH.

Perlakuan Jumlah Waktu (menit)	Rata-rata Pengukuran pH	Notasi
0	4,700	a
30	5,525	b
60	5,725	c
90	5,875	d
120	6,025	e
180	6,075	e

Keterangan: Perlakuan yang diikuti oleh notasi huruf yang berbeda menunjukkan nilai rata-rata kedua perlakuan berbeda nyata.

Tabel 4. terlihat bahwa perlakuan waktu kontak 120 menit dengan 180 menit tidak berpengaruh nyata, sedangkan waktu kontak 0 menit sebagai kontrol, 30 menit, 60 menit, dan 90 menit berpengaruh nyata.

Tabel 5. Data perbandingan beberapa hasil penelitian dengan hasil penelitian ini.

No	Sumber	Jenis Adsorben	Jenis Limbah Cair	Ion-ion Terlarut (mg/l)		(%)	pH		(%)
				Awal	Akhir		Awal	Akhir	
1.	Putra, dkk. (2022)	Serabut Buah Nipah	<i>Stockpile</i> Batubara	0,755	0,563	25,5	4,7	6,1	29
2.	Mahardika dan Rauf (2020)	Zeolit	<i>Stockpile</i> Batubara	1,529	0,390	74	5,3	-	-
3.	Jannah, dkk, (2022)	Kulit dan Tongkol Jagung	Industri Batik (BOD)	11.300	(v1) 6.456 (v2) 9.243 (v3) 6.924	(v1) 42 (v2) 18 (v3) 38	4	-	-
4.	Setiawan dan Fatimura (2012)	Sekam Padi, Serbuk Gergaji dan Kulit Kacang Tanah	Ion Cr	300	(SP) 4,0 (SG) 6,534 (KK) 5,452	(SP) 98,8 (SG) 97 (KK) 98,2	-	-	-
5.	Utami dan Nurmasari (2012)	Arang Kayu Lilin	Limbah Cair Kain Sasirangan (Cr)	23,451	4,824	81	10,1	7,0	30

Keterangan: Konversi dari EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) ke ppm (mg/l) diubah menggunakan *Electrical Conductivity Converter* (sumber: <https://www.translatorscafe.com>).

Tabel 5 memperlihatkan bahwa perolahan penurunan ion-ion dan peningkatan pH yang berbeda pada kondisi awal dan akhir dari beberapa penelitian yang telah dilakukan. Perbedaan tersebut dapat terjadi akibat dari perbedaan waktu, perlakuan, jenis adsorben, jenis limbah dan parameter yang diteliti. Hasil penelitian Setiawan dan Fatimura (2012) memiliki persentase pengurangan ion-ion terbesar yakni 98,8% pH tidak dilakukan pengukuran pH. Utami dan Nurmasari (2012) dengan hasil pH yang menurun sebesar 30%. Persentase peningkatan pH tertinggi terjadi pada penelitian ini, yakni 29%.

## KESIMPULAN

Serabut nipah dapat digunakan sebagai adsorben untuk menyerap ion-ion terlarut dalam *stockpile* batubara, yaitu semakin lama waktu kontak maka ion-ion terlarut semakin berkurang. Indikasi penurunan ion-ion terlarut ditunjukkan melalui makin lamanya waktu kontak makin menurun nilai EC dimana waktu kontak 180 menit menunjukkan kadar ion-ion terlarut dapat terserap dengan persentase sebesar 25,5% dari nilai EC awal 1,511 menjadi 1,126  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Peningkatan pH larutan juga terjadi dengan makin lamanya waktu kontak, dimana persentase terbesar terjadi pada waktu kontak 180 menit yaitu sebesar 29% dari pH awal sebesar 4,7 menjadi 6,1.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afrizal, F. & Pato, U. 2017. *Pemanfaatan buah nipah (Nypa fruticans) sebagai bahan baku pembuatan selai* (Doctoral dissertation, Riau University).
- Azwari, F., & Suprpto, D. 2018. Pengaruh Limbah Cair Tambang Batubara Terhadap Komunitas Makrozoobenthos di Sungai Karang Mumus. *Jurnal Nusa Sylva*, 16 (1): 1-11.
- Eddy, S. & Basyuni, M. 2020. Short Communication: The phenomenon of nipah (*Nypa fruticans*) invasion in the Air Telang Protected Forest, Banyuasin District, South Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas* 21 (11): 5114-5118. DOI: 10.13057/biodiv/d211116.
- Eddy, S., Dahlianah, I., Mashito, C., Oktavia, M. & Utomo, B. 2022. Anthropogenic implications for land cover changes and vegetation structure in coastal protected forest. *Biodiversitas* 23 (9): 4473-4481. DOI: 10.13057/biodiv/d230913.
- Eddy, S., Ridho, M.R., Iskandar, I. & Mulyana, A. 2019. Species composition and structure of degraded mangrove vegetation in the Air Telang Protected Forest, South Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas* 20 (8): 2119-2127. DOI: 10.13057/biodiv/d200804.
- Eddy, S., Setiawan, A.A., Zaharaini, Utomo, B. & Oktavia, M. 2023. Nipah (*Nypa fruticans*): Can it be a renewable alternative energy source? *IOP Conf Ser: Earth Environ Sci* 1180: 012042. DOI: 10.1088/17551315/1180/1/012042.
- Eddy, S., Taufik, M., Setiawan, A.A., Utomo, B. & Oktavia, M. 2024. Study of population distribution and benefits of Nipah (*Nypa fruticans*). *E3S Web Conf* 475, 02007. DOI: 10.1051/e3sconf/202447502007.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta : Kanisius.
- Fitriyanti, R. 2015. Kajian Instalasi Pengolahan Limbah Cair *Stockpile* Batubara. *Berkala Teknik*, 5 (2): 864-875.
- Herfayati, P., Pandia, S. & Nasution, H. 2020. Karakteristik antosianin dari kulit buah nipah (*Nypa frutican*) sebagai pewarna alami dengan metode soxhletasi. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 9 (1): 26-33.
- Jannah, M., F. Kriswandana, & Wardojo, I. R. E. 2022. Bioadsorben Campuran Kulit dan Tongkol Jagung untuk Menurunkan Kadar BOD Limbah Batik. *Window of Health: Jurnal Kesehatan*, 5(2): 511-518.
- Kusumawardani, R., Zaharah T. A. & Destiarti, L. 2018. Adsorpsi kadmium (ii) menggunakan adsorben selulosa ampas tebu teraktivasi asam nitrat. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 7 (3): 75-83.

- Mahardika, B. P., & Rauf, A. 2020. Analisis Efektifitas Masa Pakai Adsorben Zeolit Sebagai Bahan Penyerap Kadar Logam Fe pada Air Asam *Stockpile* Batubara PT. Sarana Agra Gemilang KSO PT. Semen Kupang. *Jurnal Teknologi*, 14(1): 37-42.
- Martina, D., Hastuti, R. & Widodo, D. S. 2016. Peran adsorben selulosa tongkol jagung (*zea mays*) dengan polivinil alkohol (PVA) untuk penyerapan ion logam timbal (Pb<sup>2+</sup>). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 19 (3): 77-82.
- Morgan L. 2000. Electrical Conductivity in Hydroponics. In Knutson A. (Eds). *The Best of The Growing Edge*. Corvallis: New York Moon Publ. Inc.pp:39-44.
- Mulyadi, A. F., Dewi, I. A. & Deoranto, P. 2013. Pemanfaatan Kulit Buah Nipah Untuk Pembuatan Briket Bioarang Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 14 (1): 65-72.
- Muna, A. N. 2011. Tugas Akhir II. *Kinetika Adsorpsi karbon aktif dari batang pisang sebagai adsorben untuk penyerapan ion logam Cr (VI) pada air limbah industri*. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Semarang.
- Nasruddin, M, Rosnelly, Meurah, C. & Maulana, F. 2017. Adsorpsi Ion Logam Cr (VI) Dengan Menggunakan Karbon Aktif Dari Tepung Kemiri (*Aleuritus Moluccana*). *Jurnal Ilmu Kebencanaan*. 4 (4): 117-128.
- 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.
- Oktarinasari, E., Yusuf, M. & Arief, T. 2019. Kajian Pengelolaan Limbah B3 Hasil dari Kegiatan Pertambangan Batubara. *Jurnal Pertambangan*, 3 (4): 52-58.
- Primandini, P., Hasanah, A. N. & Ari Adi, W. 2012. Pengaruh Suhu Kalsinasi Terhadap Kemampuan Adsorpsi Toksin Pada Kaolin Untuk Penyakit Diare. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 13(3): 230-235.
- 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.
- Setiawan, A. A., Arinafril, A. & Hanafiah, K. A. 2012. Efektifitas Kulit Kacang Tanah, Sekam Padi dan Serbuk Gergaji sebagai Bioadsorben dalam Menyerap Ion Pb<sup>2+</sup>. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 9 (1): 1-7.
- Setiawan, A. A., Budianta, D. Suheryanto, & Priadi, D. P. 2018. *Contents of Heavy Metal in Soil and Water at Stockpile Coal* (Case Study Kertapati Palembang City Indonesian). *Pollution Research*, 37(2): 301–306.
- Setiawan, A. A., & Fatimura, M. 2016. Studi Pemanfaatan Limbah Biomassa Pertanian sebagai Bioadsorben untuk Menyerap Ion Cr. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 10 (2): 42-49
- Tamunaidu, P., & Saka, S. 2011. Chemical characterization of various parts of nipa palm (*Nypa fruticans*). *Industrial Crops and Products*, 34 (3): 1423-1428.
- Tangio, J. S. 2013. Adsorpsi logam timbal (Pb) dengan menggunakan biomassa enceng gondok (*Eichhorniacrassipes*). *Jurnal Entropi*, 8 (01): 500-506.
- Utami, U. B. L., & Nurmasari, R. 2012. Pengolahan limbah cair sasirangan secara filtasi melalui pemanfaatan arang kayu ulin sebagai adsorben. *Jurnal Sains MIPA Universitas Lampung*, 5 (3): 190-196.
- Widayatno, T. 2017. Adsorpsi logam berat (Pb) dari limbah cair dengan adsorben arang bambu aktif. *Jurnal teknologi bahan alam*, 1 (1): 17-23.
- Yoserizal, M., & Linggawati, A. 2016. Pemanfaatan Sisa Produksi Koagulan Cair Berbasis Lempung Alam sebagai Adsorben Untuk Meningkatkan Beberapa Parameter Air Sungai Siak. *Perpustakaan Universitas Riau* 1-8.