

PERBEDAAN LAJU ALIR DAN VOLUME ADSORBEN KULIT PISANG KEPOK TERHADAP PENURUNAN LOGAM TIMBAL DALAM REAKTOR KONTINYU

KHOIRIYATUN NISAK¹, RR DIAH NUGRAHENI SETYOWATI¹, DEDY SUPRAYOGI¹

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel, Surabaya
Email: nisakk772@gmail.com

ABSTRAK

Meningkatnya kegiatan industri dapat membahayakan lingkungan seperti terjadinya pencemaran akibat adanya logam berat pada air. Salah satu metode untuk menurunkan kadar logam berat pada air yakni dengan adsorpsi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya konsentrasi logam timbal yang terserap pada proses adsorpsi dengan menggunakan adsorben limbah kulit pisang kepok yang diaktivasi menggunakan NaOH dan menganalisis pengaruh variasi yang digunakan pada proses adsorpsi dalam reaktor kontinyu menggunakan uji statistika. Metode pada penelitian ini dilakukan secara eksperimental dalam waktu kontak selama 10 jam serta menggunakan variasi laju alir (2,4, dan 6 ml/mnt) dan variasi volume adsorben (15, 20, dan 25 cm). Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa proses adsorpsi menggunakan adsorben limbah kulit pisang kepok dapat menyerap timbal sebesar 7,118 mg/l yakni dari kadar awal sebesar 7,401 mg/l menjadi 0,282 mg/l dengan tingkat efisiensi sebesar 94,5% dan terdapat pengaruh yang signifikan terhadap variasi laju alir pada proses adsorpsi.

Kata kunci: adsorpsi, kulit pisang kepok, timbal, anova

ABSTRACT

Increased industrial activities can endanger the environment such as pollution due to the presence of heavy metals in water. One method to reduce heavy metal levels in water is by adsorption. This study aims to determine the amount of lead metal concentration that is absorbed in the adsorption process using the adsorbent of kepok banana peel waste which is activated using NaOH and to analyze the effect of variations used in the adsorption process in a continuous reactor. The method in this study was carried out experimentally in a contact time of 10 hours and used variations in flow rates (2,4, and 6 ml/min) and variations in adsorbent volume (15, 20, and 25 cm). The results of the study indicate that the adsorption process using the adsorbent of kepok banana peel waste can absorb 7,118 mg/l of lead from an initial level of 7.401 mg/l to 0.282 mg/l with an efficiency level of 94.5% and there is a significant effect on variation. The flow rate in the adsorption process.

Keywords: adsorption, peel *Musa acuminata*. L, lead, anova

1. PENDAHULUAN

Berkembangnya kegiatan industri dapat meningkatkan terjadinya pencemaran pada air yang dapat diakibatkan oleh pembuangan limbah padat ataupun cair tanpa adanya pengolahan. Pada umumnya limbah cair hasil kegiatan industri yang masuk kedalam perairan dapat mengandung logam berat. Salah satu jenis logam berat yang mengindikasikan terjadinya pencemaran pada air yakni logam timbal (Pb). Logam timbal banyak ditemukan pada jenis kegiatan industri seperti industri baterai, kendaraan bermotor, bensin dan cat (Widayatno dkk., 2017). Berdasarkan PERMENLH Nomor 5 Tahun 2014 untuk nilai maksimal kadar timbal pada air limbah dengan jenis industri yang belum memiliki ketetapan yakni sebesar 0,1 mg/l. Apabila kadar timbal pada air limbah telah melebihi nilai maksimal hal ini dapat membahayakan bagi lingkungan ataupun bersifat karsinogenik pada makhluk hidup.

Metode pengolahan air yang dapat menurunkan kadar timbal salah satunya yakni dengan metode adsorpsi. Adsorpsi merupakan proses pengikatan partikel pada adsorbat oleh suatu zat penyerap atau adsorben. Metode adsorpsi memiliki beberapa keuntungan diantaranya biaya murah dengan tingkat efisiensi yang tinggi, tidak menimbulkan terbentuknya lumpur ketika proses adsorpsi terjadi, dan dalam prosesnya dapat memanfaatkan bahan organik sebagai bahan penyerap (adsorben) (Atminingtyas dkk., 2016). Pembuatan adsorben dari bahan organik lebih banyak dikembangkan karena memiliki kandungan selulosa yang berpotensi besar dalam penyerapan logam berat. Selain itu adsorben dari bahan organik juga memiliki ketersediaan yang cukup melimpah, tidak bersifat toksik terhadap lingkungan, serta memiliki biaya yang terjangkau (Malik dkk., 2021). Terdapat beberapa contoh limbah organik yang dapat dimanfaatkan sebagai adsorben dalam penyerapan logam berat, diantaranya kulit durian yang mampu mengadsorpsi timbal dengan tingkat efisiensi sebesar 68,46% (Raditya & Hendiyanto., 2016), kulit batang jambu biji yang mampu mengadsorpsi tembaga dengan tingkat efisiensi sebesar 69,15% (Setiaty, 2017) dan kulit jengkol yang mampu mengadsorpsi timbal dengan tingkat efisiensi sebesar 22,61% (Wardani & Wulandari., 2017). Pada penelitian ini, limbah organik yang digunakan dalam pembuatan adsorben berasal dari kulit pisang kepok. Kulit pisang kepok telah teridentifikasi memiliki kandungan selulosa sebesar 17,04% dan zat pektin sebesar 52,1%. Zat pektin dan selulosa memiliki kandungan yang berasal dari gugus fungsi karboksil (-COOH) dan gugus fungsi hidroksil (-OH), dimana kedua kandungan tersebut memiliki potensi yang besar dalam pengikatan ion logam (Anom dkk., 2019).

Pemanfaatan limbah kulit pisang kepok sebagai adsorben dalam proses penyerapan logam berat telah banyak dilakukan seperti untuk penyerapan logam Mangan (Mn) dengan tingkat efisiensi penyerapan sebesar 81,78% (Alifaturrahma & Hendriyanto, 2018) dan untuk penyerapan logam besi dengan tingkat efisiensi penyerapan sebesar 57,9% (Arifiyana & Devianti, 2021). Tetapi proses adsorpsi tersebut dilakukan menggunakan reaktor *batch*. Dimana suatu sistem adsorpsi yang dilakukan dengan cara mencampurkan adsorben dengan adsorbat (larutan yang akan diadsorpsi) dalam jumlah yang tetap. Berbeda dengan sistem dinamis (kolom/kontinyu) yang merupakan suatu sistem adsorpsi yang dilakukan dengan cara mengalirkan adsorbat secara langsung terhadap adsorben sehingga adsorben dapat melakukan penyerapan logam secara optimal. Pemilihan metode adsorpsi dengan sistem dinamis (kolom/kontinyu) lebih menguntungkan dibandingkan dengan sistem batch, karena sistem dinamis (kolom/kontinyu) memiliki kapasitas yang besar sehingga lebih cocok untuk diaplikasikan dalam skala besar (Astuti & Kurniawan, 2015). Terdapat berbagai variabel yang dapat memengaruhi suatu proses adsorpsi diantaranya laju alir, volume adsorben, pH, waktu kontak dan konsentrasi effluent (Putri dkk., 2019). Proses adsorpsi pada penelitian ini menggunakan variasi untuk variabel laju alir dan volume adsorben. Pengaruh hasil adsorpsi

terhadap variasi yang digunakan dapat dianalisis dengan menggunakan SPSS yakni uji statistika *two way anova*. Penelitian ini dilakukan guna mengetahui kemampuan adsorben kulit pisang kepok dalam mengadsorpsi logam timbal dan mengetahui pengaruh laju alir dan volume adsorben terhadap hasil adsorpsi timbal dengan menggunakan reaktor kontinyu.

2. METODE

Proses penelitian ini dilakukan secara eksperimental dalam skala laboratorium dan analisis data dilakukan dengan metode deskriptif kuantitatif dan metode statistika.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Proses pengolahan limbah kulit pisang kepok menjadi adsorben dilakukan di laboratorium Intergrasi UIN Sunan Ampel Surabaya, sedangkan untuk *running* proses adsorpsi dengan adsorben kulit pisang kepok dilakukan di laboratorium mandiri dan untuk pengujian konsentrasi timbal menggunakan spektrofotometri AAS dilakukan di UPT Laboratorium DLH Kabupaten Gresik. Waktu penelitian dilakukan dari bulan mei hingga bulan Juni 2022.

Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya baskom, gelas beaker 1000 ml, cawan petri, spatula, batang pengaduk, neraca digital, neraca analitik, loyang, blender, oven, kolom reaktor diameter 5 cm, penyangga kolom, galon bekas, botol kaca, selang infus, gelas ukur 10 ml, stopwatch dan spektrofotometri AAS Series AA dengan tabung karbon (GTA) 120. Bahan yang digunakan pada penelitian ini diantaranya limbah kulit pisang kepok 15 kg, NaOH 3%, serbuk $Pb(NO_3)_2$ sebanyak 1,6 gram (p.a, Merck) dan aquades.

Prosedur Penelitian

Pembuatan adsorben

Pembuatan adsorben pada penelitian ini berasal dari limbah kulit pisang kepok yang dikumpulkan dari penjual pisang goreng yang berada di Kota Surabaya. Kulit pisang kepok dibersihkan dengan cara dicuci menggunakan air mengalir, dipotong 1-2 cm dan dijemur dibawah sinar matahari ± 4 hari. Setelah itu diblender dan diaktivasi menggunakan larutan NaOH 3% dengan perbandingan 2 ml:1 gram selama 2 jam. Dibilas menggunakan aquades hingga pH mendekati netral. Kulit pisang kepok yang sudah diaktivasi dikeringkan dengan cara dioven menggunakan suhu $100^\circ C$ selama 24 jam untuk mengurangi kadar air (Purnama, 2015). Kulit pisang kepok yang sudah menjadi adsorben dijelaskan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bentuk Adsorben Kulit Pisang Kepok

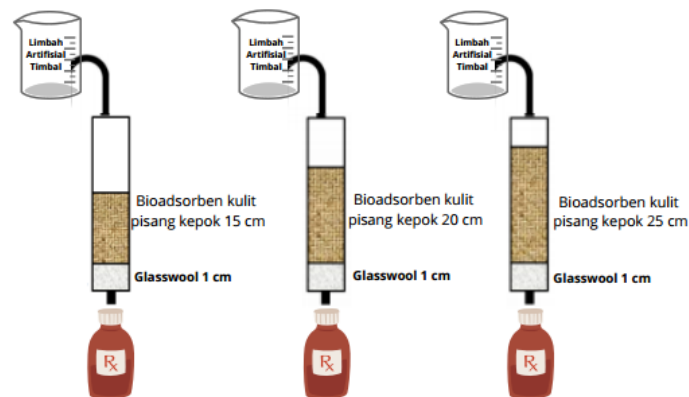
Pembuatan larutan limbah artifisial

Proses adsorpsi pada penelitian ini menggunakan air limbah artifisial timbal (Pb) yakni air limbah yang dibuat dengan cara melarutkan serbuk $Pb(NO_3)_2$ sebanyak 1,6 gram dengan

aquades hingga 1000 ml untuk digunakan sebagai larutan induk. Setelah itu sampel limbah 10 ppm dibuat dengan cara mengambil larutan induk sebanyak 10 ml untuk dilarutkan dengan aquades 1000 ml. Proses pembuatan sampel limbah 10 ppm diulang sebanyak sampel limbah yang dibutuhkan dalam penelitian (Standar Nasional Indonesia, 2009). Setelah itu dilakukan pengujian dengan menggunakan spektrofotometri AAS yang dilakukan di UPT Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Gresik untuk mengetahui nilai konsentrasi awal timbal sebelum dilakukan proses adsorpsi (C₀). Nilai konsentrasi awal timbal didapatkan sebesar 7,401 mg/l. Hasil dari pengujian konsentrasi awal pada air limbah buatan akan digunakan sebagai sampel kontrol.

Penggunaan adsorben kulit pisang kepek dalam menurunkan konsentrasi logam timbal (Pb) dalam reaktor kontinyu

Adsorben kulit pisang kepek dimasukkan kedalam 3 kolom reaktor setinggi 15 cm (95 gram), 20 cm (120 gram) dan 25 cm (150 gram). Untuk pengaturan laju alir dilakukan secara manual menggunakan stopwatch dan gelas ukur yang dilakukan secara berulang-ulang hingga mendapatkan pengaturan yang tepat. Setelah menemukan pengaturan laju alir yang tepat, adsorben pada kolom reaktor kemudian dialiri sampel air limbah menggunakan selang infus dengan laju alir 2 ml/mnt, 4 ml/mnt dan 6 ml/mnt secara bergantian. Dalam setiap pergantian laju alir, adsorben yang akan digunakan harus diganti dengan adsorben yang baru. Karena hal ini dapat mempengaruhi daya serap adsorben terhadap konsentrasi timbal. Proses adsorpsi dilakukan selama 10 jam, dimana setiap 2 jam sekali dilakukan pengujian menggunakan Spektrofotometri AAS. Hal ini dilakukan untuk mengetahui besarnya penurunan konsentrasi timbal dari tiap variasi yang diterapkan dalam proses adsorpsi pada penelitian ini. Desain reaktor menggunakan sistem kontinyu dijelaskan pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain Reaktor Proses Adsorpsi Menggunakan Reaktor Kontinyu

Metode Analisis Data

Data dari hasil penurunan konsentrasi timbal pada proses adsorpsi yang dilakukan selama 10 jam akan dihitung nilai efisiensinya menggunakan persamaan 1 sebagai berikut (Sylvia dkk., 2021).

$$\text{Efisiensi penyisihan} = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \quad \text{(Persamaan 1)}$$

Keterangan

C₀ = Konsentrasi timbal sebelum dilakukan proses adsorpsi (mg/l)

C_e = Konsentrasi timbal setelah dilakukan proses adsorpsi (mg/l)

Data dari hasil penurunan konsentrasi timbal akan dianalisis dengan *Statistical Program for Social Science* (SPSS) menggunakan uji *two way anova* yang merupakan suatu uji untuk mengetahui signifikansi terhadap suatu perbedaan pada dua variabel bebas (independen)

apabila digabungkan dan dapat mempengaruhi variabel kontrol. Uji statistik ini memiliki beberapa persyaratan diantaranya data harus berdistribusi normal, memiliki variasi data yang seragam (homogen), dan sampel yang digunakan tidak memiliki keterikatan dengan sampel lain (independen). Uji statistik ini memiliki nilai keyakinan sebesar 95% dengan level signifikan sama dengan 0,05 (Prमितasari dkk., 2017).

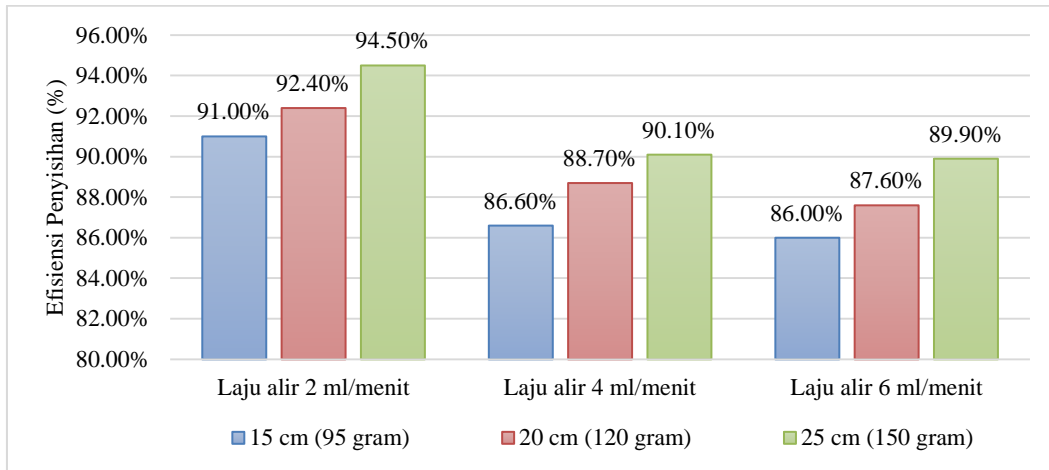
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses penelitian dilakukan guna mengetahui kemampuan adsorben kulit pisang kepok dalam menurunkan konsentrasi timbal (Pb) dalam air limbah dengan menggunakan perbedaan laju alir dan volume adsorben. Proses adsorpsi dilakukan sebanyak tiga kali dengan menggunakan limbah timbal buatan. Proses adsorpsi pertama dilakukan pada laju alir 2 ml/mnt yang dialirkan pada volume adsorben 15, 20 dan 25 cm. Proses adsorpsi kedua dilakukan pada laju alir 4 ml/mnt yang dialirkan pada volume adsorben 15, 20 dan 25 cm dan yang terakhir dilakukan pada laju alir 6 ml/mnt yang dialirkan pada volume adsorben 15, 20 dan 25 cm. Hasil dari proses adsorpsi yang dilakukan dengan menggunakan variasi pada variabel laju alir dan volume adsorben akan diuji kembali menggunakan spektrofotometri AAS untuk mengetahui konsentrasi akhir (Ce). Data konsentrasi akhir timbal setelah dilakukan adsorpsi dibuat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kadar Timbal Menggunakan Spektrofotometri AAS

Laju Alir	Waktu Kontak (Jam)	Konsentrasi Awal (C ₀) (mg/l)	Konsentrasi Akhir (C _e) (mg/l)		
			Volume Adsorben 15 cm	Volume Adsorben 20 cm	Volume Adsorben 25 cm
2 ml/menit	2	7,401	0,901	0,721	0,635
	4	7,401	0,762	0,673	0,406
	6	7,401	0,667	0,532	0,385
	8	7,401	0,582	0,496	0,321
	10	7,401	0,431	0,391	0,282
Rata-Rata			0,669	0,563	0,406
4 ml/menit	2	7,401	1,467	1,352	1,228
	4	7,401	1,224	1,037	0,996
	6	7,401	0,937	0,772	0,531
	8	7,401	0,527	0,343	0,328
	10	7,401	0,786	0,678	0,578
Rata-Rata			0,988	0,836	0,732
6 ml/menit	2	7,401	1,598	0,547	1,369
	4	7,401	1,192	0,972	0,892
	6	7,401	0,675	0,535	0,383
	8	7,401	0,789	0,642	0,391
	10	7,401	0,924	0,795	0,457
Rata-Rata			1,036	0,898	0,698

Berdasarkan Tabel 1 hasil pengujian konsentrasi limbah timbal (Pb) dengan menggunakan Spektrofotometri AAS menghasilkan nilai konsentrasi akhir paling rendah yakni pada laju alir 2 ml/mnt pada volume adsorben 25 cm yaitu sebesar 0,406 mg/l. Laju alir dan volume adsorben memiliki keterikatan yang dapat mempengaruhi keoptimalan pada proses adsorpsi (Utama., 2015).



Gambar 3. Rata-Rata Efisiensi Penyisihan Kadar Timbal

Gambar 3 telah menunjukkan dengan adanya variasi laju alir dan volume adsorben dapat menimbulkan pengaruh terhadap hasil adsorpsi. Tingkat efisiensi penyisihan tertinggi terjadi pada laju alir 2 ml/mnt dengan volume adsorben 25 cm yakni 94,5%. Semakin rendah laju alir yang dan semakin banyak penambahan volume adsorben, maka nilai penyisihan kadar timbal terhadap adsorben kulit pisang kepok juga akan mengalami peningkatan (Alifaturrahma & Hendriyanto., 2018).

Rendahnya tingkat laju alir dan tingginya volume adsorben dalam proses adsorpsi dapat menyebabkan adsorbat dapat berkontak dengan adsorben dalam waktu yang lama, sehingga peluang untuk terjadinya pengikatan partikel kimia pada permukaan adsorben akan semakin meningkat (Kristianingrum dkk., 2020). Sehingga proses adsorpsi dengan laju alir yang rendah dan volume adsorben yang tinggi akan menghasilkan tingkat efisiensi penyisihan yang besar. Pada penelitian ini, hasil dari proses adsorpsi belum memperlihatkan adanya titik *exhaust* (suatu titik dimana adsorben sudah tidak dapat melakukan penyerapan logam pada kolom) sehingga, untuk mengetahui adanya pengaruh yang signifikan terhadap penurunan kadar timbal dapat dianalisa dengan menggunakan SPSS yakni dengan uji statistika dengan menggunakan uji *two way anova*. Berikut tahapan dalam melakukan uji *two way anova*.

a) Uji Normalitas

Merupakan suatu uji yang dilakukan guna mengetahui proses distribusi suatu variabel bebas (Dewi., 2018). Konsep dari pengujian normalitas yakni untuk membandingkan penyebaran data yang akan diuji dengan data yang diubah menjadi Z-score (distribusi normal baku). Uji *Shapiro Wilk* dipilih untuk uji normalitas dalam penelitian ini karena jumlah data yang akan dilakukan dalam pengujian berjumlah kurang dari 100 sampel.

Bentuk interpretasi dari hasil uji normalitas yakni jika nilai probabilitas (sig.) melebihi angka 0,05 maka dapat dinyatakan bahwa data berdistribusi secara normal dan apabila nilai probabilitas (sig.) kurang dari angka 0,05 maka dapat dinyatakan bahwa data berdistribusi secara tidak normal. Dari Tabel 2 menunjukkan bahwa uji normalitas menggunakan *Shapiro*

Wilk menghasilkan nilai probabilitas (sig.) yakni sebesar 0,091. Kesimpulan dari uji normalitas pada penelitian ini adalah nilai probabilitas (sig.) yang melebihi angka 0,05 sehingga dapat dinyatakan data pada penelitian ini dapat berdistribusi secara normal dan tahapan uji anova selanjutnya (uji homogenitas) dapat dilakukan.

Tabel 2. Uji Normalitas Kadar Timbal Teradsorpsi Adsorben Kulit Pisang Kepok

Variabel Penelitian	Shapiro Wilk	Keterangan
	Probabilitas (sig.)	
Konsentrasi Timbal	0,091	Data Berdistribusi Normal

b) Uji Homogenitas

Uji statistika dilakukan guna mengetahui proses distribusi suatu data apakah terdapat kesamaan atau tidak (Prमितasari dkk, 2017). Uji *levena test* dipilih untuk uji homogenitas pada penelitian ini karena dapat mengetahui besarnya perbedaan pada variasi yang berbeda. Bentuk interpretasi dari hasil uji homogenitas yakni jika nilai probabilitas (sig.) melebihi dari angka 0,05 maka dapat dinyatakan bahwa data akan terdistribusi secara homogen dan apabila nilai probabilitas (sig.) kurang dari angka 0,05 maka dapat dinyatakan bahwa data akan terdistribusi secara heterogen.

Tabel 3. Uji Homogenitas Kadar Timbal Teradsorpsi dengan *Levena Test*

Variabel Penelitian	Levena Test	Keterangan
	Probabilitas (sig.)	
Konsentrasi Timbal	0,116	Data terdistribusi homogen

Tabel 3 telah menunjukkan bahwa uji homogenitas dengan menggunakan *levena test* menghasilkan nilai probabilitas (sig.) sebesar 0,116. Kesimpulan dari uji homogenitas pada penelitian ini adalah nilai probabilitas (sig.) yang melebihi angka 0,05 sehingga dapat dinyatakan bahwa data pada penelitian ini dapat terdistribusi secara homogen dan telah memenuhi prasyarat untuk dilakukan pengujian selanjutnya.

c) Uji *Two Way Anova*

Uji statistika dilakukan guna mengetahui rata-rata perbedaan pada suatu kelompok data yang memiliki dua variabel bebas.

Tabel 4. Nilai Rata-Rata Konsentrasi Timbal yang Teradsorpsi

Variabel Terikat: Konsentrasi Timbal yang Teradsorpsi				
Variasi Laju Alir	Variasi Volume Adsorben	Mean	Std. Deviation	N
2 ml/menit	15 cm	0.66860	0.177967	5
	20 cm	0.56260	0.134255	5
	25 cm	0.40580	0.137371	5
	Total	0.54567	0.179101	15
4 ml/menit	15 cm	0.98820	0.367785	5
	20 cm	0.83640	0.380383	5
	25 cm	0.73220	0.368458	5
	Total	0.85227	0.361406	15
6 ml/menit	15 cm	1.03560	0.368800	5

Variabel Terikat: Konsentrasi Timbal yang Teradsorpsi				
Variasi Laju Alir	Variasi Volume Adsorben	Mean	Std. Deviation	N
	20 cm	0.89820	0.398306	5
	25 cm	0.69840	0.429951	5
	Total	0.87740	0.396915	15
Total	15 cm	0.89747	0.339145	15
	20 cm	0.76573	0.338534	15
	25 cm	0.61213	0.346422	15
	Total	0.75844	0.353768	45

Tabel 4 berisi data rata-rata konsentrasi akhir timbal setelah dilakukan proses adsorpsi, standar deviasi dan jumlah konsentrasi timbal yang berdasarkan laju alir dan volume bioadsorben. Data tersebut akan menjadi suatu inputan dalam melakukan uji *two way anova*.

Tabel 5. Uji *Two Way Anova*

Variabel Penelitian	Perlakuan	Probabilitas (Sig.)	Keterangan
Konsentrasi Timbal	Laju Alir	0,014	H0 Ditolak
	Volume Adsorben	0,071	H0 Diterima
	Laju Alir*Volume Bioadsorben	0,997	H0 Diterima

Bentuk interpretasi dari uji *two way anova* yakni apabila nilai probabilitas (sig.) kurang dari angka 0,05 maka dapat dinyatakan bahwa data pada penelitian tersebut terdapat perbedaan berdasarkan berbagai faktor. Dan apabila nilai probabilitas (sig.) melebihi dari angka 0,05 maka dapat dinyatakan bahwa data pada penelitian tersebut tidak terdapat perbedaan berdasarkan berbagai faktor. Pada Tabel 5 telah menunjukkan bahwa konsentrasi timbal yang terserap pada saat proses adsorpsi terhadap laju alir memiliki nilai probabilitas (sig.) yakni 0,014. Nilai probabilitas (sig.) yang didapatkan kurang dari angka 0,05 sehingga dapat dinyatakan bahwa tingkat laju alir dapat menimbulkan pengaruh yang besar terhadap konsentrasi timbal yang terserap pada saat proses adsorpsi. Sedangkan untuk konsentrasi timbal yang terserap pada saat proses adsorpsi terhadap volume adsorben memiliki nilai probabilitas (sig.) yakni 0,071. Nilai probabilitas (sig.) yang didapatkan telah melebihi dari angka 0,05 sehingga dapat dinyatakan bahwa volume adsorben tidak menimbulkan pengaruh yang besar terhadap konsentrasi timbal yang terserap pada saat proses adsorpsi. Dan untuk konsentrasi timbal yang terserap pada saat proses adsorpsi terhadap laju alir*volume adsorben memiliki nilai probabilitas (sig.) yakni 0,997. Nilai probabilitas (sig.) yang didapatkan telah melebihi dari angka 0,05 sehingga dapat dinyatakan bahwa laju alir*volume adsorben tidak menimbulkan pengaruh yang besar terhadap konsentrasi timbal yang terserap pada saat proses adsorpsi. Untuk setiap perlakuan yang memiliki nilai probabilitas (sig.) kurang dari angka 0,05 maka harus dilakukan uji lanjutan yakni uji *post hoc*. Dan sebaliknya, apabila nilai probabilitas (sig.) melebihi dari angka 0,05 maka tidak perlu dilakukan uji lanjutan (Wulandari., 2017).

Dari hasil analisa diatas, konsentrasi timbal terhadap laju alir didapatkan nilai probabilitas (sig.) sebesar 0,014 sehingga harus dilakukan uji *post hoc*. Uji *post hoc* merupakan suatu uji yang dilakukan setelah uji *two way anova* apabila hasil yang didapatkan kurang dari angka 0,05 untuk mengetahui perbedaan yang terjadi terhadap kelompok yang lain. Uji *tukey* dipilih untuk uji *post hoc* pada penelitian ini karena metode ini mampu membandingkan

seluruh pasangan rata-rata perlakuan setelah dilakukan uji analisis menggunakan variasi variabel.

Tabel 6. Uji *Post Hoc* Variasi Laju Alir

Variasi Laju Alir		Probabilitas Signifikasi
2 ml/menit	4 ml/menit	0,038
	6 ml/menit	0,023
4 ml/menit	2 ml/menit	0,038
	6 ml/menit	0,476
6 ml/menit	2 ml/menit	0,023
	4 ml/menit	0,476

Berdasarkan Tabel 6 nilai probabilitas (sig.) pada setiap laju alir menunjukkan nilai yang kurang dari 0,05 sehingga memperlihatkan adanya perbedaan yang signifikan dalam setiap tingkatan laju alir. Secara umum tingkat laju alir memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penurunan kadar timbal. Semakin rendah laju alir, tingkat penyisihan timbal akan semakin besar. Dalam hal ini tingkat penyisihan kadar timbal terbesar terjadi pada laju alir 2 ml/mnt. Proses adsorpsi yang dilakukan pada laju alir 2 ml/mnt dengan volume adsorben 15 cm menghasilkan konsentrasi akhir sebesar 0,669 mg/l. Dengan volume adsorben 20 cm menghasilkan konsentrasi akhir sebesar 0,563 mg/l dan dengan volume adsorben 25 cm menghasilkan konsentrasi akhir sebesar 0,406 mg/l. Jadi laju alir optimal didapatkan pada laju alir 2 ml/menit dengan volume adsorben 25 cm yakni mampu menghasilkan konsentrasi akhir timbal sebesar 0,406 mg/l. Hal ini dikarenakan semakin cepat laju alir dalam proses adsorpsi, maka waktu kontak antara adsorben dengan adsorbat pun akan semakin cepat. Sehingga adsorben akan cepat mengalami jenuh dan dapat menurunkan kapasitas dalam proses adsorpsi (Palupi., 2021).

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa limbah kulit pisang kepok mampu digunakan untuk proses adsorpsi logam timbal pada air limbah dengan tingkat efisiensi sebesar 94,5%, yakni mampu menyerap logam timbal sebesar 7,118 mg/l dari kadar awal 7,401 mg/l menjadi 0,282 mg/. Berdasarkan hasil uji statistika menunjukkan bahwa dengan adanya variasi laju alir dapat menimbulkan pengaruh yang signifikan terhadap proses adsorpsi karena pada variasi laju alir menunjukkan nilai probabilitas (sig.) yang kurang dari 0,05 dan tidak menimbulkan pengaruh yang signifikan terhadap variasi volume adsorben.

DAFTAR PUSTAKA

- Alifaturrahma, P., Hendriyanto, O. (2018). Pemanfaatan Kulit Pisang Kepok Sebagai Adsorben Untuk Menyisihkan Logam Cu. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. 8(2):105–11.
- Arifiyana, Djamilah, dan Vika Ayu Devianti. 2021. Biosorption of Fe (II) Ions from Aqueous Solution Using Kepok Banana Peel (*Musa Acuminata*). *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia (JKPK)* 6(2):206–15
- Anom, I., Hermiyanti, P., Trisyanti, H. (2019). Bioadsorben Kulit Pisang Kepok (*Musa Acuminata* L.) Dalam Menurunkan Kadar Timbal (Pb) Pada Larutan Pb. *Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes*. 10(4):1–7.
- Asnawati, Asnawati. 2017. Penentuan Kapasitas Adsorpsi Selulosa Terhadap Rhodamin B

- dalam Sistem Dinamis. Jurnal Kimia Riset 2(1):23. doi: 10.20473/jkr.v2i1.3553*
- Astuti, W., Kurniawan, B. (2015). Adsorpsi Pb²⁺ Dalam Limbah Cair Artifisial Menggunakan Sistem Adsorpsi Kolom Dengan Bahan Isian Abu Layang Batubara Serbuk dan Granular. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan 4(1):35–43. doi: 10.15294/jbat.v4i1.3771.*
- Atminingtyas, S., Oktawan, W., Wardhana, I W. (2016). Pengaruh Konsentrasi Aktivator Naoh dan Tinggi Kolom pada Arang Aktif dari Kulit Pisang terhadap Efektivitas Penurunan Logam Berat Tembaga (Cu) dan Seng (Zn) Limbah Cair Industri Elektroplating. *Jurnal Teknik Lingkungan 5(1):1–11.*
- Dewi, N., Pratama, I. (2018). Penerapan Bak Penampung Air Hujan dalam Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih di Dusun Pandanan. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat. 3(1):11–15.*
- Kristianingrum, S., Fillaeli A., Siswani. E., Nafiisah, N. (2020). Aplikasi Sistem Kontinyu Menggunakan Karbon Aktif Untuk Penurunan Kadar Logam Cu Dan Zn Dalam Air Limbah Abstrak. *J. Sains Dasar 9(2):54–59.*
- Malik, A., Alimuddin., Gunawan, R. (2021). Pemanfaatan Serbuk Kulit Buah Pisang Kepok (Musa paradisiaca L.) Teraktivasi Sebagai Adsorben Ion Logam Kadmium. *Jurnal Atomik 06(1):43–49.*
- Palupi, Fanisa Indah. (2021). Penentuan Laju Alir Optimum Pada Adsorpsi Ion Logam Zn+ Dengan Zeolit-Poliakrilamida-Karboksimetil Selulosa Dalam Sistem Dinamis. Skripsi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatulloh
- Pramitasari, N., Dhokhikah, Y., Sukarmawati, Y. Kartini, A. (2017). Analisis Pengaruh Adsorben Limbah Kulit Kopi Pertanian Jember Pada Proses Adsorpsi Logam Timbal (Cu). *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan. 7(1):66-73*
- Purnama, P., Dewi, I., Ratnayani, K. (2015). Kapasitas Adsorpsi Beberapa Jenis Kulit Pisang Teraktivasi Naoh Sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb). *Jurnal Kimia. 9(2):196–202.*
- Putri, S., Asnawati., Indarti, D. (2019). Optimalisasi Adsorpsi Zat Warna Rhodamin B Pada Hemiselulosa Dalam Sistem Dinamis. *Berkala Sainstek 7(1):1. doi: 10.19184/bst.v7i1.9681.*
- Raditya S., Basaltico, dan Okik Hendiyanto C. (2016). Pemanfaatan Kulit Durian Sebagai Adsorben Logam Berat Pb Pada Limbah Cair Elektroplating. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan 8(1):10–18.*
- Setiaty Pandia. (2017). Pembuatan Adsorben Dari Kulit Batang Jambu Biji (Psidium Pada Limbah Cair Industri Pelapisan Logam. *Teknik kimia Universitas Sumatera Utara 6(4):34–40.*
- Standar Nasional Indonesia dan Badan Standardisasi Nasional. (2009). Air dan air limbah – Bagian 8 : Cara uji timbal (Pb) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).
- Sylvia, N., Wijaya, Y., Masrulita., Safriwardy, F., (2021). Efektivitas Karbon Aktif Kulit Singkong (Manihot Esculenta Crantz) Terhadap Adsorpsi Ion Logam Fe²⁺ Dengan Aktivator Naoh. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal 10(2):83. doi: 10.29103/jtku.v10i2.5550.*
- Utama, T. (2015). Biosorpsi Krom Heksavalen Menggunakan Mikroalga Amobil Dalam Sistem Kontinyu. (Tesis Magister, Institut Teknologi Bandung).
- Wardani, Gatut Ari, dan Winda Trisna Wulandari. (2017). Pengaruh Waktu Kontak terhadap Daya Adsorpsi Kulit Jengkol (Pithecellobium jiringa) pada Ion Timbal(II). *Prosiding Seminar Nasional Kimia UNY (Oktober):319–24.*
- Widayatno, T., Yuliawati, T., Susilo, A. (2017). Adsorpsi Logam Berat (Pb) dari Limbah Cair dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *Jurnal Teknologi Bahan Alam 1(1):17–23.*
- Wulandari, F., Santoso, S., Sarwono. (2017). Efektivitas media pembelajaran komik dan model pembelajaran kooperatif tipe group investigation terhadap kesiapsiagaan siswa dalam menghadapi bencana gempa bumi pada siswa kelas x di sma negeri 1 wedi, klaten. *GeoEco 3(1):9–16.*