

## **PENGARUH MASSA ADSORBEN ZEOLIT, ARANG AKTIF SEKAM PADI, DAN ARANG AKTIF JERAMI PADI TERHADAP EFISIENSI PENURUNAN KONSENTRASI ION TIMBAL ( $Pb^{2+}$ )**

**Desriyanti, Tauny Akbari\*, Fitriyah**

*Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Banten Jaya*

*Jl. Ciwaru Raya No.73, Cipare, Kec. Serang, Kota Serang, Provinsi Banten, 42117*

*E-mail : tauny.akbari@gmail.com*

### **ABSTRAK**

Kadar ion timbal  $Pb^{2+}$  yang terdapat pada limbah cair dapat berpengaruh terhadap lingkungan yang akan menimbulkan sifat racun. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh massa adsorben zeolit, arang aktif sekam padi, dan arang aktif jerami padi terhadap efisiensi penurunan konsentrasi ion timbal ( $Pb^{2+}$ ) pada larutan sampel Pb konsentrasi 5 mg/L. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan 3 perlakuan adsorben zeolit, arang aktif sekam padi, dan arang aktif jerami padi yaitu (0,5 gram, 1,0 gram, dan 1,5 gram) dengan uji adsorpsi pada kecepatan pengadukan 250 rpm selama 60 menit. Hasil penelitian diperoleh bahwa efisiensi penurunan konsentrasi ion timbal ( $Pb^{2+}$ ) paling tinggi dicapai oleh media adsorben zeolit (massa 1,5 gram) sebesar 90% (0,48 mg/L), media adsorben arang aktif sekam padi (massa 1,5 gram) sebesar 87% (0,64 mg/L), dan media adsorben arang aktif jerami padi (massa 1,5 gram) sebesar 85% (0,73 mg/L). Penambahan massa adsorben zeolit, arang aktif sekam padi, dan arang aktif jerami padi berpengaruh signifikan terhadap penurunan konsentrasi ion timbal ( $Pb^{2+}$ ). Efisiensi penurunan ion timbal ( $Pb^{2+}$ ) oleh media adsorben zeolit, arang aktif sekam padi, dan arang aktif jerami padi berada pada kisaran 85% - 90% namun belum memenuhi syarat baku mutu berdasarkan PERMENLH No 5 Tahun 2014 yaitu 0,1 mg/L.

Kata Kunci : Zeolit, Ion Timbal, Adsorben, Adsorpsi, Arang aktif sekam padi, Arang aktif jerami padi.

### **ABSTRACT**

The level of lead ions  $Pb^{2+}$  contained in liquid waste can affect the environment which will cause toxic properties. This study aims to analyze the effect of zeolite adsorbent mass, rice husk activated charcoal, and rice straw activated charcoal on the efficiency of reducing the concentration of lead ions ( $Pb^{2+}$ ) in a sample solution of Pb concentration of 5 mg/L. The method used was experimental with 3 treatments of zeolite adsorbent, rice husk activated charcoal, and rice straw activated charcoal namely (0.5 gram, 1.0 gram, and 1.5 gram) with adsorption test at 250 rpm stirring speed for 60 minutes. The results showed that the highest efficiency of lead ion ( $Pb^{2+}$ ) concentration reduction was achieved by zeolite adsorbent media (mass 1.5 grams) at 90% (0.48 mg/L), rice husk activated charcoal adsorbent media (mass 1.5 grams) at 87% (0.64 mg/L), and rice straw activated charcoal adsorbent media (mass 1.5 grams) at 85% (0.73 mg/L). The addition of zeolite adsorbent mass, rice husk activated charcoal, and rice straw activated charcoal had a significant effect on reducing the concentration of lead ( $Pb^{2+}$ ) ions. The efficiency of reducing lead ions ( $Pb^{2+}$ ) by zeolite adsorbent media, rice husk activated charcoal, and rice straw activated charcoal is in the range of 85% - 90% but has not met the quality standards based on PERMENLH No. 5 of 2014.

**Keywords :** Zeolite, Lead, Adsorbent, Adsorption, Rice husk activated ash, Rice straw activated ash.

## 1. PENDAHULUAN

Logam timbal (Pb) adalah salah satu jenis polutan logam berat yang bersifat toksik, berupa keracunan akut dan keracunan kronis. Keracunan kronis terjadi karena adanya absorpsi timbal dalam jumlah kecil, tetapi terjadi dalam jangka waktu yang lama dan terakumulasi dalam tubuh. Sedangkan keracunan akut terjadi karena berasal dari konsumsi air keran yang tersambung dengan pipa atau tangki air logam. Kandungan timbal pada keran, pipa, atau tangki tersebut menyebabkan air terkontaminasi. Jika air ini dikonsumsi dalam jangka panjang, timbal akan mengendap di dalam tubuh dan menyebabkan keracunan. Keracunan yang disebabkan oleh timbal dapat mempengaruhi berbagai jaringan dan organ tubuh. Organ-organ tubuh yang menjadi sasaran dari keracunan timbal adalah sistem peredaran darah, sistem saraf, sistem urinaria, sistem reproduksi, sistem endokrin dan jantung. (Sajidah dan Rahmi, 2017).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Wita (2016), limbah cair sisa produksi kertas mengandung logam berat seperti besi (Fe), tembaga (Cu), kobalt (Co), seng (Zn), timbal (Pb). Kadar paling banyak terkandung adalah logam berat timbal (Pb) yaitu sebesar 2,3458 ppm. Penelitian lainnya dilakukan oleh Fatimatuzzuhro (2021) menunjukkan hasil analisis pada limbah cair industri pulp dan kertas yang di ambil pada outlet IPAL di daerah Driyorejo Gresik, dan diketahui mengandung logam berat Pb sebesar 1,040 mg/l (telah melebihi NAB yang telah ditentukan). Parameter Standar Baku Mutu dari Sisa Pembuangan Air Limbah harus memenuhi persyaratan pembuangan air limbah dari aspek kesehatan, sisa pengolahan air limbah yang akan dibuang juga wajib memenuhi standar baku mutu dari Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Parameter standar tersebut terbagi menjadi 3 aspek, yaitu kimia, fisika, dan biologi. Untuk parameter kimia memiliki parameter tambahan yaitu salah satu nya Timbal dengan syarat maksimal 0,1 mg/mL (PERMENLH No.5 Tahun 2014). Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis pengaruh massa adsorben zeolit, arang aktif sekam padi, dan arang aktif jerami padi terhadap efisiensi penurunan konsentrasi ion timbal ( $Pb^{2+}$ ) pada larutan sampel Pb konsentrasi 5 mg/L

## 2. METODE PENELITIAN

Adsorpsi adalah proses akumulasi adsorbat pada permukaan adsorben yang disebabkan oleh gaya tarik antar molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Interaksi yang terjadi pada molekul adsorbat dengan permukaan kemungkinan diikuti lebih dari satu interaksi, tergantung pada struktur kimia masing-masing komponen. Uji adsorpsi menggunakan media adsorben sebagai media penyerap ion timbal ( $Pb^{2+}$ ), media adsorben yang digunakan pada penelitian ini yaitu zeolit, arang aktif sekam padi, dan arang aktif jerami padi. Proses adsorpsi pada penelitian ini yaitu dengan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan pengadukan 250 rpm selama 1 jam yang dilakukan di laboratorium PT. Yarindo Farmatama yang terletak di Kawasan Industri Modern Cikande, Jalan Modern Industri IV Kav.29, Nambo Ilir, Kec. Kibin, Serang, Banten 42185. Untuk pengujian kadar timbal (Pb) dilakukan di laboratorium Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Provinsi Banten yang terletak Jl. KH Syekh Nawawi Al Bantani, Desa Sukajaya, Sukajaya, Kec. Serang, Kota Serang, Banten 42188. Analisa kadar timbal yang dilakukan oleh laboratorium Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Provinsi Banten mengacu pada SNI 6989 – 84 : 2019.

### 2.1. Teknik Pengumpulan Data

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen, dapat dilihat pada Tabel 1 berikut :

**Tabel 1.** Teknik Pengumpulan Data

| Rumusan masalah                                                                                                                                                                                      | Dimensi                                                                           | Variabel                                         | Parameter / indikator                                                                   | Data                                                                                                                                                                                                  | Teknik Pengambilan Data |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Bagaimana pengaruh massa adsorben zeolit, arang aktif sekam padi, dan arang aktif jerami padi terhadap efisiensi penurunan kadar ion timbal ( $Pb^{2+}$ ) pada larutan sampel Pb konsentrasi 5 mg/L? | Kadar timbal pada larutan sampel Pb konsentrasi 5 mg/L setelah dilakukan adsorpsi | Sifat kimia sampel larutan Pb konsentrasi 5 mg/L | Sesuai dengan PERMENLH No 5 Tahun 2014 yaitu kandungan timbal pada air sebesar 0,1 mg/L | Sifat Kimia : Kadar ion timbal ( $Pb^{2+}$ ) pada tiga media adsorben yaitu zeolit, arang aktif sekam padi, dan arang aktif jerami padi dan pada tiga massa adsorben yaitu 0,5 gr, 1,0 gr, dan 1,5 gr | Uji Laboratorium        |

(Sumber : Data Penulis, 2023)

### 2.2. Teknik Pengolahan Data

- Efisiensi Penurunan

Rachmawati (2005) menyatakan bahwa efisiensi merupakan hubungan antara output dengan tujuan, semakin besar kontribusi output terhadap pencapaian tujuan, maka semakin efektif program atau kegiatan. Berdasarkan pendapat para ahli dapat disimpulkan bahwa efisiensi adalah ukuran yang menyatakan keberhasilan suatu program atau kegiatan. Rumus efisiensi penurunan menurut Rachmawati (2020) adalah sebagai berikut :

$$\% = \frac{(\text{Konsentrasi Pb sebelum Adsorpsi} - \text{Konsentrasi Pb sesudah Adsorpsi})}{\text{Konsentrasi Pb sebelum Adsorpsi}} \times 100\%$$

- Analisis Regresi Linier

- Uji Signifikansi dan Hipotesis

- . Dengan uji signifikansi ini dapat diketahui apakah variabel bebas/predictor/independent (X) berpengaruh secara signifikan terhadap variabel tak bebas/response/dependent (Y). Arti dari signifikan adalah bahwa pengaruh antar variabel berlaku bagi seluruh populasi

- Uji t

- Langkah – langkah yang perlu dilakukan dalam uji t pada regresi linier adalah:

1. Menentukan hipotesis

- $H_0 : \beta = 0$ ; Variabel X tidak berpengaruh signifikan terhadap variabel Y

- $H_0 : \beta \neq 0$ ; Variabel X berpengaruh signifikan terhadap variabel Y

2. Menentukan tingkat signifikansi ( $\alpha$ )

- Tingkat signifikansi  $\alpha$  yang sering digunakan adalah  $\alpha = 5\%$  ( $\alpha = 0,05$ ).

3. Menentukan nilai t tabel menggunakan rumus :

- T tabel =  $t(\alpha/2 ; n-k-1)$ .

- Ket :  $\alpha$  = tingkat signifikansi

- $n$  = jumlah sampel

- $k$  = jumlah variabel X

4. Menentukan daerah penolakan  $H_0$  (daerah kritis )

- Bentuk pengujian dua arah, sehingga menggunakan uji t dua arah.

- $H_0$  ditolak jika  $t_{hitung} > t_{tabel}$ , yang berarti  $H_1$  diterima.

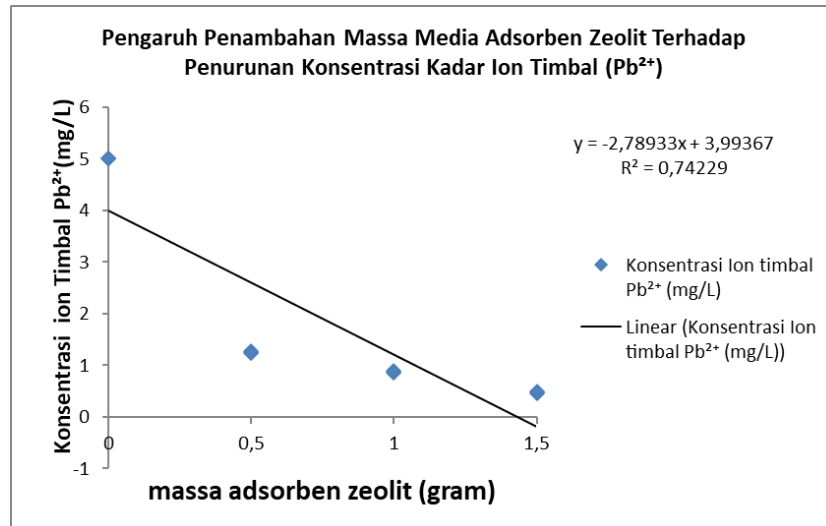
- $H_0$  diterima jika  $t_{hitung} < t_{tabel}$ , yang berarti  $H_1$  ditolak.

5. Kesimpulan hasil uji t.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Media Adsorben Zeolit

Zeolit dapat digunakan sebagai adsorben untuk menyerap limbah logam karena pori-porinya yang cukup luas untuk berikatan dengan logam- logam lain dan kristal zeolit mempunyai rongga yang terisi molekul air bebas yang berada disekitar kation berat. Jika dilakukan proses kalsinasi pada suhu tinggi maka akan terjadi penguapan molekul air yang mengakibatkan zeolit memiliki kemampuan untuk menyerap molekul gas atau cairan dan mempunyai efektivitas adsorpsi yang tinggi (Saputra, 2019). Selanjutnya analisis regresi linier sederhana dilakukan untuk mengetahui arah dari hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat apakah memiliki hubungan positif atau negatif serta untuk mengetahui nilai t hitung yang dilakukan. Berikut hasil dari regresi linier sederhana.



**Gambar 1.** Pengaruh Penambahan Massa Media Adsorben Zeolit Terhadap Penurunan Kadar Ion Timbal ( $Pb^{2+}$ )

(Sumber: Hasil Penelitian, 2023)

**Tabel 2.** Hasil Statistik Regresi

| <i>Regression Statistics</i> |             |
|------------------------------|-------------|
| Multiple R                   | 0,861562544 |
| R Square                     | 0,742290017 |
| Adjusted R Square            | 0,716519019 |
| Standard Error               | 1,006456159 |
| Observations                 | 12          |

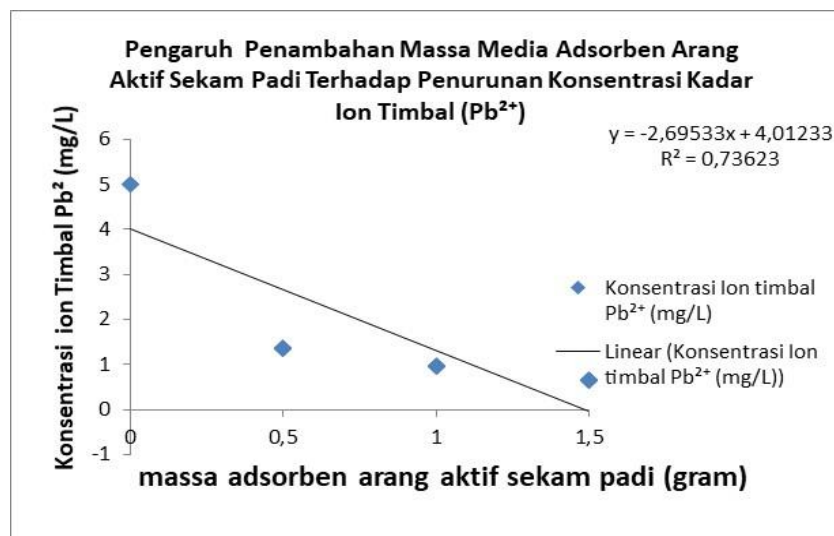
(Sumber: Hasil Penelitian, 2023)

Berdasarkan data yang diperoleh diatas maka hasil garis regresinya yaitu  $Y = 3,99367 + -2,78933x$  dan hasil perhitungan korelasi diperoleh R sebesar 0,8613 yang berarti hubungan antara Variabel X dan Variabel Y masuk kedalam kategori sangat kuat. Untuk nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yaitu didapat sebesar 0,7423 yang berarti bahwa 74,23% besarnya pengaruh yang diberikan oleh perlakuan massa adsorben zeolit dan sisa 25,77% dipengaruhi oleh suhu media adsorben dan ukuran partikel zeolit yang digunakan. Nilai konstanta (a) yang diperoleh sebesar 3,99367, dan nilai koefisien regresi (b) sebesar -2,78933. Berdasarkan perhitungan nilai uji t ( $t_{hitung} -5,366 > t_{tabel} 2,2010$ ) didapatkan  $t_{hitung} > t_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak dan mengakibatkan penerimaan pada  $H_1$  yang memiliki arti terdapat perbedaan yang cukup signifikan dalam penambahan massa adsorben zeolit terhadap penurunan konsentrasi ion timbal ( $Pb^{2+}$ ).

### A. Media Adsorben Arang Aktif Sekam Padi

Sekam padi dikategorikan sebagai salah satu material adsorben yang mempunyai peluang baik yang berasal dari limbah pertanian. Sekam padi memiliki karakteristik yang tidak mudah mengalami pelapukan, tingginya kandungan arang dan kandungan karbon, sehingga dapat digunakan sebagai adsorben (Jannah dkk, 2019).

Selanjutnya analisis regresi linier sederhana dilakukan untuk mengetahui arah dari hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat apakah memiliki hubungan positif atau negatif serta untuk mengetahui nilai t hitung yang dilakukan. Berikut hasil dari regresi linier sederhana.



**Gambar 2.** Pengaruh Penambahan Massa Media Adsorben Arang Aktif Sekam Padi Terhadap Penurunan Konsentrasi Ion Timbal ( $Pb^{2+}$ )

(Sumber: Hasil Penelitian, 2023)

**Tabel 3.** Hasil Statistik Regresi

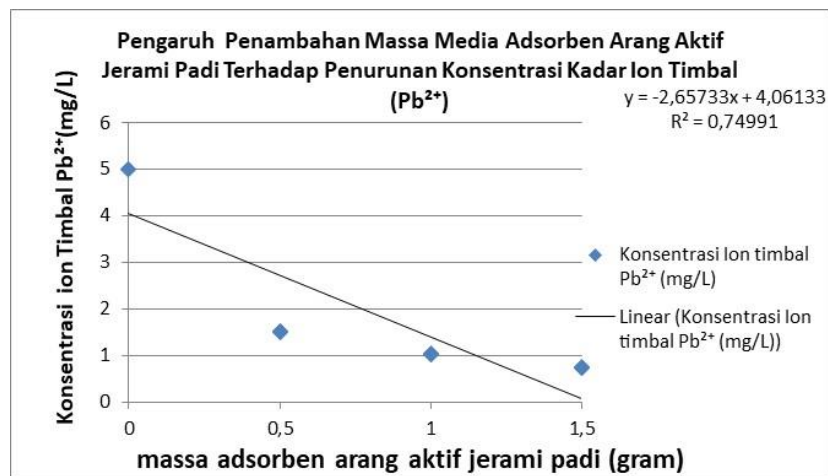
| <i>Regression Statistics</i> |             |
|------------------------------|-------------|
| Multiple R                   | 0,858036158 |
| R Square                     | 0,736226048 |
| Adjusted R Square            | 0,709848652 |
| Standard Error               | 0,987957995 |
| Observations                 | 12          |

(Sumber: Hasil Penelitian, 2023)

Berdasarkan data yang diperoleh diatas maka hasil garis regresinya yaitu  $Y = 4,0123 + -2,6953x$  dan hasil perhitungan korelasi diperoleh R sebesar 0,8580 yang berarti hubungan antara Variabel X dan Variabel Y masuk kedalam kategori sangat kuat. Untuk nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yaitu didapat sebesar 0,7362 yang berarti bahwa 73,62% besarnya pengaruh yang diberikan oleh perlakuan massa adsorben arang aktif sekam padi dan sisa 26,38% dipengaruhi oleh pembakaran sekam padi dan lama pengadukan pada saat adsorpsi yang dilakukan. Nilai konstanta (a) yang diperoleh sebesar 4,0123, dan nilai koefisien regresi (b) sebesar -2,6953. Berdasarkan perhitungan nilai uji t ( $t$  hitung  $-5,2831 > t$  tabel 2,2010) didapatkan  $t$  hitung  $> t$  tabel maka  $H_0$  ditolak dan mengakibatkan penerimaan pada  $H_1$  yang memiliki arti terdapat perbedaan yang cukup signifikan dalam penambahan massa adsorben arang aktif sekam padi terhadap penurunan konsentrasi ion timbal ( $Pb^{2+}$ ).

## B. Media Adsorben Arang Aktif Jerami Padi

Menurut Rochani (2020), Jerami padi merupakan limbah pertanian memiliki kandungan selulosa cukup tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai adsorben logam berat. Selulosa memiliki gugus fungsi yang dapat melakukan pengikatan dengan ion logam. Gugus fungsi tersebut adalah gugus karboksil dan hidroksil. Analisis regresi linier sederhana dilakukan untuk mengetahui arah dari hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat apakah memiliki hubungan positif atau negatif serta untuk mengetahui nilai  $t$  hitung yang dilakukan. Berikut hasil dari regresi linier sederhana.



**Gambar 3.** Pengaruh Penambahan Massa Media Adsorben Arang Aktif Jerami Padi Terhadap Penurunan Kadar Ion Timbal ( $Pb^{2+}$ )

(Sumber: Hasil Penelitian, 2023)

**Tabel 4.** Hasil Statistik Regresi

| <i>Regression Statistics</i> |             |
|------------------------------|-------------|
| Multiple R                   | 0,865973109 |
| R Square                     | 0,749909425 |
| Adjusted R Square            | 0,724900367 |
| Standard Error               | 0,939736133 |
| Observations                 | 12          |

(Sumber: Hasil Penelitian, 2023)

Berdasarkan data yang diperoleh diatas maka hasil garis regresinya yaitu  $Y = 4,0613 + -2,6573x$  dan hasil perhitungan korelasi diperoleh R sebesar 0,8659 yang berarti hubungan antara Variabel X dan Variabel Y masuk kedalam kategori sangat kuat. Untuk nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yaitu didapat sebesar 0,7499 yang berarti bahwa 74,99% besarnya pengaruh yang diberikan oleh perlakuan massa adsorben arang aktif jerami padi dan sisa 25,01% dipengaruhi oleh faktor lain yaitu daya serap ion timbal pada adsorben jerami belum optimal dikarenakan terdapat senyawa lignin dalam jerami padi yang menghambat proses adsorpsi. Nilai konstanta (a) yang diperoleh sebesar 4,0613, dan nilai koefisien regresi (b) sebesar -2,6573. Berdasarkan perhitungan nilai uji t (t hitung  $-5,4759 > t$  tabel 2,2010) didapatkan t hitung  $> t$  tabel maka  $H_0$  ditolak dan mengakibatkan penerimaan pada  $H_1$  yang memiliki arti terdapat perbedaan yang cukup signifikan dalam penambahan massa adsorben arang aktif sekam padi terhadap penurunan kadar ion timbal ( $Pb^{2+}$ ).

### C. Perbandingan Efektivitas Penurunan Konsentrasi Ion Timbal ( $Pb^{2+}$ ) Terhadap Nilai Baku Mutu

Efektivitas adsorpsi (W) akan meningkat seiring dengan naiknya massa adsorben yang digunakan. Yang artinya semakin besar massa adsorben yang digunakan maka semakin banyak ion timbal  $Pb^{2+}$  yang teradsorpsi oleh media adsorben.

**Tabel 5.** Perbandingan Efektivitas Penurunan Konsentrasi Ion Timbal ( $Pb^{2+}$ ) terhadap Nilai Baku Mutu

| Massa adsorben<br>(gram) | Konsentrasi Ion timbal $Pb^{2+}$ (mg/L) |      |      | Baku Mutu<br>mg/L |
|--------------------------|-----------------------------------------|------|------|-------------------|
|                          | Z                                       | SK   | JP   |                   |
| 0                        | 5                                       | 5    | 5    | 0,1               |
| 0,5                      | 1,25                                    | 1,36 | 1,51 | 0,1               |
| 1,0                      | 0,88                                    | 0,96 | 1,03 | 0,1               |
| 1,5                      | 0,48                                    | 0,64 | 0,73 | 0,1               |

(Sumber: Hasil Penelitian, 2023)



Keterangan:

Kuning : Penurunan paling optimal

Tulisan merah: Belum memenuhi nilai baku mutu

Standar baku mutu PERMEN LH No 5 Tahun 2014 (0,1 mg/L)



**Gambar 4.** Efektifitas Penurunan Konsentrasi Ion Timbal ( $Pb^{2+}$ ) Terhadap Nilai Baku Mutu

Keterangan :

Z : Zeolit

SK : Sekam Padi

JP : Jerami Padi

Berdasarkan Tabel 5 dan Gambar 4. nilai penurunan konsentrasi ion timbal ( $Pb^{2+}$ ) paling optimal dicapai oleh media adsorben zeolit dengan massa 1,5 gram sebesar 0,48 mg/L, dan arang aktif sekam padi dengan massa 1,5 gram sebesar 0,64 mg/L serta pada arang aktif jerami padi sebesar 0,73 mg/L. Tetapi untuk semua pengujian pada media adsorben zeolit, arang aktif sekam padi, dan arang aktif jerami padi dengan variasi massa adsorben digunakan belum dapat menurunkan konsentrasi ion timbal ( $Pb^{2+}$ ) sesuai dengan syarat nilai baku mutu PERMENLH No 5 tahun 2014 yaitu dibawah 0,1 mg/L. Dikarenakan larutan sampel yang digunakan untuk kontrol yang dijadikan dasar untuk melihat perubahan konsentrasi Pb cukup besar yaitu 5 mg/L, tetapi jika dilihat dari efisiensi penurunan yang dihasilkan sudah efektif dalam menurunkan konsentrasi ion timbal.

#### 4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diuraikan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Efisiensi penurunan konsentrasi ion timbal ( $Pb^{2+}$ ) paling tinggi dicapai oleh media adsorben zeolit (massa 1,5 gram) sebesar 90% (0,48 mg/L), media adsorben arang aktif sekam padi (massa 1,5 gram) sebesar 87% (0,64 mg/L), dan media adsorben arang aktif jerami padi (massa 1,5 gram) sebesar 85% (0,73 mg/L). dan penambahan massa adsorben zeolit, arang aktif sekam padi, dan arang aktif jerami padi berpengaruh signifikan terhadap penurunan konsentrasi ion timbal ( $Pb^{2+}$ ). Efisiensi penurunan ion timbal ( $Pb^{2+}$ ) oleh media adsorben zeolit, arang aktif sekam padi, dan arang aktif jerami padi berada pada kisaran 85% - 90% namun belum memenuhi syarat nilai baku mutu berdasarkan PERMENLH No 5 Tahun 2014 yaitu 0,1 mg/L.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Cahyaningrum, P. U. (2016). *Daya Adsorpsi Adsorben Kulit Salak Termodifikasi Terhadap Ion Tembaga (II)*. Skripsi. Yogyakarta. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Chee, D. N. A., Amin, M. A. M., Aziz, F., Jaafar, J., & Ismail, A. F. (2020). *Development of advanced nanocomposite membranes by molecular sieving nanomaterials (zeolite and MOF)*. In *Nanocomposite Membranes for Water and Gas Separation* (pp. 163-198). Elsevier
- Elvida, D. (2021). *Uji Efektivitas Nano partikel Karbon Aktif Dari Kulit Pisang Kepok (Musa acuminata) Untuk Pengelolaan Air Bersih*. Skripsi. Banda Aceh. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
- FatimatuZuhro. (2021). *Pengurangan Timbal Di dalam Limbah Cair Industri Pulp And Paper Menggunakan Katalis Bekas Perengkahan Minyak Bumi PT. Pertamina RU III*. Universitas Muhammadiyah Palembang
- Jannah, R., Daud, S., dan Edward. (2019). *Pengaruh Waktu dan Massa Terhadap Penyerapan Logam Fe Dalam Air Gambut Menggunakan Adsorben Sekam Padi*. *Jom FTEKNIK*, 6(1), 1-5.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Sajidah., dan Rahmi, R. (2017). *Pemanfaatan Adsorben Alami (Biosorben) Untuk Mengurangi Kadar Timbal (Pb) Dalam Limbah Cair*. *Prosiding Seminar Nasional Biotik*. ISBN: 978-602-60401-3-8
- Saputra, R. (2019). *Pemanfaatan Zeolite Sintesis Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Industri*. Semarang.
- Rochani, S. (2020). *Kupas Tuntas Limbah Jerami Padi Untuk Pakan Ternak*. Bandung. Dinas Ketahanan Pangan dan Peternakan Jawa Barat.
- Watson, R.A. (2016). *Limbah Cair Berbagai Industri di Indonesia: Sumber, Pengendalian dan baku Mutu*. Project of the Ministry of State for the Enviroment, Republic of Indonesia and Dalhousie University, Canada.
- Wang, J., Wei, L., Ma, Y., Li, K., Li, M., Ma, N., Feng, K., dan Wang, Y. (2013). *Pb<sup>2+</sup> Adsorption Onto Collagen/Cellulose Hydrogel Beads From Aqueous Solution: Kinetic, Isothermal, and Thermodynamic Analyses*. *Desalination and Water Treatment*. Cina
- Wita, N.A.I. (2016). *Penurunan Kadar Logam Timbal Pada Limbah Cair Percetakan Dengan Zeolit Alam Teraktivasi*. Jember. Universitas Jember
- Widayatno, T., Yulawati, T., dan Susilo, A. A. (2017). *Adsorpsi Logam Berat (Pb) Dari Limbah Cair Dengan Adsorben Arang Bambu Aktif*. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 1(1), 17-23.