

## PENYERAPAN LOGAM Pb<sup>2+</sup> SECARA BIOLOGIS OLEH BAKTERI *Escherichia coli*

## BIOLOGICAL ABSORPTION OF Pb<sup>2+</sup> METAL BY *Escherichia coli* BACTERIA

Muhammad Sigit Ariski\*, Rudi Kartika, Rahmat Gunawan

Program Studi Kimia FMIPA Universitas Mulawarman, Jalan Barong Tongkok No. 4 Kampus Gunung Kelua Samarinda, 751233

\*Corresponding Author: [Sigitaja577@gmail.com](mailto:Sigitaja577@gmail.com)

Diterbitkan: 31 Oktober 2025

### ABSTRACT

The biological absorption of Pb<sup>2+</sup> metal by Escherichia coli bacteria has been conducted. This study aims to determine the ability of Escherichia coli bacteria to absorb Pb<sup>2+</sup> metal based on variations in Pb<sup>2+</sup> exposure concentrations (0, 3, 6, 9, 12, 15 ppm) over different exposure times (days) and to identify the optimal concentration and time required for Escherichia coli in the biological absorption of Pb<sup>2+</sup> metal. The maximum wavelength of the standard Pb<sup>2+</sup> solution is 520 nm. Based on the test results, Escherichia coli was able to absorb Pb<sup>2+</sup> at varying exposure concentrations (3, 6, 9, 12, 15 ppm) with biosorption percentages of 49.118%, 23.985%, 14.500%, 10.150%, and 7.808%, respectively. The optimal concentration and time required for Escherichia coli to absorb Pb<sup>2+</sup> occurred on the 3rd day with a Pb<sup>2+</sup> exposure concentration of 3 ppm.

**Keywords:** Biosorption, Pb<sup>2+</sup> metal, Escherichia coli

### PENDAHULUAN

Industri pulp serta kertas ialah salah satu industri hasil hutan yang sangat berarti. Nyaris tidak terdapat kegiatan kehidupan manusia yang tidak menggunakan komoditi industri ini, mulai dari kegiatan kehidupan di rumah tangga, perkantoran, industri, pembelajaran, perdagangan serta lain sebagainya. Indonesia selaku negeri yang masih mempunyai hutan yang sangat luas, berpotensi dapat bersaing di industri dunia dalam bidang industri pulp serta kertas sebab ketersediaan hutan, selaku sumber utama bahan baku, yang merupakan penggerak utama untuk berkembangnya industri ini. Disamping mempunyai hutan yang sangat luas serta hawa tropis yang mendorong tumbuhan berkembang dengan lebih cepat, Indonesia pula mempunyai sumber-sumber bahan baku alternatif, semacam limbah pertanian [1].

Industri kertas memakai bahan organik serta anorganik dalam proses produksinya. Logam berat Pb serta senyawa lainnya tercantum dalam bahan pewarna yang digunakan pada industri pulp serta kertas. Hal ini dibuktikan oleh penulis lewat uji pendahuluan yang mana ditemukan logam berat Pb dalam limbah cairnya [2].

Logam berat merupakan faktor alam yang bisa ditemui di erosi batuan tambang, vulkanis, laut dan sebagainya. Logam berat diperairan bisa membahayakan kehidupan organisme secara langsung maupun tidak langsung terhadap kesehatan manusia [3]. Logam berat merupakan logam dengan nilai toksikitas yang tinggi dan dapat beresiko apabila masuk ke dalam tubuh melebihi ambang batas. Logam berat juga dapat menjadi beresiko yang disebabkan oleh proses bioakumulasi. Bioakumulasi merupakan kenaikan konsentrasi faktor kimia didalam badan makhluk hidup sesuai dengan piramida makan. Logam berat bisa memunculkan dampak negatif dalam kehidupan makhluk hidup semacam mengusik respon kimia, sehingga membatasi absorpsi dari nutrien-nutrien yang esensial [4].

Logam Pb ialah logam non esensial serta beracun yang tidak perlukan oleh organisme makhluk hidup yang bisa menimbulkan penimbunan pada jaringan badan organisme tersebut sehingga bisa

mengganggu proses metabolisme. Logam Pb mempunyai sifat tidak dapat diregulasi oleh organisme air sehingga logam Pb akan terus terakumulasi didalam organisme tersebut [5]

Adsorpsi ialah suatu zat (molekul ataupun ion) pada permukaan adsorben. Mekanisme adsorpsi ialah dimana molekul yang terdapat pada adsorbat, terikat pada permukaan zat adsorben. Proses adsorpsi bisa terjadi apabila bentuk adhesi antara molekul adsorbat dengan molekul adsorben lebih besar dibanding dengan bentuk kohesi pada tiap-tiap molekul [6]. Pengikatan logam berat pada biosorben bisa terjadi dengan metode pertukaran ion logam berat yang mempunyai muatan positif berhubungan dengan permukaan bilik sel yang mempunyai muatan negatif dalam polimer ekstra seluler, semacam protein serta polisakarida selaku sumber gugus fungsi dalam proses pengikatan ion logam berat [7].

Biosorpsi merupakan kemampuan material biologi untuk mengakumulasikan logam berat melalui media metabolisme atau jalur psiko-kimia. Proses biosorpsi dapat terjadi dikarenakan adanya material biologi atau biosorben dan adanya larutan yang mengandung logam berat dengan afinitas yang tinggi sehingga mudah terikat dengan biosorben. Mekanisme penyerapan logam berat oleh mikroorganisme dengan cara proses pertukaran ion yang mirip pertukaran ion pada resin. Mekanisme pertukaran ion dapat dirumuskan dengan sebagai berikut:  $A^{2+} (B\text{-biomassa}) \rightarrow B^{2+} + (A\text{-biomassa})$  [8].

Berdasarkan penjabaran di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan serta kondisi optimum penyerapan secara biologis logam  $Pb^{2+}$  oleh bakteri *E. coli* dengan menggunakan variasi konsentrasi logam dan perubahan waktu pengukuran. Spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk mengetahui konsentrasi logam  $Pb^{2+}$  setelah dilakukan penyerapan secara biologis.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Alat dan bahan

#### Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu instrumen spektrofotometer *Visible (Rayleigh Vis 7220G)*, *micropipette eppendorf*, neraca analitik, gelas kaca, jarum ose, *autoclave*, spatula, batang pengaduk, botol semprot, pinset, bunsen, kapas swab steril, inkubator, *laminar air flow, hotplate with magnetic stirrer* dan botol timbang.

#### Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu padatan  $Pb(NO_3)_2$ , larutan *Alizarin Red S* (ARS) 0,01 M, larutan buffer fosfat, Larutan  $KH_2PO_4$  0,1 M, larutan  $NaOH$  0,1 M, NaCl, Tripton, yeast extract, aquades dan bakteri *E. coli*.

### Prosedur Penelitian

#### Penentuan Nilai OD

Medium *starter* bakteri *E. coli* sebanyak 1 ml diambil dari larutan starter dimasukkan kedalam kuvet. Diukur nilai absorbansi pada rentang 610 nm pada spektrofotometer vis (pengukuran dilakukan pada rentang waktu (0 jam, 1 jam, 6 jam dan 24 jam) [9].

#### Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Larutan standar  $Pb^{2+}$  dengan konsentrasi 1,5 ppm sebanyak 10 mL, kemudian ditambahkan 1 mL *Aliizarin Red S* 0,01 M pada masing-masing larutan, ditambahkan 0,15 mL  $NaOH$  0,1 M dan 1 mL larutan buffer pH 7. Larutan standar yang telah dicampur dengan *Aliizarin Red S* dibiarkan selama ± 30 menit. Diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer vis pada panjang gelombang 400-600 nm [10].

#### Pembuatan Kurva Standar $Pb^{2+}$

Larutan standar  $Pb^{2+}$  10 ppm dimasukkan kedalam labu ukur 50 ml dengan variasi konsentrasi (0,5; 1,0; 1,5; 2,0 dan 2,5) ppm. Masing-masing larutan dengan variasi konsentrasi tersebut diambil sebanyak 10 mL, dipindahkan kedalam Erlenmayer 50 mL dan ditambahkan *Aliizarin Red S* 0,01 M sebanyak 1 mL serta  $NaOH$  sebanyak 0,15 mL. Kemudian, ditambahkan 1 mL larutan buffer sesuai

dengan pH optimum yang diperoleh. Diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer *visible* pada panjang gelombang maksimum [10].

#### Biosorpsi Logam Pb<sup>2+</sup> oleh Bakteri *E. coli*

Labu Erlenmeyer 250 mL berisi medium Luria bertani sebanyak 6 buah ditambahkan masing-masing 0 mL; 7,5 mL; 15 mL; 22,5 mL; 30 mL; dan 37,5 mL larutan standar Pb<sup>2+</sup> 100 ppm, ditambahkan Luria bertani dan dihomogenkan. Masing-masing medium diinokulasikan dengan starter bakteri *E. coli* sebanyak 1 mL. Medium bakteri *E. coli* dimasukkan ke dalam inkubator pada suhu 37 °C [11].

#### Analisis Data

Teknik analisis data dilakukan dengan membuat kurva standar antara konsentrasi (ppm) pada sumbu x dan absorbansi pada sumbu y dengan menggunakan deret larutan standar Pb(II) dengan konsentrasi (0,5; ,1,0; 1,5; 2,0; dan 2,5) ppm sehingga diperoleh persamaan:

$$y = ax + b$$

Keterangan:

a = Slope

b = Intercept

y = Absorbansi

x = Konsentrasi (ppm)

Kadar biosorpsi ditentukan melalui selisih konsentrasi pemaparan dengan konsentrasi yang terukur (sisa) dan dinyatakan dengan persentase dengan persamaan:

$$\% \text{ Biosorpsi} = \frac{X_{\text{pemaparan}} - Y_{\text{sisa}}}{X_{\text{pemaparan}}} \times 100\%$$

Keterangan :

% Biosorpsi = Kadar biosorpsi

X<sub>pemaparan</sub> = Konsentrasi Pemaparan

Y<sub>sisa</sub> = Konsentrasi Sisa

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Penentuan Nilai OD

Penentuan *Optical Density* (OD), diukur absorbansi medium *starter* menggunakan spektrofotometer visibel pada panjang gelombang 610 nm. Nilai absorbansi menunjukkan tingkat kekeruhan pada media dalam pertumbuhan bakteri *E. coli*. Semakin tinggi nilai absorbansi yang diperoleh maka semakin tinggi tingkat kekeruhan media pertumbuhan, yang menandakan semakin banyak bakteri yang tumbuh didalam media [12]. Adapun nilai *optical density* yang diperoleh dari media *starter* bakteri yang ditunjukkan pada **Tabel 1**.

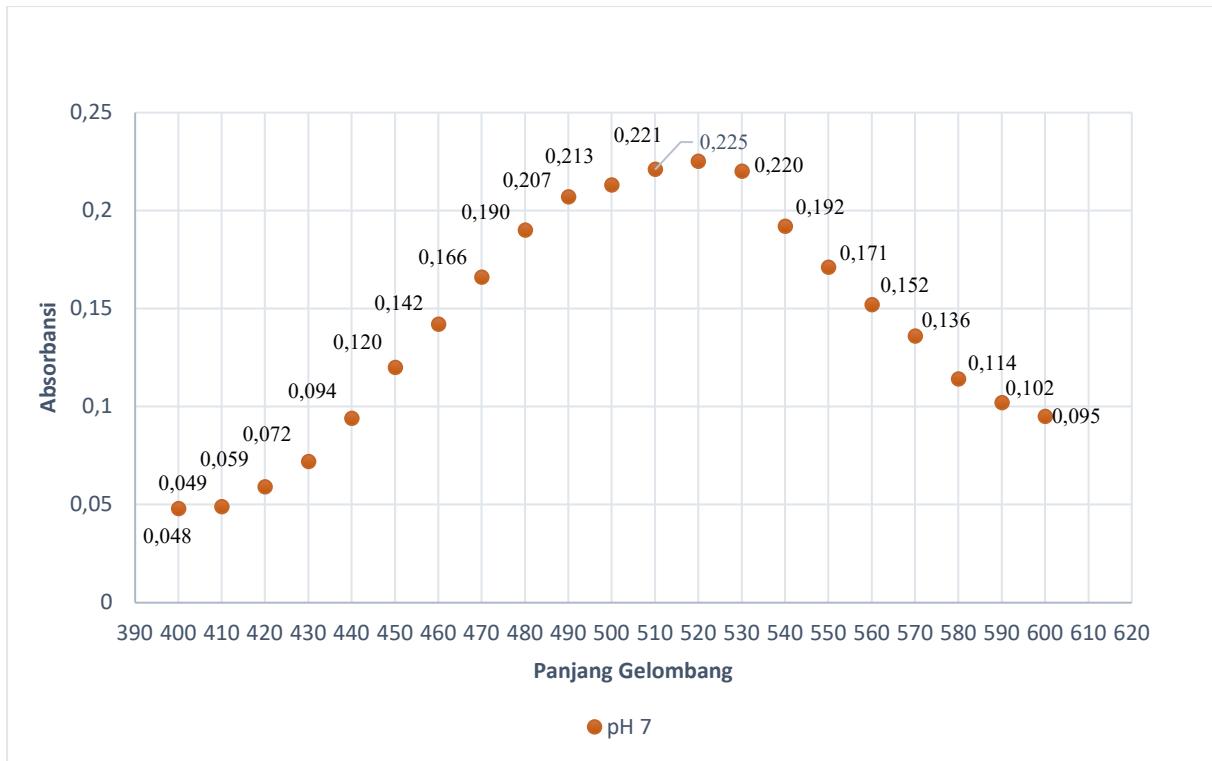
**Tabel 1.** Nilai *Optical Density*

Perlakuan	Nilai <i>Optical Density</i> (OD)
Sebelum inkubasi	0,381
Sesudah inkubasi	0,942

Berdasarkan data diatas nilai absorbansi yang didapatkan pada media *starter* sesudah inkubasi lebih besar dibandingkan sebelum inkubasi, hal ini menunjukkan perbedaan kekeruhan yang menandakan dimana kekeruhan media sesudah inkubasi lebih besar dibandingkan media sebelum inkubasi. Dapat disimpulkan bakteri *E. coli* pada media *starter* berhasil tumbuh.

## Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Penentuan panjang gelombang maksimum pada logam  $Pb^{2+}$  dilakukan dengan cara mengukur nilai absorbansi larutan standar  $Pb^{2+}$  1,5 ppm yang telah dikomplekskan, kemudian diukur menggunakan spektrofotometer dan diperoleh panjang gelombang maksimum sebesar 520 nm. Grafik hasil penentuan panjang gelombang maksimum dapat dilihat pada **Gambar 1**.

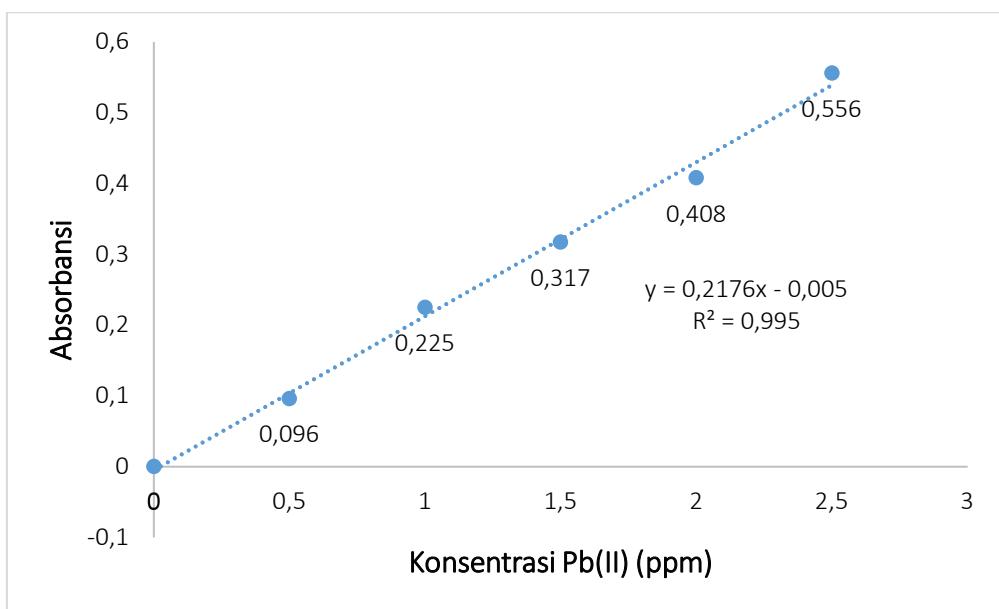


**Gambar 1.** Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Berdasarkan data di atas panjang gelombang maksimum pada logam  $Pb^{2+}$  yang didapatkan yaitu 520 nm. Hal ini dikarenakan pada panjang gelombang 520 nm larutan Kompleks  $Pb^{2+}$  memiliki serapan yang paling maksimum.

## Pembuatan Kurva Kalibrasi $Pb^{2+}$

Pada pembuatan kurva standar ion  $Pb^{2+}$  dilakukan dengan cara membuat variasi konsentrasi larutan standar ion  $Pb^{2+}$  yang telah ditentukan dengan nilai absorbansi pada panjang gelombang maksimum yang didapatkan. Grafik hasil pengukuran kurva standar ion  $Pb^{2+}$  yang diperoleh dapat dilihat pada **Gambar 2**.

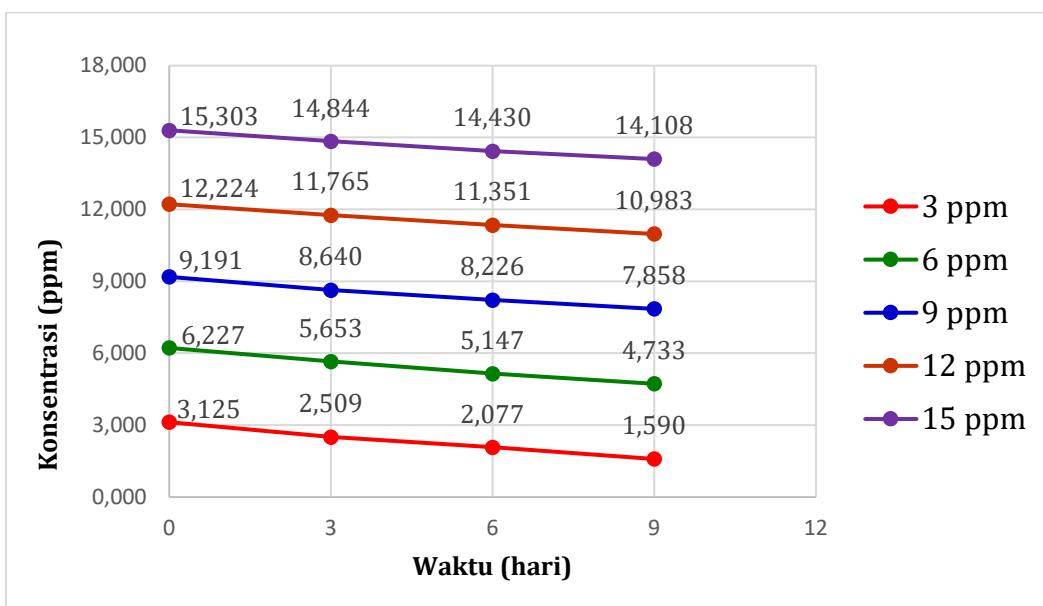


Gambar 2. Kurva Konsentrasi Ion  $\text{Pb}^{2+}$  Terhadap Absorbansi

Pada **Gambar 2** diperoleh hasil nilai absorben semakin tinggi seiring dengan kenaikan konsentrasi pada ion  $\text{Pb}^{2+}$  yang berarti terdapat hubungan positif antara nilai absorbansi dengan konsentrasi berupa persamaan  $y = 0,2176x - 0,005$ , dimana  $y$  menyatakan nilai absorbansi dan  $x$  adalah konsentrasi (ppm) dan nilai koefisien regresi ( $R^2$ ) sebesar 0,995. nilai koefisien determinasi ( $R$ ) yang mendekati 1 menyatakan bahwa hasil kurva kalibrasi yang didapatkan memiliki linearitas yang baik dan memiliki korelasi yang kuat antara nilai absorbansi dengan konsentrasi (ppm) [13].

### 1.1 Biosorpsi Logam $\text{Pb}^{2+}$ oleh Bakteri *E. coli*

Pada penelitian ini menggunakan bakteri *E. Coli* sebagai biosorben dalam berlangsungnya proses biosorpsi ion  $\text{Pb}^{2+}$ . Biosorpsi memiliki prinsip yaitu mengikat ion logam yang terjadi pada struktur sel mikroba (dinding sel). Pengikatan ion logam dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu: sistem transfer kation aktif dan pengikatan pada permukaan dan mekanisme lainnya. Mekanisme pengikatan ini berhubungan dengan sifat fisika kimia dan sifat anionik pada dinding sel, sehingga mengakibatkan ion  $\text{Pb}^{2+}$  (kation) dapat terikat oleh dinding sel secara adhesi [14].



Gambar 3. Penurunan Konsentrasi Ion  $\text{Pb}^{2+}$  Pada Setiap Variasi Konsentrasi Terhadap Waktu (Hari)

Pada **Gambar 3** dapat dilihat bahwa ion  $\text{Pb}^{2+}$  yang dipaparkan kedalam media bakteri *E. coli* dengan variasi konsentrasi ion  $\text{Pb}^{2+}$  (3; 6; 9; 12; dan 15) ppm, menunjukkan penurunan konsentrasi yang menandakan bakteri *E. coli* mampu mengasorpsi ion  $\text{Pb}^{2+}$ . Pada **Gambar 3** juga dapat dilihat bahwa daya biosorpsi bakteri *E. coli* meningkat dengan seiring bertambahnya waktu pemaparan. Hal ini berbanding lurus dengan pernyataan [11], bahwa semakin lama waktu pemaparan maka akan semakin lama pula waktu interaksi antara ion logam dengan biosorben, sehingga gugus aktif yang berikatan dengan ion logam akan semakin banyak dan akan meningkatkan jumlah logam yang terserap.

**Tabel 2.** Persen Biosorpsi Ion  $\text{Pb}^{2+}$  Oleh Bakteri *E. coli*

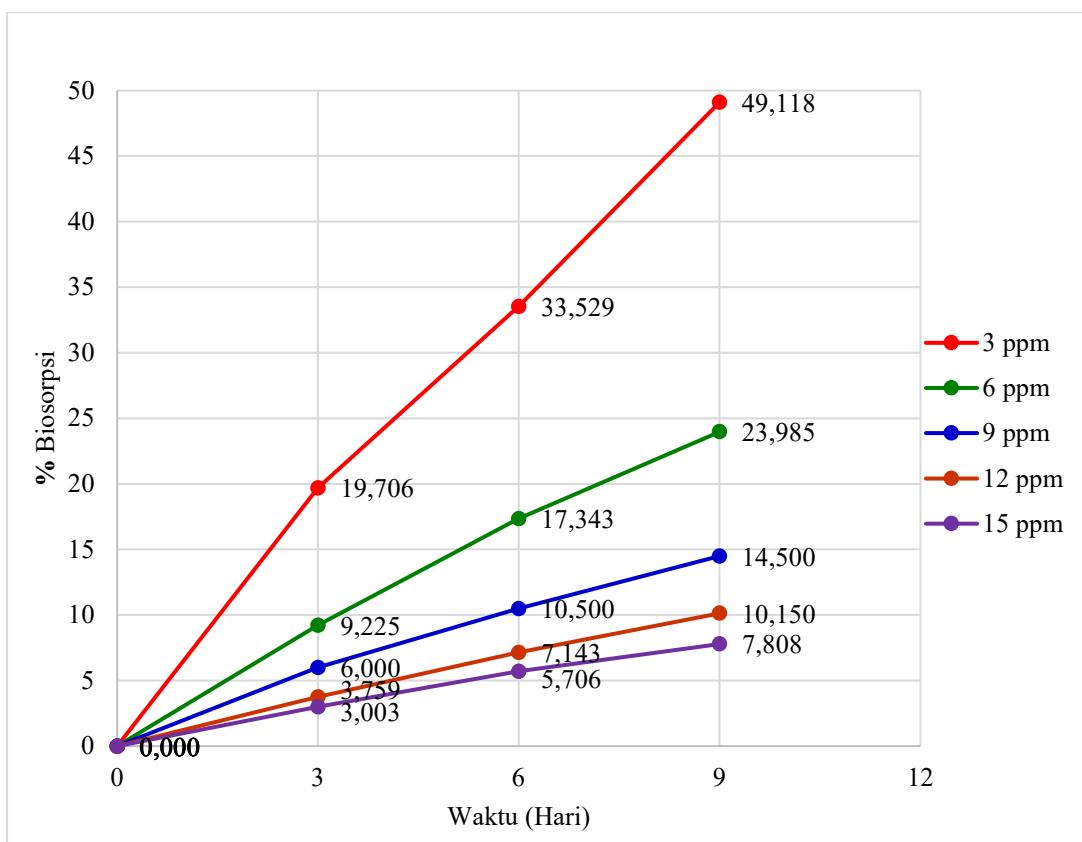
Hari	Konsentrasi (ppm)					
	0	3	6	9	12	15
0	0	3,125	6,227	9,191	12,224	15,303
3	0	2,509	5,653	8,640	11,765	14,844
6	0	2,077	5,147	8,226	11,351	14,430
9	0	1,590	4,733	7,858	10,983	14,108

Pada **Tabel 2** dapat dilihat bahwa daya biosorpsi bakteri *E. coli* meningkat dengan seiring bertambahnya waktu pemaparan. Hal ini berbanding lurus dengan pernyataan Adriansyah (2018), bahwa semakin lama waktu pemaparan maka akan semakin lama pula waktu interaksi antara ion logam dengan biosorben, sehingga gugus aktif yang berikatan dengan ion logam akan semakin banyak dan akan meningkatkan jumlah logam yang terserap [11].

Pada **Tabel 2** menunjukkan bahwa seiring bertambahnya konsentrasi ion  $\text{Pb}^{2+}$  maka daya biosorpsi bakteri *E. coli* menurun. Hal ini disebabkan karena konsentrasi awal logam yang tinggi mempengaruhi transfer massa ion dalam efisiensi penyerapan. Kapasitas penyerapan ion logam oleh biosorben akan mengalami peningkatan seiring bertambahnya konsentrasi logam. Namun, konsentrasi awal yang tinggi menyebabkan efisiensi persentase biosorpsi logam menjadi berkurang disebabkan kapasitas biosorben dalam proses biosorpsi telah mencapai titik kesetimbangan dan jenuh. Sedangkan konsentrasi awal yang kecil pada logam mampu meningkatkan kinerja interaksi antara ion logam dengan gugus fungsi yang mengikat logam sehingga penyerapan menjadi optimal [15].

### Konsentrasi dan Waktu Optimum Biosorpsi Logam $\text{Pb}^{2+}$ oleh Bakteri *E. coli*

Pada **Gambar 4** merupakan grafik perbandingan persen biosorpsi setiap variasi konsentrasi pada ion  $\text{Pb}^{2+}$  terhadap waktu (hari). Pada tabel 2, media bakteri *E. coli* yang dipaparkan ion  $\text{Pb}^{2+}$  dengan variasi konsentrasi 3 ppm, 6 ppm, 9 ppm, 12 ppm dan 15 ppm terjadi penyerapan dari hari ke-0 hingga hari ke-9 dimana bakteri *E. coli* dapat mengabsorbsi ion  $\text{Pb}^{2+}$  berturut-turut sebesar 49,118%, 23,985%, 14,500%, 10,150% dan 7,808%. Berdasarkan data yang didapat dari penelitian ini, menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan, maka semakin rendah persentase biosorpsi ion  $\text{Pb}^{2+}$ .



**Gambar 4.** Perbandingan Persen Biosorpsi Ion  $Pb^{2+}$  oleh Bakteri *E. coli* Setiap Variasi Konsentrasi Terhadap Waktu (hari)

Faktor yang sangat mempengaruhi adsorpsi yaitu waktu, dimana untuk mencapai titik kesetimbangan (adsorpsi maksimum) ion  $Pb^{2+}$ , sehingga pada penyerapan ion  $Pb^{2+}$  diperlukan rentan waktu. Pada rentan waktu tertentu akan terjadi kesetimbangan antara biosorben (*E. coli*) dengan adsorbat (ion  $Pb^{2+}$ ), dimana waktu yang dibutuhkan untuk mencapai keadaan kesetimbangan ini disebut dengan waktu optimum penyerapan ion  $Pb^{2+}$  [16].

Pada **Gambar 4** dapat diketahui bahwa konsentrasi 3 ppm ion  $Pb^{2+}$  terjadi peningkatan efisiensi biosorpsi yang baik pada hari ke-0 hingga hari ke-3, dimana hal ini menunjukkan bahwa proses biosorpsi berjalan baik pada rentan waktu tersebut dengan persen biosorpsi sebesar 0,000% hingga 19,706%. Hal ini dikarenakan terjadinya kenaikan daya biosorpsi yang signifikan sehingga dapat disimpulkan dalam rentan waktu tersebut bakteri *E. coli* bekerja dengan maksimal dalam mengabsorpsi ion  $Pb^{2+}$  [17]. Kemudian pada konsentrasi 15 ppm ion  $Pb^{2+}$  pada hari ke-6 hingga hari ke-9 diperoleh nilai persen biosorpsi sebesar 5,706% hingga 7,808%, proses biosorpsi yang terjadi menunjukkan penurunan daya biosorpsi dan memungkinkan selanjutnya akan mengalami kondisi konstan dan diduga akan berhenti pada hari berikutnya. hal ini dikarenakan bakteri telah mencapai kapasitas maksimumnya dalam menyerap logam. Sisi aktif dari permukaan biosorben yang telah jenuh menyebabkan zat terlarut yang diabsorpsi mencapai batas maksimum, yang mengakibatkan permukaan biosorben atau gugus fungsi yang terdapat didalamnya tidak dapat lagi menyerap adsorbat.<sup>11</sup> Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyerapan optimum pada ion  $Pb^{2+}$  terjadi pada hari ke-3 dengan konsentrasi 3 ppm dengan hasil penyerapan sebesar 19,706%.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa Bakteri *E. coli* mampu menyerap logam  $Pb^{2+}$  dengan kondisi optimum dimana waktu dan konsentrasi optimum yang

dibutuhkan bakteri *E. coli* untuk menyerap Logam Pb<sup>2+</sup> terjadi pada hari ke-3 dengan persen biosorpsi 19,706% di variasi konsentrasi logam Pb<sup>2+</sup> 3 ppm.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Perindustrian Republik Indonesia.2021. *Analisis Pembangunan Industri edisi IV*. Pusdatin Kemenperin. Jakarta
- [2] Wulandari, S. Y. 2011. UPTAKE Pb LIMBAH CAIR INDUSTRI KERTAS OLEH LELEDUMBO (*Clarias gariepenus*) DAN ECENG GONDOK (*Eichornia crassipes*). 1(1), 12-26
- [3] Irianti, T. T. 2017. Logam Berat dan Kesehatan. Yogyajarta: Universitas Gajah Mada
- [4] Hananingtyas, I. 2017. Studi Pencemaran Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Ikan Tongkol (*Euthynnus sp.*) di Pantai Utara Jawa. BIOTROPIC The Journal of Tropical Biology, 1(2).
- [5] Nasution, S., & Siska, M. 2011. *KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb ) PADA SEDIMENT DAN SIPUT Strombus canarium DI PERAIRAN PANTAI PULAU BINTAN*. Jurnal Ilmu Lingkunga, 5(2)
- [6] Wijayanti, I. E., & Kurniawati, E. A. 2019. *STUDI KINETIKA ADSORPSI ISOTERMPERSAMAAN LANGMUIR DAN FREUNDLICH PADA ABU GOSOK SEBAGAI ADSORBEN*. Jurnal Kimia dan Pendidikan, 4(2)
- [7] Ratnawati, E., Ermawati, R., & Naimah, S. 2010. *TEKNOLOGI BIOSORPSI OLEH MIKROORGANISME, SOLUSIALTERNATIF UNTUK MENGURANGI PENCEMARAN LOGAM BERAT*. Jurnal Kimia dan Kemasan, 32(1), 34-40.
- [8] Adhani, R. & Husaini. 2017. *LOGAM BERAT SEKITAR MANUSIA*. Banjarmasin: Lambung Mangkurat University Press.
- [9] Khoiriyah, H., Ardiningsih, P., & Jayuska, A. 2014. *PENENTUAN WAKTU INKUBASI OPTIMUM TERHADAP AKTIVITAS BAKTERIOSIN *Lactobacillus sp.* RED4*. 3(1), 7-12.
- [10] Alsamarrai, K.F. 2011. “*Spectrophotometric Assay of Lead in Human Hair Samples by Using Alizarin RED (S) in Samarra Area*”. Samarra. *J. of University of Anbar for Pure Science*, Vol 5 (3).
- [11] Adriansyah, R. Restiasih, E. N., & Meileza, N. 2018. *BIOSORPSI ION LOGAM BERAT Cu(II) DAN Cr(VI) MENGGUNAKAN BIOSORBEN KULIT KOPI TERXANTHASI*. Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia, 2(2), 114– 121.
- [12] Arivo, D., Annissatusholeha, N. 2007. “Pengaruh Tekanan Osmotik pH, Dan Suhu Terhadap Pertumbuhan Bakteri *E. Coli*. Jurnal Ilmu Kedokteran Dan Kesehatan, Vol(4) (3). Hal 153-160.
- [13] Riyanto. (2014). *Validasi & Verifikasi Metode Uji Sesuai dengan ISO/IEC 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi*. Yogyakarta: Deepublish
- [14] Arsyadi, A. & Khusnuryani, A. (2016). *Isolasi Bakteri Indigenous Pereduksi Krom (VI) dari Limbah Cair Laboratorium Biologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta*. Prosiding Semnas Biodiversitas, 2(5), 45-49.
- [15] Abbas, S. 2014. Biosorption of Heavy Metals: A Review. *Journal pf Chemical Science and Technology*. Iss 4. 76-102.
- [16] Komari, N., Mujiyanti, D. R., & Suhartono, E. 2021. *BIOSORPSI Interaksi Biomassa Tumbuhan Lahan Basah dan Logam Berat*. Banjarbaru: CV. Banyubening Cipta Sejahtera
- [17] Riki, R., Kartika, R., & Gunawan, R. (2022, October). *Biosorption Of Pb<sup>2+</sup> Ion By Bacterium Pseudomonas Sp.* In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2668, No. 1, P. 030009). AIP Publishing LLC.