

PEMANFAATAN BIOSORBEN BIJI BUAH RUDRAKSHA (*Elaeocarpus Ganitrus*) DALAM MENURUNKAN KADAR LOGAM BERAT CR(VI) PADA SAMPEL AIR SUNGAI CITARUM

Mahmudatul Istiqomah¹, Suci Rizki Nurul Aeni^{2*}, Aziz Ansori Wahid³

^{1,2,3} Program Studi DIV Teknologi Laboratorium Medik, Fakultas Kesehatan, Institut Kesehatan Rajawali
Jalan Cihanjuang No. 303 (KM 6,3), Kec. Parongpong, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat 40559
email: sucirizkinurulaeni@rajawali.ac.id

Riwayat Article

Received: 1 February 2025; Received in Revision: 23 February 2025; Accepted: 2 March 2025

Abstract

Hexavalent chromium Cr (VI) is a harmful heavy metal that frequently discovered in rivers that contaminated by industrial textile waste. Biosorption is a technique that utilizes natural materials to absorb metal ions from water. This research aims to assess efficacy of biosorbent derived from rudraksha fruit seeds in diminishing Cr (VI) concentration in water samples from the Citarum River through biosorption mechanism. The biosorption was conducted by applying the Citarum River water samples with the biosorbent at varying masses of 0.1 g, 0.5 g, 1.0 g, 1.5 g, and 2.0 g. Based on the research findings, the biosorption process reduced the concentrations of Cr (VI) in the water samples from the Citarum River. The highest reduction in Cr (VI) levels occurred at a biosorbent mass of 2.0 g, with percentage reductions of 92.02% and 94.24% for water samples from Rancamanyar Village and Andir Subdistrict, respectively. Therefore, it can be inferred that the biosorbent from rudraksha fruit seeds is effective in lowering Cr (VI) levels in Citarum River water samples.

Keywords: Heavy metal, Cr (VI), Biosorption, Rudraksha fruit seeds, Biosorbent

Abstrak

Kromium heksavalen Cr (VI) adalah logam berat berbahaya yang sering ditemukan di sungai yang terkontaminasi oleh limbah tekstil industri. Biosorpsi adalah teknik yang memanfaatkan bahan alami untuk menyerap ion logam dari air. Penelitian ini bertujuan untuk menilai efektivitas biosorben yang berasal dari biji buah rudraksha dalam mengurangi konsentrasi Cr (VI) dalam sampel air dari Sungai Citarum melalui mekanisme biosorpsi. Biosorpsi dilakukan dengan menerapkan sampel air Sungai Citarum dengan biosorben pada massa yang bervariasi yaitu 0,1 g, 0,5 g, 1,0 g, 1,5 g, dan 2,0 g. Berdasarkan data hasil penelitian, proses biosorpsi mengurangi konsentrasi Cr (VI) dalam sampel air dari Sungai Citarum. Penurunan tertinggi kadar Cr (VI) terjadi pada massa biosorben 2,0 g, dengan penurunan persentase sebesar 92,02% dan 94,24% untuk sampel air dari Desa Rancamanyar dan Kecamatan Andir, masing-masing. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa biosorben dari biji buah rudraksha efektif dalam mengurangi kadar Cr (VI) pada sampel air Sungai Citarum.

Keywords: Logam berat, Cr (VI), Biosorpsi, Biji buah rudraksha, Biosorben

1. Introduction

Air merupakan salah satu senyawa esensial dalam kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Berdasarkan laporan Pembangunan Air Dunia PBB 2018, menyatakan bahwa hampir 6 miliar orang akan mengalami kelangkaan air bersih pada tahun 2050 ketika populasi dunia mencapai antara 9,4 dan 10,2 miliar dengan peningkatan sebesar 22% hingga 34% (Boretti and Rosa, 2019). Oleh karena itu, kualitas dan kuantitas sumber air membutuhkan perhatian yang sangat besar. Sumber air yang banyak digunakan oleh masyarakat adalah air sungai, tetapi tidak sedikit air sungai yang mengandung bahan yang berbahaya bagi kelangsungan hidup manusia. Air sungai yang memiliki tingkat pencemaran tertinggi di wilayah Jawa Barat adalah Sungai Citarum.

Sungai Citarum memiliki panjang 3.332,97 km dan luas 8.779,20 km². Sungai Citarum digunakan untuk menunjang kehidupan masyarakat seperti pertanian, peternakan, PLTA, industri, dan kebutuhan rumah tangga. Seiring dengan berkembangnya zaman, pencemaran Sungai Citarum meningkat dan sebagian besar diantaranya mengandung logam berat yang berbahaya. Kandungan logam berat seperti tembaga (Cu), timbal (Pb), nikel (Ni), besi (Fe), Kadmium (Cd), kromium (Cr), titanium (Ti), dan arsenik (As) dapat menunjukkan kondisi lingkungan (Kirana *et al.*, 2019). Kandungan logam tersebut bersumber dari limbah industri tekstil yang dikeluarkan ke lingkungan secara langsung tanpa menempuh proses pengelolaan terlebih dahulu terutama pada kandungan logam kromium yang relatif tinggi dibandingkan dengan logam lainnya. Kromium merupakan bagian dari logam berat berwarna putih yang tidak stabil dan mudah teroksidasi, yang termasuk logam dengan toksisitas tinggi (Oginawati *et al.*, 2021).

Penelitian terdahulu telah dilakukan terkait kadar Cr(VI) pada Sungai Citarum di wilayah Desa Rancamanyar, Kabupaten Bandung sebesar 0,2542 ppm (Aeni, Nurdin and Ansori, 2023). Kadar Cr(VI) tersebut melampaui batas standar mutu kualitas air sungai yang baik berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 yaitu sebesar 0,05 mg/L. Logam berat Cr(VI) dalam kadar yang sangat tinggi dapat mengakibatkan gangguan pernapasan, kardiovaskular, hematologi, gangguan pencernaan, fungsi hati, ginjal, dan gangguan efek neurologis bahkan dapat merenggang nyawa (Vitasari, Darundiati and Setiani, 2020). Oleh karena itu, penanganan pencemaran air Sungai Citarum harus segera ditangani. Telah banyak metode yang dikembangkan dalam upaya menangani logam berat baik secara biologi maupun kimiawi. Metode konvensional tersebut memiliki kelemahan antara lain membutuhkan biaya yang mahal, menciptakan limbah baru dan hasil yang didapat kurang efektif (Rambabu *et al.*, 2020). Oleh karena itu, diperlukan alternatif lain untuk menangani pencemaran logam berat pada air Sungai Citarum, salah satunya adalah dengan metode biosorpsi.

Biosorpsi adalah teknik yang efisien dan sederhana dengan memanfaatkan bahan alam tertentu untuk menyerap ion logam dalam air melalui dua proses pemisahan yaitu fase padat dan fase cair (Herlina *et al.*, 2023). Biosorpsi memiliki banyak keunggulan dalam penggunaannya yaitu minim akan efek samping, efektivitas pengikatan logam yang tinggi, endapan yang dihasilkan dalam proses biosorpsi rendah, dapat digunakan berulang kali karena memiliki mekanisme regenerasi, dan material mudah didapatkan karena berasal dari material alam (Elystia, Putri and Muria, 2018).

Biji Buah Rudraksha (*Elaeocarpus ganitrus*) memiliki kandungan karbon sebesar 50,031%. Data tersebut menunjukkan bahwa kandungan karbon pada biji buah Rudraksha tinggi. Salah satu material yang bisa digunakan sebagai biosorben adalah karbon aktif melalui proses aktivasi yang menyebabkan perkembangan pada struktur pori yang berperan penting dalam proses biosorpsi. Semakin kecil pori-pori biosorben maka luas permukaan akan semakin besar sehingga akan meningkatkan daya adsorpsi. Selain struktur pori, gugus fungsi yang terdapat pada permukaan biosorben juga turut berperan pada proses biosorpsi dimana gugus fungsi akan berikatan dengan ion logam (Zurlina, 2019). Menurut SNI. 06-3730-1995 terdapat beberapa standar kualitas sebuah karbon aktif yang bisa digunakan sebagai biosorben salah satunya adalah daya serap terhadap iodin dan methylene blue masing-masing sebesar minimal 750 mg/g dan minimal 120 mg/g. Biji buah rudraksha (*Elaeocarpus ganitrus*) memiliki daya serap terhadap Iodin dan Methylene blue masing-masing sebesar 920,56 mg/g dan 499,56 mg/g. Dengan hasil analisis yang telah dilakukan, menunjukkan adanya potensi biji buah rudraksha (*Elaeocarpus ganitrus*) untuk menjadi biosorben pada proses pengurangan kadar Cr(VI) pada air Sungai Citarum (Shrestha, Pokharel and Rajbhandari, 2022).

Oleh karena itu, dengan potensi sebagai biosorben yang dimiliki biji buah Rudraksha (*Elaeocarpus ganitrus*) peneliti ingin mengkaji kemampuan biosorben biji buah Rudraksha dalam melakukan penurunan kadar logam berat Cr(VI) pada sampel air Sungai Citarum dan menentukan jumlah optimum biosorben biji buah Rudraksha pada proses biosorpsi logam berat Cr(VI).

2. Methodology

Deskriptif kuantitatif digunakan dalam penelitian ini. Penelitian ini menjelaskan hasil pengujian proses biosorpsi dalam penurunan kadar logam berat Cr (VI) menggunakan biosorben biji buah rudraksha pada sampel air Sungai Citarum dengan meli hat kadar Cr (VI) sebelum dan setelah dilakukan biosorpsi. Variabel dalam penelitian ini merupakan biosorben biji buah rudraksha dan

kadar logam berat Cr (VI) pada sampel air Sungai Citarum. *Purposive sampling* digunakan dalam teknik pengambilan sampel pada penelitian ini. Sampel air Sungai Citarum di Desa Rancamanyar dan Kelurahan Andir, Kabupaten Bandung, Jawa Barat digunakan pada penelitian.

2.1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian diantaranya Ayakan 100 mesh, ball pipet, batang pengaduk, botol sampel, blender (maspion), corong (pyrex), erlenmeyer 250 mL (iwaki), gelas kimia 500 mL dan 1000 mL (iwaki), gelas ukur 100 mL (iwaki), hot plate (IKA CMAG), kaca arloji, kuvet (Chatson Jaya), labu ukur (25 mL, 50 mL, 100 mL)(iwaki), oven (memmert), pipet ukur (iwaki) , neraca analitik (mettler toledo), pH meter (Mquant), spektrofotometer UV-Vis (thermo scientific), spidol (snowman), stopwatch (QnQ) , tabung reaksi (iwaki). Sedangkan bahan yang digunakan diantaranya Air Sungai Citarum, akuades, aseton, buah rudraksha, HCl 1M, HNO₃, H₂SO₄ pekat, kertas label, kertas HVS, K₂Cr₂O₇, kristal 1,5-difenilkarbazid, kertas saring, NaOH 1 M, larutan ZnCl₂ murni.

2.2. Pengambilan Sampel Air Sungai Citarum

Penentuan titik pengambilan sampel dilaksanakan berdasarkan *SNI 6989.57:2008* tentang metoda pengambilan contoh air permukaan berdasarkan debit air sungai. Sampel air sungai Citarum diambil dengan memasukkan sampel air sungai citarum ke dalam wadah sampel yang telah dilakukan disinfeksi. Botol tidak diisi penuh untuk memberi ruang penambahan pengawet dan untuk memudahkan proses homogenisasi. Selanjutnya, dilakukan pengukuran pH air menggunakan pH universal. Kemudian, pengawet HNO₃ ditambahkan ke dalam botol sampel lalu dihomogenisasi dan botol ditutup dengan rapat. Kemudian sampel segera dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pemeriksaan (Aeni, 2022).

2.3. Uji Pendahuluan Fisik

Uji pendahuluan fisik dilaksanakan dengan melakukan pengamatan secara langsung sebelum sampel diberi larutan HNO₃ pekat (65%). Parameter yang diamati meliputi bau, warna, kekeruhan, dan pH air (Baehaki *et al.*, 2020).

2.4. Pembuatan Biosorben Biji Buah Rudraksha

Buah rudraksha dikupas dan disisakan bijinya. Kemudian, biji rudraksha dicuci beberapa kali dengan air bersih lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 6 jam. Selanjutnya, biji yang telah dikeringkan, dihancurkan lalu diayak dengan ayakan 100 mesh agar mendapatkan partikel yang seragam. Kemudian, larutan ZnCl₂ murni diaplikasikan pada biji yang telah dihaluskan dengan perbandingan 1:2. Selanjutnya dilakukan pemanasan pada suhu 180°C selama 6 jam. Langkah berikutnya adalah pelepasan aktivator dengan pencucian seluruh produk karbonisasi. 1) Serbuk biji rudraksha dihancurkan kembali hingga menjadi serbuk halus lalu dicampurkan dengan HCl (100 ml). 2) Campuran yang dihasilkan berikutnya dilakukan inkubasi selama 24 jam pada suhu kamar dan dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer. 4) Setelah inkubasi selama 24 jam campuran dipisahkan menggunakan kertas saring dan dilakukan pencucian. Terakhir, biosorben dikeringkan selama 2 jam dengan suhu 110°C (Shrestha, Pokharel and Rajbhandari, 2022).

2.5. Pengukuran Kadar Awal Cr(VI) pada Sampel Air Sungai Citarum

Pengukuran kadar awal Cr(VI) dimulai dari menyaring air Sungai Citarum menggunakan kertas saring. Lalu sampel yang telah disaring dipipet sebanyak 2,5 mL dan ditambahkan H₂SO₄ 0,2 N hingga pH menjadi asam ($2,0 \pm 0,5$) dan 0,5 mL larutan 1,5-difenilkarbazid. Campuran lalu dihomogenkan dan didiamkan 5-10 menit lamanya. Selanjutnya, spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk melakukan pengukuran campuran pada rentang panjang gelombang antara 400-800 nm untuk mengetahui kadar awal Cr(VI) pada sampel air Sungai Citarum. (Rahmawati *et al.*, 2021; Aeni, 2022)

2.6. Biosorpsi Sampel Air Sungai Citarum Menggunakan Biosorben Biji Buah Rudraksha

Sampel air Sungai Citarum dimasukan ke dalam Erlenmeyer 50 mL sebanyak 10 mL. kemudian biosorben buah rudraksha dikontakkan dengan sampel air sungai terhadap lima variasi jumlah

biosorben sebanyak 0,1 g; 0,5 g; 1,0 g; 1,5 g; dan 2,0 g. Larutan dilakukan pengadukan dengan kecepatan 100 rpm selama 30 menit. (Rahmawati *et al.*, 2021; Aeni, 2022).

Suhu yang digunakan pada proses biosorpsi adalah suhu ruang yaitu 25°C. Menurut Reynold, T.D proses adsorpsi merupakan reaksi eksoterm dimana pada umumnya seiring dengan penurunan suhu maka akan terjadi peningkatan adsorpsi. Hal ini berlangsung karena ion logam berat memiliki pergerakan yang cepat pada temperatur tinggi. Sehingga logam berat yang teradsorpsi oleh biosorben akan berkurang (A. Annisah and Muhammad Subhan, 2020).

2.7. Pengukuran Kadar Akhir Cr(VI) pada Sampel Air Sungai Citarum Setelah Biosorpsi

Campuran pada tahapan biosorpsi sebelumnya disaring dengan kertas saring lalu dipipet sebanyak 2,5 mL dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Kemudian 2 mL H₂SO₄ pekat dan 0,5 mL larutan 1,5-difenilkarbazid ditambahkan. Campuran kemudian dilakukan pengukuran menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada rentang panjang gelombang 400-800 nm untuk mengetahui kadar Cr(VI) pada sampel air Sungai Citarum.

3. Results and Discussion

3.1. Uji Pendahuluan Fisik

Sampel air Sungai Citarum dilakukan uji pendahuluan fisik sebelum ditambahkan pengawet HNO₃. Parameter yang di uji meliputi pH, kekeruhan, warna, dan bau pada sampel air Sungai Citarum. Lokasi pengambilan sampel berada di dua titik di Kecamatan Baleendah yaitu di Desa Rancamanyar dan Kelurahan Andir. Data uji pendahuluan fisik dapat dilihat pada Table 1.

Table 1. Uji Pendahuluan Fisik Sampel Air Sungai Citarum

| Lokasi Pengambilan Sampel Air Sungai Citarum | Parameter Uji | | | |
|--|---------------|---------|-----------|-------|
| | pH | Warna | Kekeruhan | Bau |
| Rancamanyar | 6 | Cokelat | Keruh | Tajam |
| Andir | 6 | Cokelat | Keruh | Tajam |

Menurut PP Nomor 82 Tahun 2001 terkait Pengolahan Kualitas dan Pengendalian Pencemaran Air, menyatakan bahwa standar baku mutu kualitas air sungai untuk pH air adalah 6,7-8,5 dan tidak berwarna serta tidak berbau (Rahmawati *et al.*, 2021). Air Sungai Citarum terindikasi tercemar yang ditandai dengan pH <6,5, warna air sungai yang keruh, berwarna coklat, dan memiliki bau yang menyengat tajam.

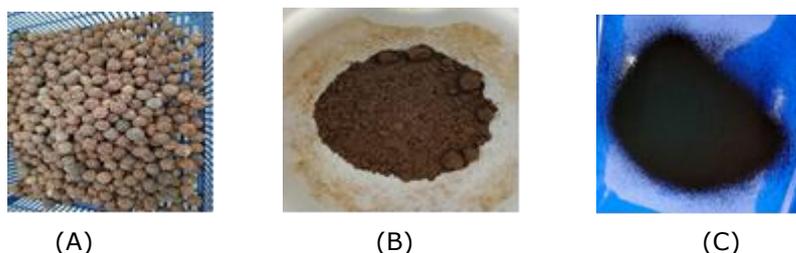


Figure 1. Biosorben Biji Buah Rudraksha: (A) Biji Buah Rudraksha (B) Biji Buah Rudraksha yang Telah Dihaluskan (C) Biosorben Biji Buah Rudraksha.

3.2. Pengukuran Kadar Awal Cr (VI) pada Sampel Air Sungai Citarum

Hasil penelitian menunjukkan, logam berat Cr (VI) yang terkandung pada sampel air Sungai Citarum pada kedua titik yakni di Desa Rancamanyar dan Kelurahan Andir telah melampaui batas baku mutu kualitas dan pencemaran pengendalian air berdasarkan PP Nomor 82 Tahun 2001

yakni 0,05 mg/L. Konsentrasi logam berat Cr(VI) pada kedua titik adalah 0,130 mg/L pada Desa Rancamanyar dan 0,170 mg/L pada Kelurahan Andir. Banyaknya industri tekstil disepanjang daerah aliran sungai citarum di wilayah Kelurahan Andir dapat menjadi faktor utama tingginya kadar Cr(VI) pada air Sungai Citarum di titik Kelurahan Andir. Sedangkan pada titik Desa Rancamanyar kadar Cr(VI) sedikit lebih rendah karena mayoritas daerah air sungainya dibangun pemukiman warga. Namun, kadar Cr(VI) di titik Desa Rancamanyar masih melampaui batas baku mutu hal ini bisa terjadi karena kadar Cr(VI) pada titik sebelumnya terakumulasi sehingga menyebabkan tingginya kadar Cr(VI) di titik Desa Rancamanyar. Kadar awal Cr(VI) disajikan dalam Table 3.

Table 3. Kadar Awal Cr(VI) Sebelum Proses Biosorpsi

| No. | Sampel | Absorbansi | | Konsentrasi (mg/L) | | Rerata Konsentrasi (mg/L) |
|-----|-------------|------------|-------|--------------------|-------|---------------------------|
| | | I | II | I | II | |
| 1. | Rancamanyar | 0,059 | 0,064 | 0,126 | 0,134 | 0,130 |
| 2. | Andir | 0,060 | 0,065 | 0,166 | 0,174 | 0,170 |

3.3. Biosorpsi Sampel Air Sungai Citarum Menggunakan Biosorben Biji Buah Rudraksha

Biji buah rudraksha memiliki kandungan karbon sekitar 50,031%. Dengan kandungan karbon yang tinggi memungkinkan biji buah rudraksha untuk dijadikan karbon aktif. Karbon aktif memiliki muatan positif sehingga mampu mengikat polutan anion pada permukaan matriks karbon dengan membentuk ikatan ion dan mengikat ion logam berat melalui mekanisme pertukaran ion (Bempa, 2020).

Pada sampel air Sungai Citarum di titik Desa Rancamanyar dengan konsentrasi Cr(VI) awal 0,130 mg/L dan dilakukan penambahan biosorben biji buah rudraksha sebanyak 0,1 gram diperoleh hasil yang kurang maksimal dimana kadar Cr(VI) pada sampel adalah 0,0543 mg/L yang artinya masih melampaui batas baku mutu sesuai dengan PP RI Nomor 82 tahun 2001. Penambahan biosorben 0,1 gram masih belum mampu untuk menurunkan kadar Cr(VI) pada sampel hingga dibawah batas baku mutu yakni 0,05 mg/L. Pada penambahan biosorben sebanyak 0,5 gram, 1 gram, 1,5 gram, dan 2 gram kadar Cr(VI) setelah dilakukan proses biosorpsi berada dibawah batas baku mutu berturut-turut 0,0423 mg/L; 0,0343 mg/L; 0,0263 mg/L; dan 0,0104 mg/L. Pada sampel air Sungai Citarum di titik Kelurahan Andir dengan konsentrasi Cr(VI) awal 0,170 mg/L dan ditambahkan biosorben biji buah rudraksha sebanyak 0,1 gram diperoleh hasil adsorpsi yang kurang maksimal yakni kadar Cr(VI) pada sampel sebesar 0,1301 mg/L yang artinya kadar Cr(VI) pada sampel masih jauh diatas standar baku mutu. Pada penambahan biosorben sebanyak 0,5 gram penurunan kadar Cr(VI) mulai mendekati batas standar baku mutu yakni sebesar 0,0503 mg/L. Pada penambahan biosorben berikutnya yakni 1 gram, 1,5 gram, dan 2 gram, proses biosorpsi menunjukkan hasil kadar Cr(VI) yang berada dibawah batas baku mutu yakni berturut-turut sebesar 0,0303 mg/L; 0,0223 mg/L; dan 0,0063 mg/L. Hal ini terjadi karena salah satu faktor yang mempengaruhi proses biosorpsi adalah massa biosorben dimana ketika massa biosorben yang ditambahkan pada proses biosorpsi semakin banyak maka akan semakin tinggi pula daya adsorpsinya karena luas permukaan biosorben yang semakin tinggi. Sehingga sisi aktif pada biosorben pun akan semakin banyak dan daya adsorpsi yang dihasilkan akan semakin meningkat (Cahyaning Wulandari *et al.*, 2023).

3.4. Penurunan Kadar Cr(VI) pada Sampel Air Sungai Citarum Setelah Biosorpsi

Pada penelitian ini, kadar akhir logam berat Cr(VI) dilakukan analisis setelah tahapan biosorpsi dilakukan dengan biosorben biji buah rudraksha secara duplo lalu hasil dalam bentuk rata-rata. Kadar logam berat Cr(VI) mengalami penurunan pada kedua titik Sungai Citarum yaitu sampel air Sungai Citarum di Desa Rancamanyar dan sampel air Sungai Citarum di Kelurahan Andir.

Berdasarkan Gambar 3 terlihat penurunan kadar logam berat Cr(VI) tertinggi setelah proses biosorpsi terjadi pada variasi massa optimum 2,0 g dengan presentase penurunan pada dua titik di Desa Rancamanyar dan Kelurahan Andir berturut-turut sebesar 92,02% dan 94,24%.

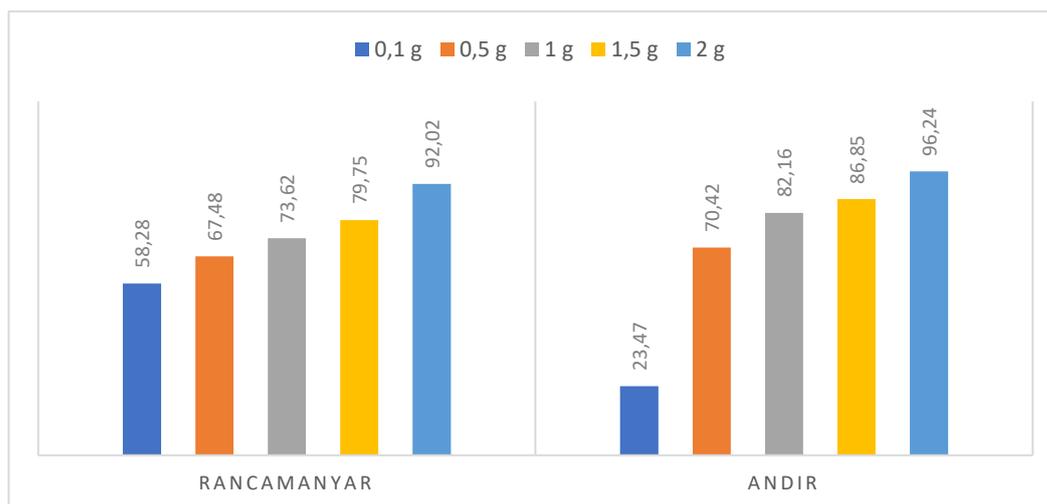


Figure 3. Persentase Penurunan Kadar Cr(VI) Setelah Biosorpsi.

Peningkatan adsorpsi pada variasi massa tertinggi yaitu 2,0 g terjadi karena adanya peningkatan efisiensi seiring dengan meningkatnya massa biosorben maka semakin besar luas permukaan dan volume pori yang tersedia dalam mengadsorpsi logam berat Cr(VI). Namun ketika kondisi optimum telah terlewati maka efisiensi adsorpsi yang dihasilkan akan menurun karena terdapat gumpalan pada biosorben dan ketidakjenuhan muncul pada sisi biosorben yang aktif (Novianti, Karang and Putra, 2020). Oleh karena itu, penggunaan massa biosorben yang tepat dan sesuai penting untuk dilakukan agar efisiensi penyerapan logam berat Cr(VI) dapat dimaksimalkan.

Pada penelitian ini, kadar logam berat Cr(VI) pada sampel air Sungai Citarum yang telah dilakukan proses biosorpsi telah mencapai standar baku buku air menurut PP Nomor 82 Tahun 2001 yaitu 0,05 mg/L pada variasi massa biosorben 0,5 g; 1,0 g; 1,5 g dan 2,0 g. Terdapat beberapa hal yang bisa direkomendasikan untuk meningkatkan daya adsorpsi terhadap logam berat Cr(VI) yaitu dengan melakukan uji optimasi pH, waktu kontak, suhu, dan kecepatan pengadukan menggunakan biosorben biji buah rudraksha pada proses biosorpsi.

4. Conclusion

Biosorben biji buah rudraksha dapat dimanfaatkan pada proses biosorpsi dalam menurunkan kadar logam berat Cr(VI). Biosorpsi logam berat Cr(VI) pada kedua sampel air sungai citarum mendapatkan hasil optimum pada penambahan biosorben sebanyak 2 g dengan persentase eliminasi tertinggi kadar Cr(VI) berlangsung dikedua sampel air Sungai Citarum di Desa Rancamanyar dan Kelurahan Andir berturut-turut sebesar 92,02% dan 94,24%.

References

- A. Annisah and Muhammad Subhan (2020) 'Efektifitas regenerasi bentonit dan zeolit bekas untuk menyerap logam mangan dan besi dalam limbah cair laboratorium', *Jurnal Teknik Kimia*, 26(1), pp. 12–21. Available at: <https://doi.org/10.36706/jtk.v26i1.442>.
- Aeni, S.R.N. (2022) 'PEMANFAATAN AMPAS DAUN TEH PADA PROSES BIOSORPSI LOGAM BERAT Cr(VI) PADA AIR SUNGAI CITARUM', *Jurnal Penelitian Saintek*, 2(27), pp. 103–111. Available at: <https://doi.org/10.21831/jps.v2i27.52841>.
- Aeni, S.R.N., Nurdin, N. and Ansori, I.F. (2023) '“Padi Lingko” to Reduce Hexavalent Chromium Levels (Cr(VI)) in Citarum River Water Sample', *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)*, 8(2), p. 241. Available at: <https://doi.org/10.30870/educhemia.v8i2.21545>.
- Baehaki, F. et al. (2020) 'Utilization of Salacca zalacca seeds as Chromium(VI) adsorbents', *Periodico Tche Quimica*, 17(34), pp. 200–212. Available at: https://doi.org/10.52571/ptq.v17.n34.2020.217_p34_pgs_200_212.pdf.

- Bempa, S.H.L. (2020) 'Karbon Aktif Teraktivasi ZnCl₂ sebagai Adsorben Logam Fe(III) Di Limbah Laboratorium Universitas Negeri Gorontalo', *Jambura Journal of Chemistry*, 2(1), pp. 17–26. Available at: <https://doi.org/10.34312/jambchem.v2i1.7055>.
- Boretti, A. and Rosa, L. (2019) 'Reassessing the projections of the World Water Development Report', *npj Clean Water*, 2(1). Available at: <https://doi.org/10.1038/s41545-019-0039-9>.
- Cahyaning Wulandari, N. *et al.* (2023) 'Pengaruh Massa Biosorben Kulit Batang Kayu Jawa (*Lannea coromandelica*) terhadap Kapasitas Adsorpsi Ion Cd(II) Effect of Biosorbent Mass of Java Bark (*Lannea coromandelica*) to The Adsorption Capacity of Cd(II) Ion', *Jurnal Atomik*, 08(2), pp. 65–70.
- Elystia, S., Putri, R.R. and Muria, S.R. (2018) 'Biosorpsi Kromium (Cr) Pada Limbah Cair Industri Elektroplating Menggunakan Biomassa Ragi Roti (*Saccharomyces cerevisiae*)', *Jurnal Dampak*, 15(1), p. 1. Available at: <https://doi.org/10.25077/dampak.15.1.1-6.2018>.
- Herlina, R. *et al.* (2023) 'Pengaruh Massa Adsorben Pada Biosorpsi Ion Logam Cr(VI) Menggunakan Biosorben Selulosa Dari Kulit Durian (*Durio zibethinus L.*)', *Periodic*, 12(2), p. 87. Available at: <https://doi.org/10.24036/periodic.v12i2.118351>.
- Kirana, K.H. *et al.* (2019) 'Identifikasi Kualitas Air Sungai Citarum Hulu Melalui Analisa Parameter Hidrologi Dan Kandungan Logam Berat (Studi Kasus: Sungai Citarum Sektor 7)', *Wahana Fisika*, 4(2), pp. 120–128. Available at: <https://doi.org/10.17509/wafi.v4i2.21907>.
- Novianti, A.D., Karang, I.W.G.A. and Putra, I.N.G. (2020) 'Optimalisasi Biomassa Alga Hijau Ulva sp. Sebagai Biosorben Logam Berat Cr(VI)', *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 6(1), p. 125. Available at: <https://doi.org/10.24843/jmas.2020.v06.i01.p15>.
- Oginawati, K. *et al.* (2021) 'Risk analysis of inhaled hexavalent chromium (Cr₆₊) exposure on blacksmiths from industrial area', *Environmental Science and Pollution Research*, 28(11), pp. 14000–14008. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11590-6>.
- Rahmawati, L. *et al.* (2021) 'PEMANFAATAN SEKAM PADI UNTUK PROSES BIOSORPSI Cr(VI) DALAM SAMPEL AIR SUNGAI CITARUM', 26(Vi), p. 6.
- Rambabu, K. *et al.* (2020) 'Biosorption performance of date palm empty fruit bunch wastes for toxic hexavalent chromium removal', *Environmental Research*, 187(March), p. 109694. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109694>.
- Shrestha, R.M., Pokharel, B. and Rajbhandari, R. (2022) 'International Journal of Advanced Engineering Characterization of Activated Carbon Prepared from Rudraksha (*Elaeocarpus ganitrus*) Seed', 5(01), pp. 2586–7652. Available at: <http://ictaes.org>.
- Vitasari, M., Darundiati, Y.H. and Setiani, O. (2020) 'Biokonsentrasi Faktor Logam Berat Kromium Heksavalen (Cr VI) Pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Sungai Tenggang Semarang Timur', *Jurnal Ilmiah Mahasiswa*, 10(1), pp. 6–9. Available at: <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/jim/index>.
- Zurlina, C.U.T.F. (2019) 'BIOSORPSI ION LOGAM TIMBAL (Pb) DAN TEMBAGA (Cu) PADA LIMBAH CAIR AKUMULATOR MENGGUNAKAN PROGRAM STUDI BIOLOGI 2019 M / 1441 H', pp. 1–70.