

**PEMANFAATAN SEKAM PADI UNTUK PROSES BIOSORPSI Cr(VI)
DALAM SAMPEL AIR SUNGAI CITARUM*****(UTILIZATION OF RICE HUSKS FOR BIOSORPTION PROCESS OF Cr(VI)
IN CITARUM RIVER WATER SAMPLES)*****Lina Rahmawati, Dwi Safanida, Rismayani Solihat, Zahratul Zakiah,
dan Suci Rizki Nurul Aeni**Fakultas Kesehatan Institut Kesehatan Rajawali, Indonesia
Jl. Rajawali Barat Nomor 38 Bandung 40184
email: linarahma198@gmail.com**Abstrak**

Pencemaran sungai Citarum diakibatkan oleh limbah industri yang dibuang langsung ke sungai. Salah satu komponen limbah cair yang sering ditemui dan bersifat sangat toksik yaitu logam berat kromium(VI). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan kadar Cr(VI) dalam sampel air Sungai Citarum sebelum dan setelah dilakukan proses biosorpsi dengan menggunakan jumlah biosorben optimum sekam padi yang tidak diarangkan. Proses biosorpsi dilakukan dengan mengontakkan sampel air Sungai Citarum dengan biosorben sekam padi pada variasi berat sebesar 0,1; 0,5; 1,0; 1,5, dan 2,0 g. Hasil pengujian menunjukkan adanya penurunan kadar Cr(VI) setelah biosorpsi menggunakan biosorben sekam padi. Persentase penurunan kadar logam Cr(VI) tertinggi terjadi pada seluruh titik sungai dengan penambahan biosorben sekam padi sebanyak 1,5 g yaitu berturut-turut sebesar 41,18%; 62,65%; 55,07%; dan 56,43%. Pada penambahan jumlah biosorben sebanyak 2g mengalami penurunan kapasitas biosorpsi karena terjadi gangguan pembentukan logam-biosorben akibat adanya interfensi antar situs. Dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa kapasitas biosorpsi meningkat sebanding dengan penambahan jumlah biosorben sekam padi dan optimum pada penambahan jumlah biosorben sekam padi sebanyak 1,5 g.

Kata kunci: logam berat Cr(VI), jumlah biosorben sekam padi, biosorpsi

Abstract

The Citarum River, as the river with the highest pollution level in Indonesia, certainly needs to be addressed immediately. The pollution is caused by industries which dump their waste directly into rivers. One of the components of liquid waste that is often encountered and is highly toxic is the heavy metal chromium(VI). This study aimed to determine the Cr(VI) levels in Citarum River water samples before and after the biosorption process using the optimum biosorbent of uncharred rice husks. The method used in this research is descriptive quantitative. The biosorption process was carried out by contacting Citarum River water samples with rice husk biosorbents at various amounts of 0.1 g; 0.5; 1.0; 1.5, and 2.0 g. The test results show a decrease in Cr(VI) levels after biosorption using rice husk biosorbent. The highest percentage decrease in Cr(VI) metal content occurred at all points of the river with 1.5 g of rice husk biosorbent, namely 41.18% respectively; 62.65%; 55.07%; and 56.43%. With the addition of 2g of biosorbent, the biosorption capacity decreased. There is interference with the formation of metal-biosorbent due to interference between sites. From this research, it can be concluded that the biosorption capacity increases with the addition of the rice husk biosorbent and the optimum with 1.5 g of rice husk biosorbent.

Keywords: heavy metal Cr(VI); amount of rice husk biosorbent; biosorption

PENDAHULUAN

Salah satu sungai dengan tingkat pencemaran tertinggi di Indonesia adalah sungai Citarum yang terletak di Jawa Barat Indonesia (Sumantri & Rahmani, 2020). Pencemaran di sungai Citarum diakibatkan oleh limbah industri yang dibuang langsung ke sungai tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu (Putra, 2016). Hal ini dikarenakan banyak dari pabrik industri tersebut yang tidak menggunakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) karena dalam prosesnya memerlukan biaya yang relatif mahal dan rumit (Alfarisi, 2019). Palar (2012) menjelaskan bahwa logam kromium(VI) menjadi salah satu komponen limbah cair industri yang sering ditemui dengan jumlah besar dalam air sungai karena digunakan dalam proses pewarnaan produk tekstil, *electroplating*, dan penyamakan kulit.

Paparan kromium (VI) dapat membahayakan kesehatan manusia karena dapat menyebabkan gangguan saluran pernapasan, gangguan kulit, gangguan pembuluh darah, gangguan ginjal, kerusakan DNA, bahkan kanker (Casalegno *et al.*, 2015). Oleh karena itu, penanganan pencemaran air yang disebabkan oleh logam kromium (VI) ini menjadi hal yang perlu segera dilakukan. Salah satu caranya adalah dengan *treatment* air menggunakan metode biosorpsi.

Metode biosorpsi dapat dijadikan alternatif untuk menangani pencemaran

limbah cair dan pengolahan air karena tidak menimbulkan efek samping dan biayanya pun relatif rendah (Sangandita & Utami, 2019). Di samping itu, biosorpsi memiliki beberapa keunggulan, yakni memiliki kapasitas pengikatan logam yang tinggi, menghasilkan endapan yang minim, memiliki mekanisme regenerasi, serta menggunakan bahan baku alami sehingga banyak tersedia dan mudah didapatkan (Elystia dkk., 2018).

Salah satu limbah organik yang dapat digunakan sebagai biosorben adalah sekam padi. Sekam padi adalah hasil sampingan atau limbah dari proses penggilingan padi dan memiliki berat 25% dari bobot padi (Yahya, 2017). Limbah sekam padi sangat melimpah, namun pemanfaatannya belum optimum. Padahal, sekam padi memiliki kandungan selulosa yang tinggi, yaitu sebesar 35% (Yusuf & Tjahjani, 2013). Bahan alam berbasis selulosa berpotensi baik untuk dijadikan sebagai biosorben karena gugus OH- yang terikat dalam struktur selulosa dapat berinteraksi dengan komponen adsorbat (Sangandita & Utami, 2019).

Salah satu faktor keberhasilan proses biosorpsi ialah jumlah biosorben. Jumlah biosorben yang besar dapat meningkatkan kapasitas biosorpsi karena jumlah permukaan situs pengikat ion logam bertambah (Najiah, 2016). Dengan demikian, jumlah penyerapan zat terlarut mengalami peningkatan. Namun, jumlah biosorben yang terlalu tinggi dapat

mengurangi jumlah zat terlarut yang diserap per satuan berat sehingga penyerapan logam berat mengalami penurunan (Abbas *et al.*, 2014). Oleh sebab itu perlu diuji lebih lanjut mengenai jumlah biosorben optimum dalam proses biosorpsi ini.

Pengerjaan sekam padi yang diarangkan prosesnya relatif panjang membuat waktu yang diperlukan menjadi lebih lama. Hal ini menjadi tidak kompetitif untuk diaplikasikan. Berdasarkan penelitian terdahulu proses preparasi sekam padi yang diarangkan memiliki kendala yaitu biaya yang digunakan relatif tinggi karena menggunakan alat Tanur *Furnace* (Sangandita & Utami, 2019). Oleh karena itu, perlu adanya modifikasi dan penyederhanaan, sehingga biosorben sekam padi yang digunakan dalam penelitian ini adalah bentuk yang tidak diarangkan. Penelitian ini bertujuan untuk menguji potensi limbah sekam padi untuk biosorpsi dan untuk mengetahui jumlah biosorben optimum dalam menurunkan kadar logam berat kromium(VI) dengan menggunakan teknik biosorpsi oleh biosorben sekam padi yang tidak diarangkan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi hasil pemanfaatan sekam padi yang tidak diarangkan untuk biosorben dalam proses biosorpsi untuk menurunkan kadar logam berat Cr(VI) dalam air maupun limbah cair yang dapat membahayakan kesehatan masyarakat.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan selama dua bulan di Laboratorium Kimia Terapan dan Toksikologi Institut Kesehatan Rajawali. Sampel penelitian berupa air Sungai Citarum yang diambil di Desa Cilampeni, Pangauban, Nanjung, dan Lagadar, Kabupaten Bandung. Dalam proses pembuatan biosorben sekam padi, sekam padi dicuci bersih terlebih dahulu kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari atau di oven pada suhu 60°C selama 30 menit. Sekam padi kemudian diblender sampai menjadi bentuk serbuk. Sekam padi yang telah halus kemudian diayak menggunakan ayakan 100 mesh. Hasil ayakan sekam padi direndam dengan larutan NaOH 1 M selama 24 jam dengan perbandingan 3:1 untuk didelignifikasi. Sekam padi dicuci dengan akuades sampai pH netral. Sekam padi yang telah dicuci kemudian diaktivasi dengan larutan HCl 1 M selama 1 jam dengan suhu 90°C. Hasil aktivasi kemudian dicuci dengan akuades hingga pH netral. Biosorben sekam padi yang telah diaktivasi dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam.

Pengambilan sampel air Sungai Citarum dilakukan dengan memasukkan sampel air sungai ke dalam botol penampung khusus yang telah didesinfeksi. Disisakan ruang untuk menambahkan pengawet dan agar memudahkan homogenisasi. Pengukuran pH air menggunakan pH indikator universal.

Kemudian, pengawet HNO_3 ditambahkan lalu dihomogenkan kemudian botol ditutup dengan rapat.

Pengukuran kadar awal Cr(VI) diawali dengan menyaring air Sungai Citarum menggunakan kertas saring. Selanjutnya filtrat diambil sebanyak 2,5 mL dan ditambahkan 2 mL H_2SO_4 pekat dan 0,5 mL larutan 1,5-difenilkarbazid. Campuran diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer UV-Visibel pada panjang gelombang 540 nm (telah diuji langsung oleh peneliti) untuk mengetahui kadar awal Cr(VI) dalam sampel air sungai.

Biosorpsi dilakukan dengan memasukkan sampel air sungai Citarum ke dalam Erlenmeyer 250 mL masing-masing sebanyak 10 mL. Sampel air yang telah dimasukan kedalam Erlenmeyer kemudian dikontakkan dengan biosorben sekam padi dengan berbagai variasi jumlah yang telah ditetapkan yakni 0,1; 0,5; 1,0; 1,5, dan 2 g. Larutan kemudian diaduk selama 30 menit dengan kecepatan 100 rpm. Selanjutnya, larutan disaring menggunakan kertas saring. Kemudian, diukur pH dan suhu larutan selama proses biosorpsi. Selanjutnya, dilakukan pengukuran kadar akhir Cr(VI) pada sampel air Sungai Citarum setelah biosorpsi menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Pengukuran nilai absorbansi pada deret larutan standar untuk memperoleh persamaan garis linear $y = ax + b$ dari kurva

kalibrasi standar antara konsentrasi dan absorbansi larutan standar Cr(VI) dengan y adalah nilai absorbansi dan x adalah konsentrasi. Kurva ini digunakan untuk memperoleh persamaan garis linear yang digunakan untuk menghitung kadar logam Cr(VI) dalam sampel air Sungai Citarum. Pengukuran absorbansi larutan standar dilakukan pada seri larutan standar yang telah diketahui konsentrasinya yaitu 0,3; 0,6; 0,9; 1,2; 1,5; 1,8; dan 2,1 mg/L menggunakan Spektrofotometer UV-Visibel pada panjang gelombang 540 nm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan panjang gelombang maksimum terlebih dahulu dilakukan sebelum pengukuran absorbansi larutan standar Cr(VI) agar diperoleh panjang gelombang yang menghasilkan serapan maksimum dalam penentuan kadar Cr(VI) dalam larutan. Rentang panjang gelombang yang digunakan untuk mencari panjang gelombang maksimum yaitu 400-800 nm (Prasetyo, 2006). Pada penelitian ini, panjang gelombang maksimum yang diperoleh yaitu sebesar 540 nm.

Data hasil pengukuran absorbansi dari tujuh deret larutan standar dengan konsentrasi yang berbeda pada panjang gelombang 540 nm dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil absorbansi yang didapatkan pada pengukuran ini mengalami peningkatan se-

banding dengan bertambah besarnya nilai konsentrasi larutan standar. Rentang nilai absorbansi larutan standar dapat menentukan konsentrasi Cr(VI) dalam sampel. Penyajian kurva kalibrasi standar dapat dilihat pada Gambar 1.

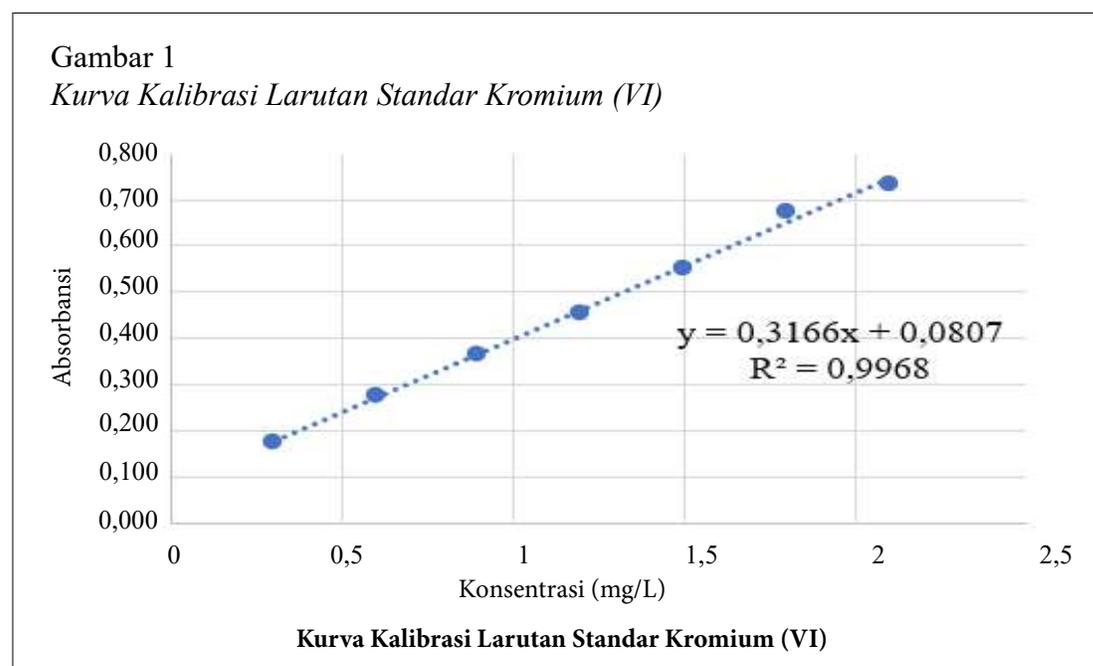
Tabel 1
Nilai Absorbansi Larutan Standar Kromium (VI)

Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi
0,3	0,175
0,6	0,274
0,9	0,365
1,2	0,452
1,5	0,551
1,8	0,674
2,1	0,733

Gambar 1 menunjukkan nilai koefisien determinasi diperoleh adalah $R^2 = 0,9968$.

Artinya, nilai R^2 mendekati ideal dan persamaan garis pada kurva larutan standar yang dihasilkan adalah $y = 0,3166x + 0,0807$. Hal ini menunjukkan bahwa nilai R^2 mendekati ideal dan persamaan yang dihasilkan dari kurva dapat digunakan untuk penetapan kadar Cr(VI) dalam sampel air sungai Citarum. Hubungan linear yang ideal dicapai jika nilai koefisien korelasi mendekati $R^2 = 1$ atau $R^2 = -1$ (Saputra, 2016).

Uji pendahuluan fisik sampel air sungai Citarum dilakukan segera setelah pengambilan sampel dan sebelum sampel air sungai ditambahkan pengawet HNO_3 . Uji pendahuluan fisik meliputi pengukuran pH, warna, kekeruhan dan bau pada sampel air Sungai Citarum di Desa Cilampeni, Pangauban, Lagadar, dan Nanjung (Tabel 2).



Tabel 2
Uji Pendahuluan Fisik Sampel Air Sungai Citarum

Titik Pengambilan Sampel	Parameter Pemeriksaan			
	pH	Warna	Kekeruhan	Bau
Cilampeni	5	Cokelat	Keruh	Tajam
Pangauban	5	Cokelat	Keruh	Tajam
Lagadar	5,5	Cokelat	Agak Keruh	Tajam
Nanjung	6	Cokelat	Sangat Keruh	Tajam

Uji pendahuluan fisik yang pada sampel Air Sungai Citarum menunjukkan telah terjadinya pencemaran yang ditandai dengan warna air sungai yang cokelat, keruh, berbau tajam, dan memiliki derajat keasaman <6,5. Sementara itu, kadar awal Cr(VI) air sungai Citarum di Desa Pangauban sebesar 0,314 mg/L, di Desa Cilampeni sebesar 0,586 mg/L, di Desa Lagadar 0,288 mg/L, dan di Desa Nanjung sebesar 0,541 mg/L. Uji fisik air sungai dan kadar kromium (VI) pada sampel air Sungai Citarum tersebut menunjukkan air sungai telah tercemar karena menurut PP Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengolahan Kualitas dan Pengendalian Pencemaran Air, standar baku mutu pH air sungai adalah 6,5-8,5. Sementara itu, kadar maksimum logam berat kromium (VI) pada air sungai yaitu sebesar 0,05 mg/L; tidak berwarna dan tidak berbau.

Pada pembuatan biosorben, sekam padi yang telah diambil dari pabrik penggilingan beras kemudian dicuci dengan air bersih untuk menghilangkan pengotor. Setelah itu, sekam padi dijemur di bawah sinar matahari selama 6 jam untuk menghilangkan kadar air

agar bahan dasar lebih tahan lama dan tidak cepat rusak akibat reaksi-reaksi kimia dan aktivitas mikroba. Setelah kering terlebih dahulu dilakukan tahapan pengecilan ukuran dengan cara diblender (Sangandita & Utami, 2019). Sekam padi yang telah digiling kemudian diayak dengan menggunakan ayakan 100 mesh untuk menyeragamkan ukuran sekam padi. Ukuran biosorben menentukan luas permukaan biosorben. Semakin kecil ukuran diameter biosorben maka semakin luas permukaannya. Hal ini dapat menyebabkan semakin banyak adsorbat yang diserap sehingga proses adsorpsi dapat semakin efektif (Purwaningtyas dkk., 2020). Dalam beberapa penelitian terdahulu, ukuran biosorben 100 mesh memperoleh efektifitas optimum dalam penyerapan ion logam (Reyra dkk., 2017; Shafirinia dkk., 2016).

Sekam padi yang telah berukuran 100 mesh kemudian didelignifikasi selama 24 jam menggunakan larutan NaOH 1 M. Proses delignifikasi ini bertujuan untuk menghilangkan lignin yang terkandung sebanyak 35% dalam sekam padi (Ugheoke & Mamat, 2012). Hal tersebut dikarenakan

lignin yang berikatan dengan selulosa dapat mempersulit ikatan antara gugus OH- yang terkandung dalam selulosa sekam padi dengan ion Cr(VI) (Putra dkk., 2011).

Tahap selanjutnya yaitu aktivasi biosorben menggunakan HCl 1 M selama 1 jam. Proses aktivasi ini bertujuan untuk mengaktifkan biosorben sekam padi dengan menambahkan aktivator asam agar mengurangi kandungan air yang masih tertinggal pada permukaan biosorben sehingga dapat meningkatkan daya serapnya (Verayana dkk., 2018).

Setelah biosorben sekam padi diaktivasi, proses selanjutnya yaitu pengeringan biosorben sekam padi menggunakan oven pada suhu 60°C selama 24 jam dan dilakukan penimbangan. Setelah pengeringan dan penimbangan yang pertama, diperoleh massa sekam padi sebesar 50 g. Selanjutnya, biosorben sekam padi dikeringkan kembali pada suhu 80°C selama 1 jam. Biosorben yang telah melalui proses pengeringan kedua kemudian ditimbang. Hasil penimbangan biosorben sekam padi yang kedua menunjukkan hasil yang sama dengan penimbangan pertama yaitu sebesar 50 g. Massa yang konstan menunjukkan bahwa keadaan air pada bahan telah menguap seluruhnya dan hanya tersisa bahan itu sendiri (Kartika, 2014).

Proses biosorpsi dilakukan secara duplo dengan mengontakkan sebanyak 10 mL

sampel air Sungai Citarum dengan biosorben sekam padi pada lima variasi jumlah biosorben sebanyak 0,1; 0,5; 1,0; 1,5; dan 2,0 g. Sampel air Sungai Citarum dan biosorben sekam padi dikontakkan dengan kecepatan pengadukan 100 rpm selama 30 menit menggunakan Proses pengadukan pada proses biosorpsi sangat penting karena berguna agar biosorben dapat tersebar secara merata di setiap bagian sehingga dapat menyerap zat adsorbat dengan sempurna dan dapat menghasilkan daya adsorpsi yang maksimal. Proses pengadukan yang berlangsung cepat menyebabkan biosorben dapat memperbesar zona kontak dengan adsorbat (Sirajuddin dkk., 2017; Adriansyah dkk., 2018; Nurhasni dkk., 2010).

Pada penelitian ini, pH yang digunakan dalam proses biosorpsi adalah 6. Riapanitra dkk. (2006) menjelaskan bahwa pH akan memengaruhi muatan permukaan adsorben, derajat ionisasi, dan spesi yang dapat terserap dalam adsorpsi tersebut. Nilai pH juga dapat memengaruhi kesetimbangan kimia, baik pada adsorbat maupun pada adsorben. Biosorpsi ion Cr(VI) dalam pH 6 ini menyebabkan terbentuknya ikatan kimia antara adsorben dengan adsorbat dapat terjadi.

Proses biosorpsi pada penelitian ini dilakukan pada suhu ruang yaitu 25°C. Pemilihan suhu ruang ini karena proses biosorpsi pada suhu yang semakin tinggi

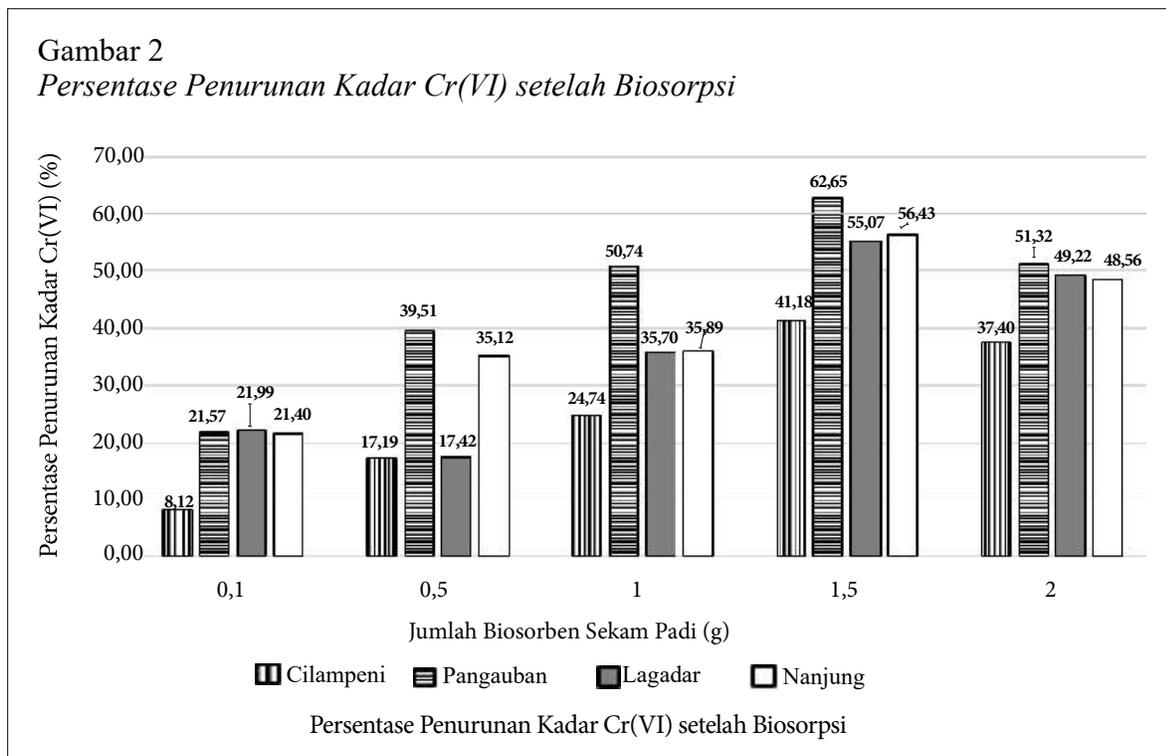
menyebabkan ion logam berat yang terserap oleh biosorben semakin sedikit. Menurunnya penyerapan logam di suhu tinggi disebabkan oleh pergerakan ion yang semakin cepat sehingga jumlah ion logam berat yang terserap oleh biosorben semakin berkurang (Nurhasni dkk., 2010).

Sekam padi memiliki kandungan selulosa yang tinggi yaitu sebesar 35% dimana selulosa berpotensi besar untuk dijadikan adsorben karena gugus -OH yang terikat dapat berinteraksi dengan komponen adsorbat (Aji & Kurniawan, 2012; Ugheoke & Mamat, 2012). Sangandita dan Utami (2019) menyatakan bahwa pada biosorpsi logam Cr(VI) oleh biosorben sekam padi cenderung terjadi secara kimia. Pada proses

adsorpsi kimia terjadi ikatan kimia yang kuat antara adsorbat dengan permukaan biosorben. Ikatan kimia yang cukup kuat membuat logam Cr(VI) terserap pada lapisan pertama atau monolayer. Selain itu, faktor biosorben dan adsorbat berperan penting dalam proses biosorpsi ini (Nurhasni dkk., 2010).

Pengukuran kadar kromium (VI) pada sampel air Sungai Citarum setelah dilakukan biosorpsi menggunakan biosorben sekam padi dilakukan secara triplo kemudian hasilnya dirata-ratakan. Penurunan kadar logam Cr(VI) pada 4 daerah di sepanjang sungai Citarum sesudah biosorpsi dituangkan pada Gambar 2.

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa jumlah biosorben sekam padi yang



optimum yaitu pada variasi jumlah 1,5 g karena presentase logam Cr(VI) teradsorpsi paling tinggi pada seluruh titik Sungai Citarum di Desa Cilampeni, Pangauban, Lagadar, dan Nanjung berturut-turut sebesar 41,18; 62,65; 55,07; dan 56,43%.

Sangandita dan Utami (2019) menjelaskan bahwa pada biosorpsi logam Cr(VI) oleh biosorben sekam padi cenderung terjadi secara kimia. Pada proses adsorpsi kimia terjadi ikatan kimia yang kuat antara adsorbat dengan permukaan biosorben. Ikatan kimia yang cukup kuat membuat logam Cr(VI) terserap pada lapisan pertama atau monolayer. Selain itu, faktor biosorben dan adsorbat berperan penting dalam proses biosorpsi ini (Nurhasni dkk., 2010).

Konsentrasi biosorben yang meningkat dapat meningkatkan kapasitas biosorpsi karena terjadi peningkatan jumlah permukaan situs pengikat ion logam sehingga jumlah penyerapan zat terlarut mengalami peningkatan. Struktur dinding sel sekam padi sangat aktif dan bermuatan negatif sehingga dapat berikatan dengan muatan positif larutan dan sehingga penyerapan logam berjalan efektif serta mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya jumlah biosorben (Abbas *et al.*, 2014; Najjah, 2016; Sangandita & Utami, 2019).

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa penambahan jumlah biosorben sebanyak 2,0 g; persentase logam Cr(VI) yang teradsorpsi

mengalami penurunan dibandingkan dengan penambahan jumlah biosorben sebanyak 1,5 g. Hal tersebut dikarenakan pada saat adanya penambahan bobot biosorben akan terjadi peningkatan penyerapan dan penurunan kapasitas adsorpsi. Hal tersebut terjadi karena adanya interaksi kompleks dalam pengikatan logam dan tingginya konsentrasi biosorben akan menyebabkan gangguan pembentukan kompleks logam-biosorben (Najjah, 2016). Permukaan sel yang tidak dipenuhi oleh zat terlarut dapat mengganggu aktivitas pengikatan sebagai akibat dari adanya interferensi antar situs. Jumlah biosorben yang tinggi akan membatasi akses ion logam menuju situs pengikatan yang akan mengakibatkan berkurangnya tingkat penyerapan spesifik logam. (Abbas *et al.*, 2014). Oleh karena itu, penggunaan konsentrasi biosorben sebaiknya menggunakan jumlah biosorben yang tepat agar tingkat penyerapan spesifik logam dapat meningkat.

Pada penelitian ini belum didapatkan kadar akhir Cr(VI) sampel yang memenuhi kriteria baku mutu air pada PP Nomor 82 Tahun 2001 yaitu sebesar 0,05 mg/L. Adapun hal yang dapat direkomendasikan untuk meningkatkan daya serap logam berat Cr(VI) yaitu dengan melakukan optimasi waktu kontak, pH, suhu, dan kecepatan pengadukan pada proses biosorpsi Cr(VI) menggunakan biosorben sekam padi.

SIMPULAN

Sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai biosorben dalam proses biosorpsi. Biosorpsi meningkat sebanding dengan penambahan jumlah biosorben sekam padi dan optimum pada penambahan jumlah biosorben sekam padi sebanyak 1,5 g. Persentase penurunan kadar logam Cr(VI) tertinggi terjadi pada ke empat titik Sungai Citarum di Desa Cilampeni, Pangauban, Lagadar, dan Nanjung berturut-turut sebesar 41,18; 62,65; 55,07; dan 56,43%.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, S. H., Ismail, I. M., Mostafa, T. M., & Sulaymon, A. H. (2014). Biosorption of heavy metals: A review. *J Chem Sci Technol*, 3(4), 74-102.
- Adriansyah, R., Restiasih, E. N., & Meileza, N. (2018). Biosorpsi ion logam berat Cu (II) dan Cr (VI) menggunakan biosorben kulit kopi terxanthasi. *Alotrop*, 2(2), 114-121.
- Aji, B., & Kurniawan, F. (2012). Pemanfaatan serbuk biji salak (*Salacca zalacca*) sebagai adsorben Cr(VI) dengan metode batch dan kolom. *Jurnal Sains Promits*, 1(1), 1-6.
- Alfarisi, R. (2019, Maret 21). 1.286 Industri di Citarum tak terdata punya pengolahan limbah. *CNN Indonesia*. <https://www.cnnindonesia.com/ekonomi/20190430094126-92-390740/1286-industri-di-citarum-tak-terdata-punya-pengolahan-limbah>.
- Casalegno, C., Schifanella, O., Zennaro, E., Marroncelli, S., & Briant, R. (2015). Collate literature data on toxicity of Chromium (Cr) and Nickel (Ni) in experimental animals and humans. *EFSA Supporting Publications*, 12(2), 478E.
- Elystia, S., Putri, R. R., & Muria, S. R. (2018). Biosorpsi kromium (Cr) pada limbah cair industri elektroplating menggunakan biomassa ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*). *Jurnal Dampak*, 15(1), 1-6.
- Kartika, E. Y. (2014). Penentuan kadar air dan kadar abu pada biskuit. *J. Kim. Anal*, 2, 1-10.
- Najiah, A. N. (2016). *Biosorpsi logam merkuri oleh Lactobacillus acidophilus pada kolom unggun tetap: Eksperimen dan prediksi kurva breakthrough* (Skripsi tidak diterbitkan). Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Nurhasni, N., Hendrawati, H., & Saniyyah, N. (2010). Penyerapan ion logam Cd dan Cr dalam air limbah menggunakan sekam padi. *Jurnal Kimia Valensi*, 1(6), 310-319.
- Palar, H. (2012). *Pencemaran dan toksikologi logam berat*. PT Rineka Cipta.
- PP Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengolahan Kualitas dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Prasetyo, P. H. (2006). *Penentuan ion logam Cr dalam air tangki reaktor menggunakan metode Spektrofotometri Uv-Vis* (Skripsi tidak diterbitkan). Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Purwaningtyas, F. Y., Mustakim, Z., Umamingrum, M. T., & Ghofar, M. A. (2020, July). *Pengaruh ukuran zeolit teraktivasi terhadap salinitas air payau di Desa Kemudi dengan metode adsorpsi*. Dipresentasikan pada Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan. Jurusan Teknik Kimia, FTI, UPN "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta.
- Putra, D. M. (2016). Kontribusi industri tekstil dalam penggunaan bahan berbahaya dan beracun terhadap rusaknya sungai Citarum. *Jurnal Hukum Lingkungan Indonesia*, 3(1), 133-152.

- Putra, I. N. W., Kusuma, I. G. B. W., & Winaya, I. N. S. (2011). Proses treatment dengan menggunakan NaOCl dan H₂SO₄ untuk mempercepat pembuatan bioetanol dari limbah rumput laut *E. cottonii*. *Journal Ilmiah Teknik Mesin*, 5(1), 64-68.
- Reyra, A. S., Daud, S., & Yenti, S. R. (2017). Pengaruh massa dan ukuran partikel adsorben daun nanas terhadap efisiensi penyisihan Fe pada air gambut. *Jom FTEKNIK*, 4(2), 1-9.
- Riapanitra, A., Setyaningtyas, T., & Riyani, K. (2006). Penentuan waktu kontak dan pH optimum penyerapan metilen biru menggunakan abu sekam padi. *Molekul*, 1(1), 41-44.
- Sangandita, K. R. K. D., & Utami, B. (2019). Efektivitas sekam padi dan bagasse fly ash sebagai adsorben logam Cr pada sistem batch. *JKPK (Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia)*, 4(2), 85-97.
- Saputra B. M. (2016). *Pengaruh HNO₃ dan NaOH pada analisis Cr (III) menggunakan asam tanat secara spektrofotometri ultraungu-tampak* (Skripsi tidak diterbitkan). Universitas Lampung, Lampung.
- Shafrinia, R., Wardhana, I. W., & Oktiawan, W. (2016). Pengaruh variasi ukuran adsorben dan debit aliran terhadap penurunan khrom (Cr) dan tembaga (Cu) dengan arang aktif dari limbah kulit pisang pada limbah cair industri pelapisan logam (elektroplating) krom. *Jurnal Teknik Lingkungan* 5(1), 1-9.
- Sirajuddin, S., Syahrir, M., & Syahrir, I. (2017). Kadar surfaktan menggunakan batu bara. *Prosiding Semnastek*, 2017.
- Sumantri, A., & Rahmani, R. Z. (2020). Analisis pencemaran kromium (VI) berdasarkan kadar chemical oxygen demand (COD) pada hulu sungai Citarum di Kecamatan Majalaya Kabupaten Bandung Provinsi Jawa Barat 2018. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 19(2), 144-151.
- Ugheoke, I. B., & Mamat, O. (2012). A critical assessment and new research directions of rice husk silica processing methods and properties. *Maejo international journal of science and technology*, 6(3), 430-448.
- Verayana., Paputungan, M., & Iyabu, H. (2018). Pengaruh aktivator HCl dan H₃PO₄ terhadap karakteristik (Morfologi pori) arang aktif tempurung kelapa serta uji adsorpsi pada logam timbal (Pb). *Jambura Journal of Educational Chemistry*, 13(1), 67-75.
- Yahya, H. (2017). Kajian beberapa manfaat sekam padi di bidang teknologi lingkungan: Sebagai upaya pemanfaatan limbah pertanian bagi masyarakat Aceh di masa akan datang. *Prosiding Biotik*, 5(1).
- Yusuf, M. A., & Tjahjani, S. (2013). Adsorpsi ion Cr (VI) oleh arang aktif sekam padi. *Unesa Journal of Chemistry*, 2(1).