

Pemanfaatan ampas daun teh pada proses biosorpsi logam berat Cr(VI) pada air sungai Citarum

Suci Rizki Nurul Aeni, Farhan Baehaki, dan Syifa Zayna Muwahiddah

Fakultas Kesehatan Institut Kesehatan Rajawali, Indonesia

Jl. Rajawali Barat Nomor 38 Bandung 40184

Email: sua.tieq@gmail.com

Abstrak: Limbah Cr(VI) dapat mengganggu kesehatan karena bersifat toksik, maka perlu dilakukan pengolahan air sungai terlebih dahulu. Salah satu Teknik pengolahan alternatif yaitu menggunakan metode biosorpsi dengan biosorben ampas daun teh. Namun hasil penyerapan itu tergantung oleh beberapa faktor salah satunya yaitu waktu kontak. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui waktu kontak optimum terhadap proses biosorpsi Cr(VI) dengan menggunakan biosorben ampas daun teh. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Sampel yang digunakan air Sungai Citarum yang diambil dari empat titik yaitu di Desa Pangauban, Desa Cilampeni, Desa Nanjung dan Desa Lagadar. Pengukuran kadar dilakukan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 540 nm. Berdasarkan penelitian ini diperoleh waktu kontak optimum yaitu 45 menit dengan presentase penurunan kadar dari masing-masing sampel yaitu 73,25% (Desa Pangauban), 75,94% (Desa Cilampeni), 71,88%, (Desa Nanjung) dan 74,31% (Desa Lagadar). Oleh karena itu, waktu kontak merupakan faktor yang perlu diperhatikan dalam proses biosorpsi untuk pengolahan limbah logam berat Cr(VI).

Kata kunci: *logam berat Cr(VI), biosorpsi, ampas daun teh, waktu kontak*

Pemanfaatan ampas daun teh pada proses biosorpsi logam berat Cr(VI) pada air sungai Citarum

Abstract: Cr(VI) waste can interfere with health because it is toxic, so it is necessary to treat river water first. One alternative treatment is using the biosorption method with tea leaf dregs biosorbent. However, the absorption results depend on several factors, one of which is contact time. The purpose of this study was to determine the optimum contact time for the biosorption process of Cr(VI) using tea leaf dregs biosorbent. This study used a quantitative descriptive method. The samples used were Citarum River water taken from four points, namely in Pangauban Village, Cilampeni Village, Nanjung Village and Lagadar Village. The concentration measurement was carried out using a UV-Vis Spectrophotometer at a wavelength of 540 nm. Based on this study, the optimum contact time was 45 minutes with the percentage reduction in levels of each sample, namely 73.25% (Pangauban Village), 75.94% (Cilampeni Village), 71.88%, (Nanjung Village) and 74, 31% (Lagadar Village). Therefore, contact time is a factor that needs to be considered in the biosorption process for the treatment of Cr(VI) heavy metal waste.

Keywords: *heavy metal Cr(VI), biosorption, tea leaf dregs, contact time*

PENDAHULUAN

Sungai Citarum merupakan sungai terpanjang di Jawa Barat yang sering kali mengalami permasalahan yang diakibatkan oleh pengolahan limbah yang kurang baik (Muchtaridi, Suhandi, & Gwiharto, 2019). Limbah yang dibuang ke Sungai Citarum merupakan limbah hasil industri manufaktur seperti tekstil, kimia, kertas, kulit, logam/elektroplating, farmasi, produk makanan dan minuman (Putra, 2016). Kondisi Citarum saat ini merupakan potret kurangnya pengelolaan air permukaan di Indonesia karena peningkatan perindustrian yang berdampak terhadap menurunnya kualitas tanah, air dan udara bagi lingkungan sehingga diperlukan suatu penanganan buangan limbah industri yang efektif dan efisien (Marsingga, 2020; Syahfitri, Damastuti, & Kurniawati, 2010; Dewi, Dewi, & Maryono, 2019).

Limbah industri merupakan limbah yang termasuk dalam limbah berat karena dalam limbah tersebut mengandung logam berat ataupun logam berbahaya (Rianti, 2018). Limbah industri sangat potensial sebagai penyebab terjadinya pencemaran karena limbah langsung dibuang tanpa diolah terlebih dahulu (Welianto, 2020). Limbah cair yang masuk ke sungai akan mempengaruhi kondisi sungai secara fisik, kimiawi dan biologis (Andriani & Hartini, 2017). Salah satu limbah industri tersebut merupakan limbah B3 yang mudah meledak, mudah terbakar, bersifat reaktif, beracun, menyebabkan infeksi, bersifat korosif dan bersifat karsinogenik (Rianti, 2018). Salah satu logam yang termasuk ke dalam limbah B3 yaitu kromium.

Keberadaan kromium di air sebagai zat B3 adalah hal yang sangat meresahkan karena merupakan pencemar yang merusak serta merugikan makhluk hidup. Keracunan Cr(VI) dapat berdampak buruk pada saluran pernafasan, kulit, pembuluh darah, iritasi, pembobrokan kelopak mata, radang selaput lendir, bronkitis dan juga memiliki potensi karsinogen yang dapat menyebabkan kanker pada saluran ginjal dan hati (Pridyanti, Moelyaningrum, & Ningrum, 2018; Chaidir, Hasanah, & Zein, 2015). Oleh karena itu, untuk mengurangi cemaran logam Cr(VI) dalam air sungai perlu dilakukan pengolahan limbah oleh industri sebelum membuangnya ke lingkungan. Pengolahan limbah Cr(VI) metode kimia-fisika memerlukan biaya yang cukup tinggi sehingga perlu dilakukan pengolahan alternatif lain dengan biaya yang relatif lebih murah dan efektif (Khaerani, Azam, Firdausi, & Soeleman, 2007).

Salah satu teknologi alternatif yang dapat digunakan dalam pengolahan limbah logam berat adalah dengan biosorpsi karena metode ini merupakan penghilang kontaminasi ion logam yang paling efektif dan efisien serta dapat digunakan berulang kali (Meileza, 2018). Proses biosorpsi ini menggunakan bahan padat (biosorben) dan bahan cair yang mengandung logam berat yang akan diserap ion logamnya. Salah satu alternatif bahan biologis sebagai bahan baku biosorben adalah limbah produk pertanian. Limbah produk pertanian merupakan limbah organik yang sangat mudah ditemukan dalam jumlah besar (Kurniasari, Riwayati, & Suwardiyono, 2012).

Salah satu limbah organik yang dapat digunakan untuk biosorpsi adalah ampas daun teh. Ampas daun teh merupakan sisa dari teh yang telah mengalami proses pelarutan dengan air, sehingga serat yang tertinggal lebih dominan berupa serat tidak larut (Lestari, Toharmat, & Hernaman, 2006). Ampas daun teh mengandung selulosa (34%), tannin (25%), hemiselulosa dan lignin (14%), dan protein (17%). Selulosa dalam ampas daun teh merupakan komponen yang dapat digunakan sebagai biosorben untuk biosorpsi ion Cr (VI) (Bajpai & Jain, 2010).

Dalam proses biosorpsi ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi, salah satu satunya adalah waktu kontak pada proses biosorpsi logam berat Cr(VI) bertujuan untuk mengetahui peningkatan laju biosorpsi seiring dengan berapa lama waktu kontak yang dibutuhkan untuk mencapai penyerapan optimum atau titik kesetimbangan oleh ampas daun teh. Setelah mencapai

titik kesetimbangan, kemampuan biosorben dalam mengikat logam berat akan mengalami penurunan karena kapasitas permukaan dinding sel yang mengalami kejenuhan, sehingga apabila ditambahkan waktu adsorpsi yang berlebih akan menyebabkan terjadinya proses desorpsi atau pelepasan kembali biosorben dari adsorbat karena pengaruh kapasitas permukaan biosorben yang masih cukup besar untuk mengikat logam Cr(VI) sebelum mencapai titik jenuh (Lapik, 2017; Maslahat, Taufik, & Subagja, 2017).

Pengukuran kadar logam Cr(VI) dalam air sungai dapat menggunakan Spektrofotometri UV-Vis. Prinsip kerja spektrofotometer UV-Vis adalah cahaya dilewatkan pada sebuah wadah (kuvet) yang berisi larutan, dimana akan menghasilkan spectrum (Saputra, 2016). Keunggulan dalam menggunakan alat Spektrofotometer UV-Vis yaitu alat yang sederhana dan harganya murah (Suhartati, 2017). Penelitian Susilawati dan Andriyanie (2019) menunjukkan kemampuan adsorpsi optimum dari perlakuan pada ampas tebu yang diaktivasi dan waktu kontak 3 jam yaitu 0,32 mg/g pada logam Cr dan 0,0262 mg/g pada logam Mn. Sedangkan kemampuan adsorpsi berdasarkan waktu kontak dan perlakuan aktivasi optimum pada waktu 3 jam, untuk parameter Mn yaitu sebesar 56,51% dan 17,21% untuk Cr.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil optimasi waktu kontak terhadap kadar Cr(VI) setelah biosorpsi dengan menggunakan biosorben ampas daun teh. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai metode alternatif oleh pihak industri terhadap pengolahan limbah khususnya limbah logam berat kromium (Cr(VI)).

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada bulan April 2021 di Laboratorium Kimia Terapan dan Toksikologi Institut Kesehatan Rajawali. Sampel penelitian yang digunakan berupa air sungai Citarum yang diambil dari 4 titik desa yang lokasinya berada di Desa Pangauban, Cilampeni, Nanjung, dan Lagadar. Dalam proses pembuatan biosorben ampas daun teh, ampas daun teh dicuci dengan air panas hingga filtratnya menjadi bening kemudian dikeringkan di oven pada 60°C selama 1 jam. Ampas daun teh kemudian digiling sampai halus dan diayak dengan ukuran 100 mesh.

Pengambilan sampel air sungai Citarum dilakukan pengambilan dengan botol penampungan yang diberi pemberat dan diikat dengan tali rafia sesuai dengan panjang kriteria kedalaman air yang diinginkan. Botol penampung diberikan label sesuai dengan titik pengambilan sampel. Sampel dimasukkan ke dalam botol penampung. Disisakan ruang untuk menambahkan pengawet dan memudahkan homogenisasi. Pengawet HNO₃ ditambahkan lalu dihomogenkan. Kemudian botol ditutup rapat.

Pengukuran kadar awal sampel air sungai Citarum diawali dengan menyaring air menggunakan kertas saring. Selanjutnya, filtrat dipipet sebanyak 2,5 mL kemudian tambahkan 2 mL H₂SO₄ pekat dan 0,5 mL larutan 1,5-difenilkarbazid dalam labu ukur 25 mL. Campuran diukur menggunakan Spektrofotometer UV-Visibel (UV-Vis) pada panjang gelombang 540 nm untuk mengetahui kadar awal Cr(VI) dalam sampel air sungai

Biosorpsi dilakukan dengan memasukan sampel air sungai Citarum sebanyak 100 mL ke dalam erlenmeyer 250 mL. Kemudian dilakukan penimbangan biosorben sebanyak 0,4 gram menggunakan neraca analitik. Biosorben dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL yang telah ditambahkan sampel sebelum dilakukan pengadukan. Pengadukan biosorben dilakukan selama 5 menit pada kecepatan 750 rpm dengan berbagai variasi waktu kontak yaitu 15, 30, 45, 60, dan 75 menit dan kemudian dibiarkan sesuai waktu kontak. Filtrat kemudian disentrifugasi selama 15 menit dengan kecepatan 3000 rpm dan diukur menggunakan Spektrofotometer UV-Visibel

pada panjang gelombang 540 nm untuk mengetahui kadar Cr(VI) dalam sampel air sungai. Untuk mengukur kadar kromium (IV) pada sampel air sungai Citarum setelah biosorpsi, filtrat dipipet sebanyak 2,5 mL kemudian ditambahkan 2 mL H₂SO₄ pekat dan 0,5 mL larutan 1,5 difenilkarbazid dalam labu ukur 25 mL. Kemudian campuran tersebut diukur menggunakan spektrofotometer UV-Visibel (UV-Vis) pada panjang gelombang 540 nm untuk mengetahui kadar Cr(VI) dalam sampel air sungai. pengukuran 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) dimana y adalah nilai absorbansi dan x adalah konsentrasi. Kurva ini dapat digunakan untuk menghitung kadar logam Cr(VI) dalam sampel air sungai Citarum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan panjang gelombang maksimum terlebih dahulu dilakukan sebelum melakukan pengukuran absorbansi larutan standar Cr(IV). Panjang gelombang maksimum merupakan, panjang gelombang pada absorbansi tertinggi yang didapat dari hasil analisis menggunakan spektrofotometer UV-Visibel. Rentang panjang gelombang untuk mencari panjang gelombang maksimum ini adalah 400 nm - 800 nm. Pada penelitian ini, panjang gelombang maksimum yang diperoleh yaitu sebesar 540 nm dengan nilai absorbansi 0,643. Data hasil pengukuran absorbansi dari deret larutan standar dengan konsentrasi yang berbeda pada panjang gelombang 540 nm dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1
Nilai absorbansi deret larutan standar kromium (VI)

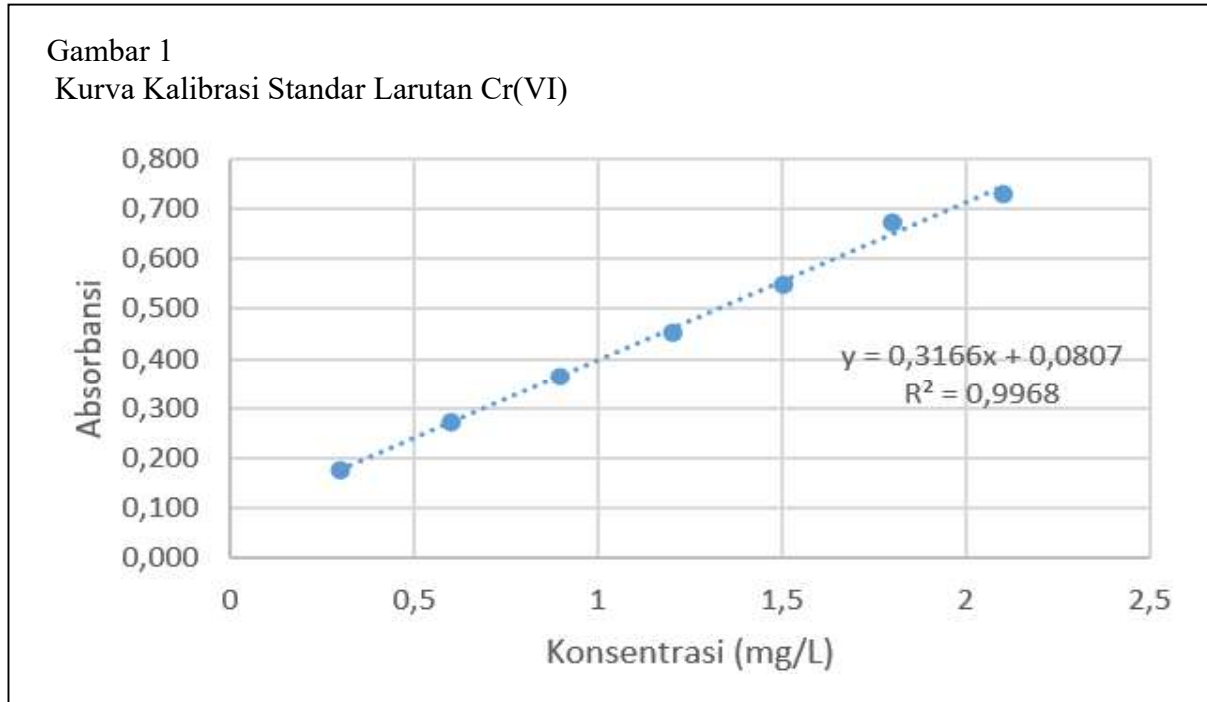
Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi
0,3	0,175
0,6	0,274
0,9	0,365
1,2	0,452
1,5	0,551
1,8	0,674
2,1	0,733

Hasil absorbansi pada pengukuran ini mengalami peningkatan sebanding dengan bertambah besarnya nilai konsentrasi larutan standar. Rentang nilai absorbansi larutan standar dapat menentukan konsentrasi Cr(VI) dalam sampel. Kurva kalibrasi larutan standar Cr(VI) dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1 menunjukkan bahwa nilai koefisien regresi $R^2 = 0,9968$. Artinya, bahwa nilai R^2 mendekati ideal dan persamaan garis pada kurva larutan standar adalah $y = 0,3166x + 0,0807$. Persamaan yang diperoleh dapat digunakan karena memiliki koefisien regresi linear (R^2) yang mendekati 1, hubungan linear dicapai jika $R^2 = 1$ atau $R^2 = -1$ (Saputra, 2016). Nilai R^2 ini menunjukkan korelasi yang kuat karena nilai R^2 sebesar 0,9968 (mendekati nilai 1).

Uji pendahuluan fisik sampel air sungai citarum dilakukan sebelum ditambahkan pengawet HNO₃. Uji uji pendahuluan fisik pada air Sungai Citarum yang dilakukan di Desa Pangauban.

Gambar 1
Kurva Kalibrasi Standar Larutan Cr(VI)



Desa Cilampeni, Desa Lagadar dan Desa Nanjung meliputi pengukuran pH, warna, kekeruhan dan bau (Tabel 2).

Pada uji pendahuluan fisik ini menunjukkan keadaan air sungai Citarum yang berwarna hitam dan berbau tajam. Kekeruhan tersebut disebabkan oleh limbah industri seperti limbah cair pengolahan dan memiliki tingkat keasaman pH <6,5 sedangkan rentang nilai pH dari 0-14 netral; pH <7 bersifat asam dan pH >7 adalah basa. Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat pH yaitu curah hujan asam, buangan dari proses industri, dan limbah deterjen yang masuk ke dalam air (Utami, 2019). Pencemaran air ini disebabkan oleh pembuangan limbah domestik, pertanian, peternakan, dan limbah industri yang dibuang langsung ke sungai.

Kadar awal logam berat Cr(VI) melebihi ambang batas normal yang ditandai dengan tingginya kadar kromium (VI) pada air sungai Citarum di Desa Pangauban sebesar 0,341 mg/L, Desa Cilampeni sebesar 0,586 mg/L, Desa Lagadar sebesar 0,288 mg/L, dan Desa Nanjung sebesar 0,541 mg/L.

Ampas daun teh yang telah menjadi serbuk tersebut kemudian dapat digunakan sebagai biosorben untuk menyerap kandungan logam berat Cr(VI). Ampas daun teh diperoleh dari

Tabel 2
Hasil uji pendahuluan fisik pada air sungai Citarum

Sampel	Uji Pendahuluan Fisik			
	Warna	Kekeruhan	Bau	pH
Desa Pangauban	Hitam	Keruh	Berbau tajam	5
Desa Cilampeni	Hitam	Keruh	Berbau tajam	5
Desa Lagadar	Kecoklatan	Keruh	Berbau tajam	5,5
Desa Nanjung	Kecoklatan	Keruh	Berbau tajam	6

limbah teh celup. Selanjutnya ampas daun teh dihaluskan, kemudian diayak dengan ayakan 100 mesh yang bertujuan untuk memperoleh ukuran biosorben yang sama karena semakin kecil ukuran diameter ampas daun teh maka semakin luas permukaan biosorben tersebut. Jadi, dengan memperkecil ukuran biosorben, maka luas permukaan total menjadi semakin banyak dan juga penyerapan zat semakin banyak dari luas permukaan biosorben tersebut. Luas permukaan adsorben ditentukan oleh ukuran partikel dan jumlah dari adsorben (Dewi *et al.*, 2019).

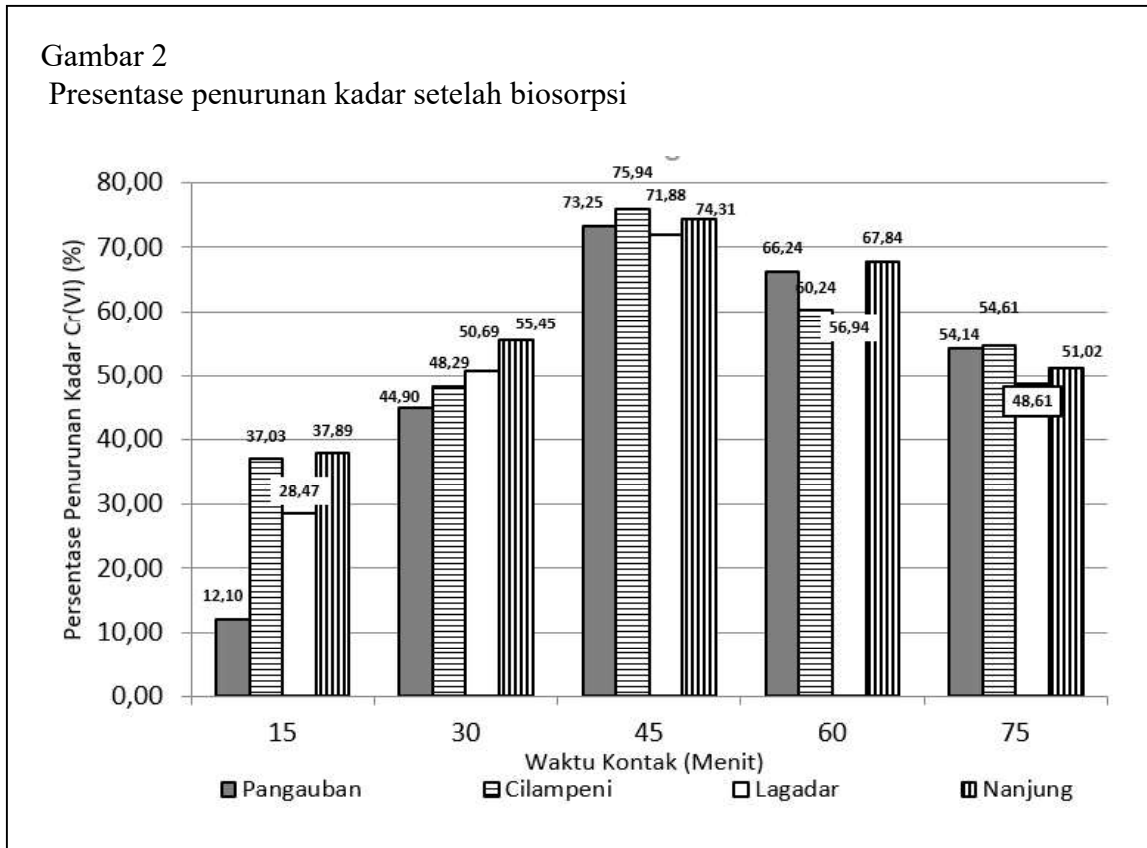
Bajpai dan Jain (2010) menjelaskan bahwa ampas daun teh mengandung selulosa (34-37%), tannin (25%), hemiselulosa dan lignin (14%), dan protein (17%). Selulosa adalah salah satu komponen utama dinding sel tumbuhan, terutama dinding sel sekunder yang paling penting untuk kekuatan struktur. Dari komponen yang dimiliki oleh ampas teh selulosa memiliki komposisi yang besar.

Kemampuan adsorpsi oleh ampas daun teh ini dikarenakan memiliki penyusun berupa selulosa. Selulosa adalah sebuah polisakarida yang mengandung gugus hidroksil (-OH) mengalami deprotonasi dan menjadikan selulosa tersebut bermuatan negatif pada kondisi asam sehingga memiliki kemampuan pengikatan yang maksimal. Atom oksigen yang terdapat pada gugus hidroksil dalam selulosa memiliki daya serap yang kuat, sedangkan ion logam bermuatan positif. Dengan sifat atom oksigen, ion logam yang bermuatan positif akan teradsorpsi pada permukaan selulosa. Penyerapan ini terjadi karena terbentuknya ikatan antara permukaan selulosa dan permukaan ion logam berat, proses ini berperan dalam biosorpsi logam berat Cr(VI) (Abriagni, 2011; Baehaki, Rudibyani, Aeni, Perdana, & Aqmarina, 2020).

Pengukuran kadar kromium (VI) dalam sampel air sungai Citarum setelah biosorpsi dilakukan secara dua kali (duplo) agar hasilnya akurat, kemudian hasilnya dirata-ratakan. Penurunan kadar kromium (VI) setelah biosorpsi dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan data pada Gambar 2 menunjukkan bahwa biosorben ampas daun teh dapat menurunkan kadar kromium (VI) pada air sungai Citarum yang berada di Desa Cilampeni pada waktu kontak 45 menit dengan presentase penurunan sebesar 75,94%.

Pada penelitian ini, ampas daun teh dapat berperan efektif dalam menurunkan kadar Cr(VI) karena kemampuan ampas daun teh ini memiliki kandungan selulosa yang cukup besar yaitu 34%. Waktu kontak optimum dalam penelitian terjadi pada waktu kontak 45 menit dengan presentase Cr(VI) yang teradsorpsi pada keempat titik sungai Citarum yaitu Desa Pangauban, Desa Cilampeni, Desa Lagadar dan Desa Nanjung berturut-turut adalah 73,25%, 75,94%, 71,88%, dan 74,31%. Sedangkan setelah mencapai waktu kontak optimum terjadi penurunan. Hal ini tentu menjadi sesuatu yang menarik karena seharusnya bertambahnya waktu kontak maka penyerapan menjadi lebih banyak. Namun, fakta menunjukkan hasil yang berbeda.

Waktu kontak merupakan waktu yang diperlukan oleh biosorben dalam menyerap ion logam berat secara optimal (Adriansyah, Restiasih, & Meileza, 2018). Menurut Abriagni (2011) penelitian berdasarkan variasi waktu kontak ini bertujuan untuk melihat waktu optimum ampas daun teh sebagai adsorben menyerap ion logam kromium (VI) sebagai adsorbat. Laju biosorpsi akan meningkat secara signifikan seiring dengan bertambahnya waktu kontak hingga mencapai titik kesetimbangan atau optimum karena dipengaruhi oleh kapasitas permukaan biosorben yang masih cukup besar untuk mengikat logam sebelum mencapai titik jenuh. Setelah mencapai titik kesetimbangan, kemampuan biomaterial dalam mengikat logam berat akan mengalami penurunan karena kapasitas permukaan biosorben yang mengalami kejenuhan (Lapik, 2017). Dapat dilihat setelah mencapai waktu kontak optimum, kemampuan adsorpsi ampas daun teh menjadi tidak efektif dengan bertambahnya waktu kontak. Hal ini disebabkan karena ampas



daun teh telah mengalami kejenuhan pada permukaan dan telah mencapai kesetimbangan. Setelah mencapai kesetimbangan maka terjadi penurunan penyerapan, yang disebabkan oleh jenuhnya permukaan adsorben oleh ion logam atau adanya ketidakstabilan ikatan sehingga ikatan antara ion logam dan biosorben terlepas kembali (Widaryanti dan Laksmításari, 2020; Novianti et al., 2020).

SIMPULAN

Daun teh dapat dimanfaatkan sebagai biosorben dalam proses biosorpsi. Waktu kontak yang paling optimum dalam penurunan kadar CR(IV) pada 45 menit. Presentase penurunan kadar logam berat Cr(VI) setelah biosorpsi yaitu 73,25% (Desa Pangauban), 75,94% (Desa Cilampeni), 71,88% (Desa Nanjung), dan 74,31% (Desa Lagadar).

DAFTAR PUSTAKA

- Abriagni, D. (2011). *Optimasi adsorpsi krom (VI) dengan ampas daun teh (Camellia sinensis L) menggunakan metode spektrofotometri* (Skripsi tidak diterbitkan). Universitas Negeri Semarang.
- Adriansyah, R., Restiasih, E. N., & Meiliza, 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.
- Andriani, & Hartini. (2017). Toksisitas limbah cair industri batik terhadap morfologi sisik ikan nila gift (*Oreochomis Nilotocus*). *Jurnal SainHealth*, 1(2), 83-91.

- Baehaki, F., Rudibyani, R. B., Aeni, S. R. N., Perdana, R., & Aqmarina, S. N. (2020). Utilization of *Salacca zalacca* Seeds as chromium (VI) adsorbent. *Periodico Tche Quimica*, 17(34), 200-212.
- Bajpai, S. K., & Jain, A. (2010). Removal of copper (II) from aqueous solution using spent tea leaves (STL) as a potential sorbent. *Water Sa*, 36(3), 221-228.
- Chaidir, Z., Hasanah, Q., & Zein, R. (2015). Penyerapan logam Ion Cr(III) dan Cr(V) dalam larutan menggunakan kulit buah jengkol. *Jurnal Riset Kimia*, 8(2), 189-199.
- Dewi, D. S., Dewi, Z. Z., & Maryono. (2019). Pengaruh waktu kontak dan pH terhadap Ion Cr (VI) dalam limbah tekstil menggunakan bioadsorben daun jambu biji dan daun teh. *TEKNIKA*, 5(2), 141-158.
- Khaerani, N., Azam, M., Firdausi, K. S., & Soeleman, S. (2007). Penentuan kandungan unsur krom dalam limbah tekstil dengan metode analisis pengaktifan neutron. *Berkala Fisika*, 10(1), 35-43..
- Kurniasari, L., Riwayati, I., & Suwardiyono, S. (2012) Pektin sebagai alternatif bahan baku biosorben logam berat. *Momentum*, 8(1), 114-668.
- Lapik, C. (2017). *Biosorpsi logam berat Cr (VI) dengan menggunakan biomassa Saccharomyces cerevisiae* (Skripsi tidak diterbitkan). Universitas Hasanudin.
- Lestari, E. S., Toharmat, T., & Hernaman, I. (2006). Adsorpsi mineral dan kadar lemak darah pada tikus yang diberi serat ampas teh hasil modifikasi melalui fermentasi dengan *aspergillus niger* (Skripsi tidak diterbitkan). IPB, Bogor.
- Marsingga, P. (2020). Studi keamanan lingkungan: Aktor transnasional dalam penanganan pencemaran sungai Citarum. *Jurnal Komunikasi, Masyarakat dan Keamanan*, 2(1), 66-99.
- Maslahat, M., Taufik, A., & Subagja, P. W. (2015). Pemanfaatan limbah cangkang telur sebagai biosorben untuk adsorpsi logam Pb dan Cd. *Jurnal Sains Natural*, 5(1), 92-100.
- Muchtaridi, Suhandi, C., & Gwiharto, A. K. (2019). Sosialisasi pengelolaan sampah di Desa Sukarapih sebagai upaya preventif pencemaran sungai Citarum. *Kumawula: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(3), 226-235.
- NoviantiAD, Karang IW dan Putra IN. (2020). Optimalisasi Biomassa Alga Hijau *Ulva* sp. sebagai Biosorben Logam Berat Cr(VI). *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 6(1), 125-132.
- Pridyanti, D. D., Moelyaningrum, A. D., & Ningrum, P. T. (2018). Pemanfaatan limbah Cangkang Kupang (*Corbula faba*) teraktivasi termal sebagai adsorben logam kromium (Cr⁶⁺) pada limbah batik. *Hibualamo: Seri Ilmu-Ilmu Alam Dan Kesehatan*, 2(2), 78-83.
- Putra, D. M. (2016). Kontribusi industri tekstil dalam penggunaan bahan berbahaya dan beracun terhadap rusaknya sungai Citarum. *Jurnal Hukum Lingkungan*, 3(1), 133-152.
- Rianti, N. (2016). *Implementasi kebijakan Peraturan Daerah Nomor 2 Tahun 2014 tentang Pengolahan dan Pengendalian Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun di Kota Bandung* (Skripsi tidak diterbitkan). Universitas Sunan Gunung Djati, Bandung.
- Saputra BM. (2016). Pengaruh HNO₃ dan NaOH pada analisis Cr(III) Menggunakan Asam Tanat Secara Spektrofotometri Ultraungu-Tampak. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Suhartati, T. (2017). *Dasar-dasar spektrofotometri UV-Vis dan spektrometri massa untuk penentuan struktur senyawa organik*. AURA.
- Susilawati, N., & Andriyanie, F. (2019). Pengaruh waktu kontak dan aktivasi ampas tebu terhadap kapasitas adsorpsi logam Cr dan Mn. *Prosiding Seminar Nasional II Hasil Litbangyasa Industri*, 2(2), 277-284.

- Syahfitri, W., Damastuti, E., & Kurniawati, S. (2011). Penentuan logam berat Cr, Co, Zn, dan Hg pada beras dan kedelai dari wilayah kota Bandung. Dalam Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir (pp. 213-219).
- Utami, A. W. (2019). Kualitas air sungai Citarum. *IRA-Rxiv Papers*. <https://osf.io/preprints/inarxiv/m3ha2/>.
- Welianto A. (2020). Pencemaran Lingkungan: Macam, Penyebabnya, dan Dampaknya. Dari: <https://www.kompas.com/skola/read/2020/02/06/090000969/pencemaran-lingkungan-macam-penyebabnya-dan-dampaknya>
- Widaryanti, B., & Laksmitasari, E. (2020). *Penurunan kadar kromium (VI) pada limbah batik Desa Giriloyo Imogiri menggunakan serbuk eceng gondok (Eichhornia crassipes)*. Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek (pp. 486-490).