

BIOSORPSI LOGAM BERAT Cr(VI) MENGGUNAKAN BAKTERI *Streptococcus mutans*

Rida Awliyani*, Rudi Kartika, Aman Sentosa Panggabean
Program Studi Kimia FMIPA Universitas Mulawarman
Jalan Barong Tongkok No. 4 Kampus Gunung Kelua Samarinda, 751233
*Corresponding Author: ridawliya@gmail.com

Diterbitkan: 01 Maret 2023

ABSTRAK

Penelitian tentang biosorpsi logam berat kromium heksavalen [Cr(VI)] dengan menggunakan biosorben bakteri *Streptococcus mutans* telah dilakukan. Biosorpsi dilakukan dengan memberi paparan kromium pada media tumbuhnya, di mana konsentrasi dan waktu optimum yang diperoleh adalah terjadi pada hari ke-4, persentase biosorpsi Cr(VI) oleh bakteri *Streptococcus mutans* diperoleh pada konsentrasi Cr(VI) 5 ppm, dengan persentase 90,80%. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri *Streptococcus mutans* dapat digunakan sebagai biosorben logam berat Cr(VI).

Kata Kunci: *Biosorpsi, Cr(VI), Streptococcus mutans*

ABSTRACT

The research about the biosorption of hexavalent chromium heavy metal [Cr(VI)] with *Streptococcus mutans* bacteria has been carried out. Biosorption has been done by exposure of chromium to broth culture, the concentration and optimum time happened on the 4 day with the biosorption percentage of Cr(VI) by *Streptococcus mutans* bacteria was obtained at a concentration of Cr(VI) 5 ppm, with a percentage of 90.80%. It shows *Streptococcus mutans* has potential as biosorbent of Cr(VI).

Keywords: *Biosorption, Cr(VI), Streptococcus mutans*

PENDAHULUAN

Pertumbuhan industri tekstil di Indonesia menunjukkan peningkatan dari tahun ke tahun, tercatat pada tahun 2019 pertumbuhan tertinggi mencapai angka 15,35% berhubungan dengan melonjaknya permintaan terhadap pasar ekspor (Kemenperin, 2021). Industri tekstil di Indonesia telah menyebar mulai skala rumahan hingga skala industri (Rohayati *et al.*, 2017). Industri tekstil yang bangkit dalam negara memberikan aspek positif bagi peningkatan defisit dan penyerapan tenaga kerja, namun dibalik hal positif tersebut oleh industri tekstil juga terdapat dampak negatif yaitu adanya limbah cair industri yang dihasilkan dan dapat membahayakan lingkungan (Erica *et al.*, 2021). Industri sablon merupakan salah satu dari jenis industri yang menghasilkan limbah cair (Pawestri *et al.*, 2020).

Kegiatan usaha penyablonan masih dilakukan dalam skala kecil hingga sedang atau dikenal industri rumah tangga. Limbah cair sablon sebagian besar berasal dari proses pewarnaan, proses pembuatan film dan pelat

processor. Bahan pencemarnya mengandung bahan kimia berbahaya yaitu alkohol, aseton, ester serta logam berat contohnya krom, kobalt, mangan dan timah (Atmono *et al.*, 2017). Pencemaran yang dihasilkan oleh limbah cair sablon dapat berupa bau, warna hingga pemutusan rantai makanan dari susunan lingkungan hidup bahkan musnahnya suatu organisme yang pada akhirnya mengganggu ekosistem lingkungan. Limbah dari kegiatan penyablonan akan mencemari lingkungan jika dibuang langsung ke selokan dan badan air (Lussa, 2019).

Berbagai macam upaya telah digunakan untuk mengurangi atau menghilangkan kontaminan logam berat Cr(VI) seperti presipitasi kimia, pertukaran ion, pemisahan secara membran, adsorpsi, elektrolitik, dan beberapa teknik lainnya (Ardiansyah *et al.*, 2018). Aplikasi dari beberapa proses tersebut, sering kali terbatas karena memiliki kekurangan seperti memerlukan peralatan khusus, membutuhkan banyak bahan kimia serta energi, pengikatan logam yang kurang

sempurna sehingga menghasilkan produk samping kembali berupa endapan dan air yang bersifat racun. Metode tersebut kurang efektif digunakan untuk menangani limbah cair yang mengandung kadar logam berat yang sangat rendah (Naimah dan Ermawati, 2011).

Biosorpsi merupakan alternatif dalam pengolahan limbah yang mengandung logam berat dengan menggunakan biomassa sebagai adsorben. Berbagai mikroorganisme telah diteliti untuk menghilangkan kontaminan logam berat seperti fungi, bakteri, mikroalga, ragi. Biosorpsi memiliki keuntungan diantaranya biaya relatif murah dan ketersediaan biosorbennya mudah didapat serta melimpahnya mikroorganisme yang dapat dijadikan sebagai biosoben (Naimah dan Ermawati, 2011). Biosorpsi dapat terjadi dengan cara pertukaran ion, dimana ion-ion pada dinding sel mikroorganisme (bakteri) digantikan dengan ion logam berat. Ion logam berat bermuatan positif berikatan dengan sisi aktif dinding sel bakteri bermuatan negatif (Suhendrayatna, 2001).

Pada penelitian ini digunakan mikroorganisme (bakteri) *Streptococcus mutans*. Bakteri *Streptococcus mutans* merupakan bakteri Gram positif yang memiliki matriks organik dengan gugus fungsi seperti karbonil, hidroksil, amina serta pada dinding sel yang tebal terdiri peptidoglikan yang terdapat molekul tambahan asam teikoat, dengan adanya kandungan tersebut

memungkinkan untuk mengadsorpsi logam berat.

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan bakteri *Streptococcus mutans* dalam menyerap logam Cr (VI) serta waktu dan konsentrasi optimum biosorpsi logam berat Cr(VI) menggunakan bakteri *Streptococcus mutans*.

METODE

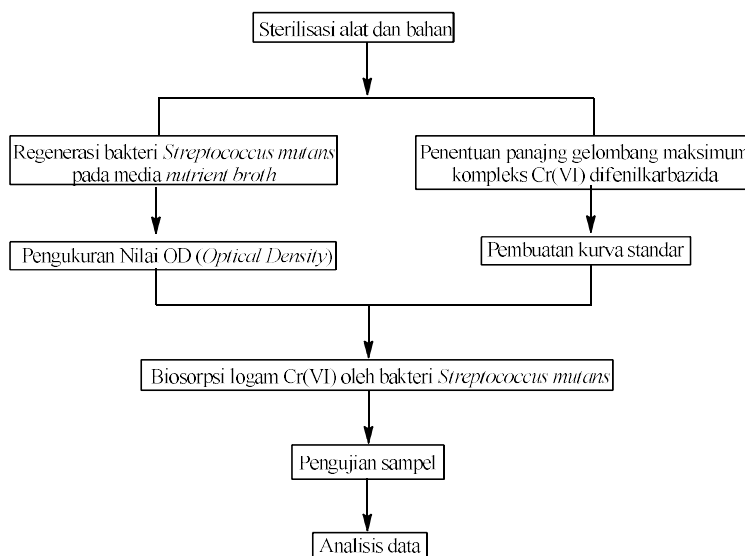
Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian antara lain *Beaker glass*, labu Erlenmeyer, tabung reaksi, batang pengaduk, *oven*, *autoclave*, inkubator, bunsen, *micropipette eppendorf*, pH meter, *hot plate with magnetic stirrer*, *laminar air flow*, dan Spektrofotometer visible (*Rayleigh Visibel 7220G*).

Bahan-bahan yang digunakan antara lain bakteri *Streptococcus mutans*, aquades, *Nutrient Broth (NB)*, aseton, $K_2Cr_2O_7$, 1,5-difenilkarbazida, larutan H_2SO_4 pekat (96%), larutan H_3PO_4 pekat dan membran milipore 0,45 μ m.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimental yang dilaksanakan di laboratorium. Pada Penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Rancangan Penelitian

Penentuan Nilai OD (Optical Density)

Media Starter bakteri *Streptococcus mutans* sebanyak 1 mL dimasukkan dalam kuvet,

dilakukan pengukuran nilai absorbansi pada panjang gelombang 610 nm menggunakan Spektrofotometer visibel dan pengukuran

dilakukan sebelum inkubasi dan sesudah inkubasi (Lizayana *et al.*, 2016).

Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Kompleks Cr(VI)-difenilkarbazida

Larutan standar Cr(VI) 0,5 ppm sebanyak 10 mL dimasukkan dalam Erlenmeyer 50 mL, ditambahkan 0,25 mL (5 tetes) larutan H₃PO₄ pekat, diatur pH berkisar antara pH 1,5 sampai dengan 2,5 dengan menambahkan H₂SO₄ 0,2 N, pH larutan diukur dengan pH meter, ditambah 2 mL larutan 1,5-difenilkarbazida dan dihomogenkan, didiamkan selama 10 menit hingga terbentuk warna merah-ungu. Nilai absorbansi diukur menggunakan Spektrofotometer visibel pada panjang gelombang (500-560) nm (SNI 6989.71:2009).

Pembuatan Kurva Standar Cr(VI)

Larutan standar Cr(VI) dengan konsentrasi (0,5; 1; 1,5; 2; 2,5) ppm sebanyak 10 mL dimasukkan ke dalam masing-masing labu Erlenmeyer 50 mL, ditambahkan 0,25 mL (5 tetes) H₃PO₄ pekat. Larutan tersebut diatur pH berkisar antara pH 1,5 sampai dengan 2,5 dengan menambahkan H₂SO₄ 0,2 N, pH larutan dicek dengan pH meter, ditambahkan 2 mL larutan 1,5-difenilkarbazida dan dihomogenkan, kemudian larutan didiamkan 10 menit hingga terbentuk warna merah keunguan. Nilai absorbansi diukur dengan Spektrofotometer visible pada panjang gelombang maksimum (SNI 6989.71:2009).

$$y = ax + b \dots\dots\dots(1)$$

Biosorpsi Logam Cr(VI) Oleh Bakteri *Streptococcus mutans*

Labu Erlenmeyer 250 mL berisi medium *nutrient broth* ditambahkan starter bakteri *Streptococcus mutans* sebanyak 1 mL, lalu ditambahkan masing-masing larutan standar Cr(VI) 500 ppm sebanyak (0; 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5) mL, ditambahkan aquades hingga tanda tera dan dihomogenkan, kemudian diinokulasi dengan medium bakteri *Streptococcus mutans* dimasukkan ke dalam inkubator pada suhu 37°C. Konsentrasi diukur setiap 24 jam selama 5 hari.

$$\% \text{ Biosorpsi} = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

C_o = Konsentrasi sampel sebelum biosorpsi (ppm)

C_e = Konsentrasi sampel setelah biosorpsi (ppm)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Nilai OD (Optical Density)

Penentuan nilai *optical density* (OD) pada stater bakteri *Streptococcus mutans* dengan menggunakan Spektrofotometer visible pada panjang gelombang 610 nm (Lizayana *et al.*, 2016). nilai absorbansi yang terbaca di Spektrofotometer menunjukkan tingkat kekeruhan media, semakin tinggi tingkat kekeruhan maka kepadatan pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans* semakin tinggi ditandai dengan nilai OD yang semakin tinggi (Seniati *et al*, 2019).

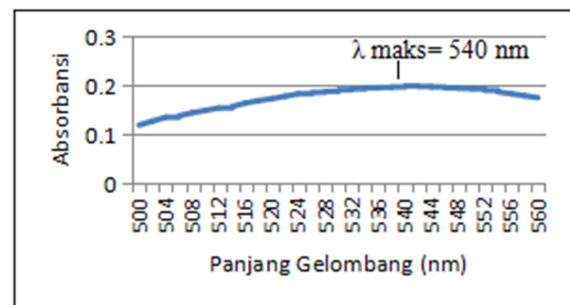
Tabel 1. Hasil Pengukuran nilai optical density (OD) pada media stater bakteri *Streptococcus mutans*

Perlakuan	Nilai <i>Optical Density</i> (OD)
Sebelum inkubasi	1,080
Sesudah inkubasi	1,735

Berdasarkan Tabel 1 hasil pengukuran nilai OD sebelum dan sesudah inkubasi terjadi peningkatan nilai absorbansi (OD) artinya setiap peningkatan nilai absorbansi (OD) sejalan dengan meningkatnya jumlah bakteri *Streptococcus mutans* yang hidup atau terjadi perkembangbiakan.

Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Tujuan dari penentuan panjang gelombang adalah untuk mendapatkan nilai absorbansi yang memberikan sensitivitas pengukuran tertinggi, dapat membentuk kurva absorbansi linear dan memberikan hasil yang konstan jika dilakukan pengukuran secara berulang (Hitsmi *et al.*, 2020). Diperoleh panjang gelombang maksimum yaitu 540 nm, hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 2.

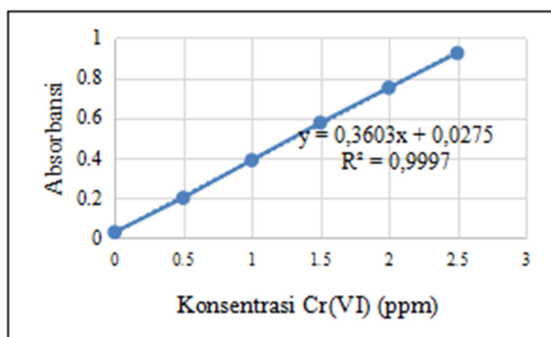


Gambar 2. Panjang Gelombang Maksimum Cr(VI)

Hasil penelitian menunjukkan panjang gelombang maksimum 540 nm. hal tersebut dikarenakan pada panjang gelombang 540 nm larutan kompleks Cr(VI)-difenilakarbazida memiliki serapan yang paling maksimum.

Pembuatan Kurva kalibrasi Larutan Cr(VI)

Penentuan kurva kalirasi dilakukan dengan membuat rangkaian larutan seri standar Cr(VI) yang ditentukan dengan nilai absorbansi pada panjang gelombang maksimum. Data absorbansi digunakan untuk menentukan konsentrasi Cr(VI) pada suatu sampel (Panggabean *et al.*, 2014). Adapun kurva kalibrasi larutan kompleks Cr(VI)-difenilakarbazida yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 3.



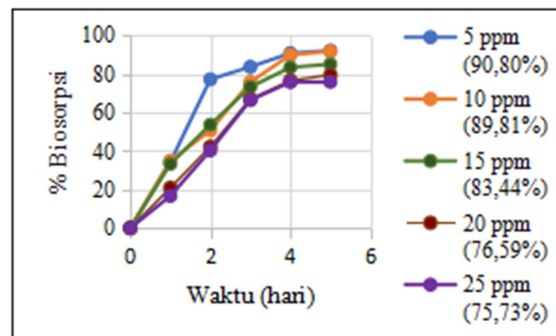
Gambar 3. Kurva kalibrasi Cr(VI) Terhadap Absorbansi

Berdasarkan data analisa pada Gambar 3 diperoleh nilai absorbansi yang meningkat seiring dengan kenaikan konsentrasi Cr(VI) yang menunjukkan terjadi hubungan yang positif antara absorbansi dengan konsentrasi berupa persamaan $y = 0,3603x + 0,0275$, dimana y merupakan nilai absorbansi yang terukur dan x menyatakan konsentrasi (ppm) dan nilai koefisien regresi (R^2) sebesar 0,9997 dengan harga slope = 0,3603 dan intersept = 0,0275. Riyanto (2014) menyatakan nilai koefisien determinasi (R) mendekati 1 maka kurva kalibrasi yang dihasilkan memiliki linearitas yang baik dan terdapat korelasi yang sangat kuat antara konsentrasi dan absorbansi.

Biosorpsi Cr(VI) oleh Bakteri *Streptococcus mutans*

Biosorpsi pada prinsipnya adalah pengikatan ion logam yang terjadi pada struktur sel mikroba (terutama dinding sel). Pengikatan tersebut dapat terjadi disebabkan oleh beberapa cara, seperti: pengikatan pada permukaan, sistem transpor kation aktif dan mekanisme lainnya.

Mekanisme pengikatan ini berhubungan dengan sifat anionik dan sifat fisika kimia dinding sel, akibatnya ion logam berat (kation) dapat diikat sel secara adhesi (Arsyadi, 2016).



Gambar 4. Perbandingan % Biosorpsi logam berat Cr(VI) oleh bakteri *Streptococcus mutans* Setiap Variasi Konsentrasi terhadap Waktu Penyerapan (hari)

Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa bakteri *Streptococcus mutans* mampu mengabsorpsi logam berat Cr(VI) dengan terjadinya peningkatan persentase biosorpsi pada semua perlakuan variasi konsentrasi (5; 10; 15; 20 dan 25) ppm. Menurut Kotrba (2011), hal ini dikarenakan bakteri *Streptococcus mutans* yang merupakan bakteri Gram positif pada dinding sel bakteri Gram positif terdiri dari peptidoglikan yang cukup tinggi dengan ketebalan 20-30 nm. Pada peptidoglikan, terdapat molekul tambahan yaitu, asam teikoat yang mengandung fosfodiester. Asam teikoat berperan sebagai penyedia muatan negatif pada bakteri, sehingga dapat membantu proses pertukaran ion sebagai mekanisme pertahanan diri terhadap toksisitas Cr(VI). Untuk mengurangi energi elektrostatik pada gugus fosfat yang saling berdekatan, asam teikoat bertindak sebagai pengatur homeostatik muatan dinding sel dengan cara mengikat ion logam monovalent dan divalen pada lingkungannya (Schlag *et al.*, 2010). Ketika biomassa *Streptococcus mutans* bersentuhan dengan logam Cr(VI), ion divalent yang terikat pada gugus fosfat dari asam teikoat digantikan oleh ion logam Cr(VI).

Mekanisme pengikatan ion logam erat kaitannya dengan dinding sel bakteri *Streptococcus mutans* yaitu pertukaran ion dimana ion monovalen atau divalen yang berada pada dinding sel seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{2+} dan lainnya akan digantikan dengan ion logam berat Cr(VI).

Serta pembentukan kompleks antara ion-ion logam berat Cr(VI) dengan gugus fungsional seperti karboksilat, hidroksil, sulfat karbonil, amino, thiol, hidroksi dan fosfat yang terdapat pada dinding sel (Suhendrayatna, 2001). Sedangkan Menurut Susanto (2019), bakteri memiliki antibodi yang mengandung asam amino sistein sehingga dapat bertahan hidup (resisten) terhadap paparan logam berat.

Konsentrasi dan Waktu Optimum Biosorpsi Cr(VI) oleh Bakteri *Streptococcus mutans*

Pada Gambar 4 dapat dilihat konsentrasi dan waktu optimum dari biosorpsi logam berat Cr(VI) oleh bakteri *Streptococcus mutans* mencapai optimum terjadi pada hari ke-4 dengan persen biosorpsi sebesar 90,80% pada variasi konsentrasi logam Cr(VI) 5 ppm, hal ini dikarenakan adanya kenaikan daya biosorpsi yang signifikan dan tinggi yang berarti dalam rentang waktu tersebut bakteri *Streptococcus mutans* bekerja maksimal pada penyerapan logam berat Cr(VI), pada hari ke-5 daya biosorpsi bakteri tidak berbeda secara signifikan peningkatannya dikarenakan kemampuan tumbuh bakteri menurun. Hal ini sama seperti yang diteliti oleh Ardiansyah (2018) bahwa semakin lama waktu pemaparan maka semakin banyak interaksi antar biosorben dengan ion logam akibatnya semakin banyak ion logam berat yang terabsorpsi hingga mencapai batas maksimum atau kondisi titik kesetimbangan sebelum mencapai titik jenuh. Apabila bakteri *Streptococcus mutans* (biosorben) telah mencapai kondisi optimum maka kemampuan dalam mengikat logam berat akan mengalami penurunan hal ini dikarenakan kapasitas permukaan dinding sel yang sudah jenuh serta sebagian dari bakteri *Streptococcus mutans* mati (Kresnawaty dan Tri, 2007).

Konsentrasi logam berat Cr(VI) yang dipaparkan semakin besar maka daya biosorpsi bakteri *Streptococcus mutans* menurun. Hal ini menunjukkan dengan bertambahnya kadar logam berat maka tingkat toksisitasnya juga semakin meningkat, sehingga kemampuan bakteri dalam menyerap logam berat Cr(VI) menjadi menurun (Diantariani *et al.*, 2008). Selain itu konsentrasi awal logam berpengaruh pada pertukaran ion logam pada efisiensi biosorpsi. Konsentrasi awal logam yang tinggi dapat menyebabkan kemampuan biosorpsi oleh biomassa berkurang, hal ini dikarenakan kapasitas biosorben dalam proses biosorpsi mencapai titik kesetimbangan

dan menjadi jenuh, sedangkan apabila konsentrasi awal logam rendah maka kemampuan interaksi antara ion logam dengan gugus fungsi pada biosorben meningkat sehingga proses penyerapan dapat meningkat pula (Abbas, *et al.*, 2014).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa bakteri *Streptococcus mutans* mampu menyerap logam berat Cr(VI) pada berbagai kondisi optimum dimana waktu dan konsentrasi optimum yang dibutuhkan bakteri *Streptococcus mutans* untuk menyerap logam Cr(VI) terjadi pada hari ke-4 dengan persen biosorpsi 90,80% divariasi konsentrasi logam berat Cr(VI) 5 ppm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abbas, S. H., Ismail, I. M., Mostafa, T. M., & Sulaymon, A. H. (2014). Biosorption of Heavy Metals: A Review. *Journal of Chemical Science Technology*, 3(4), 74-102.
- [2] 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.
- [3] Alvionita, M., dan Hertadi, R. (2021). Pengaruh Jenis Sumber Nitrogen Pada Produksi Biosurfaktan Oleh Bakteri Halofil. *Indonesian Journal of Chemical Analysis (IJCA)*, 4(1), 11-17.
- [4] 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.
- [5] Atmono, A., Natalina, N., & Mukti, A. M. (2017). Pengaruh Arang Aktif dan Zeolit Sebagai Media Adsorben dalam Penurunan Kadar Logam Krom pada Air Limbah Cair Penyablonan Pakaian. *Jurnal Rekayasa, Teknologi dan Sains*, 1(1), 21-27.
- [6] Diantariani, N.P., Sudiarta, I.W., & Elantiani, N.K. (2008). Proses Biosorpsi dan Desorpsi Ion Cr(VI) Pada Biosorben Rumpun Laut *Eucheuma spinosum*. *Jurnal Kimia*, 2(1), 45-52.
- [7] Erica, M. P., Reza, D. A., Arianto, D. U., & Ibnu, S. Potensi Teknologi Pada Unit

- Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Sebagai Solusi Pengolahan Air Limbah Pada Industri Tekstil di Indonesia. In *SEMINAR INDUSTRI HIJAU 2021* (p. 57).
- [8] Hitsmi. (2020). Pengembangan Metode Citra Digital Berbasis Aplikasi Android Untuk Analisis Ion Logam Cr(VI). *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia*, 4(2), 117-124.
- [9] Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. (2021). Mendorong Kinerja Industri Tekstil dan Produk Tekstil di Tengah Pandemi Edisi III. Pusdatin Kemenperin. Jakarta.
- [10] Kotrba, P. (2011). *Microbial Biosorption of Metals*. Berlin: Springer.
- [11] Kresnawaty, I & Tri P. (2007). Biosorpsi Logam Zn oleh Biomassa *Saccharomyces cerevisiae*. *E-Journal Menara Perkebunan*, 75(2), 80-92.
- [12] Lizayana, L., Mudatsir, M., & Iswadi, I. (2016). Densitas Bakteri Pada Limbah Cair Pasar Tradisional. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Biologi*, 1(1), 95-106.
- [13] Lussa, M. O. (2019). Penyisihan Logam Berat Oleh Karbon Aktif Daun Eceng Gondok Pada Limbah Cair Sablon.
- [14] Naimah, S., & Ermawati, R. (2011). Biosorpsi Logam Berat Cr (VI) dari Limbah Industri Pelapisan Logam Menggunakan Biomassa *Saccharomyces cerevisibeliae* dari Hasil Samping Fermentasi Bir. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 33(1), 113-117.
- [15] Panggabean, A. S., Pasaribu, S. P., Bohari, B., & Nurhasanah, N. (2014). Preconcentration of Chromium (VI) at Trace Levels Using Acid Alumina Resin with Column Method. *Indonesian Journal of Chemistry*, 14(1), 52-56.
- [16] Pawestri, D. S., Budiono, Z., & Abdullah, S. (2020). Efisiensi Multi Soil Layering (MSL) dalam Menurunkan Kadar Chromium Heksavalen (Cr^{6+}) pada Limbah Cair Sablon di Kaos Ngapak Kabupaten Banyumas Tahun 2020. *Buletin Keslingmas*, 39(3), 131-137.
- [17] Riyanto. (2014). *Validasi & Verifikasi Metode Uji Sesuai dengan ISO/IEC 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi*. Yogyakarta: Deepublish.
- [18] Rohayati, Z., Fajrin, M. M., Rua, J., Yulan, Y., & Riyanto, R. (2017). Pengolahan Limbah Industri Tekstil Berbasis Green Technology Menggunakan Metode Gabungan Elektrodegradasi dan Elektrokolorisasi dalam Satu Sel Elektrolisis. *Chimica et Natura Acta*, 5(2), 95-100.
- [19] Schlag, M., Biswas, R., Krismer, B., Kohler, T., Zoll S., Yu, W., Schwarz, H., Peschel, A., & Gotz, F. (2010). Role of Staphylococcal Wall Teichoic Acid in Targeting The Major Autolysin Atl. *Molecular microbiology*, 75(4), 864-873.
- [20] Seniati, S., Marbiah, Marbiah, M., & Irham, A. (2019). Pengukuran Kepadatan Bakteri *Vibrio Harveyi* Secara Cepat dengan Menggunakan Spektrofotometer. *Agrokompleks*, 19(2), 12-19.
- [21] SNI 6989.71:2009. Air dan Air Limbah,
- [22] Bagian 71: Cara Uji Krom Heksavalen (Cr-VI) dalam Contoh Uji secara Spektrofotometri.
- [23] Susanto, A., Kartika, R., & Koesnarjadi, S. (2019). Lead Biosorption (Pb) and Cadmium (Cd) by *Flavobacterium* sp Bacteria. *International Journal of Scientific & Technology Research*. 8(11), 3611-3615.