

Pengaruh Konsentrasi Awal Larutan terhadap Penyerapan Ion Logam Berat Cr^{3+} Menggunakan Biomassa Alga Hijau *Mougeotia* sp. yang Diimobilisasi Pada Natrium Silika

Helmi Susanti, Mawardi*

Chemistry Department, Faculty of Mathematics And Science, Universitas Negeri Padang
Jln. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Padang, Indonesia Telp. 0751 7057420

*mawardianwar@fmipa.unp.ac.id

Abstract— Excessive heavy metal contamination in the environment can have negative effects on the environment and human health, one of which is the metal ion Cr^{3+} . To overcome the increase of heavy metal ions was used a biosorption method. Efforts made to increase the stability of biomass absorption are immobilization with sodium silica. Immobilization is the process of binding cells into the supporting matrix. The purpose of this study was to determine the optimum conditions for the absorption of Cr^{3+} metal ions, namely the initial concentration of the solution and the ratio of absorption to immobilized biomass. The results showed that the optimum absorption of Cr^{3+} metal ions occurred at the initial concentration of 250 mg/L solution and there was a decrease with increasing concentration. The maximum absorption capacity obtained is 6,7409 mg/g. The biosorption of Cr^{3+} ions fulfills the Langmuir Isotherm equation with R^2 of 0,898.

Keywords —Biosorption, Cr^{3+} Metal Ion, Green Algae (*Mougeotia* sp.), Immobilization.

I. PENDAHULUAN

Pada saat ini, kontaminasi logam berat di lingkungan sudah menjadi isu global yang sangat memprihatinkan di tengah-tengah masyarakat. Hal ini disebabkan efek negatif yang ditimbulkan dari kontaminasi logam berat berlebih sangat berbahaya untuk ekologi dan kesehatan tubuh manusia[1]. Logam berat umumnya berasal dari kegiatan industri seperti tekstil, pigmen plastik, pertambangan, pelapisan logam, proses metalurgi, dan lain-lain[2][3]. Industri ini akan menghasilkan limbah ion logam berat berupa Cr, Hg, Zn, Cd dan sebagainya[2][4][5]. Krom (III) dan krom (VI) merupakan logam berat yang relatif banyak terdapat di lingkungan. Industri seperti penyamakan kulit, tinta, cat, soda, tekstil, pengolahan minyak bumi, pelapisan logam dan industri baterai merupakan sumber pencemaran krom[6]. Pada kadar tertentu krom (III) merupakan logam esensial dalam bahan makanan manusia, namun dapat menyebabkan

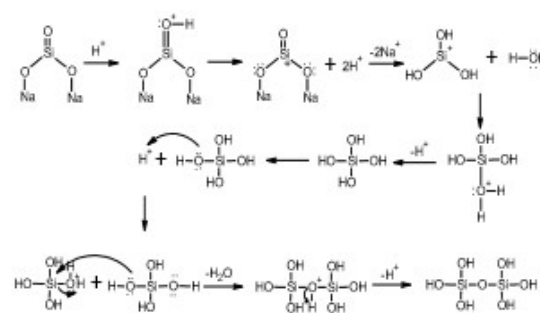
iritasi kulit dan keracunan lainnya ketika kadarnya melebihi ambang batas. Nilai ambang batas logam kromium di lingkungan adalah 0,05 mg/L[7]. Untuk mengatasi peningkatan jumlah limbah ion logam berat digunakan metode biosorpsi. Biosorpsi merupakan bagian dari adsorpsi menjadi metode yang cukup efektif dalam menyerap ion logam berat dengan biaya relatif rendah dan ramah lingkungan[8][9]. Alga, ragi, jamur dan bakteri merupakan beberapa mikroorganisme dapat dimanfaatkan dalam proses biosorpsi. Begitu pula dengan biomaterial tumbuhan lain seperti kulit kacang polong, kulit jeruk, bubuk tempurung kelapa dan dedak padi[10][11][12]. Kemampuan menyerap logam berat oleh mikroorganisme pada proses biosorpsi terjadi karena adanya muatan positif pada logam berat dan negatif pada mikroorganisme. Kemudian akan terbentuk interaksi antara ion logam dan biomassa karena adanya adsorpsi sehingga

mengakibatkan terjadinya penurunan kadar pencemar dari logam berat[13]. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa biosorpsi dapat menghilangkan unsur-unsur polutan beracun dalam perairan. Terdapat dua jenis pengikatan (adsorpsi) kation logam oleh organisme yaitu pengikatan pasif yang tidak tergantung metabolisme (*metabolism-independent*) dan pengikatan aktif yang bergantung metabolisme (*metabolism-dependent*)[14].

Alga merupakan organisme yang mengandung klorofil dengan melakukan proses fotosintesis oksigenik. Alga sangat banyak tersedia di ekosistem tropis dan merupakan sumber daya alam yang sangat melimpah[15]. Biomassa alga sebagai biosorben relatif menjanjikan untuk menyerap limbah logam berat [16][17]. Namun, biomassa alga memiliki kelemahan yaitu rentan rusak oleh dekomposisi mikroorganisme dan aplikasi pada kolom cenderung sulit dilakukan. Untuk mengatasi kelemahan tersebut maka dilakukan teknik imobilisasi. Imobilisasi memanfaatkan polimer lain untuk mengikat sel ke dalam suatu matriks pendukung yang bertujuan untuk meningkatkan stabilitasnya[18]. Ada beberapa manfaat dari imobilisasi biomassa pada biosorpsi yaitu memulihkan biomassa dari air limbah setelah pengolahan tanpa filtrasi, resistensi tinggi terhadap senyawa beracun, dapat diregenerasi dengan eluen tertentu sehingga dapat digunakan berulang-berulang [19].

Ada beberapa macam aplikasi untuk mengimobilisasi biomassa. Teknik dasar yang tersedia untuk aplikasi biosorpsi yang didasarkan pada adsorpsi dalam matriks pendukung yaitu pelapisan dalam matriks polimer, ikatan kovalendan *ross link-sel*[20]. Polimer seperti kalsium alginat, polisulfon dan polietil amina yang biasa digunakan pada pelapisan matriks. Sedangkan pada ikatan kovalen, matriks pendukung yang paling banyak digunakan adalah silika gel. Pada pengikatan silang, agen pengikat silang yang biasa digunakan adalah formaldehid, glutarat dealdehid, dan divinil sulfon.

Pemanfaatan natrium silika dalam proses imobilisasi mikroalga menggunakan metode sol gel yaitu dengan menambahkan H_2SO_4 [21]. Berikut merupakan mekanismenya.



Gambar 1. Mekanisme pembentukan asam silikat bebas dan gugus siloksan[21].

II. METODE PENELITIAN

A. Alat

Alat-alat yang diperlukan yaitu neraca analitik, kertas saring, ayakan (ukuran 150 μm dan 250 μm), blender, Glass woll, kolom, peralatan glass, botol semprot, oven, desikator, pH meter (Schott Instrument Lab 850), Spektrofotometer Serapan Atom (Merk Shimadzu tipe AA 600), dan Spektrofotometer Fourier Transform Infrared (FTIR) (Merk PerkinElmer Frontier).

B. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah biomassa alga hijau (*Mougeotia* sp.) yang diperoleh dari Sungai Anduring, Kecamatan 2x11 Kayutanam, Kabupaten Padang Pariaman yang telah diidentifikasi di Laboratorium Botani Jurusan Biologi Universitas Negeri Padang, akuades, logam Cr^{3+} yang didapatkan dengan melarutkan $CrCl_3 \cdot 6H_2O$, HNO_3 6% (Merck KGaA), dan NH_3 25% (Merck KGaA), H_2SO_4 , $BaCl_2$ dan Na_2SiO_3 .

C. Persiapan Biomassa

Biomassa alga hijau yang sudah didapatkan dibilas dengan menggunakan aquades, setelah itu mengeringkannya di udara terbuka (tanpa paparan sinar matahari langsung). Setelah kering kemudian diblender, lalu diayak. Hasil ayakan yang telah didapatkan direndam dengan menggunakan larutan asam nitrat encer 1%, selama dua jam. Lalu dicuci dan dibilas menggunakan Aquades sampai air hasil pencuciannya menjadi netral. Selanjutnya biomassa dikeringkan di dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam hingga diperoleh berat tetap.

Biomassa yang telah kering disimpan dalam desikator. Biomassa kering yang digunakan dengan ukuran partikel antara 150 dan 250 μm .

D. Perlakuan Immobilisasi biomassa

Asam sulfat 5% sebanyak 75 ml dicampurkan dengan natrium silika 6% secukupnya sehingga nanti akan diperoleh pH 2, kemudian biomassa sebanyak 5 gram ditambahkan ke dalam campuran ini. Diaduk sekitar 15 menit. Setelah itu ditambahkan sodium silikat 6 % sedikit demi sedikit sehingga dihasilkan pH mencapai netral. Setelah polimer terbentuk, dicuci dengan air secukupnya. Lalu ditambahkan 2 tetes larutan BaCl_2 sampai tidak terbentuk endapan putih. Polimer yang terbentuk kemudian dikeringkan satu malam pada suhu 60°C , setelah itu digerus dengan ukuran partikel 250 μm .

E. Prosedur Percobaan

Media yang dipakai pada penelitian ini adalah larutan Cr^{3+} . Yang dibuat dengan cara melarutkan $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Pada setiap perlakuan disiapkan kolom gelas dengan diameter 1 cm yang dilengkapi dengan peralatan lainnya. Kolom dibilas dengan HCL 0.5 mol/l dan dicuci dengan air sehingga bebas asam. Kolom diisi dengan 1 gram biosorben yang sudah diimmobilisasi. Kemudian dialirkan larutan logam Cr^{3+} dengan melarutkan logam sebanyak 25 ml dengan konsentrasi awal 100, 150, 200, 250, 300 mg/l, kemudian dialirkan melalui kolom kerja dengan laju alir dan pH optimum. Eluen yang keluar dari kolom ditampung dalam erlenmeyer dan kemudian akan ditentukan konsentrasi logamnya menggunakan Spektrometer Serapan Atom.

Kapasitas penyerapan maksimum biomassa nantinya dapat dilihat dengan menggunakan Persamaan Isoterm Langmuir. Untuk mengetahui konsentrasi ion logam yang teradsorpsi dapat dihitung dengan mencari selisih konsentrasi ion logam mula-mula dengan konsentrasi ion logam saat setimbang. Banyaknya logam yang terserap lalu dinyatakan sebagai berat (mg) logam yang terserap per berat (g) adsorben [22][18]. Berikut bentuk persamaanya:

$$Q = (C_0 - C_e) v/w \quad (1)$$

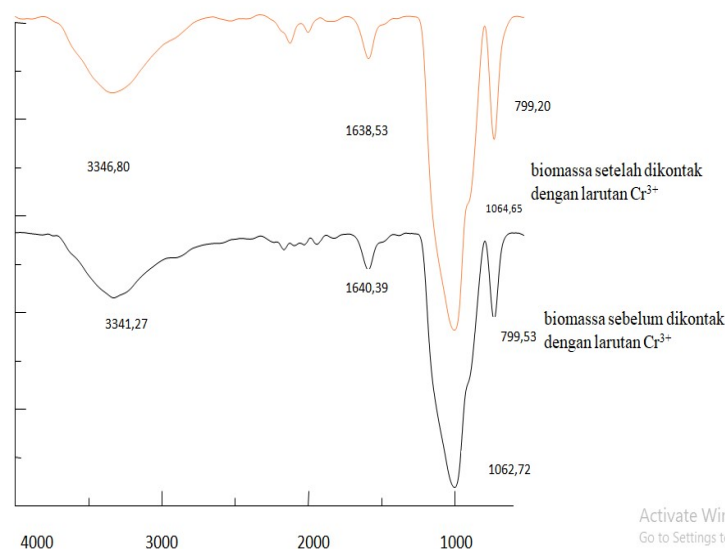
$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{bQ_m} + \left(\frac{1}{Q_m}\right) C_e \quad (2)$$

Di mana Q_e adalah jumlah polutan terlarut yang diadsorpsi oleh biosorben pada kesetimbangan (mg/g), Q_m adalah kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g), C_e adalah konsentrasi fase cair adsorpsi pada keadaan setimbangan (mg/g) dan b adalah konstanta Langmuir yang terkait dengan energi adsorpsi (L/mg)[23][24].

III. PEMBAHASAN.

A. Karakterisasi Alga Hijau *Mougeotia* sp. dengan FTIR

Dalam penelitian ini karakterisasi Alga Hijau *Mougeotia* sp. menggunakan instrumen FTIR. Hal ini bertujuan untuk mengetahui jenis gugus-gugus fungsi yang terdapat dalam biomassa alga hijau *Mougeotia* sp.



Gambar 2. Spektrum IR biomassa *Mougeotia* sp. yang diimmobilisasi dengan natrium silika sebelum dan sesudah dikontak dengan larutan ion Cr^{3+} .

Pada spektra *Mougeotiasp.* yang diimmobilisasi pada natrium silika, menunjukkan adanya serapan pada bilangan gelombang 3441,27 cm^{-1} yang merupakan serapan dari vibrasi ulur O-H dari Si-OH. Pada bilangan gelombang 1640,39 cm^{-1}

menunjukkan adanya vibrasi ulur C=O. Di daerah 1062,72 cm⁻¹ terdapat pita serapan yang cukup tajam yang diidentifikasi vibrasi ulur asimetris Si-O-Si. Pada bilangan gelombang 799,53 cm⁻¹ menunjukkan terdapat vibrasi ulur simetris Si-O.

Dari gambar 2. dapat dilihat adanya pergeseran bilangan gelombang biomassa yang diimmobilisasi dengan natrium silika sebelum dan setelah dikontak dengan larutan ion logam Cr³⁺. Pergeseran bilangan gelombang tersebut terjadi pada uluran O-H dari Si-OH, C=O, dan Si-O. Pergeseran bilangan gelombang ini mengindikasikan gugus fungsi tersebut berperan dalam penyerapan ion Cr³⁺.

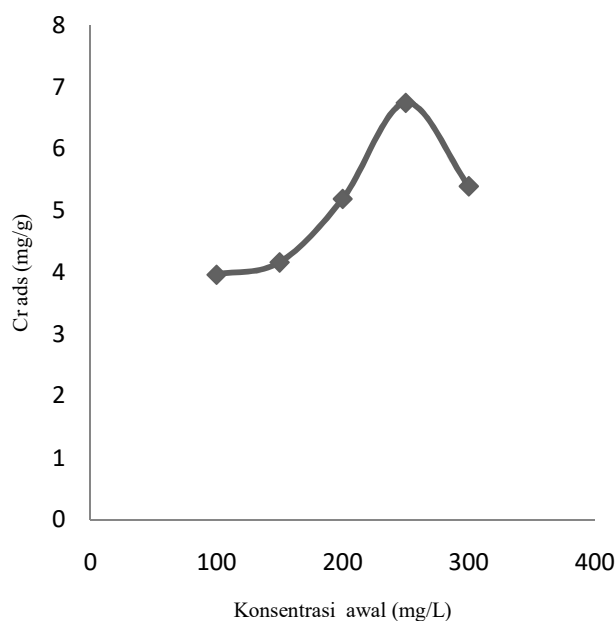
Berdasarkan spektrum FTIR biomassa yang diimmobilisasi dengan natrium silika sebelum dan setelah dikontak dengan larutan ion logam Cr³⁺, berikut merupakan tabel pergeseran bilangan gelombang biomassa yang digunakan:

TABEL 1.
PERGESERAN BILANGAN GELOMBANG BIOMASSA

Spektrum FTIR sebelum dikontak dengan ion Cr ³⁺	Spektrum FTIR setelah dikontak dengan ion Cr ³⁺	Pergeseran	Keterangan
3341,27 cm ⁻¹	3346,80 cm ⁻¹	5,53	Vibrasi ulur OH dari Si-OH
1640,39 cm ⁻¹	1638,53 cm ⁻¹	1,86	Vibrasi ulur C=O
1062,72 cm ⁻¹	1064,65 cm ⁻¹	1,93	Vibrasi ulur asimetri Si-O-Si

B. Pengaruh Konsentrasi Awal Larutan

Jumlah sisi aktif pada permukaan biosorben berhubungan erat dengan konsentrasi ion logam. Untuk mendapatkan informasi tentang optimum penyerapan dari biomassa alga hijau *Mougeotia* sp. yang diimmobilisasi pada natrium silika dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. Pengaruh konsentrasi awal larutan terhadap daya serap ion logam Cr³⁺ oleh biomassa *Mougeotia* sp. yang diimmobilisasi oleh natrium silika (0,5 gram biomassa, 25 ml larutan ion Cr³⁺, laju alir 1, pH 5).

Berdasarkan Gambar 3. dapat dilihat bahwa jumlah ion Cr³⁺ yang terserap semakin meningkat mulai dari konsentrasi awal 100 mg/L sampai dengan 250 mg/L yaitu 3,9616 mg/g sampai 6,7409 mg/g. Kemudian terjadi penurunan pada konsentrasi 300 mg/l yaitu sebesar 5,3922 mg/g. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh H.Zulva (2018) juga melaporkan bahwa jumlah ion Cr³⁺ yang terserap meningkat seiring meningkatnya konsentrasi larutan sampai 250 mg/L dan mengalami penurunan pada konsentrasi 300 mg/L.

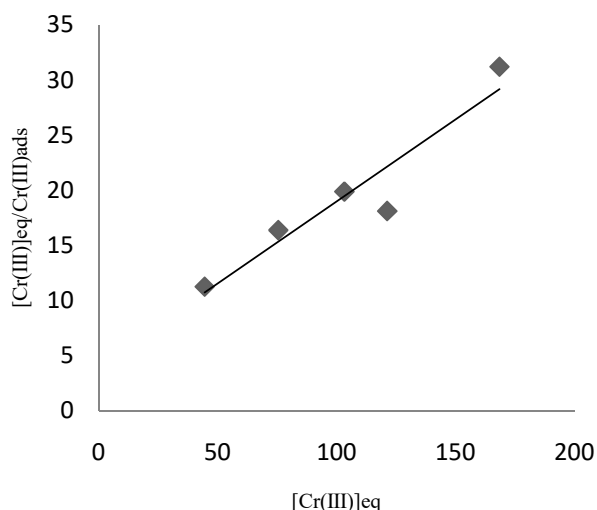
Jumlah ion Cr³⁺ yang terserap menjadi tinggi apabila jumlah sisi aktif lebih besar dibandingkan jumlah ion logam. Namun, ion Cr³⁺ yang terserap akan konstan bahkan terjadi penurunan apabila telah terjadi kejenuhan pada material penyerap [25].

Jumlah ion Cr³⁺ yang terserap akan meningkat seiring bertambahnya konsentrasi larutan. Sesuai dengan teori Langmuir yang menyatakan bahwa pada permukaan biomaterial terdapat sisi aktif yang sebanding dengan luas

permukaan penyerap. Selanjutnya data yang diperoleh diplotkan ke dalam persamaan Isoterm Langmuir.

$$y = 0,148x + 4,083$$

$$R^2 = 0,898$$



Gambar 4. Kurva Isoterm Langmuir penyerapan ion Cr³⁺.

Berdasarkan perhitungan teoritis Isoterm Langmuir, diperoleh kapasitas serapan maksimum (q_m) 6,7409mg/g biomassa dan konstanta afinitas serapan 0,03641 L/g dengan nilai koefisien regresi (R^2) sebesar 0,898.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian tentang pengaruh konsentrasi awal larutan terhadap penyerapan ion logam Cr³⁺ menggunakan biomassa alga hijau *Mougeotia* sp. yang diimmobilisasi pada natrium silika dapat disimpulkan bahwa :

- 1) Gugus fungsi yang berperan pada penyerapan ion logam Cr³⁺ adalah karboksil, karbonil dan amina. Selain itu, kapasitas penyerapan ion logam Cr³⁺ menggunakan biomassa alga hijau *Mougeotia* sp. yang diimmobilisasi pada natrium silika meningkat dibandingkan dengan alga fresh dikarenakan adanya penambahan gugus fungsi yaitu Si-OH dan Si-O-Si.
- 2) Kondisi optimum penyerapan terjadi pada konsentrasi 250 mg/L yaitu 6,7409 mg/g.

- 3) Berdasarkan persamaan Isoterm Langmuir kapasitas serapan maksimum adalah sebesar 6,7409 mg/g. Biosorpsi ion Cr³⁺ memenuhi persamaan Isoterm Langmuir dengan R^2 sebesar 0,898.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah ikut serta dalam penulisan ini dan para penulis artikel rujukan utama [18][22][10][7].

REFERENCE

- [1] A. A. Beni and A. Esmacili, *Biosorption, an efficient method for removing heavy metals from industrial effluents: A Review*, vol. 17. Elsevier B.V., 2020.
- [2] L. Bulgariu and D. Bulgariu, "Extraction of gold(III) from chloride media in aqueous polyethylene glycol-based two-phase system," *Sep. Purif. Technol.*, vol. 80,no.3,pp.620–625,2011,doi:10.1016/j.seppur.2011.06.018.
- [3] C. E. R. Barquilha, E. S. Cossich, C. R. G. Tavares, and E. A. Silva, "Biosorption of nickel(II) and copper(II) ions in batch and fixed-bed columns by free and immobilized marine algae *Sargassum* sp.," *J. Clean. Prod.*, vol. 150, pp. 58–64, 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.02.199.
- [4] M. Firdaus, "Optimasi Tanah Napa Sebagai Adsorben ion Cu (II)," vol. 2, no. 2, pp. 80–85, 2013.
- [5] A. Khairat and H. Sanjaya, "OPTIMASI TANAH NAPA SEBAGAI ADSORBEN ION LOGAM Cd (II)," vol. 2, no. 2, pp. 34–39, 2013.
- [6] M. Syukrya, "Determination of Maximum Adsorption Capacity of the Napa Soil on Chromium Ions (III)," vol. 2, no. 2, pp. 1–5, 2013.
- [7] M. Mawardi, "Biosorpsi Kation Tembaga (II) dan Seng (II) oleh Biomassa Alga Hijau *Spirogyra* subsalsa," *J. Biota*, vol. 16, no. 2, pp. 269–277, 2011, doi: 10.24002/biota.v16i2.109.
- [8] Mawardi, "Kajian Proses Biosorpsi Timbal (Ii) Oleh Biomass Alga *Spirogyra* Melalui Modifikasi Gugus

- Karboksil Dan Karbonil,” vol. 16, no. December, pp. 114–118, 2015.
- [9] E. Bağda, M. Tuzen, and A. Sari, “Equilibrium, thermodynamic and kinetic investigations for biosorption of uranium with green algae (*Cladophora hutchinsiae*),” *J. Environ. Radioact.*, vol. 175–176, pp. 7–14, 2017, doi: 10.1016/j.jenvrad.2017.04.004.
- [10] (2014) Mawardi et al., “Larutan Dengan Menggunakan Biomassa Alga,” *Pemisahan Ion Krom(III) Dan Krom(IV) Dalam Larutan Dengan Menggunakan Biomassa Alga Hijau Spirogyra Subsalsa Sebagai Biosorben*, vol. 15, no. 1, pp. 27–36, 2014.
- [11] D. Zhang, C. Ran, Y. Yang, and Y. Ran, “Biosorption of phenanthrene by pure algae and field-collected planktons and their fractions,” *Chemosphere*, vol. 93, no.1, pp.61–68, 2013, doi:10.1016/j.chemosphere.2013.04.068.
- [12] A. L. D. da Rosa, E. Carissimi, G. L. Dotto, H. Sander, and L. A. Feris, “Biosorption of rhodamine B dye from dyeing stones effluents using the green microalgae *Chlorella pyrenoidosa*,” *J. Clean. Prod.*, vol.198, pp.1302–1310, 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.07.128.
- [13] C. Apik, “Biosorpsi Logam Berat Cr (VI) Dengan Menggunakan Biomassa *Saccharomyces Cerevisiae*,” no. Vi, 2017.
- [14] M. Bilal, T. Rasheed, J. E. Sosa-Hernández, A. Raza, F. Nabeel, and H. M. N. Iqbal, “Biosorption: An interplay between marine algae and potentially toxic elements—A review,” *Mar. Drugs*, vol. 16, no. 2, pp. 1–16, 2018, doi: 10.3390/md16020065.
- [15] S. V Gokhale, K. K. Jyoti, and S. S. Lele, “Modeling of chromium (VI) biosorption by immobilized *Spirulina platensis* in packed column,” vol. 170, pp. 735–743, 2009, doi: 10.1016/j.jhazmat.2009.05.005.
- [16] F. Brouers and T. J. Al-Musawi, “On the optimal use of isotherm models for the characterization of biosorption of lead onto algae,” *J. Mol. Liq.*, vol. 212, pp. 46–51, 2015, doi: 10.1016/j.molliq.2015.08.054.
- [17] A. R. Keshtkar, M. A. Moosavian, H. Sohbatazadeh, and M. Mofras, “La(III) and Ce(III) biosorption on sulfur functionalized marine brown algae *Cystoseira indica* by xanthation method: Response surface methodology, isotherm and kinetic study,” *Groundw. Sustain. Dev.*, vol. 8, no. Iii, pp. 144–155, 2019, doi: 10.1016/j.gsd.2018.10.005.
- [18] Suharso, Buhani, and Sumadi, “Immobilization of *S. duplicatum* supported silica gel matrix and its application on adsorption-desorption of Cu (II), Cd (II) and Pb (II) ions,” *Desalination*, vol. 263, no. 1–3, pp. 64–69, 2010, doi: 10.1016/j.desal.2010.06.037.
- [19] A. Ahmad, A. H. Bhat, and A. Buang, “Biosorption of transition metals by freely suspended and Ca-alginate immobilised with *Chlorella vulgaris*: Kinetic and equilibrium modeling,” *J. Clean. Prod.*, vol. 171, pp. 1361–1375, 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.09.252.
- [20] C. E. R. Barquilha, E. S. Cossich, C. R. G. Tavares, and A. Edson, “Journal of Water Process Engineering Biosorption of nickel and copper ions from synthetic solution and electroplating e ffl uent using fi xed bed column of immobilized brown algae,” *J. Water Process Eng.*, vol. 32, no. June, p. 100904, 2019, doi: 10.1016/j.jwpe.2019.100904.
- [21] F. Anggrenistia, N. Wahyuni, and T. A. Zaharah, “Adsorpsi Ion Logam Zn (II) Menggunakan Biomassa *Chlorella sp .*,” vol. 4, no. 3, 2015.
- [22] Mawardi, E. Munaf, S. Kosela, W. Wibowo, and R. Zainul, “Journal of Chemical and Pharmaceutical Research , 2015 , 7 (11) : 715-722 Research Article Study of Pb (II) biosorption from aqueous solution using immobilized *Spirogyra subsalsa b iomass*,” vol. 7, no. 11, pp. 715–722, 2015.
- [23] M. A. Wahab, S. Jellali, and N. Jedidi, “Ammonium biosorption onto sawdust: FTIR analysis, kinetics and adsorption isotherms modeling,” *Bioresour. Technol.*,

vol. 101, no. 14, pp. 5070–5075, 2010, doi:
10.1016/j.biortech.2010.01.121.

- [24] M. H. Mawardi, Sanjaya and R. Zainul,
“Characterization of napa soil and adsorption of Pb
(II) from aqueous solutions using on column method,”
vol.7,no.12,pp.905–912,2018,doi:
10.31227/osf.io/t8fh9.
- [25] Z. Chaidir, H. Qomariah, and Z. Rahmiana,
“Penyerapan Ion Logam Cr(III) dan Cr(VI) Dalam
Larutan Menggunakan Kulit Buah Jengkol,” *J. Ris.
Kim.*, vol. 8, no. 2, pp. 189–199, 2015.