

## POTENSI KOMPOSIT KARBON-KITOSAN SEBAGAI BIOSORBEN LOGAM BERAT Cu(II)

Bertha Mangallo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Papua,  
Manokwari, Papua Barat, 98314

\*Corresponding author : [b.mangallo@unipa.ac.id](mailto:b.mangallo@unipa.ac.id)

**ABSTRACT:** This study aims to develop adsorption technology from natural sources, especially about optimizing the potential of chitosan composites as biosorbents for heavy metal waste treatment. The target to be achieved from this research is to obtain the technology of making carbon-chitosan composites with the formulation and characteristics of chitosan composites that have maximum adsorption power to Cu(II) metal. The study of the characteristics of the chitosan composite was carried out using FT-IR, while the adsorption capacity was determined by AAS. The research stages include the isolation of chitin from shrimp shells, the conversion stage of chitin into chitosan, the synthesis stage of activated carbon from palm kernel kernels, the synthesis stage of the carbon-chitosan composite (KCK), and the characterization and adsorption test of the chitosan composite on Cu(II) metal. The results from the analysis of the adsorption capacity of chitosan composites to Cu (II) showed that the composite formulation of Carb on-Chitosan (KCK) at ratio of 1:10 (w/v) with adsorption capacity is  $2.3037 \times 10^{-4}$  mol/g.

Keywords: biosorbent, activated carbon, chitosan, heavy metal Cu(II)

### PENDAHULUAN

Hasil laut merupakan komoditas andalan di dalam peningkatan ekspor komoditas non migas Indonesia, bahkan merupakan komoditas primadona seperti udang. Pada tahun 2020 produksi budidaya udang di Indonesia mencapai 911.200 ton. Udang di Indonesia di ekspor dalam bentuk udang beku yaitu udang yang telah mengalami *cold storage* setelah melalui pemisahan kepala dan kulit. Akibat dari proses tersebut diperoleh limbah atau hasil samping berupa kepala dan kulit yang dapat mencapai 25% dari total *catch*, yang menimbulkan masalah pencemaran lingkungan karena hanya sebagian dari limbah tersebut yang telah dimanfaatkan.

Di dalam kulit udang terdapat

senyawa kitin yang cukup besar, yaitu sekitar 20-30%. Ekstraksi kitosan dari hewan anthropoda meliputi 3 tahap. Tahap pertama, yaitu tahap deproteinase dengan menggunakan larutan NaOH, kedua adalah tahap demineralisasi dengan menggunakan larutan HCl, dari kedua tahapan ekstraksi ini akan diperoleh senyawa kitin. Konversi kitin menjadi kitosan adalah tahap deasetilasi dengan menggunakan larutan NaOH.

Kondisi optimum ekstraksi kitin dari cangkang udang telah diketahui dari penelitian mengenai optimalisasi ekstraksi kitin dari cangkang udang. Melalui proses deasetilasi, kitin dapat dikonversi menjadi kitosan. Derajat deasetilasi tertinggi pada konversi kitin menjadi kitosan diperoleh pada perbandingan basa (50%) dan kitin yaitu 15 : 1, yang mencapai 81,17%

(Mangallo, 2006).

Sejalan dengan kemajuan dalam bidang teknologi kimia yang diungkapkan dengan penemuan pestisida, teknologi industri maupun pabrik dengan pengolahan dan segala bentuk pengembangannya, juga telah memberikan dampak negatif berupa limbah cair yang mengandung polutan logam-logam berat, yang secara langsung atau tidak langsung telah mencemari lingkungan. Logam ini dapat terakumulasi di dalam tubuh sehingga dalam jangka waktu tertentu dapat bersifat sebagai racun yang terakumulasi. Beberapa logam berat seperti Mn, Zn, dan Cu merupakan logam esensial yang diperlukan tubuh dalam jumlah kecil, logam ini akan berbahaya dan bersifat racun bila melebihi ambang batas yang diperbolehkan ada dalam tubuh. Sebagai contoh, kelebihan logam Cu menimbulkan masalah pada perut dan usus, dan dalam waktu panjang akan menyebabkan kerusakan pada ginjal dan hati.

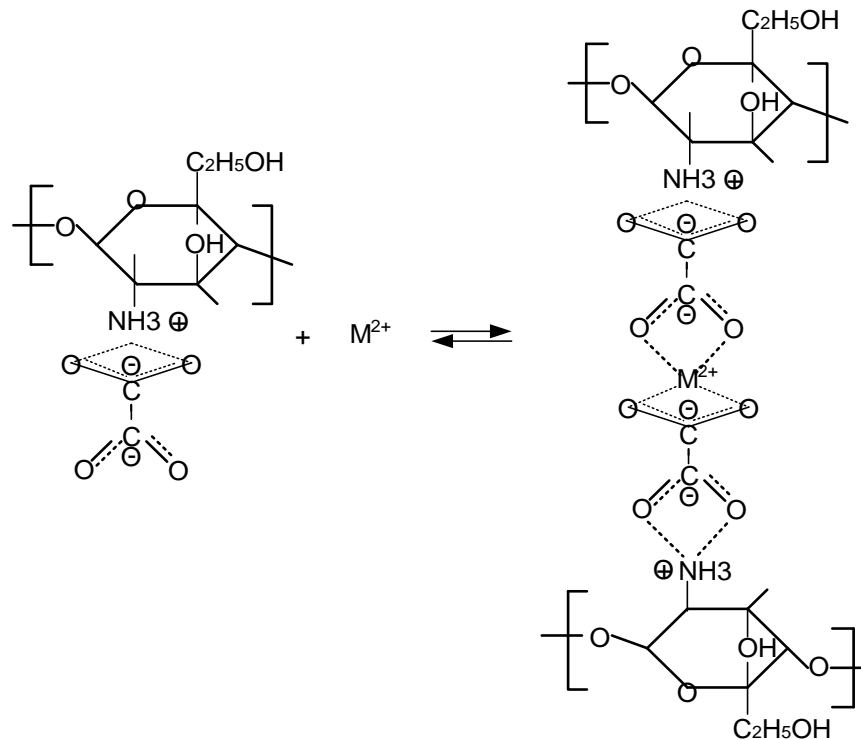
Beberapa cara telah dilakukan untuk menangani limbah logam berat yang mencemari perairan, misalnya dengan pengendapan logam larut sebagai hidroksida logam. Namun beberapa logam seperti Pb, Cd, Hg tidak dapat mengendap dengan sempurna. Metode lainnya adalah dengan teknik teknik osmosis dapat balik, metode pertukaran ion, resin pengkelat, membran pemisah, oksidasi reduksi, filtrasi dan adsorpsi menggunakan karbon. Akan tetapi metode-metode tersebut relatif mahal dan tidak efisien (Brierley, 1990). Mengatasi kekurangan-kekurangan tersebut biosorpsi yang berarti memindahkan logam berat dalam air oleh mikroorganisme atau oleh produk metaboliknya, dapat dieksploitasi sebagai metode yang menjanjikan, efisien dan hemat. Pendekatan konsep

adsorpsi ini dapat memanfaatkan kitosan sebagai biopolimer karena kemampuannya dalam mengadsorpsi ion logam (Son *et al.*, 2004).

Dalam dekade terakhir ini, penggunaan adsorben dari sumber biological (biosorben) menjadi alternatif yang menjanjikan untuk pengelolaan logam berat, termasuk kitosan. Adanya gugus amina pada cincin kitosan dapat digunakan sebagai sisi kelat untuk mengikat logam berat yang ada dalam limbah cair (Schmuhl *et al.*, 2004). Namun, seperti halnya polisakarida lainnya, kitosan murni menunjukkan kekuatan mekanis yang rendah. Material biosorben kitosan sedikit larut pada pH rendah dan ini merupakan masalah dalam pengembangan kitosan untuk aplikasi secara komersial (Mangallo & Sjahrul, 2012).

Modifikasi kitosan sebagai komposit kitosan merupakan metode untuk memudahkan transfer massa dan membuka sisi aktif ikatan untuk mempertinggi kapasitas adsorpsi dan untuk menurunkan kelarutan dari kitosan pada pH dimana air limbah terkontaminasi oleh logam. Selain itu sisi aktif ikatan dari kitosan tidak mudah tersedia untuk proses sorpsi. Transport kontaminan logam pada sisi ikatan memainkan peranan penting dalam proses adsorpsi. Oleh karena itu, perlu untuk menyediakan pendukung fisik dan meningkatkan keadaan dapat masuk dari sisi ikatan logam untuk aplikasi proses (Boddu *et al.*, 2003; Nomanbhay & Palanisamy, 2005). Proses pelapisan kitosan dengan alumina menghasilkan suatu komposit yang terdiri atas butiran-butiran kecil stabil seperti warna tepung gandum (Boddu *et al.*, 2003). Mekanisme yang dominan adalah interaksi ionik (interaksi elektrostatis) antara adsorben dan adsorbat (Gambar 1). Pendukung fisik yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah

karbon aktif yang disintesis dari kernel inti sawit.



Gambar 1. Ikatan antara asam oksalat pada kitosan dengan logam divalen

**METODE PENELITIAN**

Tahap pembuatan dan karakterisasi Komposit Karbon-Kitosan, meliputi:

1. Tahap isolasi kitin dan kitosan dari cangkang udang menurut Mangallo, 2006.
2. Tahap sintesis karbon aktif dari kernel inti kelapa sawit.  
Arang kernel inti sawit dibuat dengan menggunakan drum dengan sistem suplai udara terkendali. Arang kemudian direndam dalam larutan aktivator ZnCl<sub>2</sub> 7% pada perbandingan 1:10 (m/v) selama 24 jam.
3. Sintesis komposit carbon –kitosan (KCK).  
500 mL gel kitosan dilarutkan dalam aquadest hingga pH 3, kemudian dipanaskan pada 40-

50<sup>0</sup>C. Carbon aktif yang disintesis dari kernel inti sawit ditambahkan secara perlahan ke dalam gel kitosan pada perbandingan 1:4, 1:6, 1:8, dan 1:10, kemudian dishaker pada 150 rpm selama 24 jam. Gel yang dilapisi karbon aktif dicuci dengan aquades dan dikeringkan. Proses diulangi tiga kali hingga membentuk lapisan kitosan pada permukaan karbon aktif, yang kemudian disebut komposit karbon aktif-kitosan. Komposit ini dinetralisasi dalam 0,5% NaOH selama 3 jam.

4. Tahap karakterisasi komposit kitosan dengan FTIR.
5. Tahap studi adsorpsi komposit karbon kitosan, KCK terhadap logam Cu(II). Kapasitas adsorpsi ditentukan dengan persamaan:

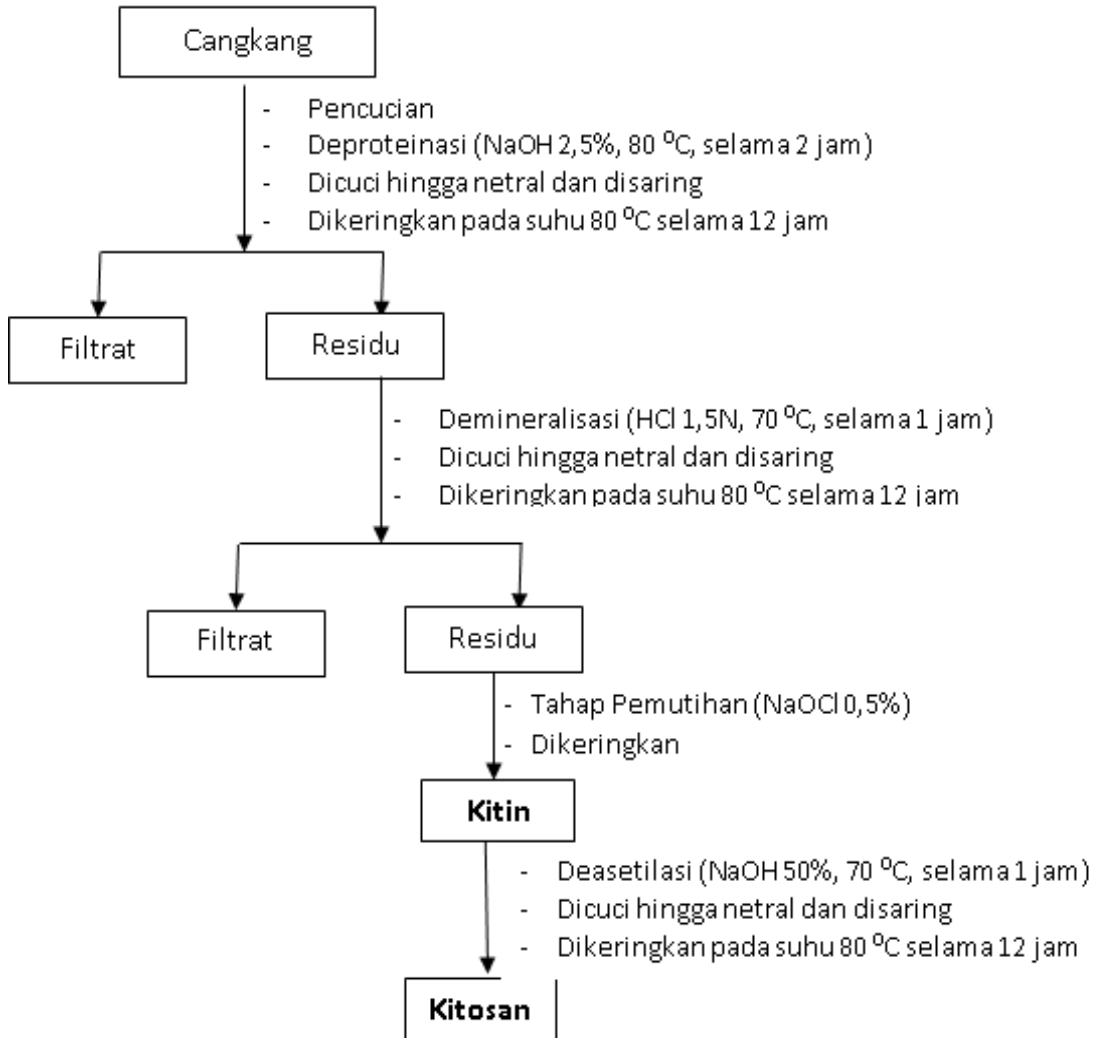
$$Q_e = \frac{C_i - C_e}{w} \times V$$

dimana:

C<sub>i</sub>: konsentrasi logam sebelum adsorpsi.  
 C<sub>e</sub>: konsentrasi logam sesudah adsorpsi

Q<sub>e</sub>: kapasitas adsorpsi (mg/L)  
 w: massa adsorben (gram)  
 V: volume (L)

Tahap isolasi kitin dan kitosan dari cangkang udang (Mangallo, 2006)



### HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi kitosan yang diperoleh dari cangkang udang dilakukan dengan menentukan kadar air, kadar abu dan penentuan derajat deasetilasi, serta analisis gugus fungsi dengan menggunakan FTIR. Hasil karakterisasi yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik kitosan hasil deasetilasi dan kitosan standar

Jenis Sampel	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Derajat Deasetilasi (%)
Kitosan Standar (Protan Laboratories )	< 10	≤ 1	> 70

Kitosan Standar secara kimiawi	10	3,2	55	Kitosan hasil deasetilasi dari penelitian ini dianalisis dengan FTIR, spektra yang diperoleh dibandingkan dengan spektra kitosan standar (Tabel 2).
Kitosan hasil penelitian	7,14	0,37	71,52	

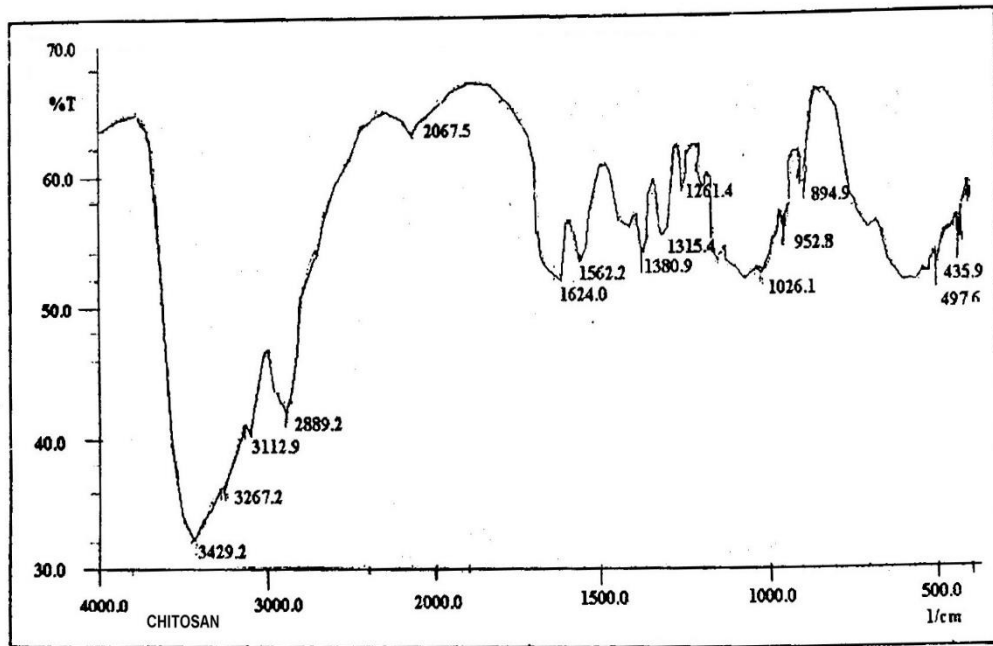
Tabel 2. Hasil interpretasi Spektra IR Kitosan Standart dan Kitosan Hasil Deasetilasi

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang Kitosan Standar (cm <sup>-1</sup> )	Intensitas	Bilangan Gelombang Kitosan Hasil Deasetilasi (cm <sup>-1</sup> )	Intensitas
N-H asimetrik	3445	Tajam	3429	Tajam
C-H	2919	Lemah	2889	Sedang
C=O (Amida I)	1654	Tajam	1624	Sedang
N-H (amida II)	1560	Sedang	1562	Sedang
OH sekunder (atom C <sub>3</sub> )	1378 dan 1319	Tajam	1380 dan 1315	Tajam
OH Primer (atom C <sub>6</sub> )	1030	Sedang	1026	Sedang

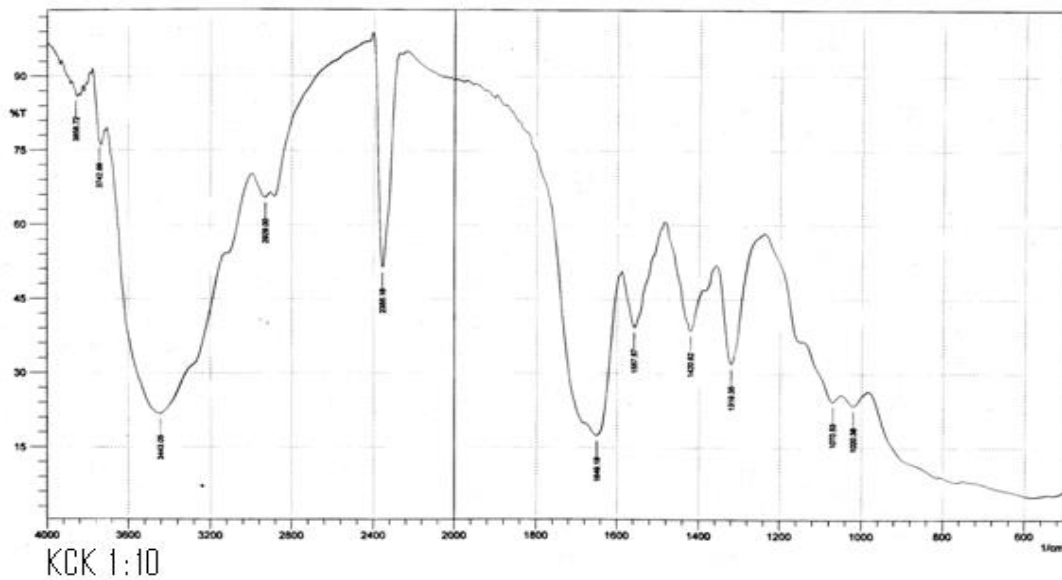
Sintesis komposit karbon kitosan dalam penelitian ini dilakukan dengan bervariasi perbandingan karbon dan Kitosan pada perbandingan 1:4, 1:6, 1:8, dan 1:10. Komposit yang diperoleh dikarakterisasi dengan menggunakan FTIR. Spektra kitosan hasil deasetilasi dan KCK pada perbandingan 1:10 disajikan pada Gambar 2.

Spektra IR KCK menunjukkan adanya pita serapan dengan intensitas tajam pada bilangan gelombang 3455 cm<sup>-1</sup> sebagai pita serapan dari gugus -NH asimetrik. Pita serapan 3000-3500 cm<sup>-1</sup> merupakan vibrasi rentangan dari gugus -NH dan -OH. Pita serapan pada

bilangan gelombang 2850 cm<sup>-1</sup> dengan intensitas sedang sebagai pita serapan dari gugus C-H. Pita serapan pada bilangan gelombang 1562 cm<sup>-1</sup> dengan intensitas sedang merupakan vibrasi tekuk dari gugus -NH- amida. Pita serapan pada bilangan gelombang 1380 dan 1315 cm<sup>-1</sup> dengan intensitas tajam sebagai pita OH sekunder. Pita serapan pada bilangan gelombang 1160 cm<sup>-1</sup> sebagai vibrasi rentangan asimetrik dari gugus fungsi C-O-C. Pita serapan pada bilangan gelombang 1026 cm<sup>-1</sup> sebagai vibrasi rentangan dari gugus fungsi CH-OH (Silva *et al.*, 2012).



(a)



(b)

Gambar 2. (a) Spektra IR kitosan hasil deasetilasi (b) Spektra IR KCK pada perbandingan 1:10

Formula Komposit Karbon-Kitosan yang efektif ditentukan berdasarkan daya adsorpsi terhadap logam Cu(II) yang dianalisis dengan menggunakan AAS. Hasil analisis daya

adsorpsi komposit kitosan diberikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Studi adsorpsi komposit karbon-kitosan terhadap logam Cu(II)

Adsorben	C <sub>i</sub> (mg/L)	C <sub>e</sub> (mg/L)	Q <sub>e</sub> (mg/g)
KCK 1:4	8	6,2833	0,1717
KCK 1:6	8	5,6412	0,2359
KCK 1:8	8	5,4029	0,2597
KCK 1:10	8	4,3402	0,3660

Tabel 3 menunjukkan bahwa peningkatan jumlah karbon pada komposit KCK akan meningkatkan kemampuan adsorpsi KCK terhadap logam Cu(II) dan formulasi komposit Carbon-Kitosan (KCK) yang memberikan daya adsorpsi terbesar adalah pada perbandingan 1:10 (w/v), dengan kapasitas adsorpsi terhadap logam Cu(II) sebesar 0,3660 mg/g atau  $2,3037 \times 10^{-4}$  mol/g. Penambahan komposisi karbon aktif pada komposit kitosan dapat menyebabkan terjadi penurunan sifat kristal kitosan. Penurunan sifat kristal dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi adsorben terhadap logam berat (Soundarrajan *et al.*, 2013). Kapasitas adsorpsi kitosan termodifikasi dapat terjadi pada kondisi pH optimum. Menurut Mangallo (2012), kapasitas adsorpsi kitosan termodifikasi terhadap logam terjadi pada range pH 4,5 – 5,5. Pada suasana asam (pH < 4) dapat terjadi protonasi gugus amina (-NH<sub>2</sub>) pada adsorben menjadi -NH<sub>3</sub><sup>+</sup> sehingga mengurangi jumlah situs aktif pada permukaan adsorben kitosan termodifikasi untuk mengadsorpsi ion logam (Nomanbhay & Palanisamy, 2005). Ion H<sup>+</sup> pada larutan dapat bersaing dengan ion logam untuk situs aktif (-NH<sub>2</sub>) sehingga dapat menurunkan jumlah ion logam yang teradsorpsi.

## KESIMPULAN

Formulasi komposit Carbon-Kitosan (KCK) yang memberikan daya adsorpsi terbesar adalah pada perbandingan Carbon aktif dan Kitosan 1:10(w/v). Hasil analisis daya adsorpsi komposit kitosan menunjukkan bahwa formulasi komposit Carbon-Kitosan (KCK) pada perbandingan 1:10 (w/v) mempunyai kapasitas adsorpsi sebesar  $2,3037 \times 10^{-4}$  mol/g.

## DAFTAR PUSTAKA

- Boddu, V. M., Abburi, K., Talbott, J. L., & Smith, E. D. (2003). Removal of Hexavalent Chromium from Wastewater Using a New Composite Chitosan Biosorbent. *Environmental Science & Technology*, 37(19), 4449–4456. <https://doi.org/10.1021/es021013a>
- Brierley, C. L. (1990). Bioremediation of metal-contaminated surface and groundwaters. *Geomicrobiology Journal*, 8(3–4), 201–223. <https://doi.org/10.1080/01490459009377894>
- Mangallo, B., & Samuel, 2006. Optimalisasi Variabel yang Berpengaruh Terhadap Ekstraksi Khitin dari cangkang Udang. *Adiwidia*, II(2).

- Mangallo, B., & Sjahrul, M. (2012). *BENEFICIAL EFFECTS OF CYSTEINE IN MODIFICATION OF CHITOSAN IN HANDLING MERCURY WASTE*. 7.
- Nomanbhay, S. M., & Palanisamy, K. (2005). Removal of heavy metal from industrial wastewater using chitosan coated oil palm shell charcoal. *Electronic Journal of Biotechnology*, 8(1), 0–0. <https://doi.org/10.2225/vol8-issue1-fulltext-7>
- Schmuhl, R., Krieg, H., & Keizer, K. (2004). Adsorption of Cu(II) and Cr(VI) ions by chitosan: Kinetics and equilibrium studies. *Water SA*, 27(1), 1–8. <https://doi.org/10.4314/wsa.v27i1.5002>
- Silva, S. M. L., Braga, C. R. C., Fook, M. V. L., Raposo, C. M. O., Carvalho, L. H., & Canedo, E. L. (2012). Application of Infrared Spectroscopy to Analysis of Chitosan/Clay Nanocomposites. In T. Theophanides (Ed.), *Infrared Spectroscopy—Materials Science, Engineering and Technology*. InTech. <https://doi.org/10.5772/35522>
- Son, B. C., Park, K., Song, S. H., & Yoo, Y. J. (2004). Selective biosorption of mixed heavy metal ions using polysaccharides. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 21(6), 1168–1172. <https://doi.org/10.1007/BF02719489>
- Soundarrajan, M., Gomathi, T., & Sudha, P. N. (2013). *Understanding the Adsorption Efficiency of Chitosan Coated Carbon on Heavy Metal Removal*. 3(1), 11.