



Studi Isotermal Proses Biosorption Emas Menggunakan Kitosan dari Cangkang Kepiting

^{1*} Dwi Sabda Budi Prasetya, ²Ahmadi, ³Dwi Panga, ⁴Yusran Khery

^{1&2}Prodi Pendidikan Fisika, FSTT, Universitas Pendidikan Mandalika, Jl. Pemuda No. 59 A, Mataram, Indonesia 83125

^{2&4}Prodi Pendidikan Kimia, FSTT, Universitas Pendidikan Mandalika, Jl. Pemuda No. 59 A, Mataram, Indonesia 83125

Email Korespondensi: dwisabda@undikma.ac.id

Abstrak

Kesetimbangan isotermal serapan emas oleh kitosan telah dipelajari melalui eksperimen. Kitosan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan biopolymer yang dihasilkan dari cangkang kepiting. Kitosan telah diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti pertanian, *biomedical*, farmasi, kosmetik, lingkungan, industri makanan, industri kertas, dan tekstil. Pada penelitian ini kitosan diaplikasikan sebagai filter penyerap Au. Hal ini dilakukan karena kitosan memiliki kemampuan yang baik menyerap ion logam di dalam larutan. Ada beberapa parameter yang menentukan kapasitas serapan kitosan yaitu : derajat deasetilasi, berat molekul, ukuran partikel, dan kristanilitas. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji *biosorption* Au oleh kitosan yang diproduksi dari cangkang kepiting lokal NTB pada skala laboratorium. Isotermal kesetimbangan serapan pada penelitian ini dikaji menggunakan model kesetimbangan isothermal Langmuir, Freundlich, dan Temkin dengan variasi jumlah konsentrasi awal. Hasil penelitian menunjukkan model isothermal Freundlich dan Temkin paling dominan untuk menggambarkan proses biosorption ion Au oleh kitosan local NTB. Proses biosorption yang terjadi merupakan proses multilayer pada permukaan heterogen dan proses fisika.

Kata kunci: Kitosann, Biosorption, Isotermal, Emas, Cangkang Udang

Isothermal Study of Gold Biosorption Process Using Chitosan from Crab Shells

Abstract

The isothermal equilibration of gold uptake by chitosan has been studied experimentally. Chitosan used in this study is a biopolymer produced from crab shells. Chitosan has been applied in various fields such as agriculture, biomedical, pharmaceutical, cosmetic, environmental, food industry, paper industry, and textiles. In this study, chitosan was applied as an Au-absorbing filter. This is done because chitosan has a good ability to absorb metal ions in solution. There are several parameters that determine the absorption capacity of chitosan, namely: degree of deacetylation, molecular weight, particle size, and crystallinity. The purpose of this study was to study the biosorption of Au by chitosan produced from local NTB crab shells on a laboratory scale. The absorption equilibrium isothermal in this study was studied using the Langmuir, Freundlich, and Temkin isothermal equilibrium models with variations in the initial concentration. The results showed that the Freundlich and Temkin isothermal models were the most dominant to describe the Au ion biosorption process by local NTB chitosan. The biosorption process that occurs is a multilayer process on heterogeneous surfaces and physical processes.

Keywords: Chitosan, Biosorption, Isotherm, Gold, Crab Shell

How to Cite: Prasetya, D. S. B., Ahmadi, A., Pangga, D., & Khery, Y. (2022). Studi Isotermal Proses Biosorption Emas Menggunakan Kitosan dari Cangkang Kepiting. *Empiricism Journal*, 3(1), 132–138. <https://doi.org/10.36312/ej.v3i1.909>



<https://doi.org/10.36312/ej.v3i1.909>

Copyright© 2022, Prasetya, et al.

This is an open-access article under the CC-BY-SA License.



PENDAHULUAN

Proses recovery emas yang dilakukan oleh para penambang tradisional di Sekotong Kabupaten Lombok Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) masih menggunakan metode amalgamasi dan sianidasi. Kedua metode itu akan memberikan dampak yang buruk terhadap lingkungan dan masyarakat secara langsung. Metode amalgamasi menyumbangkan pencemaran di dalam tanah sekitarnya dengan kadar di atas batas yang diijinkan pada jarak 30 m dari pusat pembuangan limbah pemisahan emas. Sehubungan dengan permasalahan di atas, para peneliti telah melakukan penelitian-penelitian untuk mendapatkan alternatif-

alternatif metode dan bahan-bahan untuk recovery emas yang efektif dan ramah lingkungan. Metode dan reagen yang telah dilakukan dan dibandingkan hasilnya adalah Bioleaching, Klorinasi, Aqua Regia, Bromine, Thiocyanate, Thiosulfate dan Thiourea. Hasil kajian ini menunjukkan bahwa thiourea merupakan reagen yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis (Göknelma et al. 2016). Pada penelitian sebelumnya, peneliti juga telah berhasil membuat kitosan dari cangkang kepiting dan cangkang udang yang diaplikasikan sebagai filter penangkap ion emas (Au) (Anas, Ahzan, and Prasetya 2017).

Kitosan sebagai filter penangkap ion emas ini menarik untuk dikaji lebih lanjut. Hal ini karena kitosan merupakan biosorption yang baik untuk menyerap logam seperti Cu, Au, Pb, Fe, Hg, dan lain-lain (Hadi n.d.). Kitosan merupakan biosorption alam yang efektif dan murah serta melimpah keberadaannya di dalam cangkang crustacea (Burrows et al. 2007). Kitosan memiliki kapasitas penyerap tertinggi untuk beberapa ion logam karena memiliki sejumlah kelompok fungsional seperti hidroksil dan amina yang dapat mengikat ion logam baik secara kimia maupun fisika (Budi Prasetya et al. 2020). Kitosan sangat efektif untuk recovery logam di dalam larutan melalui dua mekanisme yaitu gaya elektrostatis atau pertukaran ion dan chelation. Penelitian ini bertujuan mengkaji biosorption Au yang difilter menggunakan kitosan dari cangkang kepiting lokal NTB. Isotermal kesetimbangan serapan Au dikaji menggunakan model kesetimbangan isothermal Langmuir, Freundlich, dan Temkin. Penelitian ini diharapkan menjadi dasar menuju proses recovery emas ramah lingkungan dengan memanfaatkan bahan biosorption yang murah (Saheed, Oh, and Suah 2021). Dalam penelitian ini dilakukan penyerapan emas menggunakan kitosan lokal NTB pada 10 ml larutan emas dengan konsentrasi awal 5 ppm, 10 ppm dan 15 ppm.

Penyerapan dilakukan pada masing-masing konsentrasi dengan variasi waktu pengadukan 10 menit, 20 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit, 120 menit, dan 180 menit. Larutan tersisa dianalisa menggunakan Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) untuk mengetahui serapan emas oleh kitosan. Data serapan diplot pada grafik mengikuti model isothermal Langmuir, Freundlich, dan Temkin untuk memilih model kesetimbangan isothermal yang mana yang cocok untuk menentukan kapasitas serap emas oleh kitosan lokal NTB yang digunakan. Beberapa peneliti telah memanfaatkan kitosan untuk penyerapan emas, namun masih menggunakan kitosan yang termodifikasi untuk penyerapan logam berat pada limbah industri sehingga masih pada konsentrasi rendah. Pada penelitian ini kitosan murni dari cangkang kepiting lokal NTB belum dimodifikasi dalam bentuk serbuk digunakan untuk menyerap emas pada larutan emas yang diperoleh dari hasil leaching batuan tambang dari wilayah Sekotong, Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat, Indonesia menggunakan sianida.

METODE

Materials Research

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kitosan dari cangkang kepiting lokal NTB, dan larutan emas dari batuan tambang hasil leaching menggunakan sianida yang memiliki konsentrasi 5 ppm, 10 ppm, dan 15 ppm..

Synthesis chitosan

Cangkang kepiting yang telah dikeringkan dihaluskan hingga menjadi serbuk berukuran 80 mesh. Kemudian diproses melalui beberapa tahap, yaitu demineralisasi, deproteinasi dan deasetilasi (Anas, Ahzan, and Prasetya 2017).

Biosorption experiments

Eksperimen penyerapan emas dilakukan dengan memberikan 1 gram kitosan ke dalam 10 ml larutan emas pada konsentrasi awal 5 ppm, 10 ppm, dan 15 ppm. Masing-masing larutan diaduk dengan variasi waktu pengadukan 10 menit, 20 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit, 120 menit, dan 180 menit menggunakan magnetik stirrer. Data hasil penyerapan dapat dilihat pada table 1.

Tabel 1. Hasil serapan Au oleh kitosan dengan variasi waktu dan konsentrasi awal

Waktu (menit)	5 ppm	10 ppm	15 ppm
0	0	0	0
10	0.5785	3.2107	3.5231
20	2.234	3.3852	4.3253
30	2.564	4.3027	5.3421
45	3.241	4.5645	5.723
60	3.532	4.582	5.8652
120	3.763	4.789	5.8431
180	3.623	4.6867	5.8236

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis kitosan

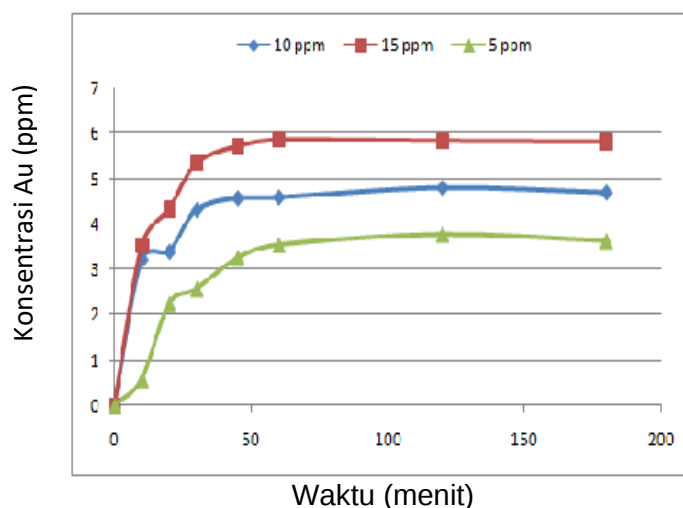
Kitosan dari cangkang kepiting local NTB telah disintesis melalui proses demineralisasi, deproteinasi, dan deasetilasi. Proses deasetilasi merupakan proses yang penting dalam sintesis kitosan dari kitin, karena nilai derajat deasetilasi (DD) merupakan critical characteristic of chitosan. Nilai DD sangat berpengaruh terhadap sifat penyerapan, karakteristik asam-basa, dan kelarutan. Nilai DD < 60% disebut kitin dan jika DD > 60% polimer disebut kitosan. Hasil deasetilasi diperoleh nilai DD 71,17% sehingga layak disebut kitosan. Maka kitosan hasil sintesis ini digunakan untuk menyerap ion emas dalam penelitian ini. Parameter kritis yang kedua adalah berat molekul. Proses ekstraksi dan prosedur deasetilasi dimungkinkan sangat berpengaruh terhadap berat molekul kitosan. Sebagaimana DD, berat molekul juga berpengaruh terhadap daya serap kitosan (Suseno and Padmawijaya 2015).

Biosorption

Secara sederhana biosorption didefinisikan sebagai proses penyerapan menggunakan biosorben yang dihasilkan dari organisme hidup atau dari bagian organisme hidup [26]. Beberapa hal yang memberikan kontribusi dalam proses biosorption yaitu biosorben, factor lingkungan, proses metabolisme (Sugianti 2009). Peneliti sebelumnya juga menyatakan adanya beberapa proses yang memberikan kontribusi pada proses biosorpsi seperti permukaan yang kompleks, pengendapan kimia, adsorpsi fisik, dan pertukaran ion (Pokhrel, Yadav, and Adhikari 2016). Kitosan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan polielektrolit anion yang dapat mengikat logam berat, sehingga dapat menjadi adsorben untuk mengikat logam berat. Mekanisme pengikatan kitosan dengan logam berat adalah prinsip pertukaran ion (Sobhanardakani et al. n.d.). Beberapa hasil penelitian menjelaskan bahwa yang berperan penting dalam proses biosorpsi adalah gugus karboksil, hidroksil dan kelompok amino pada protein dan kitosan pada dinding sel. Gugus amina dalam kitosan akan bereaksi dan mengikat logam dalam larutan encer. Kitosan sebagai polimer kationik yang dapat mengikat logam dapat membentuk ikatan kovalen (Guibal, Vincent, and Navarro 2014). Gaya yang bekerja yaitu gaya Van der Waals, gaya elektrostatis, ikatan hidrogen dan ikatan kovalen. Standarisasi penyerapan limbah logam dengan kitosan sebesar $\geq 70\%$.

Biosorption isotherm experiments

Data hasil penelitian yang tertulis pada table 1 diperoleh grafik kesetimbangan pada gambar 1 untuk konsentrasi awal 5 ppm, 10 ppm, dan 15 ppm. Grafik kesetimbangan pada gambar 1 memberikan data pada table 2 yang selanjutnya dianalisa dengan menggunakan model isotherm Langmuir, Freundlich, dan Temkin.



Gambar 1. Grafik Penyerapan Au oleh kitosan dengan variasi waktu

Isotherm Langmuir

Model isotherm Langmuir secara kuantitatif menggambarkan adsorption monolayer, yaitu mengadsorbsi pada permukaan luar adsorben. Sehingga Langmuir dikatakan mewakili distribusi keseimbangan ion logam antara fase padat dan cair. Isotherm Langmuir cocok untuk adsorbs monolayer di atas permukaan dengan tempat terbatas. Model ini mengansumsikan adanya energi seragam di atas permukaan dan tidak ada perpindahan adsorbat pada bidang di permukaan, tidak ada interaksi antara molekul adsorbed pada site tetangga, artinya atom atau molekul adsorbed diserap pada site tertentu dan terbatas. Dengan asumsi ini, model Langmuir dituliskan dalam persamaan (1).

$$q_e = \frac{Q_0 K_L C_e}{1 + K_L C_e} \quad (1)$$

Parameter absorpsi Langmuir ditentukan dengan transformasi persamaan (1) ke dalam bentuk linier persamaan (2).

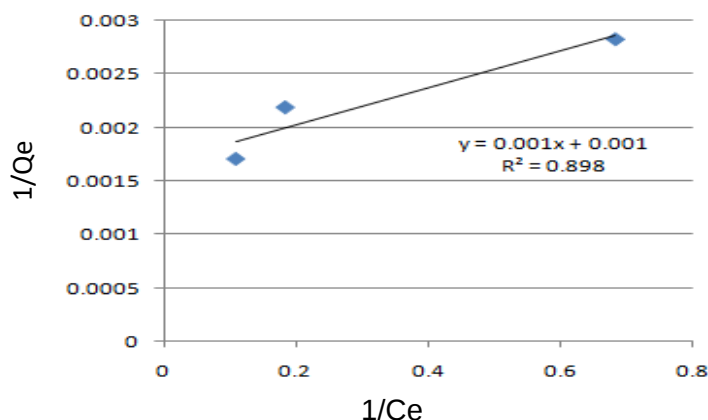
$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{Q_0} + \frac{1}{Q_0 K_L C_e} \quad (2)$$

dengan C_e = Konsentrasi kesetimbangan kitosan (mg/L-1), Q_e = Jumlah logam terserap per gram kitosan saat setimbang (mg/g). Q_0 = Kapasitas maksimum penyerapan monolayer (mg/g), dan K_L = Konstanta isotherm Langmuir (L/mg).

Nilai q_{max} dan K_L dihitung dari slope dan titik potong grafik $\frac{1}{q_e}$ dan $\frac{1}{C_e}$ [30]. Parameter kesetimbangan pada model Langmuir dinyatakan dalam R_L merupakan konstanta tak berdimensi [31]. R_L dinyatakan dalam persamaan (3).

$$R_L = \frac{1}{1 + (1 + K_L C_e)} \quad (3)$$

Dengan C_0 = konsentrasi awal, K_L = konstanta Langmuir. Nilai R_L merupakan indikasi untuk menyatakan apakah penyerapan yang terjadi menguntungkan atau tidak menguntungkan. Dikatakan tidak menguntungkan jika $R_L > 1$, menguntungkan jika $0 < R_L < 1$ dan irreversible jika $R_L = 1$ (Muinde et al. 2017).



Gambar 2. Langmuir Biosorption Isotherm

Menggunakan data pada table 2 untuk plot grafik $\frac{1}{Q_e}$ vs $\frac{1}{C_e}$ yang ditunjukkan pada gambar 1 Langmuir biosorption isotherm maka diperoleh persamaan regresi linier model Langmuir $Y = 0,001X + 0,001$ dan $R^2 = 0,898$. Berdasarkan persamaan regresi linier dan persamaan (2) maka didapatkan nilai Langmuir Constant $K_L = 1$ L/mg.

Nilai $R_L = 0,3$ mengindikasikan bahwa proses biosorption yang terjadi bisa dinyatakan menguntungkan dan bersifat irreversible. Sesuai dengan asumsi model isotherm Langmuir dapat dikatakan bahwa adsorbat hanya membentuk lapisan tunggal di atas permukaan adsorben yang homogen, energi adsorpsi seragam, tidak ada perpindahan adsorbat di dalam permukaan, tidak ada adsorpsi lebih lanjut setelah ion Au menempati sebuah situs, tidak ada interaksi antara ion Au yang terserap di sebuah situs dengan situs tetangga dan adsorpsi terjadi pada permukaan yang terlokalisasi. Kapasitas adsorpsi maksimum Au oleh chitosan menurut model Langmuir diperoleh $Q_0 = 592,97$ mg/g.

Freundlich Adsorption Isotherm

Isotherm model Freundlich merupakan persamaan empirik dan bentuk lain dari model Langmuir, biasanya digunakan untuk menggambarkan adsorpsi pada permukaan heterogen, site aktif, dan energi terdistribusi secara eksponensial. Secara empiris dinyatakan pada persamaan (4)

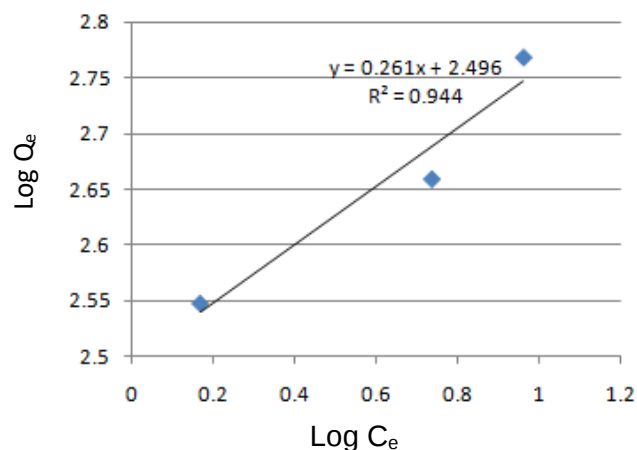
$$Q_e = K_f C_e^{\frac{1}{n}} \quad (4)$$

Linierisasi persamaan (4) diperoleh :

$$\text{Log } Q_e = \text{Log } K_f + \frac{1}{n} \text{Log } C_e \quad (5)$$

K_f adalah konstanta sebagai indicator untuk memperkirakan kapasitas adsorpsi. Sedangkan $\frac{1}{n}$ adalah fungsi intensitas adsorpsi dalam proses adsorpsi [33] atau surface heterogeneity [42]. Nilai slope $0 < \frac{1}{n} < 1$ mengindikasikan bahwa isotherm adsorpsi menguntungkan. Bila nilai slope $0 \geq \frac{1}{n}$ permukaan adsorben lebih heterogen dan isotherm adsorpsi nonlinier, $\frac{1}{n} > 1$ mengindikasikan isotherm adsorpsi tidak menguntungkan dan menunjukkan terjadi proses adsorpsi kooperatif.

Gambar 3 adalah plot grafik mengikuti persamaan isotherm Freundlich sehingga diperoleh $R^2 = 0,944$ dan persamaan regresi linier $Y = 0,261X + 2,496$. Berdasarkan persamaan regresi linier tersebut diperoleh $\frac{1}{n} = 0,261$, $n = 3,831$, $K_f = 313,33$.



Gambar 3. Freundlich Biosorption Isotherm

Hasil plot grafik pada gambar 2, dengan nilai $\frac{1}{n} = 0,261$ mengindikasikan bahwa biosorption ion Au oleh chitosan merupakan isotherm yang menguntungkan dan terjadi pada permukaan heterogen. Atkin (1996) juga menyatakan bahwa isotherm Freundlich terjadi pada (1) beberapa lapisan (multilayer), (2) site aktif di permukaan heterogen, dan (3) melibatkan gaya Van der Waals sehingga adsorbat dapat bergerak dari satu bagian permukaan ke bagian permukaan lain. Dengan nilai $R^2 = 0,944$ mengindikasikan bahwa biosorption Au oleh chitosan juga mengikuti isotherm Freundlich.

The Temkin Isotherm

Isoterm ini mengandung faktor yang secara eksplisit memperhitungkan interaksi adsorben-adsorbat. Dengan mengabaikan nilai konsentrasi yang sangat rendah dan besar, model mengasumsikan bahwa panas adsorpsi semua molekul dalam lapisan akan menurun secara linier sebagai akibat peningkatan coverage permukaan. Model isotherm Temkin dituliskan pada persamaan (6).

$$q_e = \frac{RT}{b} \ln (A_T C_e) \quad (6)$$

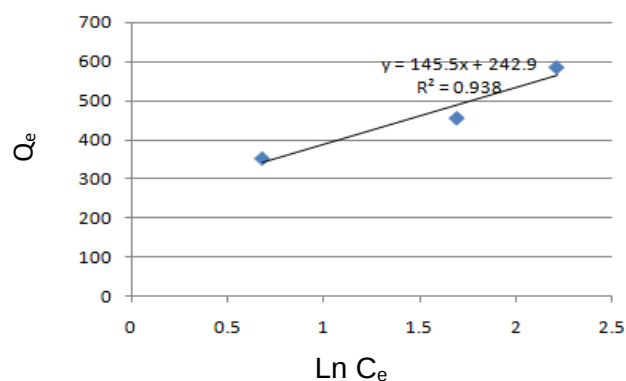
$$q_e = \frac{RT}{b} \ln A_T + \frac{RT}{b} \ln C_e \quad (7)$$

$$B = \frac{RT}{b} \quad (8)$$

Linierisasi persamaan (7) diperoleh :

$$q_e = B \ln A_T + B \ln C_e \quad (9)$$

A_T = konstantan kesetimbangan Temkin (L/g), b_T = konstanta isotherm Temkin, T = suhu mutlak, R = konstantan umum gas (8.314 J/mol/K), B = konstanta panas adsorpsi (J/mol).



Gambar 4. Temkin Biosorption Isotherm

Dari plot grafik Temkin gambar 4, diperoleh persamaan regresi $Y = 145,5X + 242,9$ sehingga $A_T = 5,31 \text{ L/mg}$, $B = 145,5 \text{ J/mol}$ mengindikasikan proses yang terjadi adalah adsorpsi fisika dan $R^2 = 0,938$.

KESIMPULAN

Kitosan telah berhasil disintesis dengan bahan dasar cangkang kepiting lokal NTB. Hasil penelitian ini menyatakan bahwa kitosan dapat digunakan sebagai bahan biosorption ion Au setelah diuji melalui percobaan dan dikaji menggunakan 5 model kesetimbangan isotherm, yaitu dari model Langmuir, Freundlich, dan Temkin yang menunjukkan bahwa proses yang terjadi lebih cocok mengikuti model Freundlich dan Temkin. Dengan hasil ini dapat dinyatakan bahwa kitosan merupakan bahan yang efektif dan murah untuk menuju ke penambangan yang ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anas, A., Ahzan, S., Prasetya, D. S. B. (2017). Pembuatan Filter Penangkap Emas (Au) Menggunakan Kitin dan Kitosan dari Cangkang Kepiting. *Lensa: Jurnal Kependidikan Fisika* 5(2): 23.
- Prasetya, D. S. B. et al. (2020). Applied Regression Analysis on Study of Biosorption Process of Gold Using Nanofiber Chitosan/PVA. *Materials Science Forum* 981: 234–39.
- Burrows., Felicity., Louime, C., Abazinge, M., Onokpise, O. (2007). "Extraction and Evaluation of Chitosan from Crab Exoskeleton as a Seed Fungicide and Plant Growth Enhancer." *Environ. Sci.*: 111.
- Gokelma., Mertol., Birich, A., Srecko Stopic, Friedrich, B. (2016). A Review on Alternative Gold Recovery Re-Agents to Cyanide. *Journal of Materials Science and Chemical Engineering* 04(08): 8–17.
- Guibal., Eric., Vincent, T., Navarro, R. (2014). Metal Ion Biosorption on Chitosan for the Synthesis of Advanced Materials. *Journal of Materials Science* 49(16): 5505–18.
- Hadi, Angham G. Synthesis of Chitosan and Its Use in Metal Removal. 7.
- Muinde, V. M. et al. (2017). Adsorption of Malachite Green from Aqueous Solutions onto Rice Husks: Kinetic and Equilibrium Studies. *Journal of Environmental Protection* 08(03): 215–30.
- Pokhrel., Shanta., Yadav, P. N., Adhikari, R. (2016). Applications of Chitin and Chitosan in Industry and Medical Science: A Review. *Nepal Journal of Science and Technology* 16(1): 99–104.
- Saheed., Olalekan, I., Wen D. O., Suah, F. B. M. (2021). Chitosan Modifications for Adsorption of Pollutants – A Review. *Journal of Hazardous Materials* 408: 124889.
- Sobhanardakani, Soheil et al. Efficiency of Chitosan for the Removal of Pb (II), Fe (II) and Cu (II) Ions from Aqueous Solutions. 7.
- Sugianti, E. (2009). Faktor Risiko Obesitas Sentral Pada Orang Dewasa di DKI Jakarta. 12.
- Suseno, N., Padmawijaya, K. S. (2015). Pengaruh Berat Molekul Kitosan Terhadap Sifat Fisis Kertas Daur Ulang. 18(1): 7.