

Optimasi Kadar Awal, Waktu Kontak dan Berat Biomassa pada Proses Biosorpsi Cu²⁺ Menggunakan Cangkang Lorjuk

Syarifa Hajar¹, Noor Erma Nasution Sugijanto², Sugijanto Kartosentono^{2*}

¹Program Studi Magister Ilmu Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia

²Departemen Ilmu Kefarmasian, Fakultas Farmasi, Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia

*Corresponding author: sugijanto@ff.unair.ac.id

Submitted: 22 Juli 2020

Accepted: 26 Agustus 2020

Published: 27 April 2021

Abstract

Background: Kerang pisau (*Solen vagina*) shell has the potential to cause environmental pollution, but can be utilized as a biosorbent in the absorption of heavy metals, especially Cu because the shells generally contain CaCO₃ and chitin. Several variables determine to influence the biosorption process: initial metal concentration, biosorbent mass, and contact time. **Objective:** To determine the effect of initial Cu (II) concentration, biosorbent mass, and contact time on the biosorption process through data on the percentage of efficiency and adsorption capacity. **Methods:** The biosorption process is carried out in a variety of parameters by entering the biosorbent and Cu (II) solution in the column, according to each variation that has been determined and filtered. Quantitative determination of Cu (II) levels on the biosorption results using an Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). **Results:** The biosorbent contained Cu (II) 0.0220 mg/g that used as a correction factor. The optimal initial concentration of Cu (II) is 100 mg/L with an efficiency percentage of (98.47 ± 0.19)% and adsorption capacity (630.37 ± 1.2)ug/g, while the optimal result for contact time is 120 minutes with an efficiency percentage of (90.78 ± 0.25)%. The optimal biosorbent mass is 2 g based on percentage efficiency of (97.69 ± 0.1)%. **Conclusion:** Kerang pisau (*Solen vagina*) can be used as an effective biosorbent for copper (Cu) adsorption from aqueous media. The best optimization results for the factors used in Cu (II) biosorption process are an initial concentration of 100 mg/L, 2 g biosorbent mass, and 120 minutes contact time.

Keywords: kerang pisau (*Solen vagina*), biosorption, copper (Cu²⁺), AAS

Abstrak

Pendahuluan: Cangkang kerang pisau (*Solen vagina*) dapat menyebabkan pencemaran lingkungan sekitarnya, tetapi berpotensi untuk dimanfaatkan menjadi biosorben dalam penyerapan logam berat khususnya Cu karena umumnya cangkang kerang mengandung CaCO₃ dan kitin. Beberapa variabel yang berperan dalam proses biosorpsi, antara lain: konsentrasi awal logam, massa biosorben, dan waktu kontak. **Tujuan:** Untuk menentukan pengaruh konsentrasi awal Cu (II), massa biosorben, dan waktu kontak terhadap proses biosorpsi melalui data persentase efisiensi dan kapasitas adsorpsi. **Metode:** Proses biosorpsi dilakukan dalam berbagai variasi parameter dengan memasukkan biosorben dan larutan Cu (II) dalam kolom, sesuai masing-masing variasi yang telah ditentukan dan dilakukan penyaringan. Pengukuran kadar Cu (II) secara kuantitatif dari hasil proses biosorpsi menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). **Hasil:** Hasil penelitian menunjukkan bahwa biosorben cangkang lorjuk mengandung Cu (II) 0,0220 mg/g. Kadar Cu (II) dalam cangkang tersebut digunakan sebagai faktor koreksi. Hasil optimal untuk parameter konsentrasi awal Cu (II) adalah 100 mg/L dengan persentase efisiensi (98,47 ± 0,19)% dan kapasitas adsorpsi (630,37 ± 1,2)ug/g. Hasil optimal waktu kontak adalah 120 menit dengan persentase efisiensi (90,78 ± 0,25)%. Hasil optimal massa biosorben berdasarkan persentase efisiensi (97,69 ± 0,1)% adalah 2 gram. **Kesimpulan:** Penelitian ini dapat menunjukkan bahwa serbuk

dari cangkang kerang pisau (*Solen vagina*) dapat dimanfaatkan sebagai biosorben yang efektif untuk adsorpsi tembaga (Cu) dari larutan. Hasil optimasi faktor terbaik untuk digunakan dalam proses biosorpsi Cu (II) yaitu konsentrasi awal 100 mg/L, massa biosorben 2 gram dan waktu kontak 120 menit.

Kata kunci: kerang pisau (*Solen vagina*), biosorpsi, tembaga (Cu²⁺), AAS

PENDAHULUAN

Permasalahan lingkungan khususnya pencemaran air masih terjadi hingga saat ini. Potensi pencemaran berasal dari kegiatan industri, pertanian, dan transportasi yang menghasilkan limbah dengan kadar melampaui ambang batas (Badan Pusat Statistik, 2017). Di dalam limbah antara lain terdapat logam berat, suatu logam yang memiliki densitas relatif tinggi berkisar antara 5 g/cm³, misalnya tembaga (Cu) (Isah & Yusuf, 2012). Cu merupakan salah satu logam esensial yang bermanfaat bagi tubuh pada kadar tertentu. Sebaliknya, bila melebihi ambang batas yang telah ditentukan dapat berbahaya karena bersifat toksik, serta dapat membahayakan manusia dan lingkungan (Badan Pusat Statistik, 2017). Fitriyah dkk., (2013) mengungkapkan bahwa limbah yang mengandung Cu 2,5 - 3,0 mg/L dapat membunuh ikan. Salah satu manifestasi klinik akibat terpapar Cu pada manusia yaitu menimbulkan gejala mual, muntah, sakit perut, dan hemolisis (Rosihan & Husaini, 2017).

Beberapa permasalahan seperti peristiwa erosi, pertambangan, industri pelapisan logam, dan industri tekstil merupakan sumber masuknya Cu (II) dalam perairan (Purba dkk., 2012). Pada saat ini terdapat beberapa metode yang umum digunakan dalam menghilangkan cemaran logam berat, yaitu *ion exchange* dan presipitasi kimia, akan tetapi biaya perlakuan ini relatif mahal dan memiliki keterbatasan tertentu (Bhakta & Ali, 2020). Perlu adanya metode alternatif untuk menghilangkan logam berat, seperti: *bioremoval* atau biosorpsi, fitoremediasi, dan *Advance Oxidation Processes* (AOP) (Chao dkk., 2014). Biosorpsi merupakan suatu proses fisikokimia melibatkan biomaterial sebagai sorben yang dapat mengikat kation dan anion (Satya dkk., 2020). Metode alternatif tersebut sesuai karena ramah lingkungan dan relatif murah dengan memanfaatkan kemampuan bahan biologis untuk mengakumulasi dan menghilangkan logam berat dari limbah (Cid dkk., 2020). Hal ini dapat menjadi alternatif untuk meminimalisir biaya, dengan memanfaatkan limbah makhluk hidup (*biowaste*) sebagai biosorben. Beberapa penelitian yang telah dilakukan, misalnya Usifoh dkk. (2019) menggunakan kulit kacang tanah yang melewati berbagai proses

sebagai biosorben ion logam Pb (II) dan Eljiedi dkk., (2019) menggunakan cangkang *Orbicularia orbiculate* sebagai biosorben ion Pb, Cu, dan Cd.

Berdasarkan data Kementerian Kelautan dan Perikanan sesuai dengan Kepmen KP No. 50/Kepmen-KP/2017, potensi sumber daya ikan laut Indonesia sebesar 12,54 juta ton per tahun (Pemerintah RI, 2020). Salah satu komoditas laut yang menjadi unggulan di Jawa Timur adalah kerang pisau (*Solen vagina*) atau sering disebut lorjuk. Termasuk salah satu spesies dari kelas *Bivalve* famili *Solenidae* (Aylanc dkk., 2020), yang memiliki nilai ekonomis tinggi dan dapat ditemukan di daerah tropis dan sub-tropis, contohnya di Pulau Madura (Darriba & Tajes, 2011). Umumnya masyarakat hanya mengonsumsi daging kerang saja, sedangkan limbah cangkang tersebut dibuang dan berpotensi mencemari lingkungan. Berdasarkan Du dkk. (2011), cangkang kerang mengandung lebih dari 95% CaCO₃, SiO₂, protein, dan kitin. Dalam penelitian Maulani (2019) disebutkan bahwa kandungan mineral CaCO₃ dalam cangkang kerang pisau lebih besar, mencapai 98%. Kandungan CaCO₃ dan kitin berpotensi dapat menghilangkan logam berat dalam air. Oleh karena itu perlu dilakukan pengamatan lebih lanjut untuk membuktikan bahwa cangkang kerang pisau dapat dijadikan biosorben.

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi proses biosorpsi, yaitu: pH, temperatur, massa biosorben, konsentrasi logam, dan waktu kontak (Shamim, 2018). Penelitian ini merupakan kelanjutan dari penelitian sebelumnya yaitu pemanfaatan cangkang kerang simping dan lorjuk serta isolat kitosannya, sebagai biosorben ion logam Pb, Cu, dan Cd dengan hasil yang baik, yaitu dapat menghilangkan lebih dari 90% logam berat pada konsentrasi awal logam 10 ppm dan waktu kontak 30 menit (Maulani, 2019). Pada penelitian Maulani (2019), hanya dilakukan pengamatan pada satu konsentrasi dan waktu kontak, namun belum mencakup pengamatan pada parameter lainnya. Pada penelitian ini dilakukan proses biosorpsi Cu (II) dengan serbuk cangkang kerang pisau (*Solen vagina*) pada berbagai kondisi yaitu variasi konsentrasi awal, massa biosorben, dan waktu kontak. Pengaruh varian parameter terhadap proses biosorpsi

diamati melalui persentase efisiensi biosorpsi dan kapasitas penghilangan Cu (II) menggunakan serbuk cangkang dengan membandingkan hasilnya untuk memperoleh parameter yang optimal.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Larutan standar tembaga (Cu) (*Merck*) 1000 mg/L, Asam nitrat 65% (*Merck*), aqua demineralisasi, kerang pisau yang diperoleh dari Kabupaten Bangkalan, Pulau Madura, yang telah diidentifikasi oleh Dr. Moch. Affandi, M.Si di Layanan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga sebagai *Solen vagina*.

Alat

Kolom gelas 1,7 cm × 15 cm, neraca analitik (OhausTM), klem, statif, alat-alat gelas, stopwatch, kertas saring *Whatmann* No. 41, *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) (*Shimadzu* AA-7000) dan pH meter (*Beckman*) di Fakultas Farmasi, Universitas Airlangga dengan spesifikasi lebar *slit* 0,7 nm; laju alir gas 1,8 L/min; jenis api udara-asetilen; dan tinggi *burner* 7,0 mm.

Metode

Preparasi dan penentuan kadar tembaga (Cu) dalam sampel

Kerang pisau diperoleh dari Pasar Kabupaten Bangkalan, Pulau Madura. Tahapan preparasi serbuk, dilakukan dengan cara pencucian kerang dengan air suling beberapa kali untuk menghilangkan pasir, debu, dan kotoran. Selanjutnya kerang pisau direbus hingga mendidih dan dipisahkan antara cangkang dengan dagingnya. Cangkang kerang dijemur hingga kering dan dihaluskan. Cangkang ditumbuk atau digiling menggunakan *blender*. Serbuk hasil penggilingan diayak menggunakan ayakan 100 mesh.

Sebelum serbuk cangkang digunakan sebagai biosorben, kadar tembaga yang terkandung dalam biosorben cangkang ditentukan lebih dahulu dengan dilakukan destruksi basah sesuai dengan penelitian Mokoena dkk. (2019). Ditimbang teliti 1 g serbuk cangkang, dimasukkan ke dalam labu alas bulat, didestruksi menggunakan 10 mL HNO₃ 5 mol/L setetes demi setetes dan direfluks, suhu 180°C, 2 jam hingga larutan jernih. Larutan didinginkan dan disaring menggunakan *Whatman*TM no. 41, dimasukkan ke dalam labu ukur dan ditambah pelarut HNO₃ 1% hingga 10 mL. Supernatan dianalisis menggunakan AAS yang menggunakan bahan bakar udara-asetilen dan *Hollow Cathode Lamp* (HCL) pada panjang gelombang 324,8 nm.

Validasi metode

Validasi dilakukan untuk membuktikan bahwa metode memenuhi persyaratan yang telah ditentukan dengan hasil analisis yang dapat dipertanggung jawabkan (USP, 2011). Parameter validasi yang diuji meliputi linearitas, akurasi, presisi, LOD dan LOQ dilakukan sesuai Yuwono & Indrayanto (2005).

Linearitas

Konsentrasi Cu (II) yang digunakan untuk data linearitas 0,1 mg/L - 3,0 mg/L. Analisis masing-masing larutan menggunakan AAS pada panjang gelombang 324,8 nm.

Batas deteksi (LOD) dan batas kuantitasi (LOQ)

Perhitungan LOD dan LOQ menggunakan persamaan regresi linear dari kurva kalibrasi. Hasil Sy/x dan slope akan dikali dengan k ($LOD = 3$ dan $LOQ = 10$) (Yuwono & Indrayanto, 2005).

Akurasi

Uji akurasi dilakukan dengan standar adisi sesuai dengan Harmita (2004). Dalam hal ini dibuat sampel kontrol (HNO₃ 1% yang dilewatkan pada kolom berisi serbuk cangkang) lalu ditambahkan larutan standar Cu (II), yang dibuat hingga mencapai konsentrasi 80%, 100% dan 120% dari 2 mg/L dengan masing-masing replikasi tiga kali (Mengacu kadar Cu dalam Baku Mutu Air Limbah untuk Industri Peleburan Tembaga, Per. Gub. Jatim No. 52, 2014). Selanjutnya larutan untuk uji akurasi diamati menggunakan AAS. Data akurasi yang diperoleh berdasarkan nilai % perolehan kembali.

Presisi

Uji presisi dilakukan pada larutan standar Cu (II) konsentrasi 2 mg/L dan enam replikasi. Selanjutnya larutan untuk uji presisi diamati menggunakan AAS. Data yang diperoleh diolah untuk memperoleh nilai koefisien variasi (RSD).

Penentuan kadar tembaga (Cu) dalam larutan kontrol

Larutan kontrol pada penelitian ini merupakan HNO₃ 1% yang dialirkan pada kolom yang berisi serbuk cangkang (*Solen vagina*). Pengamatan pertama dilakukan dengan variasi waktu kontak yang digunakan dalam variasi perlakuan, yaitu 20; 40; 60; 90; dan 120 menit dengan massa biosorben 1,5 g. Pengamatan kedua dilakukan dengan variasi massa biosorben, yaitu 1,0; 1,25; 1,5; 1,75; 2,0 gram pada waktu kontak 60 menit (Xie dkk., 2018). Penentuan kadar Cu (II) yang terserap pada larutan kontrol diamati menggunakan AAS. Hasil dari pengamatan pertama digunakan untuk faktor koreksi efek waktu kontak, sedangkan

pengamatan kedua digunakan untuk faktor koreksi efek massa biosorben.

Proses biosorpsi tembaga (Cu)

Pelarut yang digunakan HNO₃ 1% yang dibuat dengan cara menambahkan 15,35 mL HNO₃ 65% yang diencerkan dengan aquademineralisata hingga 1L. Dari larutan standar Cu (II) 1000 mg/L dilakukan pengenceran menjadi 20, 40, 60, 80, dan 100 mg/L yang digunakan sebagai konsentrasi awal Cu (II). pH awal larutan Cu (II) diukur menggunakan pH meter.

Pengamatan pengaruh variabel terhadap efisiensi dan kapasitas biosorpsi yang diamati meliputi: konsentrasi awal Cu (II), waktu kontak (20-120 menit) dan massa biosorben (1 - 2 gram) (Bozbas & Boz., 2016). Rancangan variabel yang digunakan tertera pada Tabel 1 masing-masing replikasi tiga kali. Penentuan kadar Cu (II) hasil dari perlakuan diamati menggunakan AAS.

Tabel 1. Hasil variasi ketiga parameter (konsentrasi awal Cu²⁺, massa biosorben, dan waktu kontak) terhadap proses biosorpsi Cu²⁺ menggunakan serbuk cangkang kerang pisau (*Solen vagina*) melalui persentase efisiensi (%) dan kapasitas adsorpsi (ug/g)

		Variasi Parameter			Hasil Terukur (*)			
		Konsentrasi (mg/L)	Massa Biosorben (Gram)	Waktu Kontak (Menit)	Co (mg/L)	Rerata Ce (mg/L)	Rerata % Efisiensi (%)	Rerata qe (ug/g)
Pengaruh Konsentrasi Awal Cu ²⁺	20	1,5	60	19,1881	8,9784 ± 0,10	52,37 ± 0,53	66,98 ± 0,7	
	40	1,5	60	38,3725	7,7024 ± 0,26	79,24 ± 0,67	202,64 ± 1,7	
	60	1,5	60	56,0998	6,4230 ± 0,13	88,55 ± 0,23	331,07 ± 0,9	
	80	1,5	60	81,1122	5,9546 ± 0,11	92,72 ± 0,14	501,27 ± 0,8	
	100	1,5	60	96,0468	4,0649 ± 0,19	98,47 ± 0,19	630,37 ± 1,2	
Pengaruh Massa Biosorben	60	1	60	56,0998	6,3354 ± 0,09	88,71 ± 0,16	497,45 ± 0,9	
	60	1,25	60	56,0998	8,3564 ± 0,03	85,10 ± 0,06	381,79 ± 0,3	
	60	1,5	60	56,0998	6,4230 ± 0,13	88,55 ± 0,23	331,07 ± 0,9	
	60	1,75	60	56,0998	4,7787 ± 0,11	91,48 ± 0,10	293,18 ± 0,6	
	60	2	60	56,0998	1,2973 ± 0,06	97,69 ± 0,10	273,94 ± 0,3	
Pengaruh Waktu Kontak	60	1,5	20	56,0998	7,0314 ± 0,04	87,47 ± 0,07	327,01 ± 0,3	
	60	1,5	40	56,0998	6,9775 ± 0,36	87,56 ± 0,64	327,37 ± 2,4	
	60	1,5	60	56,0998	6,4230 ± 0,13	88,55 ± 0,23	331,07 ± 0,9	
	60	1,5	90	56,0998	6,2105 ± 0,20	88,93 ± 0,34	332,49 ± 1,3	
	60	1,5	120	56,0998	5,1710 ± 0,14	90,78 ± 0,25	339,41 ± 0,9	

Keterangan:

(*) Hasil rerata ± SD (Standar deviasi dari n = 3 kali replikasi)

Co = Konsentrasi awal Cu²⁺

Ce = Konsentrasi sisa Cu²⁺ setelah proses biosorpsi

qe = kapasitas adsorpsi (ug/g)

Faktor konsentrasi awal logam

Konsentrasi awal logam yang digunakan adalah 20, 40, 60, 80, dan 100 mg/L. Prosedur biosorpsi dilakukan dengan memasukkan 1,5 gram serbuk cangkang *Solen vagina* ke dalam kolom dan dimasukkan larutan logam dengan konsentrasi tertentu sebanyak 10 mL. Setelah didiamkan selama 60 menit, lalu dibuka keran kolomnya, larutan ditampung dan disaring menggunakan kertas saring Whatmann 41, selanjutnya dianalisis menggunakan AAS.

Faktor massa biosorben

Massa biosorben yang digunakan adalah 1,0; 1,25; 1,5; 1,75; 2,0 gram. Dialirkan larutan logam dengan konsentrasi 60 mg/L sebanyak 10 mL pada serbuk cangkang dan didiamkan selama 60 menit. Selanjutnya diproses seperti pada faktor konsentrasi awal logam.

Faktor waktu kontak

Waktu kontak yang digunakan adalah 20; 40; 60; 90; dan 120 menit. Alirkan larutan logam dengan konsentrasi 60 mg/L sebanyak 10 mL pada 1,5 g serbuk cangkang dan didiamkan sesuai dengan waktu kontak yang telah ditentukan. Selanjutnya diproses seperti pada faktor konsentrasi awal logam.

Berdasarkan konsentrasi Cu (II) awal dan sisa dari perlakuan, dihitung persentase efisiensi adsorpsi menggunakan persamaan (1) dan kapasitas adsorpsi dengan persamaan (2) (Satya dkk., 2020).

$$\text{Efisiensi} = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \quad (1)$$

$$q_e = \frac{V \times (C_0 - C_e)}{m} \quad (2)$$

q_e adalah kapasitas adsorpsi (mg/g), C_0 merupakan konsentrasi awal logam (mg/L), C_e adalah konsentrasi sisa perlakuan logam (mg/L), v merupakan volume larutan logam (L), dan m adalah massa serbuk cangkang dalam gram.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Validasi Metode

Linearitas

Hasil uji linearitas yang dilakukan dengan rentang konsentrasi 0,1 - 3,0 mg/L menunjukkan $r = 0,9997$; $Vx0 = 1,89\%$ dengan persamaan garis $y = 0,08522x - 0,003397$. Hasil r dan $Vx0$ memenuhi persyaratan (Yuwono & Indrayanto, 2005).

LOD dan LOQ

LOD dan LOQ yang diperoleh masing-masing adalah 0,0946 mg/L dan 0,2868 mg/L.

Akurasi

Uji Akurasi dilakukan dengan standar adisi dengan kadar 80%, 100%, dan 120%. Pada Peraturan Gubernur

Jawa Timur No. 52 Tahun 2014 dinyatakan ambang batas kadar tembaga dalam limbah industri peleburan tembaga adalah 2 mg/L, dan batasan ini digunakan sebagai acuan untuk kadar 100% (Gubernur Jawa Timur, 2014). Hasil analisis perhitungan % *recovery* pada kadar Cu (II) 1,6 mg/L (80%), 2mg/L (100%) dan 2,4 mg/L (120%). masing masing adalah: $(92,67 \pm 0,27)\%$; $(93,58 \pm 0,71)\%$; dan $(91,39 \pm 0,54)\%$ dengan rata-rata $(92,55 \pm 1,10)\%$. Hal ini menunjukkan bahwa metode analisis ini memenuhi persyaratan, sesuai kriteria pada konsentrasi sampel 1-10 mg/L adalah 80-110% (Horwitz, 2010).

Presisi

Uji presisi yang dilakukan terhadap larutan Cu (II) 2 mg/L, diperoleh koefisien variasi atau RSD = 1,07%,. memenuhi persyaratan kriteria RSD pada konsentrasi sampel 1 - 10 mg/L adalah 11 - 7,3% (Horwitz, 2010).

Berdasarkan hasil koefisien korelasi 0,9997 dan $Vx0$ 1,89%; LOD 0,0946 mg/L; LOQ 0,2868 mg/L; akurasi dengan rata-rata %*recovery* $(92,55 \pm 1,10)\%$; dan hasil presisi (RSD) 1,07%, maka metode yang digunakan memenuhi validitas sesuai persyaratan AOAC (Horwitz, 2010).

Preparasi dan penentuan kadar tembaga (Cu) dalam sampel

Penentuan kadar Cu (II) dalam serbuk cangkang dilakukan untuk memastikan ada tidaknya Cu (II). Serbuk cangkang didestruksi basah menggunakan HNO_3 sebagai oksidator kuat, suhu 180°C untuk mempercepat pemutusan ikatan logam dan senyawa organik, serta waktu destruksi selama 2 jam hingga seluruh sampel terdekomposisi dan Cu dapat dianalisis tanpa gangguan (Mokoena dkk., 2019). Hasil analisis menunjukkan bahwa serbuk cangkang *Solen vagina* mengandung Cu 0,0220 mg/g. Adanya Cu (II) dalam cangkang disebabkan logam tersebut termasuk logam esensial yang dibutuhkan dan terkandung dalam tubuh makhluk hidup termasuk kerang pisau.

Penentuan kadar tembaga (Cu) dalam larutan kontrol

Larutan kontrol mengandung HNO_3 termasuk asam kuat yang memiliki kemampuan penyerapan logam kembali pada polisorben atau proses desorpsi, sehingga perlu ditentukan Cu yang kemungkinan ikut terdesorpsi. Desorpsi dipegaruhi oleh waktu kontak dan massa biosorben (Xie dkk., 2018).

Sesuai dengan perlakuan yang diberikan, maka dilakukan pengamatan larutan kontrol pada parameter waktu kontak dan massa biosorben. Variasi waktu

kontak yang digunakan adalah 20, 40, 60, 90, dan 120 menit dengan massa biosorben 1,5 gram dan menunjukkan hasil rata-rata masing-masing adalah 3,7064; 2,4843; 1,7593; 1,5034; dan 0,6533 mg/L. Semakin lama waktu kontak antara pelarut dan biosorben menyebabkan semakin menurun jumlah Cu (II) yang terserap kembali pada pelarut. Hal ini menunjukkan bahwa interaksi yang terjadi telah cukup efektif. Sehingga memungkinkan tidak terjadi lagi kesetimbangan dan ion H^+ tetap terikat pada biosorben (Chorover & Brusseau, 2008).

Pada percobaan pengaruh faktor variasi massa biosorben: 1,0; 1,25; 1,5; 1,75; dan 2,0 gram dengan waktu kontak tetap 60 menit menunjukkan hasil kadar Cu (II) sisa rata-rata masing-masing adalah 1,3027; 1,5384; 1,7593; 1,8078; 2,0914 mg/L. Semakin besar massa biosorben semakin banyak jumlah Cu (II) yang terserap dalam pelarut. Konsentrasi Cu (II) yang terukur pada larutan kontrol digunakan sebagai faktor koreksi pada hasil perlakuan.

Proses biosorpsi tembaga (Cu)

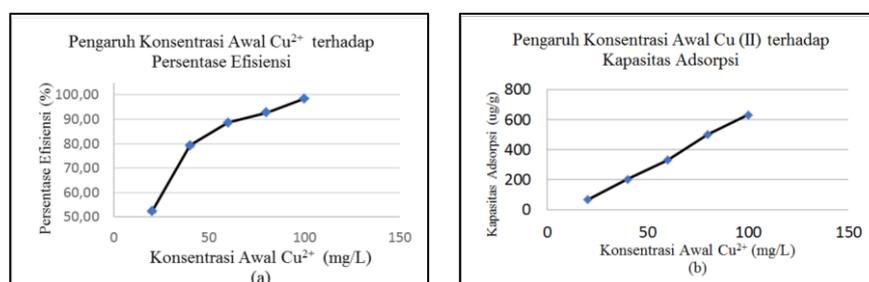
Untuk proses biosorpsi menggunakan metode kolom sesuai dengan penelitian Núñez dkk. (2019) yang menyatakan bahwa penggunaan kolom sering digunakan dalam proses adsorpsi logam khususnya Cu. Metode ini lebih akurat dan lebih mudah untuk diaplikasikan dalam dunia industri.

pH awal berpengaruh terhadap proses biosorpsi karena dapat menyebabkan hidrolisis, pengendapan kimia, reaksi reduksi-oksidasi, atau pembentukan kompleks dengan mineral dan senyawa organik (Foroutan dkk., 2019). Suasana asam tentu berbeda dengan suasana netral ataupun basa. Pengamatan pH awal larutan Cu (II) dilakukan dengan menggunakan

pH meter dan didapatkan hasil $4,41 \pm 0,01$. Ion logam memiliki kapasitas biosorpsi rendah dalam pH rendah karena gugus aktif biosorben diprotonasi dan biosorpsi ion logam menurun. Ketika nilai pH meningkat, kapasitas biosorpsi akan meningkat namun hanya optimum pada kisaran 4 - 5 (Moghaddam dkk., 2020); sedangkan Alkherraz dkk. (2020) melakukan penelitian adsorpsi beberapa logam dengan hasil optimum pada pH 5.

Faktor konsentrasi awal logam

Konsentrasi awal logam merupakan salah satu parameter yang berpengaruh terhadap proses biosorpsi (Nithya dkk., 2018). Konsentrasi Cu (II) sisa setelah proses biosorpsi dikurangi dengan konsentrasi Cu (II) yang terukur dalam larutan kontrol, digunakan untuk perhitungan persentase efisiensi dan kapasitas adsorpsi. Pada Gambar 1 (a) menunjukkan persentase efisiensi adsorpsi Cu (II) meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi Cu (II) dari 20 – 100 mg/L pada massa biosorben tetap 1,5 gram dan waktu kontak tetap 60 menit. Gambar 1 (b) menunjukkan kapasitas adsorpsi meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi awal Cu (II). Hal ini sejalan dengan penelitian Bazrafshan dkk. (2016) yang menyatakan bahwa konsentrasi awal yang lebih tinggi dapat memberikan kekuatan pendorong yang lebih besar untuk mengatasi semua resistensi transfer massa ion logam antar fase sehingga memungkinkan menghasilkan tabrakan yang lebih tinggi antara ion logam dan sorben. Dalam hal ini konsentrasi awal Cu (II) 100 mg/L memberikan persentase efisiensi dan kapasitas adsorpsi terbesar yaitu $(98,47 \pm 0,19) \%$ dan $(630,37 \pm 1,2) \text{ ug/g}$.



Gambar 1. (a) Pengaruh konsentrasi awal Cu^{2+} (20, 40, 60, 80, dan 100 mg/L) terhadap persentase efisiensi adsorpsi (%) dan (b) terhadap kapasitas adsorpsi (ug/g) menggunakan serbuk cangkang kerang pisau dengan variabel waktu kontak 60 menit dan massa biosorben 1,5 gram

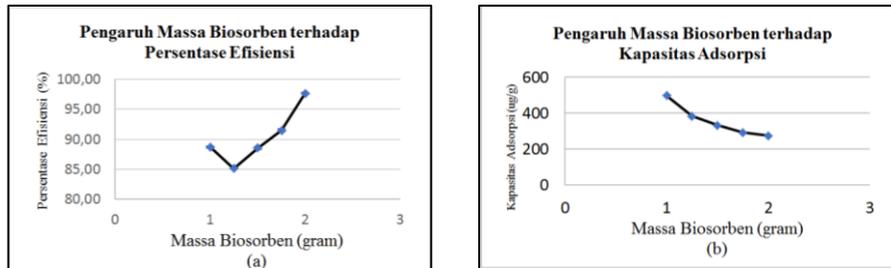
Faktor massa biosorben

Massa biosorben termasuk salah satu faktor atau parameter yang berpengaruh dalam proses penyerapan atau adsorpsi (Kanu dkk., 2016). Persentase efisiensi

adsorpsi Cu (II) dapat dilihat pada Gambar 2 (a) yang semakin meningkat seiring dengan peningkatan massa biosorben dari 1 - 2 gram pada kondisi konsentrasi awal logam tetap 60 mg/L dan waktu kontak tetap 60

menit. Menurut Strada (2013) hal semacam ini dapat terjadi karena terdapat lebih banyak jumlah gugus aktif dan area permukaan biosorben yang lebih besar. Menurut Ahmed dkk. (2016), pada massa yang lebih sedikit terjadi gangguan antara gugus aktif dan kapasitas serapan yang mengakibatkan persentase efisiensi adsorpsi rendah. Hasil optimum massa serbuk cangkang kerang pisau dalam menyerap Cu (II) berdasarkan efisiensi adsorpsi terjadi pada berat biomassa 2 gram, yaitu $(97,69 \pm 0,1) \%$.

Pada Gambar 2 (b) menunjukkan kapasitas adsorpsi menurun seiring dengan meningkatnya massa biosorben. Hal ini memungkinkan terjadi akibat agregasi biosorben yang dapat mempengaruhi luas permukaan, sehingga dapat mengurangi akses ion logam ke situs aktif untuk penyerapan (Imran dkk., 2019). Hasil optimum massa serbuk cangkang kerang pisau dalam menyerap Cu (II) berdasarkan kapasitas adsorpsi terjadi pada berat biomassa 1 gram, adalah $(497,45 \pm 0,9) \text{ ug/g}$.



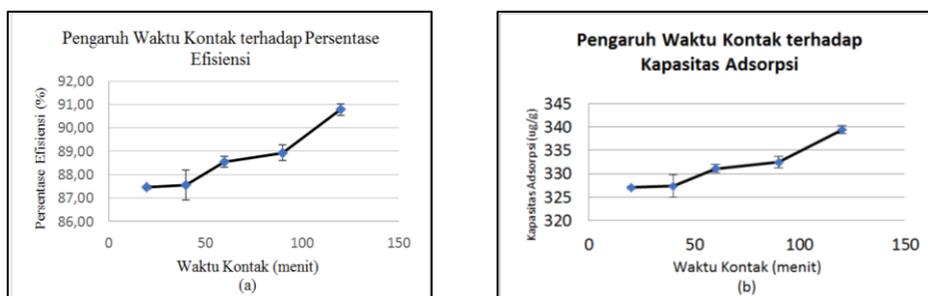
Gambar 2. (a) Pengaruh massa biosorben (1,0; 1,25; 1,5; 1,75; dan 2,0 gram) terhadap persentase efisiensi adsorpsi (%) dan (b) terhadap kapasitas adsorpsi (ug/g) menggunakan serbuk cangkang kerang pisau dengan variabel waktu kontak 60 menit dan konsentrasi awal Cu^{2+} 60 mg/L

Hasil efisiensi dan kapasitas adsorpsi menunjukkan tren yang berlawanan. Hal semacam ini dapat terjadi, menurut Nithya dkk. (2018), karena adanya hubungan terbalik antara dosis biosorben dengan kapasitas penyerapan dari persamaan biosorpsi.

Faktor waktu kontak

Waktu kontak termasuk faktor yang diperlukan dalam proses penyerapan logam berat (Moghaddam dkk., 2020). Variasi waktu kontak yang digunakan adalah 20, 40, 60, 90, dan 120 menit dengan massa biosorben tetap 1,5 gram dan konsentrasi awal logam

berat tetap 60 mg/L. Pada Gambar 3 (a) menunjukkan terjadinya peningkatan persentase efisiensi adsorpsi Cu (II) pada waktu kontak yang semakin lama. Sementara pada Gambar 3 (b) menunjukkan peningkatan kapasitas adsorpsi seiring dengan peningkatan waktu kontak. Semakin lama waktu kontak menunjukkan semakin besar persentase efisiensi adsorpsi, maupun kapasitas adsorpsinya. Hal semacam ini menurut Imran dkk. (2019) bisa terjadi karena semakin kuatnya gugus fungsi aktif serbuk cangkang mengikat Cu (II).



Gambar 3. (a) Pengaruh waktu kontak (20, 40, 60, 90, 120 menit) terhadap persentase efisiensi adsorpsi (%) dan (b) terhadap kapasitas adsorpsi (ug/g) menggunakan serbuk cangkang kerang pisau dengan variabel konsentrasi awal Cu^{2+} 60 mg/L dan massa biosorben 1,5 gram

Dalam penelitian ini waktu kontak 120 menit merupakan hasil optimum serbuk cangkang kerang pisau dalam menyerap Cu (II) dengan persentase efisiensi dan kapasitas adsorpsi sebesar $(90,78 \pm$

$0,25) \%$ dan $(339,41 \pm 0,9) \text{ ug/g}$. Sedangkan, Núñez dkk. (2019) melakukan penelitian biosorpsi Cu (II) menggunakan cangkang kerang *Chile* menunjukkan

waktu kontak optimum adalah 60 menit dalam waktu pengamatan hingga 24 jam.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, serbuk cangkang kerang pisau diharapkan dapat diaplikasikan atau dimanfaatkan untuk biosorben terhadap buangan limbah suatu industri yang mengandung logam berat Cu.

KESIMPULAN

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa serbuk cangkang kerang pisau (*Solen vagina*) dapat dimanfaatkan sebagai biosorben yang efektif untuk adsorpsi tembaga (Cu) dalam larutan. Semakin besar variasi konsentrasi awal Cu (II) dan semakin lama waktu kontak, persentase efisiensi dan kapasitas adsorpsi juga semakin meningkat. Semakin besar massa biosorben, persentase efisiensi adsorpsi semakin besar dan kapasitas adsorpsi semakin kecil. Hasil optimasi faktor terbaik untuk digunakan dalam proses biosorpsi Cu (II) adalah konsentrasi awal 100 mg/L, massa biosorben 2 gram dan waktu kontak 120 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, A. S., Mohammed-Ridha, M. J. & Raoof, N. N. (2016). Kinetic, Thermodynamic, and Equilibrium Biosorption of Pb (II), Cu (II), and Ni (II) using Dead Mushroom Biomass Under Batch Experiment. *Bioremediation Journal*; 20; 252-261.
- Alkherraz, A. M., Ali, A. K. & Elsherif, K. M. (2020). Removal of Pb (II), Zn (II), Cu (II) and Cd (II) from Aqueous Solutions by Adsorption Onto Olive Branches Activated Carbon: Equilibrium and Thermodynamic Studies. *Angewandte Chemie International*; 6; 11-20.
- Aylanc, V., Ertosun, S., Akyuz, L., Bilican, B. K., Gokdag, S., Bilican, I., Cakmak, Y. S., Yilmaz, B. A., & Kaya, M. (2020). Natural β -chitin-protein complex film obtained from waste razor shells for transdermal capsaicin carrier. *International Journal of Biological Macromolecules*; 15; 508-515.
- Badan Pusat Statistik, I. (2017). Statistik lingkungan hidup Indonesia 2017. Jakarta: Badan Pusat Statistik Indonesia.
- Bazrafshan, E., Zarei, A. A. & Mostafapour, F. K. (2016). Biosorption of Cadmium from Aqueous Solutions by *Trichoderma* Fungus: Kinetic, Thermodynamic, and Equilibrium Study. *Desalination and Water Treatment*; 57; 14598-14608.
- Bhakta, J. N., & Ali, M. M. (2020). Biosorption of Arsenic: An Emerging Eco-technology of Arsenic Detoxification in Drinking Water. Berlin: Springer.
- Bozbaş, S. K. & Boz, Y. (2016). Low-cost Biosorbent: Anadara Inaequivalvis Shells for Removal of Pb (II) and Cu (II) from Aqueous Solution. *Process Safety and Environmental Protection*; 103; 144-152.
- Chao, H. P., Chang, C. C. & Nieva, A. (2014). Biosorption of Heavy Metals on *Citrus maxima* Peel, Passion Fruit Shell, and Sugarcane Bagasse in a Fixed-Bed Column. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*; 20; 3408-3414.
- Chorover, J. & Brusseau, M. L. (2008). Kinetics of sorption-desorption. New York: Springer.
- Cid, H., Ortiz, C., Pizarro, J. & Moreno-Piraján, J. C. (2020). Effect of Copper (II) Biosorption Over Light Metal Cation Desorption in the Surface of *Macrocystis Pyrifera* Biomass. *Journal of Environmental Chemical Engineering*; 8; 103729.
- Darriba, S. C. & Tajés, J. F. (2011). Razor Clams: Biology, Aquaculture and Fisheries. Calle Fontiñas: Conselleria do Mar, Xunta de Galicia.
- Du, Y., Lian, F. & Zhu, L. (2011). Biosorption of Divalent Pb, Cd, and Zn on Aragonite and Calcite Mollusk Shells. *Environmental Pollution*; 159; 1763-1768.
- Eljiedi, A. A. A., Kamari, A., Sunardi & Fatimah, I. (2019). Lala Clam (*Orbicularia orbiculata*) Shell as an Eco-Friendly Adsorbent for Cd (II), Cu (II) and Pb (II) Ions. *Arab Journal of Basic and Applied Sciences*; 26; 462-475.
- Fitriyah, A. W., Utomo, Y. & Kusumaningrum, I. K. (2013). Analisis Kandungan Tembaga (Cu) dalam Air dan Sedimen di Sungai Surabaya. *Jurnal Kimia UNM*; 2; 1-8
- Foroutan, R., Mohammadi, R., Farjadfar, S., Esmaili, H., Ramavandi, B. & Sorial, G. A. (2019). Eggshell Nano-Particle Potential for Methyl Violet and Mercury Ion Removal: Surface Study and Field Application. *Advanced Powder Technology*; 30; 2188-2199.
- Gubernur Jawa Timur (2014). Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tentang Perubahan Atas Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72

- Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya. Surabaya: Gubernur Jawa Timur.
- Harmita, H. (2004). Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungannya. *Pharmaceutical Sciences and Research; 1*; 117-135.
- Horwitz, W. (2010). Official Methods of Analysis of AOAC International. Gaithersburg: AOAC International.
- Imran, M., Anwar, K., Akram, M., Shah, G. M., Ahmad, I., Shah, N. S., Khan, Z. U. H., Rashid, M. I., Akhtar, M. N., Ahmad, S., Nawaz, M. & Nawaz, M. (2019). Biosorption of Pb (II) from Contaminated Water onto *Moringa oleifera* Biomass: Kinetics and Equilibrium Studies. *International Journal of Phytoremediation; 21*; 777-789.
- Isah, U. A. & Yusuf, A. I. (2012). Adsorption of Lead Ions on Groundnut Shell Activated Carbon. *Der Chemica Sinica; 3*; 1511-1515.
- Kanu, S. A., Moyo, M., Zvinowanda, C. M. & Okonkwo, J. O. (2016). Biosorption of Pb (II) from Aqueous Solution Using Rooibos Shoot Powder (RSP). *Desalination and Water Treatment; 57*; 5614-5622.
- Maulani, D. (2019). Pemanfaatan Kitosan dan Serbuk Dari Cangkang Kerang Simpson (*Placuna placenta*) dan Lorjuk (*Solen vagina*) sebagai Biosorben Logam Berat. *Tesis*; Fakultas Farmasi Universitas Airlangga, Surabaya.
- Moghaddam, S. A. E., Harun, R., Mokhtar, M. N. & Zakaria, R. (2020). Kinetic and equilibrium modeling for the biosorption of metal ion by Zeolite 13X-Algal-Alginate Beads (ZABs). *Journal of Water Process Engineering; 33*; 101057.
- Mokoena, D. P., Mngadi, S. V., Sihlahla, M., Dimpe, M. K., & Nomngongo, P. N. (2019). Development of a Rapid and Simple Digestion Method of Freshwater Sediments for As, Cd, Cr, Cu, Pb, Fe, and Zn Determination by Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES): An Evaluation of Dilute Nitric Acid. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal; 28*; 323-333.
- Nithya, K., Sathish, A., Kumar, P. S. & Ramachandran, T. (2018). Fast Kinetics and High Adsorption Capacity of Green Extract Capped Superparamagnetic Iron Oxide Nanoparticles for the Adsorption of Ni (II) Ions. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry; 59*; 230-241.
- Núñez, D., Serrano, J. A., Mancisidor, A., Elgueta, E., Varaprasad, K., Oyarzún, P., Caceres, R., Ide, W. & Rivas, B. L. (2019). Heavy Metal Removal from Aqueous Systems Using Hydroxyapatite Nanocrystals Derived from Clam Shells. *RSC advances; 9*; 22883-22890.
- Pemerintah RI. (2020). Potensi sumber daya ikan semakin besar. <https://indonesia.go.id/narasi/indonesia-dalam-angka/sosial/potensi-sumber-daya-ikan-semakin-besar>. Accessed: 10 Juli 2020.
- Purba, J., Sinaga, M. & Damanik, M. (2012). Sintesis Ionofor Sebagai Bahan Aktif Ion Selektif Elektroda (ISE) Untuk Analisis Penentuan Ion Logam Berat Di Dalam Sampel Lingkungan. *Jurnal Penelitian Sainitika; 13*; 94-104.
- Rosihan, A. & Husaini, H. (2017). Logam Berat Sekitar Manusia. Banjarmasin: Lambung Mangkurat University Press.
- Satya, A., Harimawan, A., Haryani, G. S., Johir, M., Hasan, A., Vigneswaran, S., Ngo, H. H. & Setiadi, T. (2020). Batch Study of Cadmium Biosorption by Carbon Dioxide Enriched *Aphanotheca* sp. Dried Biomass. *Water; 12*; 264.
- Shamin, S. (2018). Biosorption of Heavy Metals. *Biosorption; 2*; 21-49.
- Strada, L., Martini, P., Boschi, A., Uccelli, L., Pasquali, M., Duatti, A., Salvini, A. & Groppi, F. (2013). Extraction Techniques of ^{99m}Tc from ¹⁰⁰Mo Metal Target. Firenze: Università Degli.
- Usifoh, I., Odinigwe, R. & Obidiegwu, M. U. (2019). Adsorption of Pb (II) Ions from Aqueous Solution Using Functionalized and Carbonized Groundnut Shell. *International Research Journal of Pure and Applied Chemistry; 18*; 1-10.
- USP. (2011). Validation of Compendial Procedures. Rockville: United States Pharmacopeia.
- Xie, S., Wen, Z., Zhan, H. & Jin, M. (2018). An Experimental Study on the Adsorption and Desorption of Cu (II) in Silty Clay. *Geofluids; 2018*; 1-13.
- Yuwono, M. & Indrayanto, G. (2005). Validation of Chromatographic Methods of Analysis. *Profiles of Drug Substances, Excipients and Related Methodology; 32*; 243-259.