

**ADSORPSI ION LOGAM Cu(II) DAN Cr(III) OLEH BIOSORBEN
BATANG TANAMAN GUMITIR TERAKTIVASI ZnCl₂**

Z. M. M. Tamba, E. Sahara*, I M. Siaka, dan I W. Suarsa

*Program Studi Sarjana Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas
Udayana, Kabupaten Badung, Bali, Indonesia*

**Email: emmy_sahara@unud.ac.id*

Article Received on: 6th Pebrury 2025

Revised on: 11th May 2025

Accepted on: 13th July 2025

ABSTRAK

Ion logam Cu(II) dan Cr(III) sering dijumpai dalam limbah sebagai akibat kegiatan industri. Adsorpsi adalah salah satu metode untuk mengurangi konsentrasi logam berat di perairan. Batang tanaman gumitir merupakan suatu biomassa limbah organik yang dapat dijadikan sebagai bahan biosorben. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui isotherm adsorpsi, kinetika adsorpsi, dan kapasitas adsorpsi biosorben batang gumitir yang diaktivasi dengan ZnCl₂ pada adsorpsi Cu(II) dan Cr(III). Penelitian ini meliputi penentuan perbandingan massa antara biosorben dan ZnCl₂ yang menghasilkan biosorben teraktivasi dengan kapasitas adsorpsi yang optimum, penentuan keasaman permukaan, luas permukaan, waktu kontak optimum, penentuan isotherm adsorpsi, kinetika adsorpsi, serta kapasitas adsorpsi batang gumitir terhadap logam Cu dan Cr dalam larutan. Biosorben batang gumitir teraktivasi ZnCl₂ dengan kapasitas adsorpsi optimum selanjutnya dikarakterisasi dengan FTIR untuk mengetahui gugus fungsinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbandingan massa antara biosorben dan aktivator ZnCl₂ untuk adsorpsi kedua logam yang optimum yaitu 1:1,25. Adsorben ini memiliki keasaman permukaan $1,7613 \pm 0,0324$ mmol/g dengan jumlah situs aktif sebesar $1,0609 \times 10^{21} \pm 0,0195$ molekul/g. Aktivasi mampu memperbesar luas permukaan dari $1,0082 \pm 0,0204$ m²/g tanpa aktiasi menjadi $4,1203 \pm 1,1560$ m²/g dengan aktivasi. Hasil FTIR menunjukkan bahwa batang gumitir teraktivasi ZnCl₂ mengandung gugus hidroksil (O–H), C–H, dan karbonil (C=O). Adsorpsi optimum untuk kedua ion logam dicapai dengan waktu kontak 60 menit. Adsorpsi ion logam Cu(II) dan Cr(III) oleh batang gumitir teraktivasi ZnCl₂ mengikuti pola isotherm Freundlich, dan model kinetika adsorpsi terhadap logam Cu cenderung mengikuti model kinetika orde satu, sedangkan logam Cr tidak mengikuti model kinetika orde satu maupun orde dua. Kapasitas adsorpsi batang gumitir teraktivasi ZnCl₂ terhadap ion logam Cu(II) dan Cr(III) berturut-turut sebesar 5,9672 mg/g dan 5,8674 mg/g.

Kata kunci: adsorpsi, aktivasi, batang gumitir, Cu(II) dan Cr(III), ZnCl₂

ABSTRACT

Cu(II) and Cr(III) metal ions are often found in waste as a result of industrial activities. Adsorption is one method to reduce the concentration of heavy metals in water. Marigold plant stems are organic waste biomass that can be applied as a biosorbent material. This research aimed to determine the adsorption isotherm, adsorption kinetics, and adsorption capacity of marigold stem biosorbent activated with ZnCl₂ for the adsorption of Cu(II) and Cr(III). In this research, the mass ratio of biosorbent and ZnCl₂ was varied to produce an activated biosorbent with optimum adsorption capacity. The surface acidity, surface area, optimum contact time, adsorption isotherm, adsorption kinetics, and adsorption capacity of marigold stem on Cu and Cr metals in solution were also determined. ZnCl₂-activated marigold stem biosorbent with optimum adsorption capacity was then characterized by FTIR to know its functional groups. The research results showed that the mass ratio between the biosorbent and ZnCl₂ activator for the optimum adsorption of the two metal ions was 1:1.25. The adsorbent had a surface acidity of 1.7613 ± 0.0324 mmol/g and the number of active sites of $1.0609 \times 10^{21} \pm 0.0195$ molecules/g. Activation was able to increase the surface area from 1.0082 ± 0.0204 m²/g without activation to 4.1203 ± 1.1560 m²/g with activation. The FTIR result showed that the ZnCl₂-activated marigold stem contained the functional groups of hydroxyls (O–H), C–H, and carbonyl (C=O). Optimum adsorption for both metal ions was achieved with a contact time of 60 minutes. The adsorption of Cu(II) and Cr(III) metal ions by ZnCl₂-activated marigold stem followed the Freundlich isotherm pattern, and the adsorption kinetics model for Cu metal tended to follow the first-order kinetic model. On the other hand, Cr metal did not follow the first-order or second-order kinetic model. The adsorption capacities of ZnCl₂-activated marigold stem towards Cu(II) and Cr(III) metal ions were 5.9672 mg/g and 5.8674 mg/g, respectively.

Keywords: adsorption, activation, marigold stem, Cu(II) and Cr(III), ZnCl₂

PENDAHULUAN

Kegiatan industri menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan dan makhluk hidup disekitarnya. Limbah hasil kegiatan industri biasanya mengandung logam berat yang berbahaya, seperti krom (Cr), tembaga (Cu), seng (Zn), dan lain-lain. Salah satu cara mengurangi dampak pencemaran logam berat yaitu dengan metode adsorpsi. Adsorpsi adalah peristiwa terserapnya suatu zat berupa molekul ataupun ion pada permukaan adsorben.

Metode adsorpsi digunakan karena aman dan tidak memberikan efek samping yang berbahaya untuk kesehatan, praktis dan murah, serta mudah dikerjakan, dan adsorben dapat didaur ulang (Erdawati, 2008). Batang tanaman gunitir dapat dijadikan sebagai biosorben untuk metode adsorpsi karena batang tanaman gunitir mengandung karbon lebih dari 40% (Lersel, 2006). Selain itu tanaman gunitir juga sangat mudah dijumpai terutama di daerah Bali.

Karbonisasi batang gunitir pada suhu 300°C selama 90 menit menghasilkan arang dengan karakteristik yang memenuhi SNI (Siaka *et al.*, 2016). Aktivasi terhadap arang ini dengan berbagai aktivator kimia mampu meningkatkan daya serapnya terhadap beberapa logam, diantaranya dengan NaOH untuk penyerapan terhadap iod dan metilen biru (Sahara *et al.*, 2017), H₃PO₃ untuk penyerapan terhadap zat warna Rhodamine-B (Sahara *et al.*, 2018), dan ZnCl₂ untuk penyerapan terhadap iod dan metilen biru (Sahara *et al.*, 2019). Penambahan larutan asam, basa, garam, senyawa organik, dan agen pengoksidasi pada aktivasi arang dapat memisahkan komponen pengganggu (Shukla dan Pai, 2005). Penggunaan activator ZnCl₂ untuk aktivasi arang batang gunitir menghasilkan arang aktif dengan kapasitas adsorpsi lebih baik dibandingkan dengan yang tidak teraktivasi (Sahara *et al.*, 2019).

Selain dalam bentuk arang, suatu biomassa dapat digunakan sebagai adsorben dalam bentuk tanpa melalui proses pengarangan/karbonisasi. Berbagai bahan lain yang dapat digunakan sebagai biosorben untuk logam berat Cu dan Cr adalah kulit kopi (Ardiansyah *et al.*, 2018), serat sabut kelapa hijau (Sudiarta dan Sulihingtyas, 2012), dan serat sabut kelapa (Sudiarta dan Sahara, 2011). Penelitian terdahulu sudah dilakukan oleh Sahara (2019) untuk penyerapan terhadap iod dan metilen biru dengan aktivator ZnCl₂, Sahara (2024) untuk penyerapan terhadap Cu dan Cr menggunakan aktivator asam fosfat

dengan biosorben kulit kopi. Dibandingkan dengan penggunaan arang sebagai adsorben, penggunaan suatu bahan dalam bentuk serbuk biosorben memberikan hasil analisis yang lebih cepat dan murah karena tidak membutuhkan alat khusus seperti tanur dan prosedurnya yang lebih sedikit tahapannya.

Dari latar belakang di atas perlu dilakukan pembuatan biosorben dari batang gunitir dan aktivasinya dengan aktivator ZnCl₂ yang optimum untuk adsorpsi ion Cu(II) dan Cr(III) dalam larutan. Selanjutnya perlu diteliti keasaman permukaan, luas permukaan dan waktu kontak optimum, isotherm adsorpsi, kapasitas dan kinetika adsorpsi biosorben terhadap ion Cu(II) dan Cr(III) dalam larutan, serta gugus fungsi biosorben batang gunitir.

MATERI DAN METODE

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu batang gunitir, ZnCl₂, Cu(NO₃)₂·3H₂O, larutan Cr(NO₃)₂, metilen biru klorida, C₂H₂O₄·H₂O, HNO₃, NaOH, HCl indikator fenolftalein, serbuk KBr, dan aquades.

Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu neraca analitik, cawan petri, gelas beaker, erlenmeyer, labu ukur, pipet volume, pipet ukur, bola hisap, buret, klem, statif, ayakan 150 µm dan 250 µm, *magnetic stirrer*, batang pengaduk, corong, mortar, alu, botol semprot, oven, desikator, pH meter, kertas saring Whatman no.12, kertas tissue, peralatan instrumen Spektrofotometer Serapan Atom, Spektrofotometer UV-Vis, dan FTIR.

Cara Kerja

Preparasi Biosorben

Batang tanaman gunitir dicuci bersih dan dibilas dengan aquades. Batang gunitir dipotong kecil-kecil dan dikeringkan dengan oven pada suhu 100°C sampai massa konstan. Sampel dihaluskan menggunakan blender dan diayak dengan ayakan 150 µm dan 250 µm. Hasil yang diperoleh dari pengayakan berupa serbuk batang gunitir dengan ukuran berkisar antara 150 µm dan 250 µm.

Aktivasi Biosorben dengan Berbagai Konsentrasi ZnCl₂

Biosorben serbuk batang gunitir sebanyak 6g dimasukkan ke dalam 5 erlenmeyer dan

ditambahkan 150 mL ZnCl_2 dengan konsentrasi 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% yang dilabeli BGA1, BGA2, BGA3, BGA4, dan BGA5 dan didiamkan selama 24 jam lalu disaring dan dibilas dengan aquades hingga pH netral. Serbuk batang gunitir yang sudah diaktivasi dikeringkan sampai massa konstan.

Penentuan Jumlah ZnCl_2 Optimum untuk Aktivasi

BGA1, BGA2, BGA3, BGA4, dan BGA5 sebanyak 1,0 g dimasukkan ke dalam 5 erlenmeyer dan ditambahkan 50 mL larutan Cu dan Cr dengan konsentrasi 100 mg/L dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan waktu kontak 60 menit. Campuran disaring dan absorbansi filtrat diukur menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom. Biosorben yang teraktivasi ZnCl_2 dengan perbandingan yang memberikan daya serap maksimum (diberi label BGA) akan digunakan dalam penelitian lebih lanjut. Kontrol digunakan biosorben tanpa aktivasi yang diberi label BGA0.

Karakterisasi dengan FTIR

BGA0 dan BGA4 sebanyak 0,3 g ditambahkan serbuk KBr dan dimampatkan dalam cetakan dengan pompa hidrolik sehingga membentuk pellet. Pellet dianalisis dengan FTIR yang diukur serapannya pada bilangan gelombang 400-4000 cm^{-1} .

Penentuan Luas Permukaan Biosorben Batang Gunitir

Serbuk batang gunitir teraktivasi ZnCl_2 dengan daya serap optimum (BGA4) dan BGA0 masing-masing sebanyak 0,1 g dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan 20,0 mL larutan metilen biru 100 mg/L, lalu diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada waktu kontak 5, 10, 15, 20, 40, dan 60 menit. Campuran disaring dan absorbansi filtrat diukur dengan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 664 nm.

Penentuan Keasaman Permukaan Biosorben Batang Gunitir

BGA4 sebanyak 1,0 g dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan 15,0 mL larutan NaOH 0,1 mg/L dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 15 menit dan ditambahkan indikator fenolftalein 3-4 tetes. Campuran dititrasi dengan larutan HCl 0,1 mg/L dan volume HCl dicatat.

Penentuan Waktu Setimbang Adsorpsi Logam Cu dan Cr

BGA4 sebanyak 1,0 g dimasukkan ke dalam 5 erlenmeyer dan ditambahkan 50 mL larutan Cu dan Cr 100 mg/L dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 20, 40, 60, 90, dan 120 menit. Campuran disaring dan absorbansi filtrat diukur dengan Spektrofotometer Serapan Atom.

Penentuan Isoterm Adsorpsi Biosorben Batang Gunitir

BGA4 sebanyak 1,0 g dimasukkan ke dalam 6 erlenmeyer dan ditambahkan 50 mL larutan Cu dan Cr dengan konsentrasi 10, 20, 30, 50, 70, dan 100 mg/L dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama waktu setimbang. Campuran disaring dan absorbansi filtrat diukur dengan Spektrofotometer Serapan Atom.

Penentuan Kapasitas Adsorpsi Biosorben Batang Gunitir

BGA4 sebanyak 1,0 g dimasukkan ke dalam 5 erlenmeyer dan ditambahkan 50 mL larutan Cu dan Cr dengan konsentrasi isoterm adsorpsi dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama waktu setimbang. Campuran disaring dan absorbansi filtrat diukur dengan Spektrofotometer Serapan Atom.

Penentuan Kinetika Adsorpsi Biosorben Batang Gunitir

BGA4 sebanyak 1,0 g dimasukkan ke dalam 9 erlenmeyer dan ditambahkan 50 mL larutan Cu dan Cr dengan konsentrasi isoterm adsorpsi dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 0, 5, 10, 20, 30, 45, 60, 90, dan 120 menit. Campuran disaring dan absorbansi filtrat diukur dengan Spektrofotometer Serapan Atom.

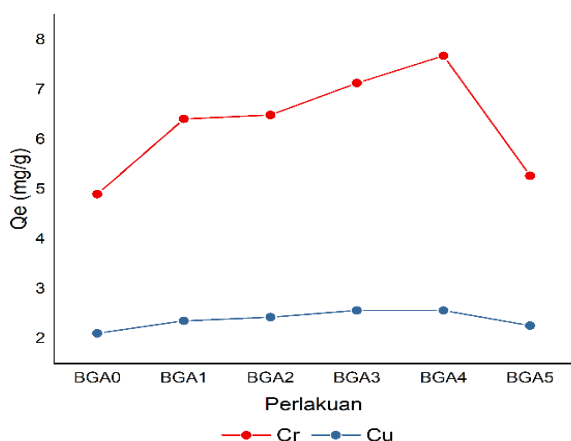
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Kapasitas Adsorpsi Biosorben Batang Gunitir

Hasil penentuan kapasitas adsorpsi biosorben batang gunitir terhadap logam Cu dan Cr dengan berbagai perbandingan massa biosorben dan ZnCl_2 dapat dilihat pada Gambar 1.

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan kapasitas adsorpsi setiap kenaikan konsentrasi aktivator yang digunakan. Akan tetapi pada perlakuan BGA5 terjadi penurunan kapasitas adsorpsi yang disebabkan karena biosorben batang gunitir telah mencapai keadaan optimum pada perlakuan BGA4,

sehingga kapasitas adsorpsinya menurun. Kenaikan kapasitas adsorpsi terjadi karena meningkatnya konsentrasi aktivator, semakin tinggi konsentrasi aktivator maka kemampuan biosorbent untuk menyerap logam semakin besar. Penyerapan logam Cu dan Cr pada BGA4 yaitu sebesar $7,6801 \pm 0,9198$ mg/g dan $2,5687 \pm 0,1854$ mg/g. aktivasi dilakukan untuk menghilangkan pengotor yang menutupi permukaan biosorben sehingga pori-pori biosorben terbuka dan kapasitas adsorpsinya meningkat.



Gambar 1. Kapasitas Adsorpsi Biosorben Batang Guitir terhadap Logam Cu dan Cr dengan Berbagai Perbandingan Massa Biosorben dan ZnCl_2

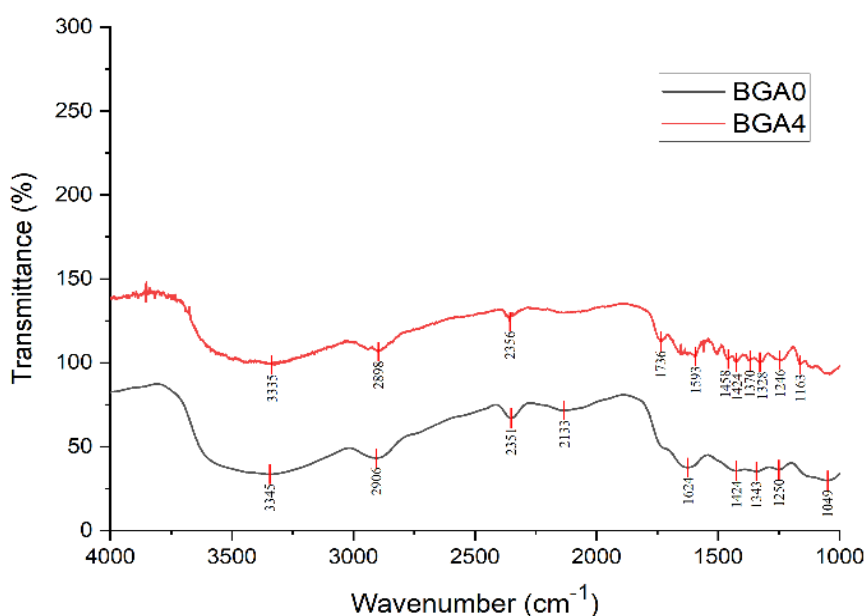
Keterangan:

Massa biosorben:aktivator, BGA1 = (1:1,25), BGA2 = (1:2,5), BGA3 = (1:3,75), BGA4 = (1:5), BGA5 = (1:6,25)

Karakterisasi dengan FTIR

Identifikasi gugus fungsi dilakukan pada biosorben batang guitir tanpa aktivasi (BGA0) dan biosorben batang guitir teraktivasi ZnCl_2 (BGA4). Proses aktivasi dengan ZnCl_2 memungkinkan adanya reaksi kimia sehingga membentuk gugus fungsi baru yang berperan sebagai situs aktif. Gambar 2 menunjukkan spektra pengujian gugus fungsi dengan FTIR untuk BGA0 dan BGA4.

Berdasarkan hasil pengamatan spektra biosorben batang guitir pada Gambar 2 tidak memiliki perbedaan yang signifikan, namun hanya terjadi pergeseran bilangan gelombang dan perbedaan intensitas spektra. Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa terdapat gugus hidroksil (O-H) yang merupakan gugus fungsi selulosa dan hemiselulosa pada bilangan gelombang 3344 dan 3335 cm^{-1} . Pita serapan pada bilangan gelombang 2906 dan 2898 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C-H, sedangkan pada bilangan gelombang 1736 cm^{-1} terdapat gugus karbonil (C=O) yang merupakan gugus fungsi lignin.



Gambar 2. Spektra FTIR Biosorben Batang Guitir

Penentuan Luas Permukaan Spesifik Biosorben Batang Gumitir

Hasil adsorpsi metilen biru dan luas permukaan dari BGA0 dan BGA4 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Luas Permukaan Biosorben Batang Gumitir terhadap Metilen Biru

Waktu (menit)	Luas Permukaan BGA4 (m ² /g)	Luas Permukaan BGA0 (m ² /g)
5	5,8094	1,0348
10	4,7975	1,0271
15	4,4755	1,0118
20	3,6322	1,0010
40	3,5096	0,9934
60	2,4976	0,9811
Rata-rata	4,1203	1,0082

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa biosorben batang gumitir teraktivasi ZnCl₂ memiliki luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan biosorben batang gumitir tidak teraktivasi. Semakin luas permukaan biosorben maka semakin besar kapasitas adsorpsinya. Pada Tabel 1 dapat dilihat adanya penurunan luas permukaan tiap kenaikan waktu. Luas permukaan biosorben batang gumitir teraktivasi dan tidak teraktivasi masing-masing sebesar 4,1203 m²/g dan 1,0082 m²/g. Kenaikan luas permukaan yang terjadi disebabkan oleh aktivator ZnCl₂ yang dapat melarutkan pengotor yang menutupi pori-pori biosorben (Manurung, 2019).

Penentuan Keasaman Permukaan dan Situs Aktif Biosorben Batang Gumitir

Hasil penentuan keasaman permukaan dan jumlah situs aktif dapat dilihat pada Tabel 2.

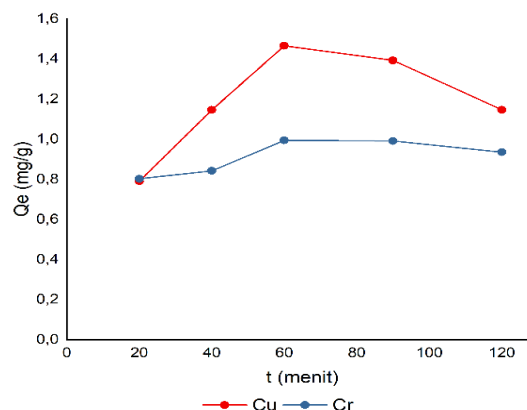
Tabel 2. Keasaman Permukaan dan Jumlah Situs Aktif pada BGA4

Ulangan	Keasaman Permukaan (mmol/g) ± SD	Jumlah situs aktif (molekul/g) ± SD
I	1,7988	$1,0834 \times 10^{21}$
II	1,7426	$1,0496 \times 10^{21}$
III	1,7426	$1,0496 \times 10^{21}$
Rata-rata	$1,7614 \pm 0,0325$	$1,0608 \times 10^{21} \pm 0,0195$

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat keasaman permukaan dan situs aktif biosorben batang gumitir masing-masing yaitu sebesar $1,7613 \pm 0,0324$ mmol/g dan $1,0609 \times 10^{21} \pm 0,0195$ molekul/g. Semakin besar nilai keasaman permukaan biosorben maka semakin besar daya serapnya yang disebabkan karena bertambahnya jumlah situs aktif pada biosorben. Semakin banyak jumlah situs aktif pada biosorben maka semakin banyak ion logam yang dapat diadsorpsi karena pada proses adsorpsi, situs aktif berperan sebagai donor proton dan digantikan oleh ion logam (Sahara, 2024).

Penentuan Waktu Setimbang Adsorpsi Biosorben Batang Gumitir

Grafik kapasitas adsorpsi biosorben batang gumitir terhadap logam Cu dan Cr pada variasi waktu kontak dapat dilihat pada Gambar 3.

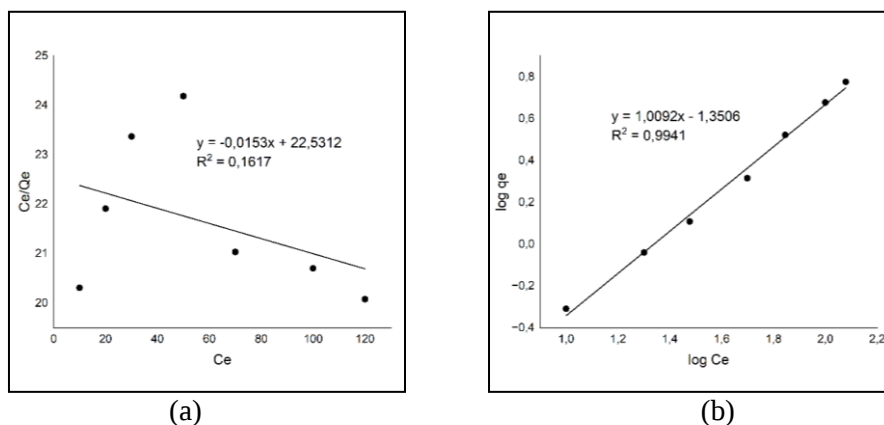


Gambar 3. Kurva Waktu Kontak Biosorben Batang Gumitir Teraktivasi terhadap logam Cu dan Cr

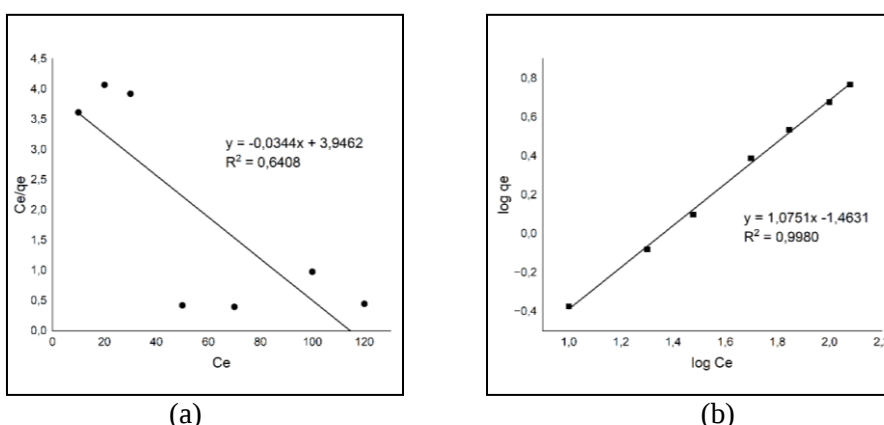
Gambar 3 menunjukkan bahwa terjadi kenaikan kapasitas adsorpsi hingga waktu 60 menit dan mulai mengalami penurunan kapasitas adsorpsi pada waktu 90 menit. Hal ini dikarenakan kapasitas adsorpsi biosorben telah jenuh sehingga terjadi kesetimbangan antara ion logam dalam biosorben dengan lingkungannya (Chen, 2022).

Penentuan Kapasitas dan Isoterm Adsorpsi Biosorben Batang Gumitir

Pola isoterm adsorpsi dapat diketahui dengan membandingkan persamaan linier isoterm Langmuir dengan persamaan linier Freundlich. Pola isoterm Freundlich dan Langmuir pada biosorben batang gumitir terhadap logam Cu dan Cr dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Grafik Pola Isoterm (a) Langmuir (b) Freundlich Biosorben terhadap Logam Cu

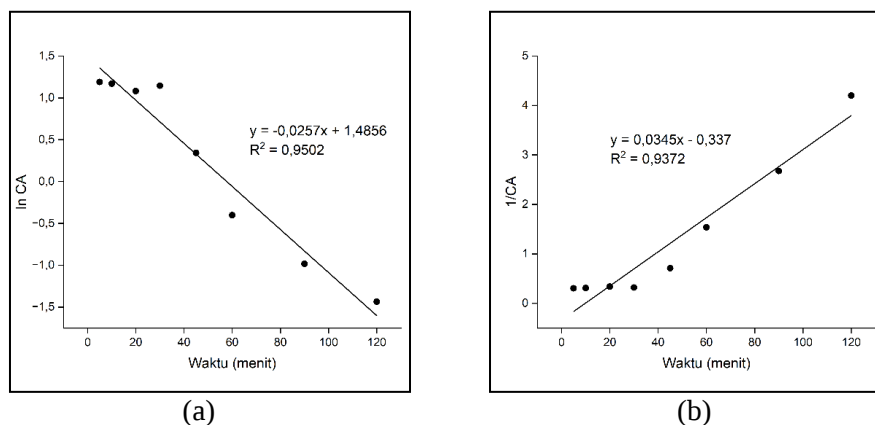


Gambar 5. Grafik Pola Isoterm (a) Langmuir (b) Freundlich Biosorben terhadap Logam Cr

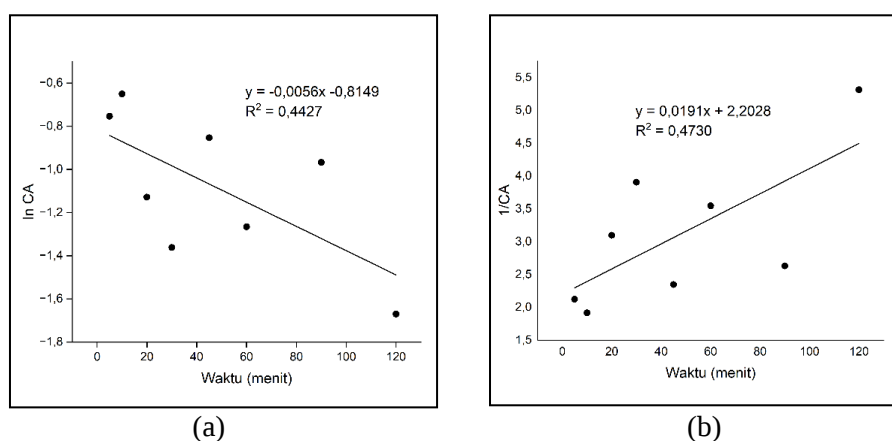
Gambar 4 menunjukkan bahwa persamaan isoterm Langmuir dan Freundlich pada adsorpsi logam Cu memiliki nilai R^2 berturut-turut sebesar 0,1617 dan 0,9941. Gambar 5 menunjukkan bahwa persamaan isoterm Langmuir dan Freundlich pada adsorpsi logam Cr memiliki nilai R^2 berturut-turut sebesar 0,6408 dan 0,9980. Dalam hal ini pola isoterm yang terjadi pada adsorpsi logam Cu dan Cr oleh biosorben batang gunitir mengikuti pola isoterm Freundlich karena memiliki nilai R^2 yang paling mendekati 1. Molekul adsorbat pada pola isoterm Freundlich bersifat heterogen karena situs aktif yang ada pada permukaan biosorben menyerap beberapa molekul adsorbat serta interaksi antara adsorbat dan biosorben terjadi pada beberapa lapisan permukaan (*multilayer*) (Amelia, 2023). Kapasitas adsorpsi logam Cu dan Cr oleh biosorben batang gunitir berturut-turut sebesar 5,9672 mg/g dan 5,8674 mg/g.

Penentuan Kinetika Adsorpsi Biosorben Batang Gunitir

Penentuan kinetika adsorpsi dilakukan untuk mengetahui laju adsorpsi Cu dan Cr pada biosorben batang gunitir yang dilakukan dengan membandingkan persamaan linier reaksi orde satu dan reaksi orde dua. Pada reaksi orde satu, nilai koefisien korelasi (R^2) diperoleh dengan membuat grafik hubungan antara $\ln CA$ terhadap waktu, sedangkan pada kinetika reaksi orde dua, nilai koefisien korelasi (R^2) diperoleh dengan membuat grafik hubungan antara $1/CA$ terhadap waktu. Nilai konstanta kinetika (k) diperoleh menggunakan persamaan kinetika orde satu dan orde dua. Model kinetika orde satu dan orde dua oleh biosorben batang gunitir terhadap logam Cu dan Cr dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7.



Gambar 6. Grafik Model Kinetika Adsorpsi (a) Orde Satu (b) Orde Dua Biosorben Batang Gunitir terhadap Logam Cu



Gambar 7. Grafik Model Kinetika Adsorpsi (a) Orde Satu (b) Orde Dua Biosorben Batang Gunitir terhadap Logam Cr

Tabel 3. Parameter Kinetika Adsorpsi Biosorben Batang Gunitir terhadap Logam Cu dan Cr

Logam	Orde Reaksi	k rata-rata	R ²
Cu	1	0,1629 menit ⁻¹	0,9502
	2	0,0269 menit ⁻¹ ppm ⁻¹	0,9372
Cr	1	0,2638 menit ⁻¹	0,4427
	2	0,1346 menit ⁻¹ ppm ⁻¹	0,4730

Gambar 6 menunjukkan bahwa nilai koefisien korelasi (R^2) untuk model kinetika adsorpsi biosorben batang gunitir terhadap

logam Cu untuk orde satu dan orde dua berturut-turut yaitu 0,9502 dan 0,9372.

Pada Gambar 7 terlihat bahwa nilai koefisien korelasi (R^2) untuk model kinetika adsorpsi biosorben batang gunitir terhadap logam Cr untuk orde satu dan orde dua berturut-turut yaitu 0,4427 dan 0,4659. Berdasarkan data yang diperoleh, adsorpsi logam Cu cenderung mengikuti model kinetika orde satu karena nilai R^2 pada model kinetika orde satu pada logam Cu lebih besar dibandingkan nilai R^2 model kinetika orde dua. Adsorpsi logam Cr tidak mengikuti model kinetika orde satu maupun orde dua karena nilai R^2 pada orde satu maupun orde dua pada adsorpsi logam Cr sangat rendah. Nilai konstanta kinetika (k) menunjukkan cepat atau lambatnya proses adsorpsi berlangsung. Semakin tinggi nilai k maka semakin cepat adsorpsi berlangsung (Cahyani, 2020).

SIMPULAN

Perbandingan massa serbuk batang gunitir dan ZnCl₂ yang optimum untuk adsorpsi logam Cu(II) dan Cr(III) dalam larutan yaitu 1:1,25 dengan keasaman permukaan biosorben batang gunitir yang teraktivasi ZnCl₂ dan situs aktif masing-masing sebesar $1,7613 \pm 0,0324$ mmol/g dan $1,0609 \times 10^{21} \pm 0,0195$ molekul/g. Luas permukaan biosorben batang gunitir teraktivasi dan tidak teraktivasi masing-masing sebesar $4,1203 \pm 1,1560$ m²/g dan $1,0082 \pm 0,0204$ m²/g dengan waktu kontak optimum untuk adsorpsi logam Cu(II) dan Cr(III) 60 menit. Isotherm adsorpsi logam Cu dan Cr mengikuti pola isotherm Freundlich dengan kapasitas adsorpsi sebesar 5,8674 mg/g. Logam Cu cenderung mengikuti model kinetika orde satu, sedangkan logam Cr tidak mengikuti model kinetika orde satu maupun dua. Hasil pengujian spektra FTIR menunjukkan bahwa batang gunitir yang teraktivasi ZnCl₂ mempunyai gugus fungsi hidroksil (O-H), C-H, dan karbonil (C=O).

DAFTAR PUSTAKA

- Adriansyah, R., Restiasih, E. N., dan Meileza, N. 2018. Biosorpsi Ion Logam Berat Cu(II) dan Cr(VI) Menggunakan Biosorben Kulit Kopi Terxanthasi. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia*. 2(2): 114-121.
- Amelia, H. dan Sunardi. 2023. Kajian Isoterm Adsorpsi Metilen Biru pada Biochar Kulit Sagu (*Metroxylon sagu*). *Jurnal Sains dan Teknologi*. 5(1): 1-9.
- Cahyani, R. D. 2020. Kinetika dan Isoterm Adsorpsi Zat Warna Rhodamin B Menggunakan Butiran Kitosan Terikatsilang Tripolifosfat (TPP) dan Glutaraldehyd (GLA). *Skripsi*. UIN Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Chen, W. S., Chen, Y. C., and Lee, C. H. 2022. Modified Activated Carbon for Copper Ion Removal from Aqueous Solution. *Processes*. 10(1): 1-16.
- Erdawati. 2008. *Kapasitas Adsorpsi Kitosan dan Nanomagnetik Kitosan terhadap Ion Ni(II)*. Universitas Lampung. Lampung.
- Lersel, M. W. 2006. *Respiratory Q10 of Marigold (Tagetes patula) in Response to Long-Term Temperature Differences and Its Relationship to Growth and Maintenance Respiration*. *Physiologia Plantarum*.
- Manurung, M., Ratnayani, O., dan Prawira, R. A. 2019. Sintesis dan Karakterisasi Arang dari Limbah Bambu dengan Aktivator ZnCl₂. *Cakra Kimia*. 7(1): 69-77.
- Sahara, E., Dahliani, N. K., dan Manuaba, I. B. P. 2017. Pembuatan dan Karakterisasi Arang Aktif dari Batang Tanaman Gunitir (*Tagetes erecta*) dengan Aktivator NaOH. *Jurnal Kimia*. 11(2): 174-180.
- Sahara, E., Gayatri, P. S., Suarsa, I. W. 2018. Adsorpsi Zat Warna Rhodamin-B dalam Larutan oleh Arang Aktif Batang Tanaman Gunitir Teraktivasi Asam Fosfat. *Jurnal Kimia*. 6(1): 37-45.
- Sahara, E., Permatasari, D. E. 2019. Pembuatan dan Karakterisasi Arang Aktif dari Batang Limbah Tanaman Gunitir dengan Aktivator ZnCl₂. *Jurnal Kimia*. 13(1): 95-103.
- Sahara, E., Paramita, N. P. I., Parwata, I. M. O., and Siaka, I. M. 2024. Phosphoric Acid Activated Coffee Pulp Waste for Cu and Cr Adsorption. *International Journal of Chemical Engineering Research*. 11(2): 1-7.
- Shukla, S. and Pai, R. S. 2005. *Adsorption of Cu(II), Ni(II), and Zn(II) on Modified Jute Fibers*. University of Mumbai. Mumbai.
- Siaka, I. M., Febriyanti, N. P. D., Sahara, E., dan Negara, M. S. 2016. Pembuatan dan Karakterisasi Arang dari Batang Tanaman Gunitir (*Tagetes erecta*) pada Berbagai Suhu dan Waktu Pirolisis. *Cakra Kimia*. 4(2): 168-177.
- Sudiarta, I. W. dan Sahara, E. 2011. Biosorpsi Cr(III) pada Biosorben Serat Sabut Kelapa Teraktivasi Sodium Hidroksida. *Jurnal Kimia*. 5(1): 133-142.
- Sudiarta, I. W. dan Sulihingtyas, W. D. 2012. Biosorpsi Cr(III) pada Biosorben Serat Sabut Kelapa Hijau Teramobilisasi EDTA. *Jurnal Kimia*. 6(1): 29-36.