

Pembuatan dan Penggunaan Bulir Kalsium Alginat-PVA (Polivinil Alkohol) untuk Adsorpsi Ion Cd(II)

Preparation and Application of Calcium Alginate-PVA (Polyvinyl Alcohol) Beads for Cd(II) Ions Adsorption

Rusnadi*, Irin Safitri

Kelompok Keilmuan Kimia Analitik, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesa No. 10, Bandung, Indonesia

*E-mail: rusnadi205@itb.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.26874/jkk.v6i1.200>

Received: 1 Dec 2022, Revised: 10 Jan 2023, Accepted: 17 Jan 2023, Online: 29 May 2023

Abstrak

Kadmium banyak digunakan dalam bidang penyepuhan logam, baterai, plastik, serta industri cat. Logam ini bersifat toksik bagi manusia dengan dampak buruk terhadap ginjal dan rangka. Adsorpsi telah diketahui sebagai salah satu metode yang mudah, efektif, dan murah untuk proses penghilangan ion logam dalam limbah cair. Pada penelitian telah dibuat bulir kalsium alginat-PVA sebagai adsorben ion Cd(II). Karakterisasi adsorben dilakukan dengan menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS). Penentuan kondisi optimum adsorpsi meliputi komposisi adsorben, pH, waktu kontak, dan massa adsorben. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum adsorpsi pada pH 4, waktu kontak 4 jam, dan massa adsorben 0,2 gram menggunakan sistem *batch*. Proses adsorpsi ion Cd(II) mengikuti model isoterm Langmuir dan model kinetika orde dua semu.

Kata kunci: *adsorpsi, alginat, kadmium, Polivinil Alkohol*

Abstract

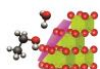
Cadmium is widely used in electroplating, batteries, plastics, and paints. Cadmium is a toxic element for humans, affecting mainly the kidneys and the skeleton. Adsorption is an easy, effective, and inexpensive method for removing metal ions in wastewater. In this research, we have synthesized calcium alginate-PVA beads as Cd (II) ion adsorbent. The adsorbent characterization was carried out using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) and Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS). Determination of the adsorption conditions includes the composition of the adsorbent, pH, contact time, and adsorbent mass. The results showed that the optimum adsorption conditions on adsorbent composition are pH 4, contact time 4 hours, and mass of adsorbent 0.2 grams using a 25 mL volume solution in a batch system. The Cd(II) ion adsorption is followed by the Langmuir isotherm model and the pseudo-second-order kinetics model.

Keywords: *adsorption, alginate, cadmium, Polyvinyl Alcohol*

1 Pendahuluan

Pencemaran ion logam berat telah menjadi masalah lingkungan yang sebarannya diyakini makin luas dalam beberapa tahun terakhir dan

menjadi ancaman serius bagi kesehatan manusia serta kerusakan ekosistem. Hal tersebut disertai dengan semakin meningkatnya pertumbuhan industri secara global yang membuat pencemaran



ion logam berat semakin meluas seiring dengan masifnya cemaran dari pembuangan air limbah [1]. Kadmium (Cd) adalah salah satu polutan paling beracun dalam sistem akuatik [2]. Kadmium dapat terakumulasi dalam tubuh manusia melalui rantai makanan [3]. Kadmium banyak digunakan dalam industri cat, plastik, pewarna, baterai Ni-Cd, serta pupuk pertanian [4]. Paparan kadmium melalui konsumsi air minum, pernapasan, dan kontak dengan kulit dapat menyebabkan kerusakan pada paru-paru, ginjal, hati, dan organ reproduksi serta bahkan mengakibatkan kematian jika terakumulasi dalam jumlah yang berlebihan [5]. Oleh karena itu, penghilangan ion kadmium dari air limbah sangat penting untuk dilakukan.

Beberapa metode yang umumnya digunakan untuk menghilangkan ion logam berat dari air limbah antara lain koagulasi, presipitasi kimia, filtrasi membran, pertukaran ion, adsorpsi, osmosis balik dan flokulasi [6]. Sejumlah metode tersebut tidak ekonomis karena memerlukan biaya perawatan dan pengoperasian yang tinggi. Adsorpsi adalah salah satu metode yang paling banyak digunakan saat ini karena biaya yang murah, pengoperasian yang mudah, efisiensi yang tinggi, dan regenerasi yang mudah [7]. Beberapa adsorben yang dapat digunakan antara lain kitosan, selulosa, dan alginat. Kitosan merupakan bentuk derivatif deasetilasi dari kitin, selulosa merupakan polisakarida yang berfungsi sebagai komponen struktural utama dinding sel dari tanaman, sedangkan alginat merupakan polisakarida yang dapat diperoleh dari ganggang coklat. Alginat telah banyak dimanfaatkan sebagai adsorben yang dimodifikasi dan dirancang dalam berbagai bentuk seperti bubuk, butiran, membran, dan serat. Sylwia Kwiatkowska-Marks dan Marek Wojcik telah mempelajari adsorpsi ion Cd(II) menggunakan bulir kalsium alginate [4].

Pembuatan komposit alginat dapat dilakukan dalam upaya pembuatan berbagai adsorben ion-ion logam. Pada penelitian ini telah dibuat bulir komposit alginat dan polivinil alkohol yang digunakan sebagai adsorben ion Cd(II). Alginat merupakan suatu polimer alam yang banyak bersumber dari rumput laut coklat seperti *Sargassum sp.* dan *Turbinaria sp.* yang banyak ditemukan di perairan laut Indonesia. Alginat telah lama dimanfaatkan baik dalam bidang pangan maupun non pangan. Alginat merupakan polisakarida yang tersusun oleh dua jenis asam uronat. Unit monomer alginat terdiri dari asam guluronat (G) dan asam manuronat (M) yang tersusun dalam tiga jenis pengelompokan yaitu,

kelompok yang terdiri dari residu manuronat dan guluronat yang berselang-seling, kelompok asam guluronat, dan kelompok asam manuronat [8].

Polivinil alkohol (PVA) adalah polimer sintesis yang memiliki kelarutan yang cukup tinggi dalam air, stabilitas kimia dan mekanik yang tinggi, serta difusivitas tinggi [9]. PVA dihasilkan dari hidrolisis polivinil asetat. PVA dapat larut dalam air dengan mudah karena adanya gugus hidroksil dalam struktur kimianya [10]. PVA telah banyak digunakan sebagai adsorben logam berat yang efisien karena adanya gugus hidroksil yang reaktif [11]. Penambahan PVA memberikan nilai tambah dalam peningkatan kekuatan fisik serta ketahanan dalam lingkungan asam. PVA adalah polimer sintesis yang cocok untuk formulasi campuran dengan polimer alami [12].

Penelitian ini mempelajari pembuatan bulir adsorben komposit alginat-PVA serta karakterisasinya menggunakan spektrofotometer FTIR dan SEM-EDS. Penelitian juga telah mempelajari pengaruh sejumlah parameter terhadap kinerja adsorpsi dalam sistem *batch* yang meliputi pH, waktu kontak, dan massa adsorben serta studi kinetika adsorpsi dan isoterm adsorpsi.

2 Metode Penelitian

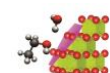
2.1 Alat dan bahan

Peralatan yang digunakan meliputi peralatan gelas laboratorium standar, plat pemanas, neraca analitik, pH meter, shaker, SEM EDS dan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS).

Bahan-bahan yang digunakan memiliki kriteria pro analisis (p.a) yang meliputi natrium alginat, polivinil alkohol (PVA), $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, asam asetat, NaOH, CaCl_2 dan H_3BO_3 .

2.2 Pembuatan Adsorben Komposit Kalsium Alginat-PVA

Larutan natrium alginat 6% (b/v) dibuat dengan melarutkan 3 gram serbuk natrium alginat dalam 50 mL air demineralisasi dan diaduk menggunakan pengaduk magnet sampai homogen. Larutan polivinil alkohol 2% (w/v) dibuat dengan melarutkan 1 gram serbuk polivinil alkohol dalam 50 mL *aqua dm* dan diaduk dengan menggunakan pengaduk magnet sampai homogen. Larutan natrium alginat 6% dan larutan polivinil alkohol 2% kemudian dicampur dan diaduk menggunakan pengaduk magnet selama 2 jam. Campuran tersebut kemudian dimasukkan ke dalam campuran larutan CaCl_2 2% dan asam borat 6% tetes demi tetes hingga terbentuk butiran kalsium alginat-PVA. Butiran kalsium alginat-



PVA tersebut kemudian direndam selama semalam, lalu dicuci dengan air demineralisasi. Butiran kalsium alginat-PVA tersebut kemudian dikeringkan dalam suhu ruang.

2.3 Karakterisasi Komposit Kalsium Alginat-PVA

Karakterisasi menggunakan spektroskopi *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat pada adsorben sebelum dan sesudah dikontakan dengan larutan ion Cd(II). Butiran kalsium alginat-PVA sebelum dan sesudah digunakan untuk proses adsorpsi masing-masing dicampurkan KBr dengan perbandingan 1:10 (w/w). Campuran kemudian digerus hingga homogen dan ditekan menggunakan alat pompa hidrolitik membentuk pellet yang transparan. Pellet diukur pada daerah bilangan gelombang 400-4000 cm^{-1} .

Karakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (SEM-EDS) dilakukan untuk mengidentifikasi morfologi permukaan dan komposisi unsur yang terdapat di dalam adsorben sebelum dan setelah digunakan untuk proses adsorpsi. Proses karakterisasi menggunakan SEM-EDS dilakukan dengan pembesaran 3000 \times dan 5000 \times pada tegangan 10 kV.

2.4 Adsorpsi ion Cd(II) dengan sistem batch.

Sebanyak 25 mL larutan Cd(II) 100 ppm dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer 100 mL. 0,1 g adsorben kemudian ditambahkan ke dalam labu. Campuran kemudian diaduk menggunakan *shaker*. Sejumlah parameter adsorpsi yang dipelajari antara lain pH, waktu kontak dan konsentrasi awal ion Cd(II). Adsorben kemudian dipisahkan dari larutan ion Cd(II), kemudian konsentrasi ion Cd(II) yang tersisa dalam filtrat ditentukan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

Jumlah ion logam Cd(II) yang teradsorpsi oleh adsorben ditentukan dengan Pers. 1.

$$q = \frac{(C_i - C_e)}{m} \times V \quad (\text{Persamaan 1})$$

dengan q = jumlah ion Cd^{2+} yang teradsorpsi oleh adsorben (mg/g); C_i = konsentrasi awal ion Cd^{2+} dalam larutan (mg/L); C_e = konsentrasi ion Cd^{2+} dalam larutan setelah setimbang (mg/L); V = volume larutan ion Cd^{2+} (L); dan m = massa adsorben (g).

Kemudian nilai persen adsorpsi ditentukan oleh Pers. 2.

$$\% \text{ adsorpsi} = \frac{(C_i - C_e)}{C_i} \times 100 \quad (\text{Persamaan 2})$$

Model kinetika adsorpsi yang digunakan pada penelitian ini adalah model kinetika adsorpsi orde satu semu dan model kinetika adsorpsi orde dua semu.

Persamaan linier model kinetika adsorpsi orde satu semu dinyatakan dalam Pers. 3,

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1}{2,303} t \quad (\text{Persamaan 3})$$

Sedangkan untuk persamaan linier model kinetika adsorpsi orde dua semu dinyatakan dalam Pers. 4.

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (\text{Persamaan 4})$$

dengan q_e = jumlah ion Cd^{2+} yang diadsorpsi saat kesetimbangan (mg/g); q_t = jumlah ion Cd^{2+} yang diadsorpsi pada waktu tertentu (mg/g); k_1 = konstanta kinetika adsorpsi orde satu semu; k_2 = konstanta kinetika adsorpsi orde dua semu; t = waktu kontak (menit)

Interaksi antara adsorben dan adsorbat pada kesetimbangan dianalisis menggunakan model isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich. Model isoterm adsorpsi Langmuir dalam bentuk linier dapat dinyatakan dalam Pers. 5.

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{C_e}{q_m} + \frac{1}{q_m K_L} \quad (\text{Persamaan 5})$$

dengan q_e = jumlah ion Cd^{2+} yang teradsorpsi per gram adsorben pada kesetimbangan (mg/g); q_m = kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g); K_L = konstanta isoterm Langmuir (mg/L); C_e = konsentrasi ion Cd^{2+} dalam larutan setelah setimbang (mg/L)

Sedangkan isoterm Freundlich dalam bentuk persamaan linier seperti diperlihatkan dalam Pers. 6,

$$\log q_e = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e \quad (\text{Persamaan 6})$$

dengan q_e = jumlah ion Cd^{2+} yang teradsorpsi per gram adsorben pada kesetimbangan (mg/g); K_F = konstanta isoterm Freundlich (mg/g); C_e = konsentrasi ion Cd^{2+} dalam larutan setelah setimbang (mg/L); n = intensitas adsorpsi.

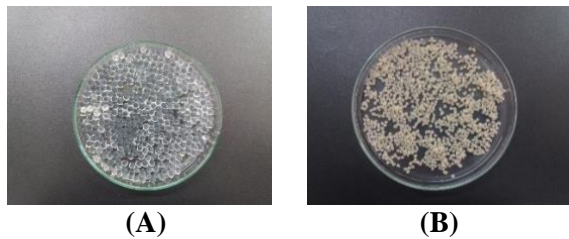
3 Hasil dan Diskusi

3.1 Bulir Komposit Kalsium Alginat-PVA

Pada pembuatan bulir komposit Alginat-PVA, asam borat merupakan pengikat silang pada PVA sedangkan larutan CaCl_2 merupakan sumber



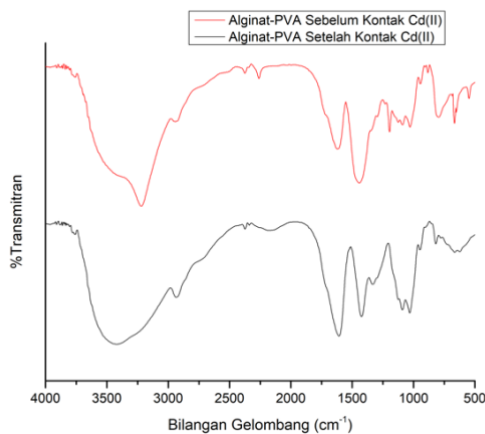
ion Ca^{2+} yang merupakan pengikat silang alginat [4]. **Gambar 1** menunjukkan butiran komposit kalsium alginat-PVA. Bulir basah berwujud butiran transparan yang memiliki kisaran diameter 3-4 mm, sedangkan bulir kering berwarna putih kekuningan yang memiliki diameter berkisar 1 mm. Kekuatan fisik bulir alginat dipengaruhi oleh waktu pematangan saat direndam dalam larutan CaCl_2 /asam borat. Hilangnya air yang terhubung dengan ikatan hidrogen maupun interaksi dipol-dipol dengan rantai polimer alginat serta pva secara perlahan disertai mengecilnya ukuran butiran komposit.



Gambar 1 Bulir komposit kalsium alginat-PVA basah (A) dan kalsium alginat-PVA kering (B)

3.2 Karakterisasi dengan FTIR

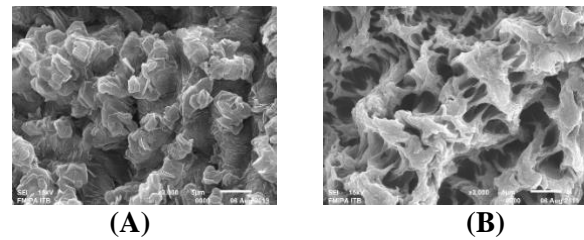
Spektrum IR bulir adsorben sebelum dan sesudah mengadsorpsi ion Cd(II) ditampilkan pada **Gambar 2**. Spektrum FTIR menunjukkan sejumlah pergeseran bilangan gelombang yang teramati pada pita serapan khas gugus fungsi O-H (hidroksil) yakni sebelum adsorpsi berada pada $3217,27 \text{ cm}^{-1}$ menjadi $3427,51 \text{ cm}^{-1}$ setelah adsorpsi, kemudian gugus fungsi C=O sebelum adsorpsi $1614,44 \text{ cm}^{-1}$ menjadi $1606,70 \text{ cm}^{-1}$. Pergeseran gugus fungsi ini terjadi karena adanya interaksi ion-dipol antara ion Cd(II) dengan sejumlah atom donor pada bulir adsorben, seperti pada gugus hidroksil maupun karboksil.



Gambar 2 Spektrum Inframerah adsorben komposit kalsium alginat-PVA

3.3 Karakterisasi dengan SEM-EDS

Karakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) berguna untuk mengetahui morfologi permukaan adsorben. Pada penelitian dilakukan karakterisasi SEM dengan perbesaran $3000\times$ pada adsorben sebelum digunakan untuk adsorpsi dan adsorben yang telah digunakan untuk proses adsorpsi. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3 Citra SEM adsorben sebelum kontak (A) dan setelah kontak (B)

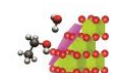
Berdasarkan **Gambar 3** terlihat bahwa morfologi permukaan adsorben sebelum digunakan untuk proses adsorpsi lebih halus, sedangkan morfologi permukaan adsorben setelah digunakan untuk proses adsorpsi menjadi lebih banyak berongga dan retakan yang tidak teratur. Hal ini terjadi karena polimer berbasis gugus-gugus hidrofil yang berinteraksi dengan baik terhadap lingkungan berair, sehingga mengubah struktur fisiknya setelah adsorpsi.

Analisis EDS dilakukan untuk mengetahui komponen yang terdapat pada permukaan adsorben. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Hasil analisis EDS adsorben kalsium alginat-PVA

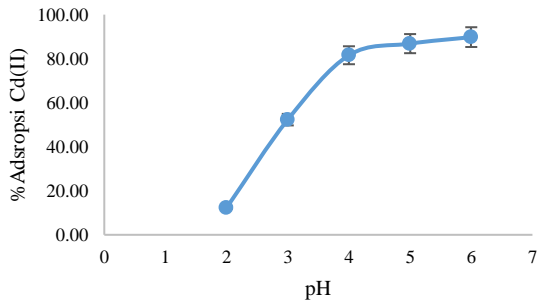
Unsur	% massa	
	Sebelum kontak	Setelah kontak
C	22,09	38,34
O	72,35	51,66
Na	3,31	8,36
Cl	1,18	0
Ca	1,07	0
Cd	0	1,64

Berdasarkan **Tabel 1** terlihat bahwa kadmium tidak terdeteksi pada permukaan adsorben sebelum digunakan untuk adsorpsi. Sedangkan setelah proses adsorpsi, kadmium terdeteksi di permukaan adsorben dengan kandungan 1,64%.



3.4 Penentuan pH Optimum Adsorpsi

pH larutan merupakan parameter penting dalam proses adsorpsi. Perubahan nilai pH larutan akan berpengaruh terhadap muatan pada permukaan adsorben. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada **Gambar 4**.

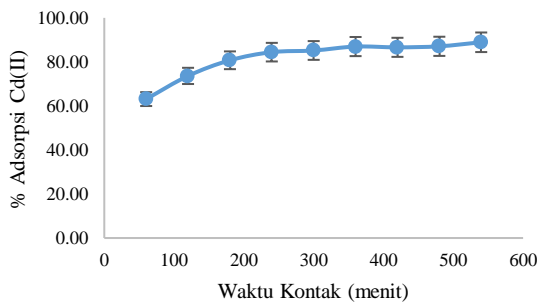


Gambar 4 Pengaruh pH terhadap adsorpsi ion Cd(II)

Berdasarkan **Gambar 4** terlihat bahwa pada pH 2-4 terjadi peningkatan nilai %adsorpsi ion Cd(II) yang cukup signifikan. Hal ini dikarenakan pada pH rendah, jumlah ion H^+ dalam larutan cukup besar, sehingga akan terjadi kompetisi antara ion H^+ dengan ion logam untuk berikatan dengan gugus $-COO^-$ pada adsorben yang merupakan sisi aktif pada permukaan adsorben. Kemudian seiring dengan meningkatnya pH, jumlah ion H^+ berkurang, sehingga jumlah ion Cd(II) yang berikatan dengan gugus $-COO^-$ pada adsorben meningkat dan %adsorpsi ion Cd(II) meningkat. Pada pH 4-6, %adsorpsi tidak mengalami peningkatan yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa pada pH 4 adsorben sudah mulai jenuh karena semua sisi aktifnya sudah berikatan dengan ion Cd(II), dan hal ini serupa dengan hasil pada penelitian Kwiatkowska-Marks [4].

3.5 Penentuan Waktu Adsorpsi

Hasil dari penentuan waktu kontak dapat dilihat pada **Gambar 5**.

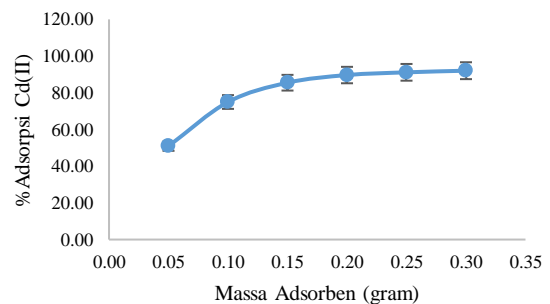


Gambar 5 Pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi ion Cd(II)

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak maka persentase adsorpsi juga semakin meningkat. Pada waktu 240 menit, %adsorpsi cenderung mulai stabil karena permukaan adsorben telah jenuh, sehingga terjadi gaya tolak-menolak antara ion Cd(II) yang terikat pada adsorben dengan ion Cd(II) yang ada dalam larutan.

3.6 Penentuan Massa Optimum Adsorben

Penentuan massa optimum adsorben digunakan untuk mengetahui dosis adsorben yang tepat pada proses adsorpsi. Dosis adsorben merupakan parameter penting karena menentukan kapasitas adsorben untuk konsentrasi awal adsorbat yang diberikan. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada **Gambar 6**.



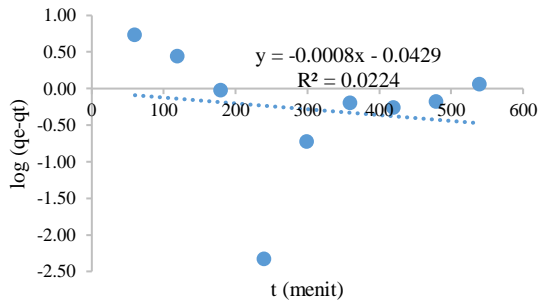
Gambar 6 Pengaruh massa adsorben terhadap adsorpsi ion Cd(II)

Hasil menunjukkan bahwa ketika massa adsorben meningkat, persentase adsorpsi meningkat. Hal ini dikarenakan semakin banyak adsorben yang digunakan maka banyaknya sisi aktif adsorben untuk menyerap ion Cd(II) juga semakin meningkat. Pada massa adsorben lebih besar dari 0,20 g, nilai persen serapan ion Cd(II) cenderung konstan karena seluruh sisi aktif adsorben telah terisi sehingga penambahan massa adsorben tidak lagi meningkatkan persen serapan ion Cd(II).

3.7 Studi Kinetika Adsorpsi Ion Cd(II)

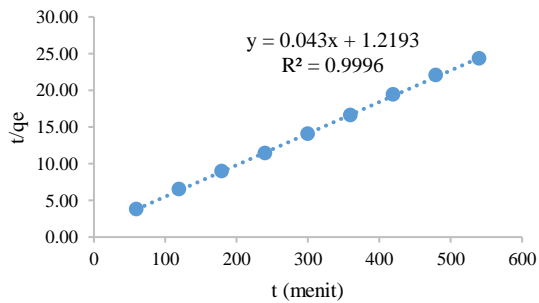
Pada penelitian ini digunakan dua pendekatan model kinetika adsorpsi, yaitu model kinetika adsorpsi orde satu semu dan model kinetika adsorpsi orde dua semu. Kurva linier model kinetika adsorpsi orde satu semu diperoleh dengan mengalirkan nilai $\log(q_e - q_t)$ terhadap nilai t seperti yang terlihat pada **Gambar 7**.





Gambar 7 Kurva kinetika adsorpsi orde satu semu

Sedangkan kurva kinetika adsorpsi orde dua semu diperoleh dengan mengalurkan nilai t/q_t terhadap nilai t seperti yang terlihat pada Gambar 8. Berdasarkan perbandingan nilai R^2 dua model kinetika adsorpsi tersebut, dapat disimpulkan bahwa proses adsorpsi ion Cd(II) menggunakan bulir komposit alginat-PVA mengikuti model kinetika adsorpsi orde dua semu. Selain itu nilai q eksperimen juga mendekati nilai q dari pemodelan kinetika orde dua semu, selengkapnya ditampilkan pada Tabel 2.



Gambar 8 Kurva kinetika adsorpsi orde dua semu

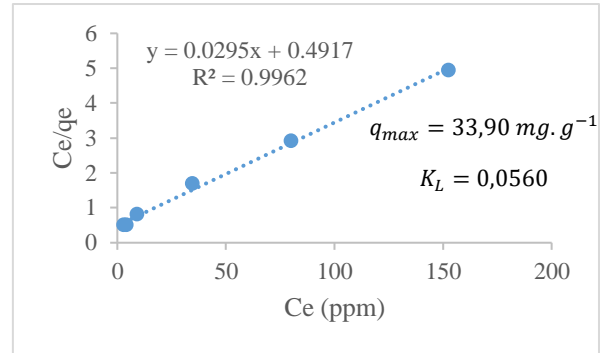
Tabel 2 Parameter kinetika adsorpsi orde satu semu dan orde dua semu

Orde satu semu			Eksperimen
q_e ($mg \cdot g^{-1}$)	k_1 (min^{-1})	R^2	q_e ($mg \cdot g^{-1}$)
0,9059	$1,8424 \times 10^{-3}$	0,0224	21,11
Orde dua semu			Eksperimen
q_e ($mg \cdot g^{-1}$)	q_e ($mg \cdot g^{-1}$)	R^2	q_e ($mg \cdot g^{-1}$)
23,2558	21,11	0,9996	21,11

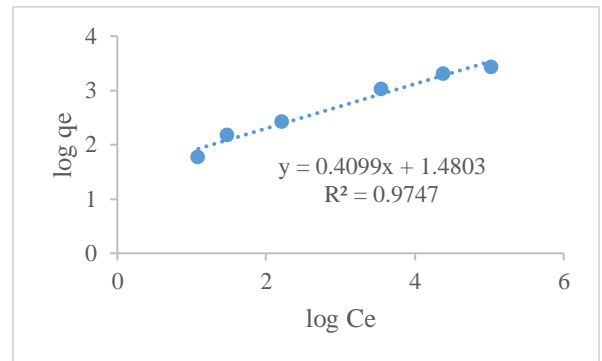
3.8 Studi Isoterm Adsorpsi Ion Cd(II)

Studi isoterm adsorpsi digunakan untuk mempelajari interaksi yang terjadi antara adsorbat dan adsorben serta untuk memprediksi proses adsorpsi yang terjadi. Untuk mengetahui model

isoterm adsorpsi yang diikuti oleh adsorpsi ion Cd(II) menggunakan bulir kalsium alginat-PVA, digunakan dua model isoterm adsorpsi, yaitu model isoterm adsorpsi Langmuir dan model isoterm adsorpsi Freundlich. Kurva linier model isoterm adsorpsi Langmuir diperoleh dengan mengalurkan nilai C_e/q_e terhadap C_e seperti terlihat pada Gambar 9. Sedangkan kurva isoterm adsorpsi Freundlich diperoleh dengan mengalurkan nilai $\ln q_e$ terhadap $\ln C_e$ seperti terlihat pada Gambar 10.

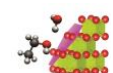


Gambar 9 Kurva isoterm adsorpsi Langmuir



Gambar 10 Kurva isoterm adsorpsi Freundlich

Berdasarkan Gambar 9 dan Gambar 10 diperoleh bahwa nilai R^2 pada isoterm Langmuir lebih besar daripada nilai R^2 pada isoterm Freundlich. Hal ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi ion Cd(II) menggunakan komposit kalsium alginat-PVA mengikuti model isoterm adsorpsi Langmuir dengan kapasitas maksimum adsorpsi $33,90 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$. Model isoterm adsorpsi Langmuir mengasumsikan bahwa hanya ada satu jenis situs adsorpsi, semua situs permukaan memiliki aktivitas yang sama dan bahwa kesetimbangan adsorpsi tercapai dengan pembentukan satu lapisan tunggal serta menunjukkan bahwa proses adsorpsi ion Cd(II) menggunakan adsorben kalsium alginat-PVA terjadi pada situs pengikatan di permukaan adsorben.



4 Kesimpulan

Pada penelitian ini telah berhasil disintesis adsorben komposit kalsium alginat-PVA yang dibuktikan dengan hasil karakterisasi menggunakan FTIR dan SEM-EDS. Komposit kalsium alginat-PVA ini digunakan sebagai adsorben ion Cd(II). Pada penentuan kondisi optimum adsorpsi diperoleh pada pH larutan 4, waktu kontak 4 jam, dan massa adsorben 0,2 g. Proses adsorpsi ion Cd(II) oleh komposit kalsium alginat-PVA mengikuti model isoterm Langmuir dengan kapasitas maksimum adsorpsi 33,90 mg.g⁻¹. Hasil studi kinetika adsorpsi menunjukkan bahwa proses adsorpsi mengikuti model kinetika adsorpsi orde dua semu.

Daftar Pustaka

- [1]. Zhang X, Dou Y, Gao C, He C, Gao J, Zhao S, et al. 2019. Removal Of Cd(II) By Modified Maifanite Coated With Mg-Layered Double Hydroxides In Constructed Rapid Infiltration Systems. *Sci Total Environ*, 685:951–62. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.228>
- [2]. Tu Y-J, You C-F, Chang C-K. 2012. Kinetics And Thermodynamics Of Adsorption For Cd On Green Manufactured Nano-Particles. *J Hazard Mater*, 235–236:116–22. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.07.030>
- [3]. Wang H, Jia Y, Wang S, Zhu H, Wu X. 2009. Bioavailability Of Cadmium Adsorbed On Various Oxides Minerals To Wetland Plant Species Phragmites Australis. *J Hazard Mater*, 167(1–3):641–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.01.012>
- [4]. Kwiatkowska-Marks S, Wójcik M. 2014. Removal Of Cadmium(II) From Aqueous Solutions By Calcium Alginate Beads. *Sep Sci Technol*, 49(14):2204–11. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/01496395.2014.912223>
- [5]. Huang Y, Keller AA. 2015. EDTA Functionalized Magnetic Nanoparticle Sorbents For Cadmium And Lead Contaminated Water Treatment. *Water Res*, 80:159–68. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2015.05.011>
- [6]. Shang Z, Zhang L, Zhao X, Liu S, Li D. 2019. Removal Of Pb(II), Cd(II) And Hg(II) From Aqueous Solution By Mercapto-Modified Coal Gangue. *J Environ Manage*, 231:391–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.072>
- [7]. Visa M, Chelaru A-M. 2014. Hydrothermally Modified Fly Ash For Heavy Metals And Dyes Removal In Advanced Wastewater Treatment. *Appl Surf Sci*, 303:14–22. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsusc.2014.02.025>
- [8]. Subaryono. 2010. Modifikasi Alginat Dan Pemanfaatan Produknya. *Squalen* 5:1–7.
- [9]. Lee TC, Aizat Ahmad AN, Mohd Pu'ad NAS, Manap N, Abdullah HZ, Idris MI. 2018. Adsorption Efficiency Of Polyvinyl Alcohol -Alginate Beads On Cr (VI): Effect Of PH And Temperature. *Int J Integr Eng* 10:43–7.
- [10]. Kadajji VG, Betageri G V. 2011. Water Soluble Polymers For Pharmaceutical Applications. *Polymers (Basel)*, 3(4):1972–2009. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/polym3041972>
- [11]. Sun X, Yang L, Li Q, Liu Z, Dong T, Liu H. 2015. Polyethylenimine-Functionalized Poly(Vinyl Alcohol) Magnetic Microspheres As A Novel Adsorbent For Rapid Removal Of Cr(VI) From Aqueous Solution. *Chem Eng J*, 62:101–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2014.09.045>
- [12]. Majidnia Z, Fulazzaky MA. 2017. Photocatalytic Reduction Of Cs(I) Ions Removed By Combined Maghemite-Titania PVA-Alginate Beads From Aqueous Solution. *J Environ Manage*, 191:219–27. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.01.019>

