

## ADSORBSI ION $Cd^{2+}$ DENGAN KOMBINASI ADSORBEN CANGKANG TELUR-TONGKOL JAGUNG TERAKTIVASI MENGGUNAKAN METODE BATCH

Ulfa Fauzizah<sup>1\*</sup>, Budi Utami<sup>2</sup>, dan Mohammad Masykuri<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Program Studi Pendidikan Kimia, FKIP, Universitas Sebelas Maret

<sup>2</sup>Program Studi Pendidikan IPA, FKIP, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami No.36, Ketingan, Kec. Jebres, Kota Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia 57126

\* Untuk korespondensi: Tel/Fax (082227982814), e-mail penulis\*: ulfafauzizah@gmail.com  
e-mail penulis 2: budiutami@staff.uns.ac.id e-mail penulis 3: mmasykuri@yahoo.com

### ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui: (1) komposisi massa adsorben kulit cangkang telur kombinasi tongkol jagung; (2) pengaruh konsentrasi awal ion logam Cd (II) dalam adsorpsi cangkang telur kombinasi tongkol jagung; (3) pengaruh variasi waktu kontak dalam penyerapan ion logam Cadmium(II) menggunakan adsorben cangkang telur kombinasi tongkol jagung yang teraktivasi HCl dapat mengadsorpsi ion Cd(II); (4) Pola isoterm adsorpsi ion logam Cadmium (II) menggunakan adsorben cangkang telur kombinasi tongkol jagung.

Penelitian ini menggunakan eksperimen di laboratorium. Sampel penelitian ini adalah serbuk dari limbah cangkang telur dan limbah tongkol jagung sebagai adsorben untuk mengadsorpsi ion logam Cd(II). Kedua adsorben tersebut diaktivasi menggunakan larutan HCl 0,1 M kemudian dikontakkan dengan 10 ml larutan artifisial ion Cd(II). Karakterisasi adsorben sebelum dan setelah diaktivasi dilakukan dengan uji FTIR (*Fourier Transform Infra Red*). Analisis kadar Cd(II) dalam larutan hasil adsorpsi dilakukan dengan uji AAS (*Atomic Adsorption Spectrophotometry*).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa: (1) Komposisi adsorben kulit cangkang telur kombinasi tongkol jagung paling baik untuk mengadsorpsi Cd(II) adalah pada rasio 2 : 1 dalam 10mL dengan massa optimum adsorben yaitu 0,25 gram. (2) Pengaruh konsentrasi awal adsorbat ion logam Cd(II) yang mampu diserap oleh adsorben cangkang telur kombinasi tongkol jagung yaitu semakin besar nilai konsentrasi maka kapasitas adsorpsinya semakin meningkat. (3) Pengaruh variasi waktu kontak adsorben cangkang telur kombinasi tongkol jagung terhadap penyerapan ion logam Cd(II) yaitu semakin lama waktu kontak adsorben maka efisiensi penyerapan semakin meningkat. (4) Pola isoterm adsorpsi yang paling sesuai adalah menggunakan model Temkin daripada model Langmuir, Freundlich, dan Dubinin-Radushkevich.

**Kata Kunci:** Adsorpsi, cangkang telur, tongkol jagung, Ion  $Cd^{2+}$ , pola isoterm

### ABSTRACT

This research aims to know: (1) the optimum mass ratio of the combination adsorbent from egg shells powder and maize cob; (2) effect of the initial concentration of Cadmium(II) in adsorption using eggshells and maize cob powder adsorbent (3) effect of contact time of the combinations egg shells powder and maize cob adsorbents in adsorbing Cadmium(II); (4) Isotherm adsorption pattern of Cadmium(II) in adsorption using eggshells powder and maize cob adsorbents.

This study used an experimental method in the laboratory. The sample of this study were powder from egg shells waste and maize cobs biomass as adsorbent in adsorption Cadmium(II). Both of adsorbent were activated using 0,1 M HCl solutions then contacted with 10 mL artificially

ionic Cd(II) solution. The characterization of adsorbent before and after activation using FTIR (Fourier Transform Infra Red). Analysis of Cd(II) which contained in solution after process of adsorption using Atomic Adsorption Spectrophotometry (AAS).

The results showed: (1) The optimum ratio combination adsorbent of egg shells and maize cobs powder to adsorb Cd(II) was 2 : 1 with the optimum mass of adsorbent was 0,25 gram. (2) Effect of concentration of the combinations egg shells powder and maize cob adsorbent in adsorbing Cadmium(II), namely the larger of concentration, the adsorption capacity increases. (3) Effect of contact time of the combinations egg shells powder and maize cob adsorbent in adsorbing Cadmium(II), namely the longer the time of contacted adsorbent, the adsorption efficiency increases. (4) Isoterm analysis on this adsorption is more effective using the Temkin model than the Langmuir, Freundlich, and Dubinin-Radushkevich models.

**Keywords:** *adsorption, eggshells powder, maize cobs biomass, Cd (II), Isoterm analysis*

## PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok bagi makhluk hidup. Ketersediaan air bersih dapat menjadi salah satu faktor penentu kesehatan dan kesejahteraan masyarakat. Namun demikian, saat ini air bersih cukup sulit diperoleh karena sumber air mulai tercemar akibat berbagai aktivitas manusia dan kegiatan industri [1].

Pada proses pembuatan batik melibatkan bahan kimia yang mengandung unsur logam berat. Logam berat yang ditemukan salah satunya adalah kadmium. Ion kadmium merupakan ion logam berat yang berpotensi sebagai polutan bagi lingkungan terutama pada perairan sehingga perlu diupayakan untuk mengurangi kadarnya. Adanya ion logam ini dalam perairan dapat menimbulkan dampak yang berbahaya baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap kehidupan organisme dan kesehatan manusia. Ion Cd(II) menyebabkan keracunan kronik pada manusia karena dapat menyerang sistem syaraf, pembuluh darah, dan dalam tubuh dapat terakumulasi khususnya dalam hati dan ginjal, menyebabkan kekurangan darah, kerapuhan tulang, mempengaruhi reproduksi dan organ- organnya selain itu juga logam

kadmium diduga merupakan salah satu penyebab dari timbulnya kanker pada manusia [2]. Sumber alami dari ion Cd(II) dapat berasal dari gunung berapi sedangkan sumber keberadaan ion Cd(II) lainnya berasal dari aktivitas industri. Akibat dari sifat toksisitas logam ini maka kadarnya dalam perairan juga harus sangat kecil. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001 mengenai Kualitas Air untuk kadar logam Cd dalam perairan adalah 0,03 ppm.

Salah satu cara pengelolaan air yaitu dengan metode adsorpsi yang merupakan metode untuk menghilangkan polutan organik. Dalam beberapa tahun terakhir, banyak penelitian telah berfokus pada proses adsorpsi karena dinilai lebih efektif, preparasi mudah dan pembiayaan yang relatif murah dibanding metode lainnya [3]. Metode adsorpsi umumnya berdasarkan interaksi logam dengan gugus fungsional yang ada pada permukaan adsorben melalui interaksi pembentukan kompleks. Adsorpsi ini biasanya terjadi pada permukaan padatan yang kaya akan gugus fungsional seperti : -OH, -NH, -SH dan -COOH [4]. Beberapa material yang dapat dipertimbangkan

sebagai adsorben adalah cangkang telur dan tongkol jagung.

Limbah cangkang telur selama ini hanya dianggap sebagai sampah, dan belum banyak diolah secara maksimal, cangkang telur hanya dimanfaatkan sebagai akan unggas, pupuk organik, dan baru beberapa industri kecil yang memanfaatkan limbah cangkang telur sebagai bahan baku kerajinan tangan. Cangkang telur memiliki kadar kalsium yang cukup tinggi sehingga memiliki potensi untuk menjadi penyerap atau sorben. Selain itu cangkang telur memiliki struktur berpori dan me-ngandung asam protein mukopoli-sakarida yang dapat dikembangkan menjadi suatu adsorben. Gugus penting dalam asam protein mukopolisakarida adalah karboksil, amina, dan sulfat yang dapat mengikat ion logam membentuk suatu ikatan ionik [5].

Masyarakat selama ini hanya memanfaatkan limbah tongkol jagung sebagai pakan ternak bahkan tidak sedikit juga yang membuangnya tanpa pengolahan lebih lanjut. Salah satu upaya yang dilakukan untuk memanfaatkan limbah pertanian tersebut serta meningkatkan nilai ekonominya ialah diolah menjadi biomassa yang selanjutnya diaplikasikan sebagai adsorben. Tongkol jagung ini memiliki kandungan senyawa karbon yang cukup tinggi, yaitu selulosa (41%) dan hemiselulosa (36%) yang cukup tinggi yang mengindikasikan bahwa tongkol jagung berpotensi sebagai bahan pembuat arang aktif [6].

Asam klorida (HCl) sebagai zat aktivator kimia bersifat higroskopis yang dapat mengurangi kadar air pada adsorben yang dihasilkan. Dibandingkan dengan aktivator lainnya seperti  $H_2SO_4$  dan  $HNO_3$ , adsorben yang diaktivasi HCl memiliki daya jerap iod yang lebih baik karena HCl lebih dapat melarutkan pengotor sehingga pori-pori lebih banyak terbentuk dan proses penyerapan adsorbat menjadi lebih maksimal. Sedangkan pada  $H_2SO_4$  dan  $HNO_3$  daya jerap iodnya lebih kecil karena rusaknya dinding struktur dari adsorben sehingga daya adsorpsi semakin kecil [7].

Adsorben cangkang telur kombinasi tongkol jagung perlu dikombinasikan karena keduanya merupakan limbah yang memiliki nilai ekonomis sebagai adsorben. Adsorben cangkang telur merupakan adsorben anorganik yang memiliki daya termal baik, mudah untuk dimodifikasi, dan tidak mudah rapuh, sedangkan adsorben tongkol jagung merupakan adsorben organik yang memiliki kemampuan adsorpsi yang baik dan lebih ekonomis [8]. Kombinasi ini diharapkan agar dapat melengkapi kelemahan masing-masing adsorben sehingga interaksi adsorbat dengan adsorben semakin kuat.

Penelitian ini menggunakan metode batch, yaitu metode dimana memasukan larutan dengan komponen yang diinginkan ke dalam wadah berisi adsorben, selanjutnya diaduk dalam waktu tertentu. Kemudian dipisahkan dengan cara penyaringan atau dekantasi [9]. Kelebihan dari metode batch adalah membutuhkan sedikit adsorben, baik apabila diterapkan pada skala besar, interaksi antara adsorben dengan adsorbat

sangat intens dan kuat sehingga proses adsorpsi baik serta sederhana [10].

Berdasarkan dari latar belakang tersebut, maka dilakukan penelitian tentang pemanfaatan dari cangkang telur kombinasi tongkol jagung sebagai adsorben dengan menggunakan aktivator asam klorida (HCl) untuk meminimalisasi kandungan ion logam berat Cd(II).

## METODE

Bahan pembuatan adsorben yaitu limbah cangkang telur diperoleh dari rumah makan di sekitar kampus UNS dan limbah tongkol jagung berasal dari Kecamatan Gondangrejo, Jawa Tengah. Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah HCl p.a (E. Merck),  $\text{HNO}_3$  (E. Merck),  $\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  (E. Merck), dan akuades yang diperoleh dari Laboratorium Terpadu UNS. Peralatan yang digunakan dalam pembuatan adsorben dan proses adsorpsi adalah alat-alat gelas, mortar dan alu, blender, ayakan 100 mesh, loyang, oven, dan kertas whattman no.42.

Metode penelitian ini terdiri dari beberapa tahap. Tahap pertama yaitu tahap pembuatan adsorben cangkang telur yang diawali dengan mencuci hingga bersih limbah cangkang telur menggunakan akuades dan dikeringkan dibawah sinar matahari. Cangkang telur yang telah kering ini lalu dihaluskan dengan cara ditumbuk menggunakan alu dan mortar kemudian diayak dengan ayakan berukuran 100 mesh. Serbuk cangkang telur yang berukuran 100 mesh tersebut kemudian dikeringkan pada

suhu  $110^\circ\text{C}$  selama 1 jam dan didinginkan dalam eksikator [11]. Selanjutnya serbuk cangkang telur ini direndam dengan HCl 0,1 M selama 3 jam dan dihomogenkan dengan stirer. Serbuk cangkang telur yang telah direndam ini kemudian disaring dengan kertas saring dan dicuci dengan akuades hingga pH-nya netral. Langkah terakhir adalah mengoven adsorben yang telah teraktivasi pada suhu  $100^\circ\text{C}$  selama 180 menit [12].

Tahap selanjutnya adalah pembuatan tongkol jagung yang diawali dengan Perlakuan awal terhadap sampel tongkol jagung ini sama seperti perlakuan awal pada pembuatan adsorben dari cangkang telur yakni sampel dicuci hingga bersih menggunakan akuades dan dikeringkan dibawah sinar matahari. Tongkol Jagung kemudian dihaluskan dengan mesin penggiling dan diayak dengan ayakan 100 mesh. Serbuk tongkol jagung yang berukuran 100 mesh tersebut kemudian direndam dengan larutan HCl 0,1 M selama 3 jam, kemudian disaring dengan kertas saring dan dicuci dengan akuades hingga pH-nya netral. Langkah terakhir adalah mengoven adsorben yang telah teraktivasi pada suhu  $60^\circ\text{C}$  selama 24 jam [13].

## ***Penentuan Komposisi Optimum***

Ion logam Cd(II) dengan konsentrasi 2 ppm sebanyak 10 mL dimasukkan ke dalam botol vial kemudian adsorben cangkang telur kombinasi tongkol jagung ditimbang seberat 0,15 gram dengan perbandingan masing-masing 0:1; 1:1; 1:2; 2:1; dan 1:0. Selanjutnya memasukkan adsorben yang

akan digunakan ke dalam botol vial kemudian diaduk selama 60 menit dengan menggunakan shaker. Terakhir, mendinginkan selama 30 menit kemudian menyaring larutan dan mengukur adsorpsinya dengan AAS pada 228,8 nm.

#### ***Penentuan Massa Optimum***

Larutan sampel Cd(II) dengan konsentrasi 2 ppm sebanyak 10 ml dimasukkan ke dalam botol vial kemudian menimbang 0,15; 0,1; 0,25; 0,3; dan 0,35 gram dengan perbandingan komposisi optimum yang telah didapatkan [14]. Selanjutnya, memasukkan adsorben ke dalam botol dan diaduk selama 60 menit dengan menggunakan shaker. Terakhir, mendinginkan selama 30 menit kemudian menyaring larutan dan mengukur adsorpsinya dengan AAS pada 228,8 nm.

#### ***Pengaruh Konsentrasi larutan Cd(II)***

Mengambil 10 ml larutan Cd(II) pada konsentrasi 1; 1,5; 2; 2,5; dan 3 ppm dalam botol vial kemudian menimbang massa optimum adsorben cangkang telur dan tongkol jagung dengan perbandingan dan massa optimum. Setelahnya, memasukkan adsorben tersebut ke dalam botol dan diaduk selama 30 menit dengan shaker. Terakhir, mendinginkan selama 60 menit kemudian menyaring larutan dan mengukur adsorpsinya dengan AAS pada 228,8 nm.

#### ***Pengaruh Waktu Kontak***

Pertama-tama, memasukkan ion Cd(II) 2 ppm ke dalam erlenmeyer sebesar 50 ml. kemudian memasukkan adsorben ke

dalam larutan dengan komposisi dan massa optimum yang telah diketahui. Larutan kemudian distirer dengan menggunakan hotplate selama 30 ; 60 ; 90 ; 120 ; dan 150 menit dengan kecepatan 100 rpm. Selanjutnya, mengambil larutan sebesar 3 ml menggunakan suntikan kemudian menyaring larutan dan mengukur adsorpsinya dengan AAS 228,8 nm.

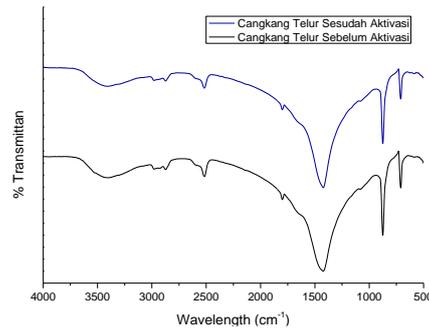
### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **1. Analisis Spektra FTIR**

Spektra hasil karakterisasi FTIR pada adsorben cangkang telur kombinasi tongkol jagung sebelum dan sesudah aktivasi dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2. Dengan adanya aktivasi yang dapat menurunkan bilangan gelombang yang ada sehingga menyebabkan energi semakin besar. Bilangan gelombang menunjukkan serapan vibrasi dari sebuah gugus fungsi, yang hubungannya berbanding terbalik dengan massa atau kuantitas atom yang bervibrasi. Saat terjadi penurunan bilangan gelombang maka hal ini menunjukkan serapan vibrasi dari gugus tersebut berkurang. Artinya, massa atau kuantitas dari gugus tersebut semakin banyak [15].

Berdasarkan hasil FTIR pada Tabel 1. dapat diketahui berbagai gugus fungsi yang terkandung dalam cangkang telur sebelum dan sesudah aktivasi adalah gugus Amina,  $\text{CO}_3^{2-}$ , -OH stretching, -CH, Vibrasi bengkok kalsium karbonat dan -CO karbonil. Akan tetapi terdapat pergeseran bilangan gelombang pada gugus-gugus antara sebelum dan sesudah aktivasi. Gugus fungsi Amina (regang -NH) ditunjukkan pada

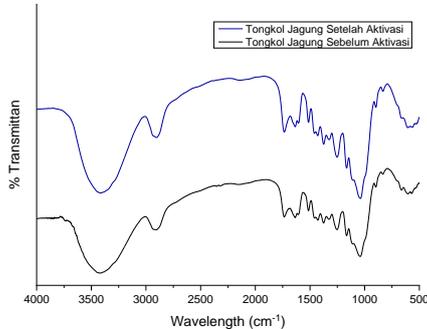
bilangan gelombang  $3400,65 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya amina pada cangkang telur, hal ini sesuai bahwa cangkang telur mengandung protein yang memiliki gugus amina. Ini menunjukkan bahwa cangkang telur pun tersusun atas zat organik, yakni membran cangkang telur. Membran cangkang telur ini tersusun dari sejumlah material organik diantaranya kolagen, asam hianulorik, asam amino, dan polipeptida. Kemudian pada bilangan gelombang 2979 menunjukkan adanya vibrasi ulur gugus fungsi alkil  $-\text{CH}$ . Gugus  $-\text{OH}$  stretching ditunjukkan pada panjang gelombang  $2517,21 \text{ cm}^{-1}$ . Untuk gugus fungsi amina,  $-\text{OH}$  stretching,  $-\text{CH}$  dan  $\text{CO}$  karbonil tidak mengalami perubahan, dikarenakan serapan bilangan gelombang yang tetap antara sebelum dan sesudah aktivasi. Kemudian muncul puncak mineral karbonat  $\text{CO}_3^{2-}$  yang mengalami penurunan bilangan gelombang yaitu dari  $1423,53 \text{ cm}^{-1}$  menjadi  $1422,56 \text{ cm}^{-1}$ . Hal ini menunjukkan terjadi peningkatan massa atau kuantitas gugus fungsi  $\text{CO}_3^{2-}$ . Kemunculan puncak serapan dari  $\text{CO}_3^{2-}$  mengindikasikan adanya kandungan kalsium karbonat  $\text{CaCO}_3$  dalam cangkang telur ayam ras. Adanya gugus fungsi  $\text{CO}_3^{2-}$  diperkuat dengan adanya puncak pada bilangan gelombang  $875,72 \text{ cm}^{-1}$  dan  $710,8 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan vibrasi bengkok kalsium karbonat [16].



Gambar 1. Spektra FTIR Adsorben Cangkang Telur Sebelum dan Sesudah Aktivasi

Dari hasil FTIR pada Tabel 2. dapat diketahui berbagai gugus fungsi yang terkandung dalam limbah tongkol jagung. Menunjukkan bahwa limbah tongkol jagung mempunyai puncak serapan pada bilangan gelombang sebagai berikut  $3415,15$  ;  $1458,25$  ;  $1375,30$  ;  $1165,50$  ;  $1513,22$  ;  $898,87$  dan  $1252,82 \text{ cm}^{-1}$ . Pada daerah bilangan gelombang  $3415,15 \text{ cm}^{-1}$  terdapat serapan melebar yang menunjukkan vibrasi ulur gugus hidroksil (OH). Dimana gugus  $-\text{OH}$  ini yang nantinya akan berikatan dengan logam berat  $\text{Cd}^{2+}$ . Gugus fungsi vibrasi tekuk gugus OH pada molekul  $\text{H}_2\text{O}$  yang teradsorpsi pada serapan bilangan gelombang  $1638.5 \text{ cm}^{-1}$  pada tongkol jagung sebelum diaktivasi dan panjang gelombang  $1605,81$  pada tongkol jagung setelah diaktivasi.  $\text{H}_2\text{O}$  yang terserap memberikan pita serapan pada daerah  $3400$  dan  $1600 \text{ cm}^{-1}$ . Serapan pada bilangan gelombang  $1458,25 \text{ cm}^{-1}$  merupakan gugus fungsi vibrasi tekuk  $\text{CH}_2$ . Kemudian pengidentifikasian yaitu adanya gugus fungsi vibrasi tekuk  $\text{CH}_3$  pada daerah bilangan gelombang  $1375,30 \text{ cm}^{-1}$ . Puncak  $1165,50 \text{ cm}^{-1}$  adalah serapan yang menunjukkan

adanya gugus fungsi C-O sehingga dikatakan bahwa dalam limbah tongkol jagung terdapat gugus ester [17].



Gambar 2. Spektra FTIR Adsorben Tongkol Jagung Sebelum dan Sesudah Aktivasi

Pada puncak  $1513,22 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya lignin yang ada pada tongkol jagung. Hal ini menunjukkan bahwa aktivasi menggunakan asam kuat berupa HCl masih memberikan lignin pada adsorben tongkol jagung. Gugus fungsi yang nantinya akan

berperan dalam proses adsorpsi ion  $\text{Cd}^{2+}$  adalah selulosa dan hemiselulosa

## 2. Penentuan Komposisi Massa Optimum

Berdasarkan Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa komposisi optimum adsorben cangkang telur kombinasi tongkol jagung adalah rasio perbandingan 2:1 dengan kapasitas adsorpsi sebesar  $0,07 \text{ mg/g}$ . Rasio perbandingan 0:1 dan 1:0 pada adsorben cangkang telur kombinasi cangkang telur digunakan sebagai variabel pembanding dari kinerja masing-masing adsorben. Adsorben cangkang telur berfungsi lebih efisien daripada adsorben tongkol jagung dilihat dari segi kapasitas adsorpsinya yang berbeda jauh. Adsorben cangkang telur lebih efisien karena memiliki mengandung banyak gugus  $\text{CaCO}_3$ .

Tabel 1. Perbedaan Spektra FTIR pada Adsorben Cangkang Telur Sebelum dan Sesudah Aktivasi

Sebelum Aktivasi		Sesudah Aktivasi	
Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )	Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )	Gugus Fungsi
875,72	Vibrasi bengkok kalsium karbonat	874,76	Vibrasi bengkok kalsium karbonat
1423,53	$\text{CO}_3^{2-}$	1422,56	$\text{CO}_3^{2-}$
1799,66	-CO karbonil	1799,66	-CO karbonil
2517,21	-OH stretching	2517,21	-OH stretching
2979,18	-CH	2979,18	-CH
3400,65	Amina	3400,65	Amina

Tabel 2. Perbedaan Spektra FTIR pada Adsorben Tongkol Jagung Sebelum dan Sesudah Aktivasi

Sebelum Aktivasi		Sesudah Aktivasi	
Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )	Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )	Gugus Fungsi
3415,15	-OH	3415,12	-OH
	$\text{-C}_{\text{sp}^3}\text{H}$		$\text{-C}_{\text{sp}^3}\text{H}$
1458,25	$\text{-CH}_2\text{-}$	1459,21	$\text{-CH}_2\text{-}$
1375,30	$\text{-CH}_3$	1375,30	$\text{-CH}_3$
1165,50	C-O	1165,05	C-O
1513,22	C=C lignin	1514,19	C=C lignin
898,87	Ikatan beta glukosida	897,9	Ikatan beta glukosida
1252,82	-C-O-C- (eter)	1252,82	-C-O-C- (eter)

Tabel 3. Perbandingan Komposisi Adsorben Cangkang Telur : Tongkol Jagung Optimum pada Adsorpsi Cd<sup>2+</sup>

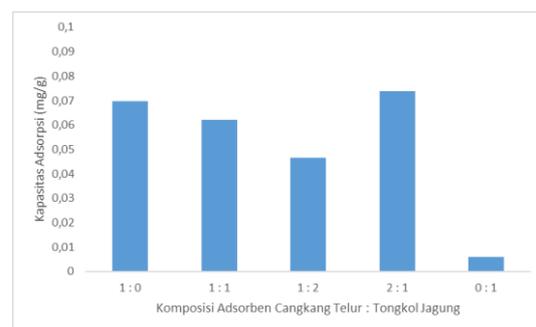
Komposisi Adsorben	C Awal (mg/L)	C Akhir (mg/L)	C teradsorpsi (mg/L)	Logam Cd teradsorpsi (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
1 : 0	2	0,73	1,04	58,85	0,06
1 : 1	2	0,84	0,93	52,55	0,06
1 : 2	2	1,08	0,70	39,36	0,05
2 : 1	2	0,67	1,11	62,37	0,07
0 : 1	2	1,69	0,09	5,00	0,006

Tabel 4. Perbandingan Massa Adsorben Cangkang Telur Kombinasi Tongkol Jagung Rasio 2:1 Optimum pada Adsorpsi Cd<sup>2+</sup>

Massa Adsorben (g)	C Awal (mg/L)	C Akhir (mg/L)	C teradsorpsi (mg/L)	Logam Cd teradsorpsi (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
0,15	2	0,67	1,11	62,37	0,04
0,2	2	0,34	1,44	81,07	0,06
0,25	2	0,01	1,77	99,46	0,07
0,3	2	0,13	1,65	92,93	0,06
0,35	2	0,10	1,67	94,25	0,06

Adsorben tongkol jagung memiliki kapasitas adsorpsi yang kecil yaitu sebesar 0,006 mg/g pada perbandingan 0:1 sehingga mempengaruhi komposisi optimum dari adsorben. Adsorben cangkang telur yang memiliki gugus fungsi CaCO<sub>3</sub> memungkinkan terjadinya interaksi kuat dengan ion logam divalen (M<sup>2+</sup>), selain itu adsorben ini juga mengandung protein (asam amino) sebagai senyawa aktif dalam proses adsorpsi lebih kuat dengan logam Cd dibandingkan dengan gugus OH<sup>-</sup> pada selulosa tongkol jagung. Sehingga komposisi 2 : 1 lebih efektif dan optimum dalam mengadsorpsi logam Cd. Pada komposisi 1 : 0 dan 2 : 1 memiliki kapasitas adsorpsi yang tidak jauh berbeda disebabkan oleh adsorben tongkol jagung

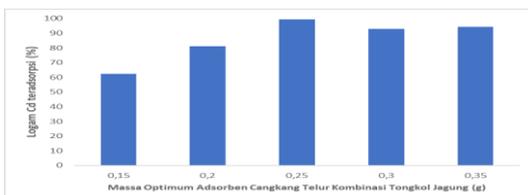
yang diduga menutupi pori-pori dari adsorben cangkang telur pada saat proses adsorpsi terjadi.



Gambar 3. Hubungan antara Komposisi Adsorben terhadap Kapasitas Adsorpsi

Pada Tabel 4. dapat dilihat bahwa adsorben cangkang telur kombinasi tongkol jagung mengalami peningkatan efisiensi adsorpsi mulai dari massa 0,15 gram sampai

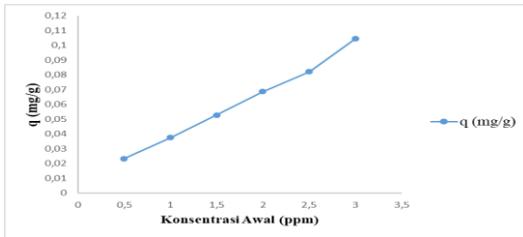
0,25 gram tetapi pada massa 0,3 gram terjadi penurunan efisiensi adsorpsi. Massa adsorben optimum diperoleh pada penambahan adsorben sebesar 0,25 gram yaitu sebesar 99,46%. Hal ini terjadi karena dengan adanya penambahan jumlah adsorben maka terjadi penambahan sisi aktif yang terdapat pada adsorben, sehingga semakin banyak pula adsorbat yang terserap [18]. Semakin banyak adsorben yang ada maka semakin banyak pula gugus aktif yang ada sehingga pertukaran  $H^+$  dengan  $Cd(II)$  menjadi meningkat dan akan mencapai optimum pada massa 0,25 gram. Pada massa yang lebih besar dari 0,25 gram, konsentrasi  $Cd(II)$  yang terserap sedikit menurun. Hal ini dimungkinkan interaksi antara ion logam  $Cd(II)$  dengan selulosa di serbuk tongkol jagung dan serbuk kalsium karbonat di cangkang telur telah mencapai titik jenuh sehingga adsorben tersebut tidak dapat lagi menerima molekul-molekul dari luar. Hal ini dapat juga disebabkan karena terjadi peristiwa tumpang tindih selama proses adsorpsi sebagai akibat dari kepadatan partikel adsorben. Kepadatan tersebut mengakibatkan luas permukaan adsorben menjadi lebih kecil sehingga sisi aktif adsorben berkurang [16].



Gambar 4. Hubungan antara Massa Adsorben (gram) terhadap logam teradsorp

### 3. Penentuan Pengaruh Konsentrasi Awal

Berdasarkan Tabel 5, pengaruh konsentrasi awal adsorbat logam  $Cd^{2+}$  dengan perbandingan komposisi adsorben cangkang telur kombinasi tongkol jagung yaitu 2 : 1, massa adsorben 0,25 gram, volume adsorbat 10 ml, kecepatan pengadukan 100 rpm pada waktu 30 menit, semakin tinggi konsentrasi adsorbat maka semakin cepat laju adsorpsinya. Namun, pada kondisi tertentu akan menjadi stabil karena sudah mencapai titik jenuh sehingga terjadi proses kesetimbangan [19]. Jumlah logam berat  $Cd$  yang teradsorpsi akan sebanding dengan gugus aktif yang terdapat pada adsorben. Jika gugus aktif adsorben belum jenuh, maka kapasitas adsorpsinya akan semakin besar. Penyerapan secara kimia terjadi karena terbentuknya ikatan pusat aktif yang terdapat pada permukaan adsorben. Dalam hal ini, adsorben belum jenuh dengan  $Cd$  yang teradsorpsi. Dengan meningkatkan konsentrasi ion logam  $Cd$  yang teradsorpsi oleh adsorben akan meningkat secara linear dan apabila pusat aktif telah jenuh dengan ion logam, maka peningkatan konsentrasi ion logam relatif tidak meningkatkan adsorpsi ion logam relatif tidak meningkatkan adsorpsi ion logam oleh adsorben [20].



Gambar 5. Hubungan antara Pengaruh Konsentrasi Awal terhadap Kapasitas

Tabel 5. Perbandingan Kapasitas Adsorpsi pada Pengaruh Konsentrasi Awal

Konsentrasi (ppm)	C Awal (mg/L)	C (mg/L)	Akhir C teradsorpsi (mg/L)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
1,0	1,0	0,15	0,90	0,02
1,5	1,5	0,21	1,33	0,04
2,0	2,0	0,25	1,73	0,05
2,5	2,5	0,36	2,00	0,07
3,0	3,0	0,45	2,32	0,08

Berdasarkan Gambar 6., pengaruh konsentrasi awal adsorbat terhadap adsorpsi ion logam Cd dapat disimpulkan bahwa semakin besar konsentrasi adsorbat maka semakin besar juga kapasitas adsorpsinya sampai keadaan jenuh. Pada data diatas pada konsentrasi 3,0 mg/L memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 0,08 mg/g.

#### 4. Penentuan Pengaruh Waktu Kontak

Waktu kontak dan tumbukan merupakan faktor penting dalam adsorpsi. Menurut teori tumbukan, kecepatan reaksi tergantung pada jumlah tumbukan persatuan waktu. Makin banyak tumbukan yang terjadi maka reaksi semakin cepat berlangsung sampai terjadi setimbang.

Berdasarkan Tabel 6, pengaruh variasi waktu kontak adsorben dengan adsorbat dengan perbandingan komposisi 2:1, massa adsorben 0,25 gram, volume adsorbat 10 ml

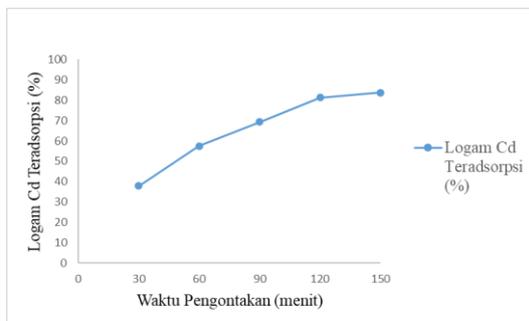
dan kecepatan pengadukan 100 rpm, semakin lama waktu kontak maka semakin cepat laju adsorpsinya. Namun, pada kondisi tertentu akan menjadi stabil karena sudah mencapai titik jenuh sehingga terjadi proses kesetimbangan [19].

Jumlah logam berat Cd yang teradsorpsi akan sebanding dengan gugus aktif yang terdapat pada adsorben. Jika gugus aktif adsorben belum jenuh, maka kapasitas adsorpsinya akan semakin besar.

Pada Gambar 7. menunjukkan bahwa konsentrasi Cd yang terserap meningkat seiring dengan bertambahnya waktu kontak. Hal ini disebabkan semakin lama waktu tumbukan antara adsorben dengan ion logam Cd (II), maka semakin banyak gugus aktif pada adsorben yang berikatan dengan ion logam Cd (II) [21].

Tabel 6. Perbandingan Kapasitas Adsorpsi pada Variasi Waktu Kontak Adsorben

Konsentrasi (ppm)	C Awal (mg/L)	C Akhir (mg/L)	C teradsorpsi (mg/L)	Logam teradsorpsi (%)	Cd Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
30	2.0	1.36	0.83	37.95	0,17
60	2.0	0.93	1.25	57.40	0,25
90	2.0	0.67	1.52	69.35	0,30
120	2.0	0.41	1.78	81.25	0,36
150	2.0	0.36	1.83	83.71	0,37



Gambar 6. Hubungan antara Pengaruh Waktu Kontak Adsorben terhadap Logam yang Teradsorpsi

Pengaruh waktu kontak adsorben terhadap adsorpsi ion logam Cd dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu kontak adsorben maka semakin besar juga kapasitas adsorpsinya sampai keadaan jenuh. Pada data diatas pada waktu kontak 150 menit memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 0,37 mg/g dengan penyerapan adsorben mencapai 83,71%.

### 5. Penentuan Pola Isoterm Adsorpsi

Pada penentuan pola isoterm adsorpsi ini data diperoleh dari adsorpsi logam Cd(II) yang diadsorpsi dengan variasi waktu kontak yaitu dengan membuat grafik

perbandingan berdasarkan masing-masing model isoterm Freundlich, Langmuir, Dubinin-Radushkevich, dan Temkin.

Hal ini bertujuan untuk menjelaskan fenomena adsorpsi yang terjadi pada proses adsorpsi terjadi secara kimia atau fisika. Setiap adsorben memiliki pola adsorpsi berbeda-beda karena proses adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu ukuran molekul adsorbat, kepolaran zat adsorbat, suhu, ukuran adsorben, kemurnian adsorben, pH dan waktu kontak [22].

Tabel 7. Perhitungan Pola Isoterm Adsorpsi

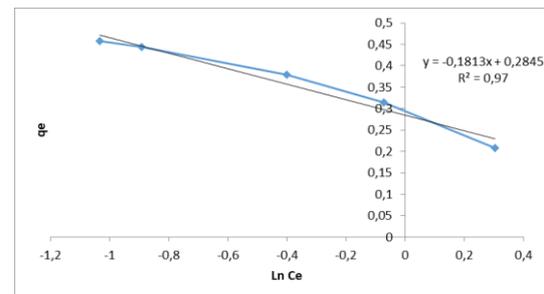
Model	Persamaan	R <sup>2</sup>
Langmuir	$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_{max}} + \frac{1}{q_{max} K_l} \times \frac{1}{C_e}$	0,9 5
Freundlich	$\text{Log } q_e = \frac{1}{n} \text{Log } C_e + \text{Log } K_f$	0,9 2

Temkin	$q_e = \frac{RT}{b} \ln A + \frac{RT}{b} \ln C_e$	0,9 7
Dubinin- Radushkevich	$\ln q_e = q_m - \beta \epsilon^2$	0,9 3

Berdasarkan Tabel 7. dapat diketahui bahwa nilai  $R^2$  pada pola isotherm temkin sebesar 0,97. Berdasarkan data koefisien korelasi ( $R^2$ ) dapat diketahui bahwa adsorpsi logam Cd menggunakan adsorben cangkang telur kombinasi tongkol jagung lebih mengikuti model Temkin daripada Langmuir, Freundlich dan Dubinin-Radushkevich. Hal ini dapat didapat dengan membandingkan nilai  $R^2$  dari keempat model tersebut. Pada model Temkin memiliki harga  $R^2$  sebesar 0,97 yang mendekati nilai 1 dan memiliki nilai R terbesar dibandingkan model isotherm lainnya.

Model adsorpsi temkin memperhitungkan pengaruh interaksi adsorbat dalam proses adsorpsi yang terjadi secara kimia. Adsorpsi Temkin ini berasumsi bahwa adsorpsi pada semua molekul pada permukaan adsorbat akan menurun linier dengan jumlah interaksi antara adsorbat yang menutupi permukaan adsorben dan adsorpsinya dikarakterisasi dengan energi sampai energinya maksimum. Adsorpsi temkin berlaku pada permukaan yang heterogen dan mempunyai sifat yang irreversibel. Hal ini juga mengasumsikan bahwa panas pada adsorpsi dari semua molekul dalam lapisan menurun secara linier sebagai akibat dari peningkatan cakupan

permukaan [23]. Isotherm temkin dapat menjelaskan proses adsorpsi pada media yang tidak homogen, mekanisme proses adsorpsi yang terjadi adalah secara kimia. Permukaan tidak homogen tersebut memungkinkan terjadinya proses adsorpsi secara multilayer pada permukaan adsorben. Adsorpsi kimia hanya dapat menyerap sedikit adsorbat tetapi ikatannya kuat, sedangkan adsorpsi fisika ikatannya mudah lepas tetapi dapat menyerap banyak adsorbat [24].



Gambar 7. Hubungan Log  $q_e$  dan Log  $C_e$  pada Pola Isotherm Temkin

Interaksi adsorpsi-desorpsi yang diberikan dalam tujuan spesifik oleh model isotherm ini. Dengan mengabaikan nilai konsentrasi yang rendah maupun tinggi yang ekstrim, model ini mengasumsikan bahwa adsorpsi panas (fungsi temperatur) dari semua molekul pada lapisan ini akan menurunkan secara linier daripada logaritma dengan permukaan [25].

## KESIMPULAN

Komposisi optimum yang dibutuhkan untuk menyerap logam Cd(II) oleh adsorben cangkang telur kombinasi tongkol jagung yaitu perbandingan 2:1 dengan massa optimum sebesar 0,25 g dengan efektivitas

adsorben cangkang telur kombinasi tongkol jagung adalah 99,46%. Variasi konsentrasi adsorbat memberikan pengaruh pada adsorpsi ion logam Cd(II) menggunakan adsorben cangkang telur dan tongkol jagung, semakin besar konsentrasi adsorbat maka kapasitas penyerapan semakin meningkat. Sedangkan variasi waktu kontak adsorben cangkang telur dan tongkol jagung memberikan pengaruh pada adsorpsi ion logam Cd(II), semakin lama waktu kontak maka efektivitas penyerapan semakin meningkat. Pola isoterm yang sesuai pada adsorpsi ion logam Cd(II) oleh adsorben cangkang telur kombinasi tongkol jagung adalah pola isoterm Temkin dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,97.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Dr. Budi Utami, S.Pd., M.Pd dan Bapak Dr. Mohammad Masykuri yang telah memberikan bimbingan dan masukan pada penelitian ini serta Nanda dan Ulfai yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

#### DAFTAR RUJUKAN

- [1] Darmono, *Lingkungan Hidup dan Pencemaran (Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam)*. Indonesia Press, Jakarta, 2011.
- [2] Palar, H., *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Rineka Cipta, Jakarta, 2004.
- [3] Pratama, D. A., Muhammad, A., Noor, A., & Sanjaya, A. S. Efektivitas Ampas Teh sebagai Adsorben Alternatif Logam Fe dan Cu pada Air Sungai Mahakam, *JIP* **2017**, 6(3), 131–138.
- [4] Stumm, W dan Morgan, J.J., “*Aquatic Chemistry*”, Third Edition, John Wiley & Sons, Inc, New York, 1996.
- [5] Surasen, C., *Removal of Cadmium in Synthetic Wastewater by Egg Shell Filter*, Tesis, Faculty of Graduate Studies, Kasetsart University, Bangkok, 2002.
- [6] Lorenz, K.J. and K. Kulp., *Handbook of Cereal Science and Technology*, Marcel Dekker Inc., New York, USA, 1991.
- [7] Nurhasni, Firdiyono, F., Sya'ban, Q. Penyerapan Ion Aluminium Dan Besi Dalam Larutan Sodium Silikat Menggunakan Karbon Aktif. *Valensi* **2012**, 2(4), 516–525.
- [8] Jalali, R., Ghafourian, H., Asef, Y., Davarpanah, S. J., & Sepehr, S. (2002). Removal and Recovery Of Lead Using Nonliving Biomass Of Marine Algae. *Journal of Hazardous Materials*. B92, 253–262.
- [9] Apriliani, A. D. E. (2010). Pemanfaatan Arang Ampas Tebu Sebagai Adsorben Ion Logam Cd , Cr , Cu dan Pb Dalam Air Limbah Program Studi Kimia Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Skripsi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- [10] Kim, K. Do, & Kim, H. T. (2002). Formation of Silica Nanoparticles by Hydrolysis of TEOS Using a Mixed Semi-Batch / Batch Method. *Journal of Sol-Gel Science and Technology* 25, 183–189, 2002, 183–189.
- [11] Satriani, D., Ningsih, P. Serbuk Dari Limbah Cangkang Telur Ayam Ras Sebagai Adsorben Terhadap Logam Timbal (Pb). *J. Akad. Kim.* **2016**, 5 (August), 103–108.
- [12] Mahfudz, M. K., Utami, F. P., Fitriyanto, S. Pemanfaatan Cangkang Telur Gallus Sp. Sebagai Adsorben Kadmium (Cd) Pada Limbah Cair Industri Batik. *Din. Kerajinan dan Batik* **2018**, 35 (2), 103–110.

- [13] Rahayu, A. N., Adhitiyawarman. Pemanfaatan Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Besi Pada Air Tanah. *JKK* **2014**, 3 (3), 7–13.
- [14] Maslahat, M., Taufiq, A., Subagja, P. W. Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Sebagai Biosorben Untuk Adsorpsi Logam Pb Dan Cd. *J. Sains Nat. Univ. Nusa Bangsa* **2002**, 5(1), 92–100.
- [15] Hendayana, S., *Kimia Analitik Instrumen*, IKIP Semarang Press, Semarang, 1994.
- [16] Haqiqi, E. R. Analisis FTIR (Fourier Transform InfraRed) Adsorben Zat Warna Dari Limbah Cangkang Telur Ayam Dikombinasi Biomassa Sekam Padi. *Pros. Semin. Nas. Kim.* **2018**, 17–25.
- [17] Hapsari, D. S., *Penggunaan Zeolit Alam Yang Telah Diaktivasi dengan Larutan HCl Untuk Menyerap Logam-Logam Keadahan Air*, Skripsi, Semarang, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang, 2006.
- [18] Anggrenistia, F., Wahyuni, N., Zaharah, T. A., Adsorpsi Ion Logam Zn(II) Menggunakan Biomassa Chlorella Sp. Yang Diimobilisasi Pada Silika Gel. *JKK* **2015**, 4(3), 94–99.
- [19] Zulfa, A., *Uji Adsorpsi Gas Karbon Monoksida (CO) Menggunakan Zeolit Alam Malang dan Lampung*, Skripsi, Universitas Indonesia, Jakarta, 2011.
- [20] Amansyah, M. S. D. (2008). Kapasitas Adsorpsi Ampas Tahu terhadap Ion Cr(VI) dalam Air. Skripsi Pendidikan Kimia. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Tadulako. Palu.
- [21] Nurlaili, T., Kurniasari, L., Ratnani, R. D. Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam sebagai Adsorben Zat Warna Methyl Orange dalam Larutan. *Inov. Tek. Kim.* **2017**, 2(2), 11–14.
- [22] Cheremisinoff, P. N., and Ellerbusch, F., 1980. *Carbon Adsorption Handbook*. Second Printing. USA, Michigan, Collingwood. Ann Arbor Science Publisher, 1980, 1054 S., 393 Abb
- [23] Dada, A.O, Olalekan, A.P., Olatunya, A.M. and Dada, O. 2012. Langmuir, Freundlich, Temkin and Dubinin-Radushkevich isotherms studies of equilibrium sorption of Zn<sup>2+</sup> unto phosphoric acid modified rice husk. *IOSR Journal of Applied Chemistry (IOSR-JAC)*, 3(1): 38-45. <http://dx.doi.org/10.9790/5736-0313845>
- [24] Alves, C. C. O.; Franca, A. S.; Oliveira, L. S. Evaluation of an Adsorbent Based on Agricultural Waste (Corn Cobs) for Removal of Tyrosine and Phenylalanine from Aqueous Solutions. *Biomed Res. Int.* **2013**, 2013 (978256), 1–8.
- [25] Ulfa, M.; Iswanti, Y. Ibuprofen Adsorption Study by Langmuir , Freundlich , Temkin and Dubinin-Radushkevich Models Using Nano Zinc Oxide from Mild Hydrothermal Condition Ibuprofen Adsorption Study by Langmuir , Freundlich , Temkin and Dubinin-Radushkevich Models Using Nano Zin. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* **2020**, 833 (012096), 1–6. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/833/1/012096>.