

## Adsorpsi Ion Logam Cd(II) oleh Selulosa Limbah Sabut Kelapa sebagai Adsorben Berbiaya Murah

SHOFIA KHOERUNNISA SAEF,<sup>1\*</sup> VINA AMALIA,<sup>1</sup> DAN ADI MULYANA SUPRIATNA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Gunung Djati Bandung, Jl. A.H. Nasution no. 105, Cibiru, Bandung

\* alamat email korespondensi: [shofiakhoerunnisasaef@gmail.com](mailto:shofiakhoerunnisasaef@gmail.com)

Informasi Artikel	Abstrak/Abstract
<p><b>Kata Kunci:</b> adsorpsi; Cd(II); isotherm; sabut kelapa; selulosa.</p>	<p>Air akan menjadi tercemar jika kandungan logam Cd(II) melebihi ambang batas. Kadar Cd(II) dapat berkurang dengan melakukan adsorpsi pada air menggunakan selulosa sebagai adsorben dan adsorben yang digunakan berupa selulosa dari serat sabut kelapa. Pada penelitian ini dilakukan sintesis selulosa dari sabut kelapa, kemudian dikarakterisasi dengan FTIR dan SEM untuk mengidentifikasi gugus fungsi dan struktur serat adsorben sabut kelapa. Selanjutnya dilakukan analisis terhadap pengaruh kinerja adsorben dalam menyerap ion logam Cd(II), dan ditentukan model isotherm adsorpsinya. Selulosa dari sabut kelapa disintesis dengan dijemur matahari langsung selama 3 hari, lalu diaktivasi dengan aktivator NaOH selama 24 jam, serta dilakukan metode delignifikasi dengan NaOH 8%. Hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan FTIR dan SEM. Pengaplikasian selulosa dilakukan dengan metode <i>batch</i> pada logam Cd(II) dengan variasi massa (0,01-0,05 g), variasi waktu kontak (15-60 menit), variasi pH (3-7), dan variasi konsentrasi awal (0,6-1,4 ppm) dan penentuan kondisi optimum tersebut menggunakan instrumentasi AAS. Karakterisasi selulosa diidentifikasi menggunakan FTIR menunjukkan terdapat gugus fungsi berupa ikatan C-O dan C-O-C, sedangkan dari hasil analisis SEM diketahui bahwa selulosa sabut kelapa memiliki serat untuk melakukan adsorpsi. Berdasarkan hasil analisis adsorpsi selulosa pada logam Cd(II) menunjukkan hasil yang optimum pada massa adsorben 0,05 g selama 45 menit pada pH 7 dan konsentrasi awal Cd(II) yang digunakan 0,6 ppm. Isothermadsorpsi logam Cd(II) pada selulosa sabut kelapa mengikuti model isotherm <i>langmuir</i> dengan R<sup>2</sup> sebesar 0,9524.</p>
<p><b>Keywords:</b> adsorption;cellulose; Cd(II); coconut husk; isotherm.</p>	<p><i>Water will become polluted if the metal content of Cd(II) exceeds the threshold. Cd(II) levels can be reduced by adsorption in water using cellulose as an adsorbent and the adsorbent used is cellulose from coconut fiber. In this study, the synthesis of cellulose from coconut fiber was carried out, then characterized by FTIR and SEM to identify the functional groups and the structure of the coir adsorbent fiber. Subsequently, an analysis was conducted on the effect of the adsorbent performance in absorbing metal ions Cd(II), and the adsorption isotherm model was determined. Cellulose from coconut fiber was synthesized by drying in direct sunlight for 3 days, then activated with NaOH activator for 24 hours, and delignification method was carried out with 8% NaOH. The synthesis results were characterized using FTIR and SEM. Cellulose was applied by batch method on Cd(II) metal with mass variation (0,01-0,05 g), contact time variation (15-60 minutes), pH variation (3-7), and initial concentration variation (0,6-1,4 ppm) and determining the optimum conditions using the AAS instrumentation. Cellulose characterization was identified using FTIR indicating that there are functional groups in the form of C-O and C-O-C bonds, while from the results of SEM analysis, it is known that coconut coir cellulose has fiber for adsorption. Based on the results of the adsorption analysis of cellulose on metal Cd(II) showed the optimum results at an adsorbent mass of 0,05 g for 45 minutes at pH 7 and the initial concentration of Cd(II) used was 0,6 ppm. The isotherm-adsorption of Cd(II) metal on coconut coir cellulose followed the Langmuir isotherm model with R<sup>2</sup> of 0,9524.</i></p>

### PENDAHULUAN

Logam berat dapat diklasifikasikan sebagai logam yang memiliki kerapatan  $\geq 5 \text{ g/cm}^3$ . Kadar logam berat yang tinggi dalam air akan

mengakibatkan berbagai masalah, baik secara langsung maupun tidak langsung. Hal ini berkaitan dengan sifat dari logam berat yang sulit mengalami degradasi bahkan logam tersebut akan

diabsorpsi dalam tubuh organisme padahal logam berat seperti Cd termasuk ke dalam golongan logam berat yang berbahaya. Dikatakan bahaya ketika konsentrasinya telah melebihi batas maksimum yang diizinkan untuk dikonsumsi [1].

Salah satu logam yang sangat diperhatikan karena berhubungan dengan berbagai bidang dan termasuk ke dalam logam berat non esensial yaitu kadmium. Menurut Organisasi Kesehatan Dunia, kadmium masih diizinkan dengan batas maksimum yaitu 7 mg per kg berat badan. Apabila melebihi kadar tersebut maka logam kadmium dapat menyebabkan penyakit, baik akut maupun kronis [2]. Untuk menghindari semakin meluasnya dampak tersebut perlu dilakukan suatu metode yang dapat mengurangi kadar logam beratnya.

Beberapa metode dapat dilakukan untuk memurnikan air dari kontaminasi logam berat seperti metode elektrokoagulasi [3], presipitasi [4], filtrasi membran [5], penukar ion [6], dan osmosis balik [7]. Namun, metode-metode tersebut dinilai sulit, mahal dan kurang efisien. Di sisi lain, terdapat metode yang efisien, mudah dan murah secara ekonomis dibanding dengan metode lainnya, yaitu metode adsorpsi [8].

Metode adsorpsi menggunakan adsorben sebagai penyerap logam berat. Adsorben dapat berupa alga, *fly ash*, asam humat, karbon aktif, selulosa, dan sebagainya [9]. Selulosa memiliki beberapa keunggulan jika dijadikan sebagai adsorben, salah satunya ialah keberadaan selulosa sangat melimpah karena selulosa merupakan struktur dasar sel-sel tanaman [10]. Selain itu, isolasi selulosa terbilang sederhana karena bahannya mudah didapat [11].

Selulosa memiliki gugus fungsi yang dapat berfungsi untuk pengikatan dengan ion logam. Gugus fungsi tersebut dari golongan karboksil dan hidroksil. Gugus fungsi menyebabkan sifat polar yang diperlukan sebagai adsorben karena dengan adanya kepolaran tersebut menyebabkan selulosa lebih kuat dalam mengadsorpsi zat yang bersifat polar juga [12]. Selulosa yang dijadikan sebagai adsorben berbiaya murah dapat bersumber dari limbah pertanian.

Limbah pertanian yang dapat dijadikan sebagai adsorben diantaranya adalah limbah ampas teh (*Camellia sinensis*) [13], kulit pisang [14], sabut kelapa [15] dan lain sebagainya. Sabut kelapa merupakan serat alami yang diperoleh dari limbah kelapa dan tersedia cukup melimpah serta murah dan mudah. Seratnya mengandung hemiselulosa sebanyak 16,8%, selulosa 68,9%, 32,1% lignin [16].

Penggunaan selulosa sebagai adsorben merupakan alternatif pengolahan limbah sabut kelapa selain digunakan sebagai media pembakaran pengganti kertas atau pembuatan sapu ijuk. Selain itu juga sabut kelapa mudah didapat, tidak mahal dan mudah ditangani non-toksitas, dapat didegradasi dan ramah lingkungan. Karena banyaknya penggunaan sabut kelapa namun sisanya tidak terpakai lagi, maka sabut kelapa cocok untuk dijadikan adsorben berbiaya murah [17].

Berdasarkan paparan di atas, adsorben sabut kelapa dapat berpotensi sebagai adsorben berbiaya murah yang dapat menyerap logam Cd(II). Adsorpsi ion logam Cd(II) menggunakan sabut kelapa akan dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infrared Spektroskopi* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi yang membantu proses adsorpsi dan *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengetahui morfologi permukaannya. Kapasitas adsorpsi sabut kelapa dioptimasi dengan memvariasikan kondisi penyerapannya dan hasilnya dianalisis menggunakan instrumen *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Dan yang terakhir adalah penentuan model isoterm adsorpsi (isoterm *Langmuir* dan isoterm *Freundlich*) untuk mengetahui kemungkinan mekanisme adsorpsi yang terjadi.

## EKSPERIMEN

### Material

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain limbah sabut kelapa, NaOH (Merck®), larutan standar Cd (1000 ppm), aquades, aqua DM, HCl (37%, Merck®), dan kertas saring *whatman*.

### Instrumentasi

Pada penelitian ini digunakan instrumentasi berupa FTIR (Shimadzu 8400) untuk mengetahui gugus fungsi yang membantu proses adsorpsi dan SEM (JSM-6360) untuk melihat morfologi permukaan, serta uji logam Cd(II) dari hasil adsorpsi dianalisis menggunakan AAS.

### Prosedur

Pada bagian eksperimen ini harus menggunakan referensi jika metode yang digunakan menggunakan metode yang telah dilakukan orang lain. Berilah keterangan jika metode itu telah dimodifikasi.

## Sintesis selulosa

Sintesis selulosa dari limbah sabut kelapa dilakukan dengan metode *batch* [18]. Serat sabut kelapa kecil direndam NaOH selama 24 jam dan diamankan untuk membuat reagen terserap seluruhnya. Residu dinetralkan, lalu butiran serat dikeringkan pada suhu 105°C. Sampel yang telah dipreparasi sebelumnya direndam dengan menggunakan larutan NaOH 8% dengan perbandingan 1 : 10 pada suhu 80°C selama ±2 jam. Residu dicuci menggunakan aquades, kemudian dikeringkan pada suhu 105°C sehingga terbentuk material target.

## Karakterisasi selulosa

Material selulosa hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan FTIR (Shimadzu 8400) untuk melihat gugus fungsi yang terbentuk, kemudian instrumen SEM (JSM-6360) untuk melihat morfologi dari permukaan adsorben, serta AAS untuk mengidentifikasi daya optimum adsorpsi atau daya penyerapan maksimum dan minimum adsorpsi.

## Penentuan kondisi optimum adsorpsi

Setelah proses sintesis selulosa dan karakterisasi selesai, perlakuan selanjutnya adalah pengukuran kapasitas adsorpsi limbah sabut kelapa terhadap ion logam Cd(II) menggunakan Spektrometer Serapan Atom (SSA). Pengujian optimasi kapasitas adsorben menggunakan beberapa parameter, yaitu variasi massa adsorben (0,01; 0,02; 0,03; 0,04 dan 0,05 g), variasi waktu kontak (15, 30, 45, dan 60 menit), variasi pH larutan (3, 4, 5, 6 dan 7), dan variasi konsentrasi larutan awal (0,6; 0,8; 1; 1,2; dan 1,4 mg.L<sup>-1</sup>). Setelah itu sampel dilakukan analisis menggunakan SSA. Sebelum dilakukan analisis, dibuat larutan standar Cd 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1 dan 2 mg.L<sup>-1</sup> dari larutan induk 1000 mg.L<sup>-1</sup>.

## Penentuan model isoterm adsorpsi

Penentuan model isoterm adsorpsi dilakukan dengan menganalisis linearitas kurva hubungan sesuai dengan persamaan isoterm *Freundlich* dan *Langmuir*. Penentuan pola isoterm adsorpsi *Freundlich* dari data adsorpsi dibuat kurva log Qe terhadap log Ce dan penentuan pola isoterm adsorpsi *Langmuir* dari data adsorpsi ditentukan dengan membuat kurva hubungan antara 1/Qe dengan 1/Ce.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

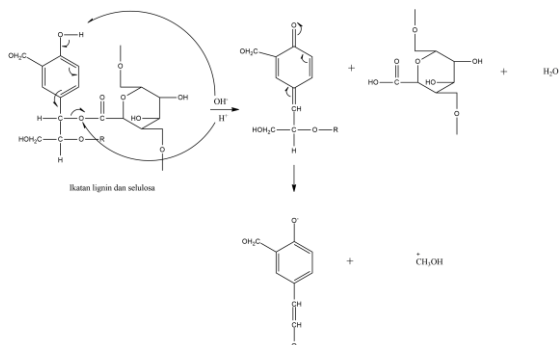
### Sintesis Selulosa

Sampel sabut kelapa yang digunakan yaitu sabut kelapa yang berasal dari daerah Tanjungsang, Subang. Sabut kelapa hasil pengayakan diaktivasi dengan NaOH. Aktivasi merupakan salah satu cara memperbesar kapasitas adsorpsi agar adsorben dapat menyerap dengan optimal karena dihasilkannya luas permukaan yang semakin luas. Dalam penelitian ini, digunakan larutan NaOH sebagai zat aktivator, karena pada umumnya aktivator yang digunakan untuk adsorben selulosa menggunakan logam alkali. Proses aktivasi ini diperlukan agar adsorbat dapat menempel pada serat dari partikel sabut kelapa, agar nanti saat proses adsorpsi dapat menyerap logam lebih besar dibandingkan dengan tanpa proses aktivasi.

Aktivasi dapat memperbesar kapasitas adsorpsi karena hilangnya silika yang menutupi serat adsorben. Saat NaOH bereaksi dengan adsorben terbentuk Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> karena adsorben sabut kelapa mengandung silika, kemudian saat proses pencucian senyawa yang terbentuk tersebut akan larut oleh aquades karena sifat dari Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> ialah polar. Berkurangnya Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> inilah yang membuat serat adsorben dapat mengikat adsorbat, sehingga luas permukaannya akan meningkat dan memperbesar kapasitas adsorpsi [19].

Dari 50,0065 g sabut kelapa didapatkan 32,1345 g sabut kelapa kering setelah tahap aktivasi. Selisih massa yang lumayan jauh tersebut disebabkan karena sabut kelapa segar memiliki kandungan air yang banyak sebesar 26% sehingga sampel kering yang didapatkan pun sedikit.

Proses delignifikasi sabut kelapa ini menggunakan NaOH 8% dengan perbandingan 1 : 10. Penggunaan NaOH sebagai pereaksi bertujuan untuk mengganggu struktur lignin sehingga terjadinya pemisahan ikatan antara lignin dan selulosa. Proses degradasi lignin atau mekanisme pemutusan ikatan lignin diawali dengan penyerangan atom H pada gugus OH oleh OH<sup>-</sup> dari senyawa NaOH. Atom H pada struktur tersebut memiliki sifat asam karena terikat pada atom O yang memiliki keelektronegatifan yang lebih besar. Atom yang memiliki keelektronegatifan yang lebih besar akan menarik elektron pada atom yang memiliki keelektronegatifan yang lebih kecil, sehingga atom H akan bermuatan parsial positif dan mudah lepas sehingga menjadi ion H<sup>+</sup>.



**Gambar 1** Mekanisme pemutusan ikatan lignin dan selulosa oleh nukleofil OH

Sifat asam juga disebabkan oleh efek resonansi dari gugus alkil yang terletak pada posisi para pada **Gambar 1** Itulah yang menyebabkan atom H pada gugus fenolik bersifat lebih asam. Pada gambar tersebut juga menunjukkan ion OH<sup>-</sup> dari senyawa NaOH akan memisahkan struktur dasar lignin dan ion Na<sup>+</sup> dari senyawa NaOH akan berikatan dengan senyawa lignin membentuk natrium fenolat. Garam fenolat tidak mengganggu pemurnian selulosa karena bersifat mudah larut dalam aquades [20]. Hal tersebut karena gugus hidroksil fenolat lignin berada dalam keadaan terionisasi yang membentuk garam, sifatnya yang polar membuat garam fenolat mudah larut dalam air yang memiliki kepolaran yang sama [21].

Jika tidak dicuci maka hasil dari reaksi tersebut akan tersimpan dalam seras selulosa dan menutupinya. Setelah selulosa netral kemudian dipanaskan dalam oven untuk menghilangkan kadar air, karena titik didih air sebesar 100°C, sehingga cukup untuk menghilangkan kadar air tersebut pada suhu 105°C selama 3 jam. Setelah dipanaskan didapatkan serbuk selulosa kering, terlihat pada **Gambar 2**.



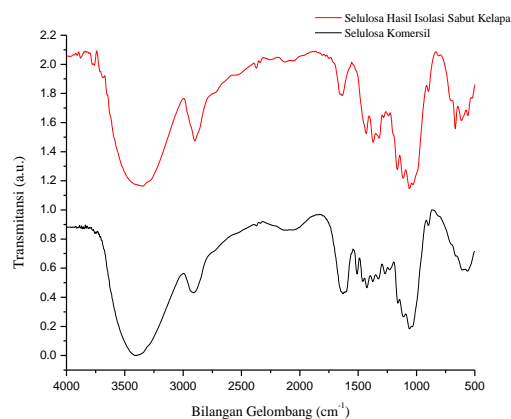
**Gambar 2** Serbuk selulosa sabut kelapa

### Karakterisasi selulosa

Karakterisasi pertama pada selulosa hasil sintesis adalah dengan menggunakan FTIR. Hasil interpretasi spektrum IR dari sintesis limbah sabut

kelapa dengan data serapan selulosa komersial dapat dilihat pada **Gambar 3** dengan berturut-turut terdapat pada puncak 1230,63 cm<sup>-1</sup> dan 1060,31 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya serapan gugus -CO dengan intensitas lemah. Hal ini menandakan adanya pergeseran pada bilangan gelombang dan penurunan intensitas yang disebabkan oleh penghilangan hemiselulosa pada proses delignifikasi. Serta pada bilangan gelombang 1058,96 cm<sup>-1</sup> dan 1114,37 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya serapan vibrasi ulur gugus -COC dengan intensitas yang kuat. Ikatan C-O-C merupakan ikatan glikosidik yang menghubungkan monomer-monomer glukosa penyusun selulosa [22].

Menurut Sofia, *et al* (2017) jika terjadi penurunan bilangan gelombang, hal tersebut menunjukkan adanya serapan vibrasi dari gugus tersebut berkurang. Artinya kuantitas atau massa dari gugus tersebut semakin banyak [23].

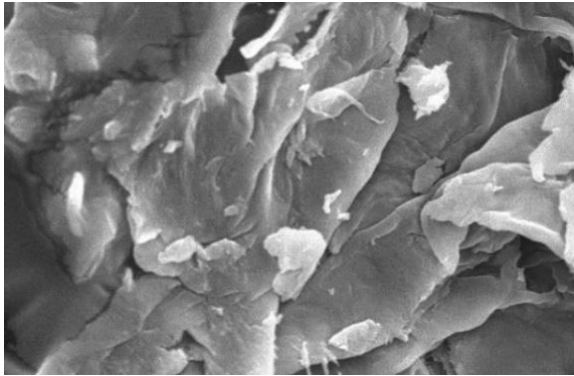


**Gambar 3** Hasil analisis FTIR selulosa sabut kelapa

Selanjutnya karakterisasi selulosa sabut kelapa dengan perbesaran 5000x menggunakan SEM JSM-6360 untuk menyelidiki permukaan atau serat dari selulosa sabut kelapa yang terbentuk. Proses penambahan NaOH menyebabkan hilangnya sebagian dari lapisan senyawa lignin, hemiselulosa, dan komponen-komponen yang larut di dalam alkali dari serat sabut kelapa yang dapat membantu pemurnian selulosa. Selain itu, penambahan NaOH dapat menyebabkan peningkatan sejumlah gugus hidroksil yang ada pada permukaan serat yang berguna untuk pembentukan ikatan kimia. Ikatan kimia tersebut selanjutnya dapat bertujuan untuk meningkatkan ikatan antarmuka dan proses adhesi [24].

Berdasarkan **Gambar 4** hasil SEM menunjukkan konsentrasi NaOH mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan serat sabut kelapa, semakin tinggi konsentrasi NaOH yang

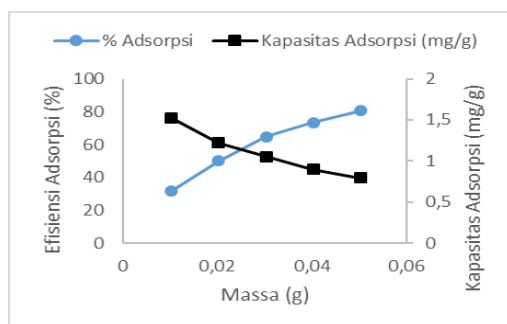
digunakan, maka jumlah penghilangan lapisan lignin, hemiselulosa, dan komponen pengotor semakin tinggi [25]. Modifikasi dengan alkali juga dapat memodifikasi topografi permukaan dan permukaan serat menjadi lebih halus dibandingkan dengan permukaan serat tanpa proses modifikasi dengan alkali [26]. Perubahan morfologi tanpa penambahan pereaksi dan dengan penambahan pereaksi tentunya berpengaruh



**Gambar 4** Hasil Analisis SEM Selulosa Sabut *Kelapa* terhadap sifat-sifat serat seperti sifat mekanik dan termal [27].

#### Penentuan kondisi optimum adsorpsi

Pembahasan selanjutnya yaitu penentuan kondisi optimum untuk menguji kemampuan adsorben serat sabut kelapa dalam menyerap logam Cd(II). Beberapa variasi yang digunakan yaitu massa selulosa, waktu kontak, derajat keasaman (pH) pada larutan Cd(II), dan konsentrasi larutan Cd(II).



**Gambar 5** Grafik Pengaruh Massa Adsorben Terhadap Kapasitas Adsorpsi dan Efisiensi Penyisihan Ion Logam Cd(II)

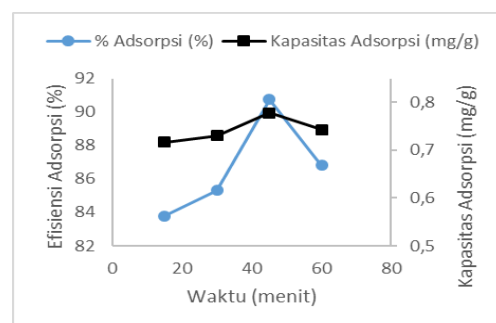
Berdasarkan **Gambar 5** menunjukkan bahwa efisiensi adsorpsi meningkat dari massa adsorben serat sabut kelapa 0,01 g sampai 0,05 g, hal ini disebabkan semakin banyak adsorben yang digunakan saat proses adsorpsi, sedangkan jumlah dan konsentrasi Cd(II) yang digunakan sama. Jadi

konsentrasi kesetimbangan logam Cd(II) lebih rendah jika massa adsorben semakin tinggi [28].

Dari hasil penelitian ini, efisiensi adsorpsi paling baik untuk penyerapan logam Cd(II) yaitu massa selulosa sebesar 0,05 g yang telah diaktivasi menggunakan aktivator NaOH. Logam Cd(II) yang diserap mencapai 80,67 %. Namun, kapasitas adsorpsi paling baik dari massa selulosa 0,01 g yang telah diaktivasi menggunakan aktivator NaOH.

Penurunan kapasitas adsorpsi disebabkan oleh konsentrasi kesetimbangan pada logam Cd(II) lebih rendah dibandingkan semakin banyaknya massa adsorben yang digunakan karena konsentrasi logam Cd(II) yang digunakan sama yaitu 0,98889 ppm. Selain itu, kapasitas adsorpsi terjadi penurunan disebabkan oleh belum sempurnanya proses adsorpsi karena waktu yang digunakan belum cukup untuk mengikat seluruh adsorbat oleh sisi aktif adsorben. Oleh karena itu, semakin rendah jumlah adsorben yang digunakan maka berpengaruh terhadap kapasitas adsorpsi yang semakin besar. Hasil tersebut sama dengan penelitian Octarya dan Andriani (2019) yang melakukan adsorpsi logam kadmium oleh adsorben selulosa rumput gajah dengan penambahan aktivator NaOH [29].

Waktu kontak merupakan waktu yang digunakan untuk proses penyerapan logam berat Cd(II) menggunakan adsorben selulosa dari sabut kelapa. Berdasarkan hasil penelitian waktu kontak optimum dicapai pada 45 menit dengan efisiensi adsorpsi sebesar 90,73 %. Sama halnya dengan kapasitas adsorpsi, waktu kontak optimum dicapai pada 45 menit dengan nilai kapasitas adsorpsi sebesar 0,77811 mg/g.

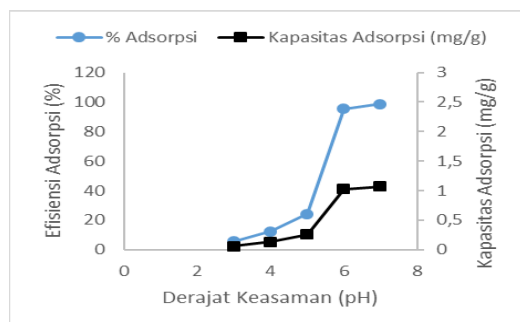


**Gambar 6** Grafik Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Kapasitas Adsorpsi dan Efisiensi Penyisihan Ion Logam Cd(II)

Dari **Gambar 6**, % efisiensi adsorpsi semakin meningkat seiring bertambahnya waktu kontak, sebab proses terjadinya difusi dan penempelan adsorbat berlangsung lebih baik seiring dengan waktu kontak yang semakin lama.

% efisiensi adsorpsi meningkat pada waktu kontak 15 menit sampai 45 menit, hal tersebut dikarenakan selulosa sabut kelapa masih mampu menyerap logam Cd(II) dengan baik. Selanjutnya pada waktu kontak 60 menit mengalami penurunan efisiensi adsorpsi sebesar 86,82 %, karena gugus aktif pada selulosa mengalami kondisi jenuh. Sehingga keaktifan selulosa sabut kelapa sebagai adsorben menurun dan terjadi proses desorpsi.

Penentuan pH optimum dari larutan Cd(II) dilakukan untuk mengetahui tingkat adsorpsi selulosa pada logam Cd(II) karena derajat keasaman (pH) dapat mempengaruhi kemampuan adsorpsi dari suatu adsorben. Untuk mencegah persaingan antara proton dengan ion logam perlu dihindari penggunaan nilai pH yang terlalu rendah, begitu pula dengan penggunaan nilai pH yang terlalu tinggi karena untuk menghindari hidroksida logam yang mungkin saja terjadi [30].



**Gambar 7** Grafik Pengaruh pH Terhadap Kapasitas Adsorpsi dan Efisiensi Penyisihan Ion Logam Cd(II)

Berdasarkan **Gambar 7** bahwa % efisiensi adsorpsi meningkat seiring dengan bertambahnya nilai pH dari pH 3 sampai pH 7. Berdasarkan penelitian Rofiansyah dan Setiarso (2016) dan Riskadita (2017) pH logam Cd(II) adalah di bawah 8 atau pH asam sampai pH 7 karena pH di atas 7 Cd(II) membentuk  $Cd(OH)_2$  [31] [32]. Dari grafik dapat dilihat bahwa hasil uji statistik menunjukkan terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara pH 3 dan pH 7 pada pengukuran kadar Cd(II). Pada pH 3 yang merupakan kondisi asam dan memiliki  $H^+$  berlebih, sehingga pada kondisi ini adanya kompetisi antara ion  $H^+$  dengan ion  $Cd^{2+}$  untuk berikatan dengan selulosa saat proses adsorpsi. Keberadaan  $H^+$  berlebih inilah yang terikat oleh selulosa menggantikan  $Cd^{2+}$ , akibatnya Cd tidak terserap banyak oleh selulosa [10]. pH optimum pada setiap adsorpsi berbagai ion logam pada *range* pH yang berbeda-beda. Hal ini karena dipengaruhi oleh jenis adsorben, ion logam yang diserap, dan konsentrasi dari ion logam.

Pada penelitian ini pH 7 dipilih sebagai pH optimum dengan % efisiensi adsorpsi sebesar 98,75 %. Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa adsorpsi Cd(II) oleh selulosa secara optimum terjadi pada pH 7 [30].

Penentuan konsentrasi optimum dilakukan dengan membandingkan variasi konsentrasi larutan Cd(II) sebesar 0,53728 ppm, 0,76481 ppm, 0,86481 ppm, 1,14321 ppm, dan 1,43624 ppm dengan waktu kontak selama 45 menit dengan pH 7 dan 0,05 g massa adsorben selulosa dari sabut kelapa. Efisiensi penyerapan pada ion logam Cd(II) oleh adsorben selulosa sabut kelapa yang teraktivasi alkali dengan menggunakan variasi konsentrasi larutan Cd(II) sebesar 0,53728 ppm, 0,76481 ppm, 0,86481 ppm, 1,14321 ppm, dan 1,43624 ppm berturut-turut adalah 96,95 %, 96,81 %, 91,46 %, 82,38 %, dan 78,14 % dengan kapasitas adsorpsi berturut-turut 0,52090, 0,73309, 0,78936, 0,93249, dan 1,11783 mg/g.

Hasil yang didapatkan pada penyerapan variasi konsentrasi ion logam berat Cd(II) dapat dilihat pada % efisiensi adsorpsi terjadi penurunan, hal ini disebabkan karena adsorben mengalami titik jenuh untuk menyerap konsentrasi larutan Cd(II) dari 0,53728 ppm sampai 1,43624 ppm. Sehingga adsorben sudah tidak mampu menyerap lagi logam Cd(II) karena serat dalam permukaan adsorben selulosa telah tertutup oleh logam berat yang telah terserap sebelumnya [33].

Kenaikan kapasitas adsorpsi pada **Gambar 8** disebabkan oleh konsentrasi pada logam Cd(II) semakin tinggi dibandingkan massa adsorben yang digunakan sama yaitu 0,05 g. Karena kondisi optimum seperti pH, massa adsorben dan waktu kontak sudah berada pada kondisi yang paling baik, sehingga adsorben akan semakin kuat untuk mengadsorpsi logam berat Cd(II).

### Penentuan model isoterm adsorpsi

**Tabel 1** Parameter Model Isoterm Adsorpsi

Model Isoterm <i>Langmuir</i>		Model Isoterm <i>Freundlich</i>	
$K_L$	0,01359	$K_f$	1,37256
$q_m$	1,11363	$1/n$	0,17977
$R^2$	0,9524	$n$	5,563
		$R^2$	0,8765

Model isoterm adsorpsi yang digunakan pada ion logam Cd(II) yaitu isoterm *langmuir* dan isoterm *freundlich*. Kedua model isoterm adsorpsi yakni isoterm *langmuir* dan isoterm *freundlich* menghasilkan persamaan garis lurus dengan

beberapa parameter-parameter seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 1**. Hasil pengamatan dari grafik isoterm adsorpsi menunjukkan bahwa adsorpsi logam Cd(II) oleh selulosa sabut kelapa yang teraktivasi NaOH lebih mengikuti isoterm *langmuir* karena dilihat dari harga koefisien relasinya ( $R^2$ ) = 0,9524 hampir mendekati satu dibandingkan dengan isoterm *freundlich* yang memiliki koefisien relasi ( $R^2$ ) = 0,8765.

Ion logam Cd(II) yang diserap oleh serat yang ada di dalam permukaan adsorben selulosa sabut kelapa yang memiliki sifat homogen dan logam tersebut teradsorpsi dalam sistem tunggal (*monolayer*), artinya ketika satu lapisan yang terbentuk di dalam permukaan selulosa maka proses adsorpsi selanjutnya tidak dapat berlangsung. Adsorpsi Cd(II) oleh selulosa berlangsung secara kemisorpsi, artinya terjadi ikatan kimia berupa ikatan ion dan ikatan kovalen pada adsorben dan adsorbat. Mekanisme ikatan tersebut terjadi ketika selulosa yang mengandung gugus hidroksil yang bermuatan negatif (anion) akan berikatan atau bertukar ion dengan adsorbat yang memiliki ion positif (kation) [34]. Hal tersebut sesuai dengan teori isoterm *langmuir*.

## SIMPULAN

Pada penelitian ini dapat disimpulkan selulosa berhasil disintesis dari sabut kelapa, ditandai dengan adanya gugus fungsi khas untuk selulosa yaitu C-O, dan C-O-C dengan bilangan gelombang berturut-turut sebesar 1230,63 dan 1058,96  $\text{cm}^{-1}$ . Hasil analisis SEM selulosa memiliki serat yang lebih mudah mengikat adsorbat dan permukaannya cukup kasar. Kondisi optimum massa selulosa yang digunakan 0,05 g, waktu kontak 45 menit, pH larutan logam Cd(II) yaitu 7, dan larutan logam yang digunakan berkonsentrasi 0,6 ppm dengan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 0,52090 mg/g dengan model isoterm yang sesuai yaitu *langmuir*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Gunung Djati Bandung dan Laboratorium Terpadu atas bantuannya dalam memberikan fasilitas peminjaman laboratorium.

## REFERENSI

[1] R. Latuconsina, "Analisis kandungan kadmium (Cd) pada air laut, Lamun *E. acoroides* dan ikan belanak di Perairan

Teluk Ambon Bagian Dalam" *Skripsi*, Universitas Hasanuddin, 2017.

- [2] Domiruddin, W. Rahmalia, and A. Shofiyani, "Kapasitas adsorpsi ion logam Cd (II) pada bioarang daun ketapang (*Terminalia catappa linn*)," *J. Kim. Khatulistiwa*, vol. 7, no. 4, pp. 83–92, 2018.
- [3] E. Wiyanto, B. Harsono, A. Makmur, R. Pangputra, Julita, and M. S. Kurniawan, "Penerapan elektrokoagulasi dalam proses penjernihan limbah cair," *JETri*, vol. 12, no. 1, pp. 19–36, 2014.
- [4] M. DaCosta, "Studi penurunan kadar logam kromium (Cr) dalam limbah buatan elektroplating menggunakan metode presipitasi dan adsorpsi," *Skripsi*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2019.
- [5] Y. Indah and D. Kartika, "Filtration of Fe(III) metal ion with chitosan-glycerol composite-membrane," *UNESA J. Chem.*, vol. 2, no. 1, pp. 125–130, 2013.
- [6] B. Y. Ratnasari, N. Fadillah, D. H. Astuti, and Sani, "Penurunan kadar ion logam berat pada air sungai Karah Surabaya dengan resin kation," *ChemPro J.*, vol. 02, no. 3, pp. 7–12, 2021.
- [7] T. Bakalár, M. Búgel, and L. Gajdošová, "Heavy metal removal using reverse osmosis," *Acta Montan. Slovaca*, vol. 14, no. 3, pp. 250–253, 2009.
- [8] M. F. Alkhatib, A. A. Mamun, and I. Akbar, "Application of Response Surface Methodology (RSM) for optimization of color removal from POME by granular activated carbon," *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, vol. 12, no. 4, pp. 1295–1302, 2015, doi: 10.1007/s13762-014-0504-4.
- [9] S. A. Mousavi, M. Mehralian, M. Khashij, and S. Parvaneh, "Methylene blue removal from aqueous solutions by Activated Carbon Prepared From *N. Microphyllum* (AC-NM): RSM analysis, isotherms and kinetic studies," *Glob. Nest J.*, vol. 19, no. 4, pp. 697–705, 2017, doi: 10.30955/gnj.002422.
- [10] A. Handayani, "Penggunaan selulosa daun nanas sebagai adsorben logam berat Cd (II)," *Skripsi*, Univ. Sebel. Maret Surakarta, 2010.
- [11] D. Mustika Putri, "Isolation of cellulose nanofiber of oil palm empty fruit bunch by steam explosion of making cellulose/graphene oxide nanocomposite film," *Thesis*, Universitas Sumatera Utara,

- 2019.
- [12] K. Anam, F. Idris, and A. D. Syakti, "Analisis kandungan logam berat Pb dan Cd pada siput gonggong (*Strombus* sp) di Perairan Kecamatan Bukit Bestari," *Buana Sains*, vol. 19, no. 1, p. 37, 2019, doi: 10.33366/bs.v19i1.1525.
- [13] T. M. Azzahra, R., "Bio-adsorben berbahan dasar limbah ampas teh (*Camellia sinensis*) sebagai agent penyerap logam Fe dan Pb pada air sungai," *J. Kinet.*, vol. 11, no. 01, pp. 65–70, 2020.
- [14] E. Anastasiou, K. O. Lorentz, G. J. Stein, and P. D. Mitchell, "Prehistoric schistosomiasis parasite found in The Middle East," *Lancet Infect. Dis.*, vol. 14, no. 7, pp. 553–554, 2014, doi: 10.1016/S1473-3099(14)70794-7.
- [15] S. T. Safitri and S. Kristianingrum, "The decreasing of Copper (Cu) and Lead (Pb) concentration in electroplating liquid waste with coconut coir adsorbent," *Sci. Tech*, vol. 3, no. 2, pp. 1–10, 2020.
- [16] D. Shinta and I. Nurhayati, "Sabut kelapa sebagai penyerap Cr (VI) dalam air limbah," *J. Tek. WAKTU*, vol. 10, no. 1, pp. 23–27, 2012.
- [17] R. Ananda, "Pemanfaatan serat kelapa sebagai alternatif pengganti kemasan berbahan plastik," *J. Seni dan Reka Ranc. J. Ilm. Magister Desain*, vol. 2, no. 1, pp. 1–14, 2021, doi: 10.25105/jsrr.v2i1.10103.
- [18] Ayuni, Ni Putu Sri dan Hastini, Putu Nilawati, "Serat sabut kelapa sebagai bahan kajian pembuatan bioetanol dengan proses hidrolisis asam," *Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 9, no. 2, pp. 2303-3142, 2020.
- [19] G. Y. Triana, "Pengaruh aktivasi dan dosis adsorben sekam padi untuk mengurangi konsentrasi methylene blue pada limbah cair industri tekstil," *Disertasi*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2015.
- [20] M. D. Lestari, Sudarmin, and Harjono, "Ekstraksi selulosa dari limbah pengolahan agar menggunakan larutan NaOH sebagai prekursor bioetanol," *Indones. J. Chem. Sci.*, vol. 7, no. 3, 2018.
- [21] S. Safaria, N. Idiawati, and T. Zaharah, "Efektivitas campuran enzim selulase dari *Aspergillus niger* dan *Trichoderma reesei* dalam menghidrolisis substrat sabut kelapa," *JKK*, vol. 2, no. 1, pp. 1–16, 2013.
- [22] Nurmilasari, Karakterisasi selulosa dari limbah serat sago (*Metroxylon sago*) menggunakan Xrd (X-Ray Diffraction). *Skripsi*, Sulawesi Selatan: Universitas Cokroaminoto Palopo, 2021.
- [23] A. Sofia, A. T. Prasetya, and E. Kusumastuti, "Indonesian journal of chemical science komparasi bioplastik kulit labu kuning-kitosan dengan plasticizer dari berbagai variasi sumber gliserol," *Indones. J. Chem. Sci.*, vol. 6, no. 2, pp. 111–115, 2017
- [24] S. Siddika, F. Mansura, M. Hasan, and A. Hassan, "Effect of reinforcement and chemical treatment of fiber on the properties of jute-coir fiber reinforced hybrid polypropylene composites," *Fibers Polym.*, vol. 15, no. 5, pp. 1023–1028, 2014, doi: 10.1007/s12221-014-1023-0.
- [25] A. Alawar, A. M. Hamed, and K. Al-Kaabi, "Characterization of treated fate palm tree fiber as composite reinforcement," *Compos. Part B Eng.*, vol. 40, no. 7, pp. 601–606, 2009.
- [26] K. J. Wong, B. F. Yousif, and K. O. Low, "The effects of alkali treatment on the interfacial adhesion of bamboo fibres," *Proc. Inst. Mech. Eng. Part L J. Mater. Des. Appl.*, vol. 224, no. 3, pp. 139–148, 2010.
- [27] A. Setiawan, V. Setiani, F. Hardiyanti, and D. Puspitasari, "Pengaruh treatment alkali terhadap karakteristik fiber sabut kelapa sawit dan pelepah pisang sebagai bahan komposit polimer," *J. Res. Technol.*, vol. 5, no. 2, pp. 2460–5972, 2019.
- [28] V Amalia, E Ernawati, EP Hadisantoso, Y Rohmatulloh, "HVS Wastepaper as Low-Cost Adsorbent for Pb(II) Treatment." *Pak. J. Anal. Environ. Chem.*, vol. 23, no. 1, pp. 61-69, 2022.
- [29] Z. Octarya and Y. Andriani, "Pembuatan adsorben dari rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) Untuk menurunkan kadar logam kadmium (Cd) dalam limbah cair," *Pros. Semin. Nas. Pelestarian Lingkung.*, no. November, pp. 235–240, 2019.
- [30] R. Kusumawardani, T. A. Zaharah, and L. Destiarti, "Adsorpsi kadmium(II) menggunakan adsorben selulosa ampas tebu teraktivasi asam nitrat," *J. Kim. Khatulistiwa*, vol. 7, no. 3, pp. 75–83, 2018.
- [31] A. Rofiansyah and P. Setiarso, "Determination of Cd (II) at waste of factory



- using carbon electrode pasta modified zeolite by cyclic stripping voltametry,” *Pros. Semin. Nas. Kim. dan Pembelajarannya*, no. September, 2016.
- [32] R. Riskadita, “Pengaruh pH, lama kontak, dan konsentrasi pada adsorpsi ion logam  $Cd^{2+}$  menggunakan kitosan-silika,” *Thesis*, Universitas Brawijaya, 2017.
- [33] M. Fajar, “Adsorpsi ion logam berat Cd, Cu, dan Pb menggunakan kulit kacang tanah (*Arachis Hypogaea. L.*),” *Skripsi*, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, 2019.
- [34] Z. A. AlOthman, M. A. Habila, R. Ali, A. Abdel Ghafar, and M. S. El-din Hassouna, “Valorization of two waste streams into activated carbon and studying its adsorption kinetics, equilibrium isotherms and thermodynamics for methylene blue removal,” *Arab. J. Chem.*, vol. 7, no. 6, pp. 1148–1158, 2014, doi: 10.1016/j.arabjc.2013.05.007.