

Adsorpsi Logam Cd Pada Limbah Cair Laboratorium Menggunakan Adsorben Arang Aktif Dari Kulit Buah Matoa

Anita Karunia Zustriani¹, Naila Lajja Zulfa Faza²

^{1,2}Universitas Islam Negeri Wali Songo Semarang

Jl. Prof. Dr. Hamka Kampus III Ngaliyan Semarang 50185

Email : anitazustriani@walisongo.ac.id¹, nailajja02@gmail.com²

Abstrak

Research on the uptake of cadmium (Cd) metal ions in wastewater using activated charcoal adsorbents from matoa fruit peels has been conducted. The purpose of this research was to provide solutions on handling and processing of heavy metal waste in the laboratory. The adsorption method was used for this purpose. Adsorbent activation process using nitric acid activator. The results showed that the optimum conditions of the adsorption process were pH 9, contact time of 40 minutes, and adsorbent mass of 0,25 grams. At optimum conditions, the adsorption efficiency of cadmium (Cd) metal ions by matoa fruit peels adsorbent was 61,96% and the adsorption capacity was 6.244 mg/g.

Kata kunci: matoa fruit peels adsorbent, adsorption, cadmium metal ion

Abstract

Penelitian tentang penyerapan ion logam kadmium (Cd) dalam air limbah menggunakan adsorben arang aktif dari kulit buah matoa telah dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah memberikan solusi penanganan dan pengolahan limbah logam berat di laboratorium. Metode adsorpsi digunakan untuk tujuan tersebut. Proses aktivasi adsorben menggunakan aktivator asam nitrat. Hasil penelitian menunjukkan kondisi optimum proses adsorpsi yaitu pada pH 9, waktu kontak 40 menit, dan massa adsorben 0,25 gram. Pada kondisi optimum, efisiensi adsorpsi ion logam kadmium (Cd) oleh adsorben kulit buah matoa sebesar 61,96% dan kapasitas adsorpsinya 6.244 mg/g.

Keywords: adsorben kulit buah matoa, adsorpsi, ion logam kadmium

I. Pendahuluan

Limbah cair laboratorium umumnya memiliki derajat keasaman (pH) yang sangat rendah, yang artinya sangat asam. Limbah yang sangat asam jika langsung dibuang ke lingkungan dapat merusak jaringan hidup (baik hewan maupun tumbuhan) yang dilaluinya, karena asam bersifat korosif, sehingga diperlukan proses pengolahan yang efektif sebelum dapat membuang limbah cair ke perairan bebas. Disamping memiliki pH yang rendah, limbah cair laboratorium juga mengandung logam-logam berat. Logam berat menjadi masalah utama pencemaran karena logam berat bersifat racun dan tidak dapat terurai, sehingga limbah logam berat membutuhkan penanganan khusus.

Beberapa metode untuk pengolahan limbah logam berat diantaranya presipitasi dan koagulasi, oksidasi kimia, sedimentasi, filtrasi, pemisahan dengan membran, dan pertukaran ion. Diantara beberapa metode yang ada, adsorpsi lebih sering digunakan karena lebih bersih, lebih efisien, dan lebih murah (Gilbert, et. al., 2011). Adsorpsi terjadi karena adanya interaksi antara permukaan adsorben dengan molekul adsorbat (Abas, et. al., 2013). Kation logam berat dalam limbah cair dapat diserap di permukaan adsorben sehingga konsentrasinya dalam larutan akan menurun. Adsorpsi juga dapat menjernihkan

warna limbah dan menghilangkan bau yang ada karena mampu menyerap gas dan partikel yang terkandung dalam limbah cair.

Karbon aktif dan silika gel merupakan adsorben konvensional yang banyak digunakan dalam proses adsorpsi. Adsorben tersebut mempunyai kemampuan adsorpsi yang baik, tetapi relatif mahal. Upaya pencarian adsorben alternatif yang lebih murah baru-baru ini meningkat, terutama adsorben alternatif yang berasal dari alam atau biosorben (Jun Dai, et. al., 2012). Diantara beberapa adsorben alternatif yang berasal dari limbah pertanian, yang menarik adalah penggunaan kulit buah matoa. Kulit buah matoa memiliki kandungan selulosa yang tinggi yaitu sekitar 50%, lebih tinggi jika dibandingkan dengan bahan lain seperti jerami padi yang memiliki kandungan selulosa 27-34% dan ampas tebu yang memiliki kandungan selulosa 36-40% (Aning Ayucitra, 2017). Kulit buah matoa memiliki kandungan selulosa yang tinggi, yang berarti memiliki kandungan karbon yang tinggi, sehingga kulit buah matoa dapat digunakan sebagai adsorben (biosorben). Semakin tinggi kandungan karbon, semakin baik kemampuannya sebagai adsorben.

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi nyata terhadap penanganan limbah cair khususnya limbah logam berat di Laboratorium Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo, serta mengurangi limbah pertanian dengan memanfaatkan kulit buah matoa.

II. Bahan dan Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.

Bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain kulit buah matoa, limbah cair laboratorium, soda *caustic* (NaOH), asam nitrat, asam klorida, $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, dan akuades.

Limbah cair laboratorium yang digunakan untuk penelitian adalah limbah cair yang berasal dari sisa kegiatan praktikum di Laboratorium Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang. Sebagai akibat dari banyaknya kegiatan praktikum di laboratorium, menghasilkan limbah yang sangat banyak terutama limbah cair, termasuk limbah logam berat dalam konsentrasi tinggi.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian antara lain alat-alat gelas, neraca analitik, oven, *furnace*, desikator, *magnetic stirrer*, pH meter, *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS), dan SEM (*Scanning Electron Microscopes*). AAS digunakan untuk menganalisis kandungan logam berat dalam sampel. SEM digunakan untuk karakterisasi adsorben.

Cara kerja dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

A. Pembuatan Adsorben

Kulit buah matoa dipotong kecil-kecil lalu dicuci dengan air bersih, kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari. Setelah itu, direndam dengan larutan NaOH 6% (perbandingan 1:15) selama 12 jam pada suhu kamar. Selanjutnya kulit buah matoa ditiriskan, dicuci dengan akuades hingga netral, dan dikeringkan dalam oven pada suhu 70°C selama 24 jam. Kulit buah matoa yang sudah kering, dimasukkan ke dalam *furnace*

pada suhu 300⁰C (sampai menjadi arang). Setelah dingin dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan 80 mesh, kemudian dikarakterisasi menggunakan SEM-EDX.

B. Aktivasi Adsorben

Sebanyak 18 gram adsorben kulit buah matoa dimasukkan ke dalam gelas kimia, ditambahkan asam nitrat 1 M sebanyak 180 mL (perbandingan 1:10), direndam selama ±1 jam, kemudian disaring dan dicuci dengan akuades hingga pH netral. Setelah netral, dikeringkan dalam oven pada suhu 70⁰C selama 24 jam, didinginkan dalam desikator, kemudian dikarakterisasi menggunakan SEM-EDX.

C. Pembuatan Limbah Artifisial

Limbah artifisial (limbah buatan) Cd(CH₃COO)₂.2H₂O dibuat dengan konsentrasi 30 mg/L, yaitu dengan menimbang Cd(CH₃COO)₂.2H₂O sebanyak 0,0711 gram dan dilarutkan dengan akuades, ditepatkan dalam labu ukur 1000 mL.

D. Penentuan pH, Waktu Kontak, dan Massa Adsorben Optimum

Masing-masing sebanyak 0,1 gram adsorben kulit buah matoa dimasukkan ke dalam 8 buah gelas kimia, kemudian ditambahkan 50 mL larutan Cd(CH₃COO)₂.2H₂O 30 mg/L. Larutan dikondisikan pada berbagai variasi pH yaitu pada pH 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, dan 11 dengan penambahan asam atau basa. Filtrat diukur absorbansinya menggunakan AAS.

Masing-masing sebanyak 0,1 gram adsorben kulit buah matoa dimasukkan ke dalam 5 buah gelas kimia, kemudian ditambahkan 50 mL larutan Cd(CH₃COO)₂.2H₂O 30 mg/L. Larutan dikondisikan pada pH optimum (hasil pada tahap sebelumnya), kemudian diaduk menggunakan magnetic stirrer dengan variasi waktu 20, 40, 60, 80, dan 100 menit. Filtrat diukur absorbansinya menggunakan AAS.

Adsorben kulit buah matoa ditimbang dengan variasi massa, yaitu 0,1 gram, 0,25 gram, 0,5 gram, dan 1 gram. Masing-masing kemudian ditambahkan dengan 50 mL larutan Cd(CH₃COO)₂.2H₂O 30 mg/L, diatur pH nya pada pH optimum, kemudian diaduk menggunakan magnetic stirrer selama waktu optimum (hasil pada tahap sebelumnya). Filtrat diukur absorbansinya menggunakan AAS.

E. Aplikasi Adsorben pada Air Limbah

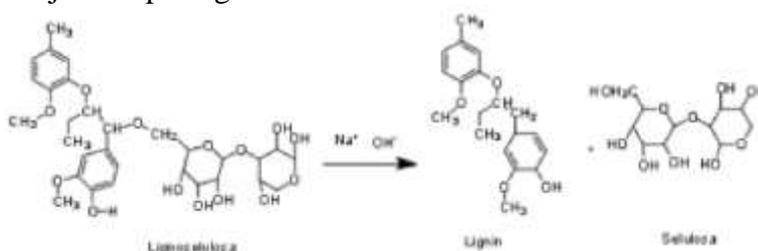
Adsorben kulit buah matoa ditimbang sesuai massa optimum, kemudian dimasukkan ke dalam gelas kimia yang berisi 50 mL air limbah. Dikondisikan pada pH optimum, kemudian diaduk menggunakan magnetic stirrer selama waktu optimum. Filtrat diukur absorbansinya menggunakan AAS. Residu/endapan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 70⁰C selama 24 jam, kemudian dikarakterisasi menggunakan SEM-EDX.

III. Hasil dan Pembahasan

A. Pembuatan Adsorben

Kulit buah matoa memiliki kandungan lignin sebesar 28,24% (Aning Ayucitra, 2017). Menurut Gunam (2011), lignin dalam selulosa berperan sebagai pelindung selulosa terhadap serangan enzim pemecah selulosa, sehingga menyebabkan bahan yang mengandung selulosa menjadi keras dan menghambat selulosa untuk berikatan dengan ion logam. Untuk menghilangkan kandungan lignin, maka dilakukan proses delignifikasi.

Proses delignifikasi dilakukan dengan penambahan larutan NaOH 6%, karena larutan NaOH dapat merusak lignin. Dalam penelitian Rambat (2015), dinyatakan bahwa proses delignifikasi menggunakan larutan NaOH dapat menurunkan kadar lignin sebesar 19,11%. NaOH dapat memisahkan lignin itu sendiri. Ikatan yang terpisah adalah ikatan hidrogen yang menghubungkan lignin dengan selulosa. Reaksi pemutusan ikatan lignin dan selulosa ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Mekanisme pemutusan ikatan lignin dan selulosa

Kulit buah matoa yang telah dikeringkan kemudian dipanaskan dalam furnace pada suhu 300°C sampai menjadi arang. Pengarangan kulit buah matoa bertujuan untuk menghilangkan zat-zat yang mudah menguap dan mengurai senyawa organik yang terdapat pada kulit buah matoa.



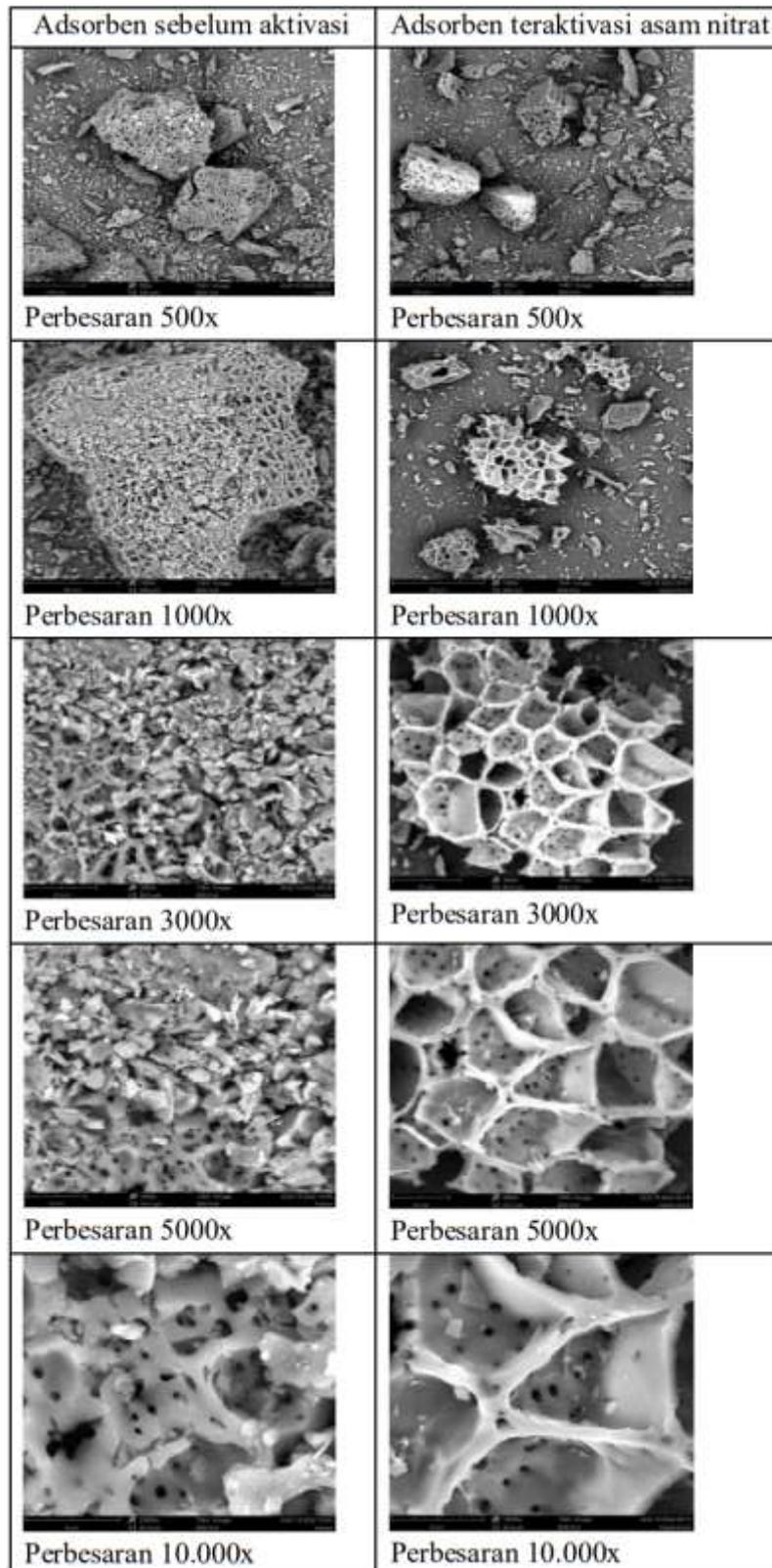
Gambar 2. Kulit buah matoa



Gambar 3. Arang kulit buah matoa

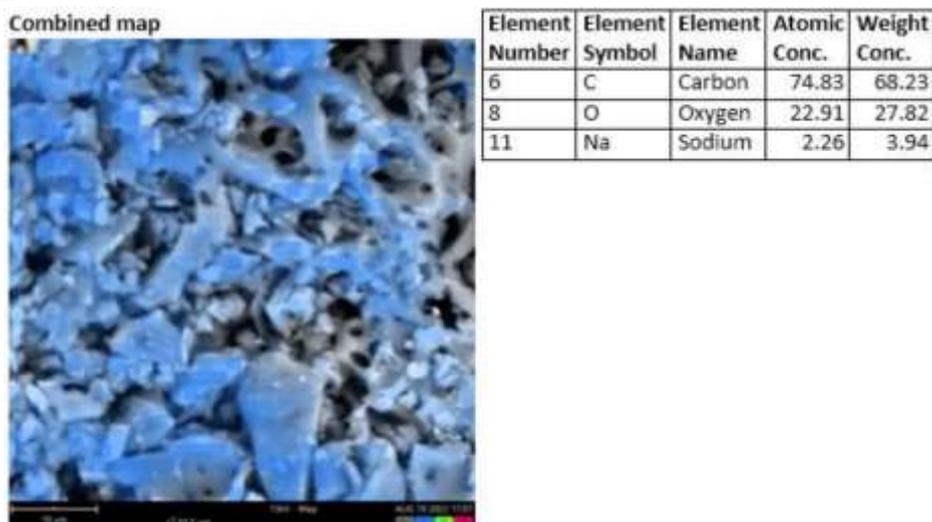
B. Aktivasi Adsorben

Proses aktivasi bertujuan untuk menghilangkan zat pengotor yang ada pada arang kulit buah matoa, serta untuk melarutkan mineral yang ada pada arang kulit buah matoa sehingga dapat membentuk gugus hidroksil (-OH) yang akan berikatan dengan ion logam. Zat pengaktivasi/aktivator yang digunakan adalah asam nitrat 1 M. Arang/adsorben kulit buah matoa, baik sebelum maupun yang telah diaktivasi kemudian dikarakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopes (SEM)* dengan EDX (*Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy*). Hasil karakterisasi ditunjukkan pada gambar 4.



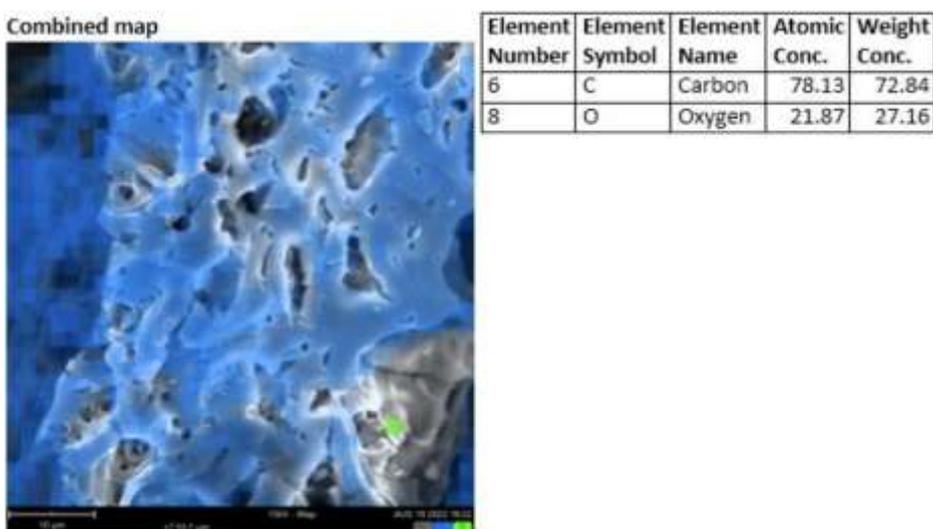
Gambar 4. Perbandingan bentuk morfologi arang/adsorben kulit buah matoa

Hasil analisis pada adsorben yang belum diaktivasi, yaitu bentuk pori tidak beraturan dan masih terdapat pengotor. Sedangkan pada adsorben yang teraktivasi asam nitrat, memiliki struktur pori yang lebih teratur dan ukuran pori lebih besar. Proses aktivasi bertujuan melarutkan zat pengotor yang masih menempel pada adsorben, sehingga akan memperbesar ukuran pori adsorben. Ukuran pori dapat mempengaruhi proses adsorpsi, karena berpengaruh pada molekul adsorbat yang diserap. Jika ukuran pori adsorben lebih besar dari ukuran adsorbat, maka dapat mengadsorpsi lebih banyak adsorbat. Pengujian EDX dilakukan untuk mengidentifikasi kandungan unsur pada adsorben.



Gambar 5. Hasil analisis EDX pada adsorben kulit buah matoa sebelum diaktivasi

Kandungan unsur karbon pada adsorben kulit buah matoa cukup tinggi yaitu 68,23%, sehingga menjadi alternatif yang baik untuk dijadikan biosorben. Suatu material dengan kandungan karbon yang tinggi memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi lebih tinggi daripada material dengan kandungan karbon yang lebih rendah.



Gambar 6. Hasil analisis EDX pada adsorben kulit buah matoa teraktivasi asam nitrat

Pada adsorben kulit buah matoa teraktivasi asam nitrat, terdapat kandungan unsur karbon sebesar 72,84% dan oksigen 27,16%. Setelah diaktivasi menggunakan asam nitrat 1 M, kandungan karbon pada adsorben meningkat.

C. Penentuan pH, Waktu Kontak, dan Massa Adsorben Optimum

Potensial hidrogen optimum atau pH optimum pada adsorben teraktivasi asam nitrat adalah pH 9. Pada pH 9, adsorben kulit buah matoa mampu mengadsorpsi ion logam Cd sebesar 27,03 mg/L, dengan efisiensi adsorpsi sebesar 90,1%, seperti ditunjukkan pada tabel 1. Pada $\text{pH} \geq 8$ ion Cd^{2+} akan teradsorpsi dengan baik, namun pada $\text{pH} \geq 8$ tidak hanya terjadi proses adsorpsi tetapi juga terjadi proses pengendapan dalam larutan. Pada kondisi pH basa, akan terbentuk spesi hidroksi $\text{Cd}(\text{OH})_2$ yang mudah mengendap (Wijaya & Ulfin, 2015). Penurunan konsentrasi/kadar ion logam Cd pada pH 9 tidak hanya disebabkan oleh proses adsorpsi, tetapi juga karena ada proses pengendapan.

Tabel 1. Penentuan pH optimum

pH	Massa Adsorben (gr)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Konsentrasi teradsorb (mg/L)
4	0,1	30	21,73	8,27
5	0,1	30	11,65	18,35
6	0,1	30	8,50	21,5
7	0,1	30	6,91	23,09
8	0,1	30	3,06	26,94
9	0,1	30	2,97	27,03
10	0,1	30	4,64	25,36
11	0,1	30	14,82	15,18

Waktu kontak optimum untuk adsorpsi ion logam Cd ditentukan untuk mengetahui kemampuan adsorben kulit buah matoa dalam mengadsorpsi ion logam Cd selama waktu tertentu. Hasil penelitian untuk variasi waktu kontak dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Penentuan waktu kontak optimum

t (menit)	Massa Adsorben (gr)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Konsentrasi teradsorb (mg/L)
20	0,1	30	2,87	27,13
40	0,1	30	1,72	28,28
60	0,1	30	2,82	27,18
80	0,1	30	2,23	27,77
100	0,1	30	2,63	27,37

Berdasarkan tabel 2 dapat dilihat bahwa waktu kontak optimum adalah pada waktu 40 menit. Pada waktu 40 menit, adsorben kulit buah matoa mampu mengadsorpsi ion logam Cd sebesar 28,28 mg/L, dengan efisiensi adsorpsi 94,27%. Waktu kontak antara adsorben dan adsorbat yang melebihi waktu kontak optimum menyebabkan proses desorpsi dan lemahnya interaksi antara ion logam dengan adsorben (Pratomo, 2017).

Massa adsorben juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi. Semakin banyak massa adsorben yang digunakan, semakin efektif proses adsorpsi terjadi (Falahiyah, 2015). Hal ini disebabkan karena bertambahnya luas permukaan adsorben, sehingga ion-ion logam lebih banyak teradsorpsi pada permukaan adsorben/biosorben tersebut (M.A. Ashraf, dkk., 2010). Penentuan massa adsorben optimum ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Penentuan massa optimum adsorben

Massa Adsorben (gr)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Konsentrasi teradsorb (mg/L)
0,1	30	5,69	24,31
0,25	30	5,47	24,53
0,5	30	10,28	19,72
1	30	8,65	21,35

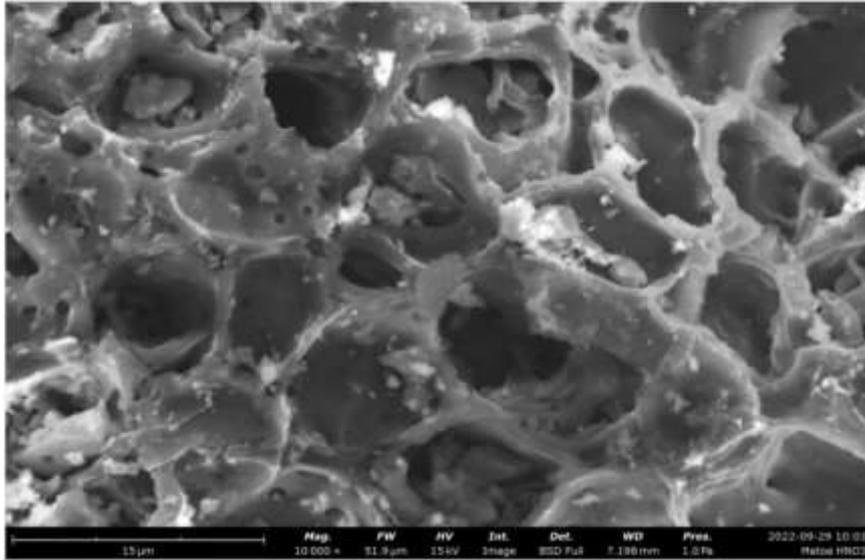
Berdasarkan tabel 3 dapat dilihat bahwa massa optimum dalam proses adsorpsi ion logam Cd oleh adsorben kulit buah matoa adalah 0,25 gram. Dengan massa adsorben 0,25 gram, mampu mengadsorpsi ion logam Cd sebesar 24,53 mg/L, dengan efisiensi adsorpsi 81,77%.

D. Aplikasi Adsorben pada Air Limbah

Proses adsorpsi ion logam Cd pada limbah cair laboratorium dilakukan pada kondisi pH 9, waktu kontak 40 menit, dan massa adsorben 0,25 gram. Limbah cair laboratorium mengandung ion logam Cd sebesar 50,39 mg/L. Setelah proses adsorpsi, ion logam Cd yang terdeteksi sebesar 19,17 mg/L, sehingga ion logam Cd yang teradsorpsi adalah 31,22 mg/L. Dari hasil tersebut, dapat dihitung efisiensi adsorpsinya yaitu sebesar 61,96% dan kapasitas adsorpsinya sebesar 6.244 mg/g.

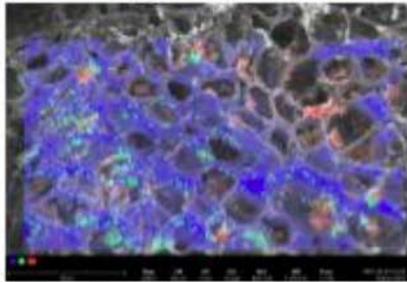
Adsorben kulit buah matoa yang telah digunakan untuk proses adsorpsi, kemudian dikarakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopes* (SEM) dengan EDX (*Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy*). Hasil karakterisasinya ditunjukkan pada gambar 7.

Pada gambar 7 terlihat bahwa ada bagian permukaan adsorben yang terang, menunjukkan posisi terikatnya ion logam Cd. Hal tersebut diperjelas dengan hasil analisis menggunakan EDX (*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*).



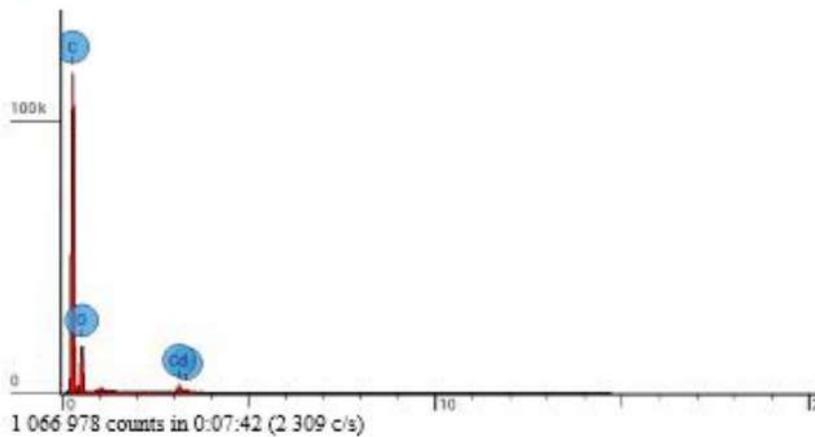
Gambar 7. Bentuk morfologi adsorben kulit buah matoa setelah proses adsorpsi pada perbesaran 10.000x

Combined map



FW: 104 µm, Mode: 15 kV - Image, Detector: BSD Full, Time: 9/29/22 10:02 AM

Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
6	C	Carbon	74.519	63.400
8	O	Oxygen	24.351	27.600
48	Cd	Cadmium	1.130	9.000



Disabled elements: -

Gambar 8. Hasil analisis EDX pada adsorben setelah proses adsorpsi

Gambar 8 menunjukkan kandungan unsur pada permukaan adsorben setelah proses adsorpsi. Unsur-unsur yang terdeteksi adalah karbon (C) sebesar 63,40%, oksigen (O) sebesar 27,60%, dan kadmium (Cd) sebesar 9,00%. Terdeteksi adanya kandungan ion logam kadmium (Cd) pada permukaan adsorben, membuktikan bahwa adsorben kulit buah matoa benar-benar dapat mengadsorp ion logam Cd pada limbah cair laboratorium.

IV. Kesimpulan

Adsorben kulit buah matoa merupakan adsorben yang efektif untuk mengadsorp ion logam kadmium (Cd).

Kondisi optimum proses adsorpsi yaitu pada pH 9, waktu kontak 40 menit, dan massa adsorben 0,25 gram.

Pada kondisi optimum, efisiensi adsorpsi ion logam kadmium (Cd) oleh adsorben kulit buah matoa sebesar 61,96% dan kapasitas adsorpsinya 6.244 mg/g.

V. Ucapan Terima kasih

Terima kasih kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian ini.

Terima kasih setulus-tulusnya untuk semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini, mulai dari penyediaan buah matoa sampai terselesaikannya penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Abas, et. al., 2013, Adsorption Process of Heavy Metals by Low-Cost Adsorbent: A Review, *World Applied Sciences Journal* 28(11), 1518-1530.
- [2] Aning Ayucitra, & A. H. K. C. H. G., 2017, Pemanfaatan Kulit Buah Matoa Sebagai Kertas Serat Campuran Melalui Proses Pretreatment dengan Bantuan Gelombang Mikro dan Ultrasonik, *Jurnal Ilmiah Widya Teknik*, 16.
- [3] Falahiyah, 2015, Adsorpsi Methylene Blue Menggunakan Abu dari Sabut dan Tempurung Kelapa Teraktivasi Asam Sulfat, UIN Maulana Malik Ibrahim, Malang.
- [4] Gilbert, et. al., 2011, Biosorptive Removal of Pb²⁺ and Cd²⁺ Onto Novel Biosorbent: Defatted Carica papaya Seeds, *Journal of Biomass and Bioenergy* 35, 2517-2525.
- [5] Gunam, Ida Bagus Wayan, Wartini, N. M., Anggreni, dan Suparyana, P., 2011, Delignifikasi Ampas Tebu dengan Larutan Natrium Hidroksida Sebelum Proses Sakaraifikasi Secara Enzimatis Menggunakan Enzim Selulase Kasar, *Jurnal Teknologi Indonesia*, 34.
- [6] Jun Dai, et. al., 2012, Adsorption of Cr(VI) and Speciation of Cr(VI) and Cr(III) in Aqueous Solutions Using Chemically Modified Chitosan, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 9, 1757-1770.
- [7] M.A. Ashraf, M.J. Maah, and I. Yusoff, 2010, Study of Banana Peel (*Musa sapientum*) as a Cationic Biosorben, *American-Eurasian J. Agric & Environ Sci*, Vol.8(1): 7-17.

-
- [8] Pratomo, S. W., Mahatmanti, F. W., & Sulistyaningsih, T., 2017, Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi H₃PO₄ Sebagai Adsorben Ion Logam Cd(II) dalam Larutan, *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6(2), 161-167.
- [9] Rambat, R., Aprilita, N. H., & Rusdiarso, B., 2015, Aplikasi Limbah Kulit Buah Kakao Sebagai Media Fermentasi Asam Laktat Untuk Bahan Baku Bioplastik, In *Jurnal Kimia dan Kemasan*, vol.37, issue 2.
- [10] Wijaya, V. C. & Ulfin, I., 2015, Pengaruh pH Pada Adsorpsi Ion Cd²⁺ dalam Larutan, *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 4(2).