

PEMANFAATAN KITOSAN DAN KARBON AKTIF DARI AMPAS TEH DALAM MENURUNKAN LOGAM KADMIUM DAN ARSEN PADA LIMBAH INDUSTRI PT X

DHONNY SUWAZAN¹, NISA NURHIDAYANTI², ANGGA BAHRUL FAHMI³,
AGUS RIYADI⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pelita Bangsa, Kabupaten Bekasi

²Program Doktor Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Email : nisa.kimia@pelitabangsa.ac.id

ABSTRAK

Industri tekstil merupakan salah satu komoditas unggulan industri di Indonesia. Proses produksi tekstil menggunakan bahan pewarna berupa dyes yang berpotensi menghasilkan logam berat yang berbahaya di dalam air limbahnya. Salah satu metode penyisihan logam berat pada limbah yaitu menggunakan metode adsorpsi menggunakan biosorben. Pada penelitian ini telah berhasil disintesis adsorben hasil kombinasi kitosan dan karbon aktif dari ampas teh. Hasil karakterisasi diperoleh kadar karbon terikat sebesar 78,09%. Tahap awal dilakukan pengujian kandungan logam berat pada PT X dan diperoleh kandungan awal logam kadmium (Cd) sebesar 1,15 mg/L dan logam arsen (As) sebesar 5,74 mg/L. Biosorben kombinasi kitosan dan karbon aktif dari ampas teh diaplikasikan sebagai adsorben dalam penghilangan logam berat kadmium (Cd) dan arsen (As) pada limbah industri tekstil PT X dengan variasi massa adsorben. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan penambahan karbon aktif sebesar 1,4 gr menghasilkan persen efektivitas tertinggi dalam penghilangan logam berat kadmium (Cd) sebesar 92,50% dan arsen (As) sebesar 85,32%.

Kata kunci: biosorben, kitosan, ampas teh, kadmium, arsen

ABSTRACT

The textile industry is one of the leading industrial commodities in Indonesia. The textile production process uses dyes in the form of dyes which have the potential to produce hazardous heavy metals in the wastewater. One method of removing heavy metals in waste is using the adsorption method using a biosorbent. In this research, an adsorbent from the combination of chitosan and activated carbon has been synthesized from tea dregs. The results of the characterization obtained bound carbon content of 78.09%. The initial stage was testing the heavy metal content of PT X and obtained the initial metal content of cadmium (Cd) of 1.15 mg/L and metal of arsenic (As) of 5.74 mg/L. The combination of chitosan and activated carbon biosorbent from tea pulp was applied as an adsorbent in the removal of heavy metals cadmium (Cd) and arsenic (As) in textile industry waste PT X with variations in adsorbent mass. The results showed that the addition of activated carbon of 1.4 g resulted in the highest percentage of effectiveness in the removal of heavy metals cadmium (Cd) of 92.50% and arsenic (As) of 85.32%.

Keywords: biosorbent, chitosan, tea dregs, cadmium, arsenic

1. PENDAHULUAN

Industri tekstil merupakan salah satu komoditas unggulan industri di Indonesia, berdasarkan Direktorat Jenderal Pengembangan Ekspor Nasional Kementerian Perdagangan dengan produk akhir berupa serat, benang, kain, hingga garmen (pakaian jadi). Indonesia berada pada posisi ketujuh eksportir tekstil dunia dengan kontribusi 2,5% dari total produksi tekstil di dunia (Pradana, 2015). Dalam proses produksi material tekstil, umumnya digunakan dyes sebagai bahan pewarna yang logam-logam berat seperti timbal (Pb), kromium (Cr), kadmium (Cd), tembaga (Cu), Seng (Zn), arsen (As), besi (Fe), merkuri (Hg), magnesium (Mg), dan sulfur (S). Dari penggunaan *dyes* sebagai bahan pewarna inilah yang digunakan inilah akan dihasilkan limbah cair dengan kandungan logam berat yang tinggi dan dapat berbahaya bagi makhluk hidup dan lingkungan jika tidak diolah dengan baik dan benar (Panighari & Santhoskumar, 2020). Logam berat merupakan unsur kimia penting yang dibutuhkan oleh makhluk hidup, contohnya logam berat esensial seperti selenium (Se), tembaga (Cu), zink (Zn) dan besi (Fe) dibutuhkan untuk menjaga metabolisme tubuh manusia. Sedangkan logam berat nonesensial (elemen mikro) seperti timbal (Pb), merkuri (Hg), arsenik (As), dan kadmium (Cd) tidak mempunyai fungsi di dalam tubuh manusia, dan sangat berbahaya sehingga dapat menyebabkan keracunan pada manusia (Adhani dkk., 2017).

Proses penyisihan logam berat yang telah dilakukan menggunakan beberapa cara alternatif salah satunya adalah proses adsorpsi. Adsorpsi adalah proses dimana molekul cairan menyentuh dan menempel ke permukaan padatan. Berbagai zat dapat digunakan sebagai adsorben untuk proses adsorpsi (Pratiwi & Prinajati, 2018). Metode adsorpsi memiliki beberapa kelebihan diantaranya adalah pengolahannya relatif sederhana, dan efisiensinya relatif tinggi, efektif serta tidak memberikan dampak buruk terhadap lingkungan (Botahala, 2019).

Kitosan merupakan salah satu biomaterial yang bersifat polikationik dan dapat mengadsorpsi logam berat dan pewarna tekstil dalam air limbah karena kemampuan mengikat logam yang unggul, tersedia dalam jumlah banyak dan biayanya yang relatif terjangkau jika dibandingkan dengan adsorben lain, misalnya, karbon aktif, dan biochars (Iriana, 2018; Singh dkk., 2020). Metode adsorpsi dengan karbon aktif terbukti memiliki efektivitas dalam menurunkan kadar logam berat pada limbah, dengan efisiensi 78% terhadap ion Cd^{2+} (Malik dkk., 2019). Modifikasi kitosan dapat meningkatkan ketahanan terhadap kondisi asam (Iparraguirre dkk., 2010). Ampas teh juga telah diidentifikasi sebagai biosorben logam berat yang baik, karena memiliki senyawa selulosa sebanyak 37% dan juga lignin (Kim et al., 2018; Wijaya *et al.*, 2020). Pemanfaatan teh sebagai biosorben mempunyai efisiensi adsorpsi sebesar 125 mg/g untuk timbal dan 142,9 mg/g untuk kadmium (Seema, 2020). Dan laju adsorpsi sebesar 197,5 mg/g untuk kromium (Usman, 2020). Efektivitas biosorben ampas daun teh mampu meningkatkan proses penyerapan logam arsen dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0,412 mg/g (Yang dkk., 2016).

PT X merupakan perusahaan yang bergerak di bidang tekstil yang memproduksi bahan jeans. Dalam proses pewarnaan tekstil digunakan bahan pewarna (*dyes*), sehingga pada proses produksinya menghasilkan limbah cair yang mengandung ion logam berat. Inklusi logam pada bahan pewarna mengakibatkan pergeseran batokromik yang akan menghasilkan pewarnaan yang baik dari bahan pewarna terhadap tekstil, dan dari inklusi logam inilah dihasilkan limbah dengan kandungan logam berat yang melebihi batas maksimum baku mutu (Velusamy dkk., 2021). Berdasarkan hasil pengujian pendahuluan sampel air limbah dari PT X diperoleh hasil konsentrasi logam Cd sebesar 1,15 mg/L dan As sebesar

5,74 mg/L. Berdasarkan data tersebut diperoleh kesimpulan bahwa konsentrasi logam Cd dan As melebihi dari baku mutu yang telah ditetapkan (Menteri LHK, 2020). Hal tersebut mengindikasikan pentingnya menurunkan kadar logam berat tersebut agar tidak berdampak pada lingkungan dan manusia.

Pada kesempatan ini peneliti mencoba memanfaatkan biosorben kombinasi kitosan dan karbon aktif dari ampas teh untuk menurunkan konsentrasi kadmium dan arsen dalam limbah cair industri PT X. Penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi PT X untuk membangun instalasi pengolahan air limbah (IPAL) sederhana dengan menggunakan adsorben alami tersebut sehingga dapat menurunkan kadar logam berat dan menjadi nilai tambah bagi lingkungan.

2. METODE

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif dengan data eksperimen dari laboratorium.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium uji PT. TÜV NORD Indonesia, yang beralamat di Jl. Science Timur 1 blok B3-F1 kawasan Industri Jababeka 5 Cibatu Cikarang, Bekasi 17530 mulai dari tahap pengambilan sampel sampai dengan pengujian. Penelitian ini dilakukan selama enam bulan, yaitu pada bulan Februari 2021 sampai dengan September 2021.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian untuk analisis gugus fungsi dan morfologi permukaan biosorben menggunakan FT-IR dan SEM-EDS, kemudian untuk menentukan kadar logam berat menggunakan *Atomic Adsorption Spectroscopy* (AAS) dengan spesifikasi Agilent Technologies 200 Series AA with Graphite Tube Atomizer (GTA) 120. Alat penelitian dapat dilihat seperti pada **Gambar 1**:



Gambar 1. Atomic Adsorption Spectroscopy

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah kitosan dari udang windu sebanyak 12 gram dan ampas teh kemasan sebanyak 50 gram. Serta larutan standar/induk yang digunakan yaitu Larutan induk Cd^{2+} 1000 mg/L (p.a, Merck) dan Larutan induk As^{3+} 1000 mg/L (p.a, Merck).

Prosedur Penelitian Pengambilan Air Limbah

Sampel yang dibutuhkan diambil secara *grab sampling* dengan jumlah volume sesuai yang dibutuhkan dan dimasukkan ke dalam wadah yang telah dicuci sampai bersih dan dibilas menggunakan HNO₃ 1:1 dan dibilas kembali menggunakan *aquabidest*. Kemudian sampel dimasukkan ke dalam alat penyaring dengan kertas saring ukuran pori 0,45 µm lalu ditampung ke dalam wadah untuk dianalisis (**SNI 6989.58: 2008**).

Penelitian Pendahuluan

Uji kualitas air limbah ini digunakan untuk mengetahui kandungan awal limbah cair sebelum melalui proses perlakuan penurunan menggunakan biosorben kitosan dan karbon aktif dari ampas kopi. Pada penelitian pendahuluan dilakukan pengukuran logam berat sengan sampel air limbah PT X sebanyak 100 gram menggunakan alat *Atomic Adsorption Spectroscopy* (AAS) dengan spesifikasi Agilent Technologies 200 Series AA with Graphite Tube Atomizer (GTA) 120. Setelah penelitian pendahuluan didapat hasil, dihitung berdasarkan sebagai berikut (**APHA 3113 B, 2017**):

$$\text{Kadar Logam (mg/l)} = C \times fp \quad \text{(Persamaan 1)}$$

Keterangan:

C = Konsentrasi yang didapat dari hasil pengukuran

fp = Volume akhir contoh uji (ml)

Preparasi Sampel Air Limbah

Sampel uji yang sudah dihomogenkan dipipet 100 mL dan dimasukkan ke dalam gelas piala 250 mL. Kemudian ditambahkan 10 mL HNO₃ pekat dan ditutup menggunakan kaca arloji. Dipanaskan di atas *hot plate* sampai sisa volume 15-20 mL kemudian ditambahkan lagi 5 mL HNO₃ pekat jika destruksi belum sempurna (tidak jernih). Kaca arloji dibilas menggunakan *aquabidest*. Setelah itu contoh uji disaring dan dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL kemudian ditambahkan *aquabidest* sampai tanda batas dan dihomogenkan (**APHA 3113 B, 2017**).

Pembuatan Karbon Aktif Dari Ampas Teh

Ampas teh dikeringkan di oven pada suhu 100 °C selama 24 jam untuk menghilangkan kadar air. Ampas teh dimasukkan ke dalam cawan porselin dan dibakar dengan kompor listrik sampai suhu di dalam ± 950 °C selama 15 menit untuk proses karbonasi. Setelahnya di angkat dari kompor listrik dan didinginkan pada suhu ruang. Lalu untuk proses aktivasi, karbon direndam dalam larutan ZnCl₂ 30% selama 24 jam. Kemudian dicuci menggunakan air hangat dengan suhu 80 °C selama 20 menit dan cuci menggunakan HCl 0,1 N selama 20 menit, dicuci kembali menggunakan air hangat sampai tidak ada gelembung udara (Nurhidayanti dkk., 2021). Kemudian dilakukan perhitungan kadar air, kadar abu, kadar zat mudah menguap, dan kadar karbon terikat (Sari, 2019).

Pembuatan Adsorben Kitosan-Karbon Aktif Ampas Teh

Kitosan ditimbang sebanyak 1,2 g, kemudian dilarutkan dengan asam asetat 3% sebanyak 60 mL, ditambahkan 0,6 g karbon ampas teh, distirer hingga homogen. Dituangkan ke kaca akrilik, dikeringkan di oven pada suhu 60°C selama 24 jam. Hasil yang terbentuk diimmersedikan dengan NaOH 1M selama 24 jam. Kemudian dilepaskan dari kaca akrilik, dan dicuci dengan akuadest hingga netral. Dikeringkan pada suhu kamar. Disimpan dalam desikator. Dilakukan hal yang sama dengan variasi berat penambahan karbon sebanyak 0.8

g; 1 g; 1,2 g dan 1,4 gram (Sari, 2019). Selanjutnya biosorben dianalisis menggunakan FT-IR dan SEM-EDS.

Penggunaan Adsorben Kitosan-Karbon Aktif Ampas Teh Untuk Menurunkan Konsentrasi Logam Kadmium (Cd) dan Arsen (As)

Adsorben kitosan-karbon aktif ampas teh dengan variasi berat 0,6 g; 0,8 g; 1g; 1,2 g; dan 1,4 g dimasukkan ke dalam kolom. Dipipet 50 mL air limbah yang sudah dipreparasi ke dalam kolom tersebut. Kemudian air limbah dilewatkan kolom dengan pompa vakum dan ditampung untuk dianalisis dan air limbah tersebut siap untuk diukur menggunakan AAS (Sari, 2019).

Metode Analisis Data

Metode analisis data dalam penelitian ini yaitu dengan menghitung efektivitas penurunan konsentrasi limbah cair PT X dengan metode adsorpsi menggunakan kitosan-karbon aktif dari ampas teh sebagai biosorbennya. Perbandingan dilakukan untuk setiap parameter dengan membandingkan konsentrasi awal (C_i) dengan konsentrasi akhir (C_e). Perhitungan efektivitas menggunakan persamaan 2 sebagai berikut (Nurhidayanti dkk.,2020):

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

Keterangan :

% Efektivitas = Penurunan konsentrasi logam berat

C_i = Konsentrasi logam berat awal

C_e = Konsentrasi logam berat akhir

3.HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Pendahuluan

Berdasarkan hasil uji pendahuluan didapatkan nilai konsentrasi Cd sebesar 1,15 mg/L dan As sebesar 5,74 mg/L, kedua parameter logam berat tersebut masih melebihi baku mutu (Menteri LHK, 2020). Hasil uji pendahuluan disajikan pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Uji Pendahuluan Kualitas Limbah Cair Industri PT. X

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Baku Mutu (Menteri LHK, 2020)
1.	Arsen (As)	mg/L	5,74	0,10
2.	Kadmium (Cd)	mg/L	1,15	0,05

Karakterisasi Karbon Aktif Ampas Teh

Karbon aktif dari ampas teh diperlukan uji karakterisasi yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan daya serap terhadap limbah cair yang mengandung logam berat. Hasil uji karakterisasi karbon aktif yang diperoleh disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan tabel 2, kadar air yang diperoleh yaitu sebesar 9,00% dan telah memenuhi syarat mutu karbon SNI No. 06-3730-1995. Semakin tinggi karbon aktif akan menurunkan mutu karbon aktif ampas teh karena dapat mengurangi daya serapnya karena banyak air yang menutupi pori-pori karbon aktif. Semakin rendah kadar air karbon aktif maka semakin banyak tempat dalam pori-pori karbon aktif yang dapat ditempati oleh adsorbat sehingga adsorpsi dapat berlangsung secara optimal (Ghafarunnisa, 2017). Kadar abu merupakan salah satu kualitas yang harus diperhatikan dalam pembuatan karbon aktif. Abu adalah zat organik yang tidak menguap

ketika dipanaskan (Rengganis dkk., 2017). Kadar abu yang diperoleh yaitu sebesar 3,22% dan telah memenuhi SNI No. 06-3730-1995.

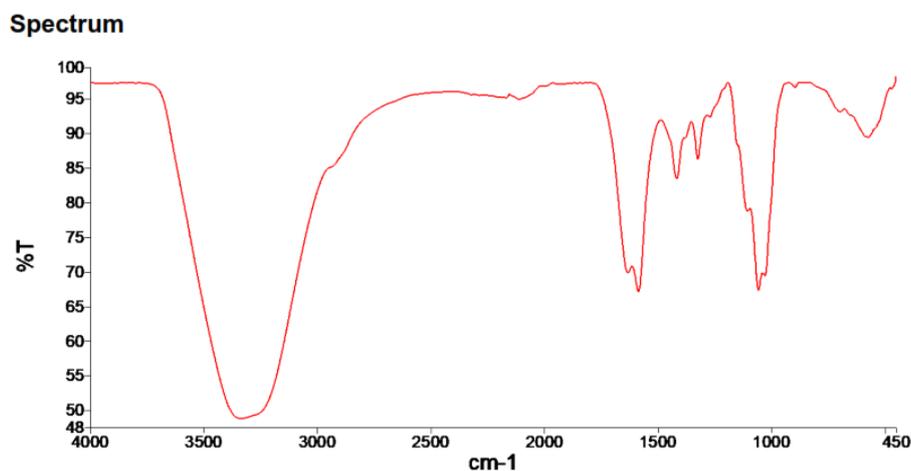
Tabel 2. Hasil Uji Karakterisasi Karbon Aktif Ampas Teh

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Syarat Mutu Karbon SNI No. 06-3730-1995
1.	Kadar Air	%	9,00	Maks 15
2.	Kadar Abu	%	3,22	Maks 10
3.	Kadar Zat Mudah Menguap	%	18,68	Maks 25
4.	Kadar Karbon Terikat	%	78,09	Min 65

Penentuan kadar abu bertujuan untuk mengetahui jumlah oksida logam atau bahan anorganik yang terkandung dalam karbon aktif, semakin tinggi kadar abu dari karbon aktif semakin tinggi pula kandungan bahan anorganik yang terdapat didalam bahan (Solihat, 2021). Kadar zat mudah menguap yang diperoleh sebesar 18,68% dan telah memenuhi standar mutu. Hal ini menunjukkan adanya kandungan senyawa volatil di dalam arang aktif sebagai hasil dari interaksi antara karbon dengan uap air (Wardani, 2018). Kadar karbon terikat yang diperoleh sebesar 78,09% dan telah memenuhi standar mutu. Hal ini menunjukkan fraksi karbon yang terikat di dalam arang selain fraksi air, zat menguap, dan abu telah memenuhi standar. Penentuan kadar karbon terikat bertujuan untuk mengetahui kandungan karbon setelah proses karbonasi dan aktivasi (Erawati, 2018).

Karakterisasi Biosorben menggunakan FTIR dan SEM-EDS

Hasil karakterisasi biosorben kitosan dan karbon aktif ampas teh menggunakan FT-IR disajikan pada gambar 2 sebagai berikut:



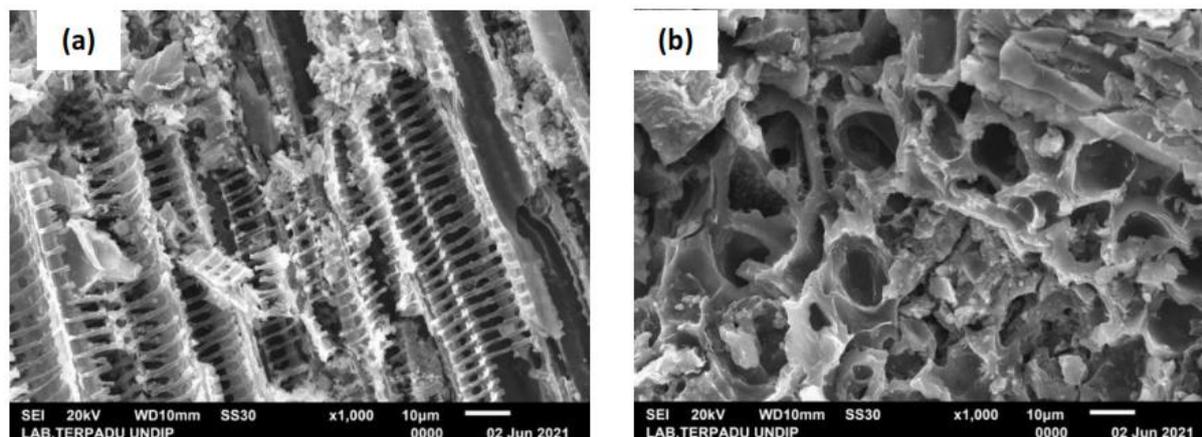
Gambar 2. Hasil karakterisasi biosorben menggunakan FT-IR

Berdasarkan hasil pengukuran FTIR, dapat diamati bahwa pada biosorben kitosan-ampas teh terdapat 5 gugus fungsi yaitu gugus fungsi O-H (pada panjang gelombang $3310,12 \text{ cm}^{-1}$), gugus fungsi C=C ($1601,01 \text{ cm}^{-1}$), gugus fungsi C-H ($1417,53 \text{ cm}^{-1}$), gugus fungsi C-O ($1323,96 \text{ cm}^{-1}$) dan gugus fungsi C-X ($576,30 \text{ cm}^{-1}$). Dominannya unsur karbon dapat di lihat pada analisa SEM-EDS. Kehadiran gugus fungsi (O-H) pada bilangan gelombang $3310,12 \text{ cm}^{-1}$ merupakan tempat penyerapan penting bagi adsorben karena luas area pada hasil analisa FT-IR (Mohamed dkk., 2017).

Hasil karakterisasi biosorben kitosan dan karbon aktif ampas teh menggunakan SEM EDS disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil karakterisasi unsur kimia biosorben menggunakan SEM EDS

Biosorben	Unsur kimia (% massa)									
	C	O	Al	Na	Mg	P	Cl	K	Cu	Sn
Karbon aktif ampas teh	48,90	25,20	0,15	-	-	0,38	3,66	-	-	21,70
Kitosan-Karbon aktif ampas teh	66,60	19,40	-	0,63	0,30	0,43	-	1,10	0,71	10,90

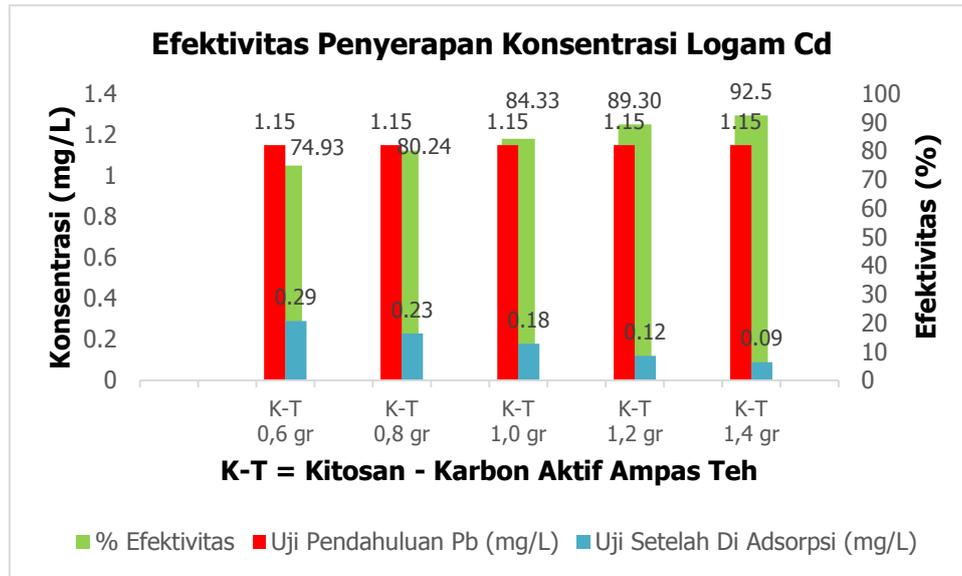


Gambar 3. Hasil karakterisasi biosorben menggunakan SEM-EDS a) ampas teh dan b) kitosan ampas teh dengan pembesaran 1000 kali

Berdasarkan Tabel.2 unsur yang dominan dalam biosorben kitosan dan karbon aktif ampas teh adalah atom C, hal ini dikarenakan kitosan merupakan polimer polisakarida, sedangkan ampas teh merupakan polimer dalam bentuk rantai selulosa. Pada tabel tersebut didapatkan peningkatan unsur karbon (C) dari ampas teh 48,90% berubah menjadi 66,60% setelah dikombinasikan dengan kitosan. Struktur polimer daun teh yang berbasis selulosa menyatakan kemampuan adsorpsi kimia yang relatif kuat pada ion logam dan basa organik. Kombinasi kitosan-ampas teh menyebabkan peningkatan fungsi dari biosorben. Hal ini ditunjukkan dengan meningkatnya %massa atom karbon pada kitosan-ampas teh. Gambar 3a menunjukkan permukaan ampas teh dan gambar 3b menunjukkan permukaan biosorben kitosan ampas teh. Berdasarkan gambar 3a dan 3b menunjukkan pori-pori biosorben kitosan ampas teh lebih besar dengan bentuk bulat, sedangkan pori-pori ampas teh memiliki bentuk seperti jaring-jaring dengan ukuran pori yang lebih kecil dibandingkan dengan kitosan ampas teh. Hal ini menunjukkan penambahan karbon aktif ampas teh pada kitosan dapat memperbesar pori-pori permukaan dan meningkatkan situs aktif biosorben sehingga dapat meningkatkan penyerapan logam kadmium dan arsen pada air limbah (Sari, 2019; Sahu dkk., 2021).

Analisis Sampel Dengan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) Analisa Pengukuran Logam Kadmium (Cd)

Hasil pengukuran konsentrasi logam kadmium dan efektivitas biosorben dalam menurunkan logam kadmium disajikan pada Gambar 4 sebagai berikut:

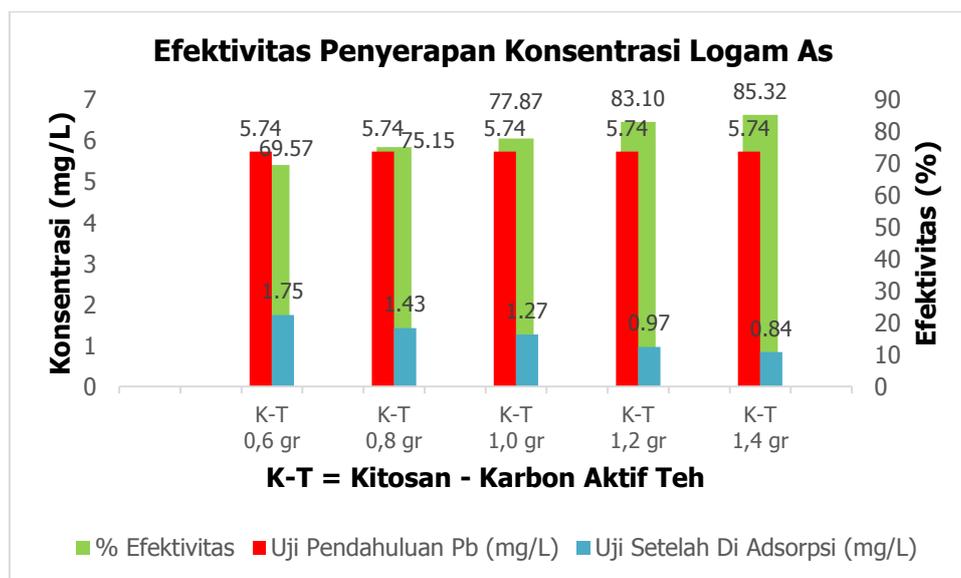


Gambar 4. Grafik Penurunan Konsentrasi Logam Kadmium dan % Efektivitas Penyerapan Logam Kadmium

Gambar 4 menunjukkan bahwa penyerapan logam kadmium paling maksimal pada penggunaan biosorben kitosan dengan penambahan karbon aktif ampas teh sebanyak 1,4 gr yaitu konsentrasi logam kadmium dapat berkurang sebanyak 1,06 mg/L, sedangkan penyerapan logam kadmium paling rendah pada penggunaan biosorben kitosan dengan penambahan karbon aktif ampas teh sebanyak 0,6 gr yang hanya mampu menyerap konsentrasi logam kadmium sebesar 0,86 mg/L. Efektivitas penurunan logam kadmium paling optimal pada penggunaan kitosan dengan penambahan karbon aktif ampas teh sebanyak 1,4 gram yaitu sebesar 92,50 %, sedangkan efektivitas penurunan logam kadmium paling rendah pada penggunaan kitosan dengan penambahan karbon aktif ampas teh sebanyak 0,6 gr yaitu sebesar 74,93 %. Semakin tinggi penambahan karbon aktif ampas teh yang digunakan maka akan semakin meningkatkan persentase efektivitas penurunan logam kadmium oleh biosorben kitosan ampas teh (Çelebi dkk., 2020; Panigrahi dkk., 2020). Dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa biosorben kitosan dengan penambahan karbon aktif ampas teh sebanyak 1,4 gr merupakan biosorben yang efektif untuk menghilangkan logam Cd. Namun, dengan konsentrasi akhir sebesar 0,09 mg/L, biosorben kitosan-karbon aktif 1,4 gr belum dapat memenuhi standar baku mutu yang menyatakan kandungan maksimum logam Cd dalam limbah cair adalah sebesar 0,05 mg/L (Menteri LHK, 2020). Sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan meningkatkan massa karbon aktif ampas teh yang digunakan sehingga dapat meningkatkan efektivitas penurunan logam kadmium yang diserap oleh biosorben.

Analisa Pengukuran Logam Arsen (As)

Hasil pengukuran konsentrasi logam kadmium dan efektivitas biosorben dalam menurunkan logam arsen disajikan pada Gambar 5. Berdasarkan Gambar 5 menunjukkan bahwa penyerapan logam Arsen oleh biosorben paling maksimal pada penggunaan kitosan dengan penambahan karbon sebanyak 1,4 gram yaitu sebesar 4,90 mg/L, sedangkan penyerapan logam Arsen oleh biosorben paling rendah berada pada kitosan dengan penambahan karbon sebanyak 0,6 gr yaitu sebesar 3,99 mg/L.



Gambar 5. Grafik Penurunan Konsentrasi Logam Arsen dan % Efektivitas Penyerapan Logam Arsen

Efektivitas penurunan logam arsen paling optimal pada penggunaan kitosan dengan penambahan karbon aktif ampas teh sebanyak 1,4 gram yaitu sebesar 85,32 %, sedangkan efektivitas penurunan logam arsen paling rendah pada penggunaan kitosan dengan penambahan karbon aktif ampas teh sebanyak 0,6 gr yaitu sebesar 69,57 %. Semakin tinggi penambahan karbon aktif ampas teh yang digunakan maka akan semakin meningkatkan persentase efektivitas penurunan logam arsen oleh biosorben kitosan ampas teh (Wijaya dkk., 2020; Panigrahi dkk., 2020). Dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa biosorben kitosan dengan penambahan karbon aktif ampas teh sebanyak 1,4 gr merupakan biosorben yang efektif untuk menurunkan konsentrasi logam arsen dalam air limbah. Namun, dengan konsentrasi akhir sebesar 0,84 mg/L, penggunaan biosorben kitosan-karbon aktif 1,4 gr belum dapat memenuhi peraturan baku mutu yang menyatakan kandungan maksimum logam As dalam limbah cair adalah sebesar 0,1 mg/L (Menteri LHK, 2020). Sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan meningkatkan massa karbon aktif ampas teh yang digunakan sehingga dapat meningkatkan efektivitas penurunan logam arsen yang diserap oleh biosorben.

4.KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penggunaan biosorben hasil kombinasi dari kitosan dan karbon aktif ampas teh sebanyak 1,4 gram mampu untuk menurunkan konsentrasi logam kadmium sebesar 92,50% dan logam arsen sebanyak 85,32% pada limbah cair industri. Penggunaan biosorben ini efektif untuk menurunkan konsentasi logam cadmium dan arsen dalam air limbah industri PT.X namun belum mampu memenuhi peraturan baku mutu logam berat yang telah ditetapkan sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan meningkatkan massa karbon aktif ampas teh yang digunakan sehingga dapat meningkatkan efektivitas penurunan logam cadmium dan arsen yang diserap oleh biosorben.

PERSANTUNAN

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada DIPA Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Tahun Anggaran 2021 atas dukungan dana penelitian yang telah diberikan dan Universitas Pelita Bangsa yang telah memfasilitasi pengajuan penelitian dasar dan pembinaan/kapasitas pada kontrak penelitian Nomor 029/KP/7.NA/UPB/VII/2021 sehingga penelitian dapat dilaksanakan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhani, Roshian & Husaini. (2017). *Logam Berat Sekitar Manusia*. Banjarmasin: Lambung Mangkurat University Press.
- American Public Health Association (APHA). (2017). *Electrothermal Atomic Absorption Spectrometric Method.. Part. 3113 B*. Washington, DC.
- Badan Standarisasi Nasional . (1995). SNI 06-3730-1995: Arang Aktif Teknis. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI.6989.58-2008. *Metode Pengambilan Contoh Air Tanah*. Jakarta.
- Botahala L., (2019), *Perbandingan Efektivitas Daya Adsorpsi Sekam Padi dan Cangkang Kemiri terhadap Logam Besi (Fe) pada Air Sumur Gali*, Cetakan Pertama, Yogyakarta, Deepublish.
- Çelebi, H., Gök, G. & Gök, O. (2020). Adsorption capability of brewed tea waste in waters containing toxic lead(II), cadmium (II), nickel (II), and zinc(II) heavy metal ions. *Sci Rep* 10, 17570 (2020). *Nature Research*. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-74553-4>
- Erawati, E, & Fernando, A. (2018). Pengaruh Jenis Aktivator dan Ukuran Karbon Aktif Terhadap Pembuatan Adsorbent Dari Serbuk Gergaji Kayu Sengon (*Paraserianthes Falcataria*). *Jurnal Integrasi Proses*. Vol. 7, No. 2 Hal 58 – 66.
- Ghafarunnisa, D., Rauf, A., & Rukmana, B. T. S. (2017). Pemanfaatan Batubara Menjadi Karbon Aktif dengan Proses Karbonisasi dan Aktivasi Menggunakan Reagen Asam Fosfat (H_3PO_4) dan Ammonium Bikarbonat (NH_4HCO_3). *Prosiding Seminar Nasional XII*, 1(1), 36–41.
- Iparraguirre, E., Manrique, A., Navarro, A., Cuizano, N., Medina R., & Llanos B. (2010). Biosorption of Gold(III) by means of Quaternary chitosan and cross-linked quaternarychitosan," *Rev. Soc. Quím. Perú*. Vol. 76, No. 4, pp. 355-365.
- Iriana, D. D., Sedjati, S., & Yulianto, B. (2018). Kemampuan Adsorpsi Kitosan Dari Cangkang Udang Terhadap Logam Timbal. *Marine Research*. Vol.7(4), 303–309. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jmr>

- Kim, T., Yang, D., Kim, J., Musaev, H., & Navarro, A. (2013). Comparative Adsorption of highly porous and raw adsorbents for the elimination of copper(II) ions from wastewaters, *Trends Chromatog.* Vol. 8, pp. 31-41.
- Malik, L. A., Bashir, A., Qureashi, A, and Pandith, A. H., (2019), Detection and Removal of Heavy Metal Ions: A Review, Springer Nature Sqitzerland AG.
- Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK). (2020). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P12 Tahun 2020 tentang Penyimpanan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Jakarta.
- Mohamed, M.A., Jaafar,J., Ismail, A.F., Othman, M.H.D. & Rahman, M.A. 2017. Chapter 1 - Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy. Membrane Characterization 2017, Pages 3-29
- Nurhidayanti, Nisa., Suwazan, Dhonny., & Ilyas, Nur Ilman. (2020). Efektivitas Kombinasi Kitosan Dan Ampas Kopi Sebagai Adsorben Alami Dalam menurunkan Konsentrasi Arsen, Kadmium Dan Timbal Pada Limbah Cair PT. PXI. Proposal Penelitian Dosen Pemula. Universitas Pelita Bangsa. Bekasi.
- Nurhidayanti, N., Ardiatma, D., & Tarnita, T. (2021). Studi Pengolahan Limbah Greywater Domestik menggunakan Sistem Hidroponik dengan Filter Ampas Kopi. *Jurnal Tekno Insentif.* Vol.15(1), 15-29. <https://doi.org/https://doi.org/10.36787/jti.v15i1.394>
- Panigrahi, T., Santhoskumar, A. U., (2020). Adsorption process for reducing heavy metals in Textile Industrial Effluent with low cost adsorbents, *Prog. Chem. Biochem. Res.* 2020, Vol.3(2), 135-139 DOI: 10.33945/SAMI/PCBR.2020.2.7
- Pradana, B.A. (2015). Analisis Industri Tekstil di Indonesia. Skripsi Universitas Airlangga: Surabaya.
- Pratiwi, R., Prinajati, D.P.S. (2018). Adsorption for lead removal by chitosan from shrimp shells. *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology.* Vol.2(1): 35-46.
- Rengganis, A., P., Yulianto, A., Yulianti. (2017). Pengaruh Variasi Konsentrasi Arang Ampas Kopi Terhadap Sifat Fisika Tinta Spidol Whiteboard. *Jurnal MIPA.* Vol.40(2) : 92 – 96.
- Sahu, N., Saigh,J. & Koduru, J.R. (2021). Removal of arsenic from aqueous solution by novel iron and iron–zirconium modified activated carbon derived from chemical carbonization of Tectona grandis sawdust: Isotherm, kinetic, thermodynamic and breakthrough curve modelling. *Environmental Research* 200 (2021) 111431.
- Sari, Fitri Purnama. (2019). Pembuatan dan Karakterisasi Kitosan-Karbon Aktif dari Ampas Kopi sebagai Adsorben untuk Menurunkan Kadar Logam Kadmium dan Nikel. Tesis. Universitas Sumatera Utara.

- Seema J. A. (2020). Pb²⁺ and Cd²⁺ recovery from water using residual tea waste and SiO₂@TW nanocomposites," *Chemosphere*.
- Solihat, I., Setyowati, A. D., Pamulang, D. U., Studi, P., Mesin, T., Pamulang, D. U., Studi, P., & Kimia, T. (2021). Penggunaan limbah kulit singkong pada filter air sederhana skala rumah tangga. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*. Vol.5(1), 61–70.
- Singh, S., Wasewar, K. L. and Kansal S. K., (2020), Low-cost adsorbents for removal of inorganic impurities from wastewater. INC.
- Usman K.,(2020), Adsorption-reduction performance of tea waste and rice husk biochars for Cr(VI) elimination from wastewater," *Journal of Saudi Chemical Society*. 2020.
- Velusamy S., Roy , A., Sundaram, S., Mallick, T.K.. (2021). A Review on Heavy Metal Ions and Containing Dyes Removal Through Graphene Oxide-Based Adsorption Strategies for Textile Wastewater Treatment. *The Chemical Record*. Volume 21, Issue 7, p. 1570-1610. <https://doi.org/10.1002/tcr.202000153>.
- Wardani, S., & Rosa, E. (2018). Potensi Limbah Tulang Kambing Sebagai Arang Aktif Yang Teraktivasi Asam Sulfat. *Jurnal Serambi Engineering*. Vol.3(2), 308–315. <https://doi.org/10.32672/jse.v3i2.714>
- Wijaya, I. K., Farra, Y., & Udyani, K. (2020). Pemanfaatan Daun Teh Sebagai Biosorben Logam Berat Dalam Air Limbah (Review). Vol.12(2), 25–33.
- Yang, S., Wu, Y., Aierken, A., Zhang, M., Fang, P., Fan, Y., Ming, Z.. (2016). Mono/competitive adsorption of arsenic(III) and nickel(II) using modified green tea waste. *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.* 60, 213–221