JURNAL ATOMIK
Vol. 11, No. 2, Agustus 2026 hal. 62-68
https://jurnal.kimia.fmipa.unmul.ac.id/index.php/JA
E-ISSN 2549-0052

ADSORPSI LOGAM KADMIUM PADA AIR SUNGAI MENGGUNAKAN ARANG AKTIF DARI SEKAM PADI MAYAS

ADSORPTION OF CADMIUM FOR RIVER WATER USING ACTIVATED CHARCOAL FROM MAYAS RICE HUSK

Nini Marlina, Alimuddin, Husna Syaima*

Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia
Jalan Barong Tongkok, Kampus Gn. Kelua, Samarinda 75321, Kalimantan Timur, Indonesia

* **Corresponding Author** : husna.syaima@fmipa.unmul.ac.id

Article History
Submitted : 16 July 2026 Accepted: 20 August 2026

ABSTRACT

Activated charcoal from Mayas rice husk was prepared for the adsorption of cadmium (Cd) in river water from oil palm plantation areas in Bongan District, West Kutai Regency. This study aimed to determine the adsorption capability of activated charcoal derived from Mayas rice husk toward Cd in river water from Bongan District, West Kutai Regency. The activated charcoal was produced through charcoalization at 250°C for 2.5 hours, followed by chemical activation using 1 M HCl for 24 hours. Characterization was carried out based on SNI 06-3730-1995 using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), X-Ray Diffraction (XRD), and Scanning Electron Microscopy (SEM). The results showed that the activated charcoal met the requirements of the SNI standard. The optimum adsorption conditions were obtained at an adsorbent mass of 0.5 g with an adsorption capacity of 0.1114 mg/g, a contact time of 30 minutes with an adsorption capacity of 0.1067 mg/g, and pH 6 with an adsorption capacity of 0.1150 mg/g. Activated charcoal derived from Mayas rice husk has the potential to be used as an adsorbent for reducing cadmium contamination in polluted water.

Keywords: Activated Charcoal, Mayas Rice Husk, Cadmium, Adsorption, Characterization.

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Kutai Barat merupakan salah satu wilayah di Kalimantan Timur yang memiliki banyak area perkebunan kelapa sawit. Aktivitas perkebunan kelapa sawit berpotensi menghasilkan limbah yang mengandung logam berat, termasuk kadmium (Cd), terutama akibat penggunaan pupuk fosfat, bahan kimia pertanian, serta limpasan limbah budidaya kelapa sawit ke lingkungan perairan. Keberadaan logam Cd pada badan air perlu mendapat perhatian karena bersifat toksik, sulit terdegradasi, dan dapat terakumulasi dalam organisme hidup.[1] Sifat toksik dan akumulatif tersebut menyebabkan Cd berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan serta paparan Cd dalam jangka panjang dapat menyebabkan gangguan fungsi ginjal, kerusakan tulang, dan gangguan sistem pernapasan.[2]

Di Kabupaten Kutai Barat juga terdapat lahan budidaya padi lokal yaitu padi Mayas yang menghasilkan limbah sekam dalam jumlah cukup melimpah namun belum dimanfaatkan secara optimal.[3] Sekam padi memiliki kandungan karbon dan silika yang tinggi sehingga berpotensi dikembangkan menjadi arang aktif.[4] Proses aktivasi pada sekam padi mampu meningkatkan luas permukaan dan jumlah pori adsorben sehingga dapat dimanfaatkan untuk mengadsorpsi logam berat, termasuk Cd.[5]

Berdasarkan kondisi tersebut, pencemaran logam Cd yang berpotensi berasal dari aktivitas perkebunan kelapa sawit di Kabupaten Kutai Barat memerlukan alternatif penanganan yang efektif, sederhana, dan ekonomis. Arang aktif

This is an open-access article under the CC–BY-SA license.

 ISSN 2549-0052

dari sekam padi Mayas berpotensi digunakan sebagai adsorben karena memiliki kemampuan mengikat ion logam melalui gugus fungsi aktif dan struktur pori yang mendukung proses adsorpsi. Dengan demikian, pemanfaatan arang aktif sekam padi Mayas diharapkan dapat menjadi solusi dalam mengurangi kandungan Cd pada air tercemar sekaligus meningkatkan nilai guna limbah pertanian lokal.[6]

2. METODE

2.1 Alat dan Bahan

2.1.1. Alat

Alat yang digunakan meliputi furnace, oven, ayakan 200 mesh, neraca analitik, magnetic stirrer, pH meter, gelas beaker, erlenmeyer, Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) GBC SavantAA , *Fourier Transform Infrared* (FTIR) *Thermo Scientific Nicolet* iS10, *X-Ray Diffraction* (XRD) *The Bruker D8 Advance (Eco)*, dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) JEOL JSM-6510LA.

2.1.2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi sekam padi Mayas, larutan HCl 1 M, akuades, dan sampel air sungai 1,10 mg/L dari kawasan perkebunan kelapa sawit di Kecamatan Bongan, Kutai Barat.

2.2 Prosedur Penelitian

2.2.1. Preparasi

Sekam padi Mayas terlebih dahulu dicuci, dikeringkan, kemudian dikarbonisasi menggunakan furnace pada suhu 250°C selama 2,5 jam. Arang hasil karbonisasi dihaluskan dan diayak dengan ukuran 200 mesh, kemudian diaktivasi secara kimia menggunakan larutan HCl 1 M selama 24 jam. Selanjutnya arang aktif dicuci menggunakan akuades hingga mencapai pH netral, dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C, dan disimpan dalam desikator sebelum digunakan.[7]

2.2.2. Karakterisasi

Karakterisasi arang aktif dilakukan berdasarkan SNI 06-3730-1995 melalui pengujian kadar air, kadar abu, kadar zat menguap, dan daya serap iodin. Analisis gugus fungsi dilakukan menggunakan FTIR, morfologi permukaan diamati menggunakan SEM, sedangkan struktur kristal dianalisis menggunakan XRD.[8]

2.2.3. Pengukuran Konsentrasi Logam Kadmium Awal dalam Sampel Air Sungai Perkebunan Kelapa Sawit

Sampel uji dimasukkan ke dalam AAS dan ukur serapannya pada panjang gelombang 228,8 nm. Bila diperlukan, lakukan pengenceran. Catat hasil pengukuran (SNI 6989.16:2009).[11]

2.2.4. Uji Adsorpsi Variasi Massa

Uji variasi massa adsorben dilakukan menggunakan metode adsorpsi batch dengan variasi massa arang aktif sebesar 0,5; 1,0; dan 2,0 g. Proses adsorpsi dilakukan pada waktu kontak tetap 30 menit dan pH larutan tetap 6. Sebanyak 100 mL sampel air sungai dengan konsentrasi awal Cd 1,10 mg/L digunakan pada setiap perlakuan. Setelah proses adsorpsi, kadar Cd sisa dianalisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) untuk menentukan massa adsorben optimum.

2.2.5. Uji Adsorpsi Variasi Waktu

Uji variasi waktu kontak dilakukan menggunakan massa adsorben tetap 0,5 g dengan variasi waktu 15, 30, 45, 60, dan 80 menit, sedangkan pH larutan dipertahankan pada pH 6. Sebanyak 100 mL sampel air sungai dengan konsentrasi awal Cd 1,10 mg/L digunakan pada setiap perlakuan. Konsentrasi Cd setelah proses adsorpsi dianalisis menggunakan AAS untuk menentukan waktu kontak optimum.

 ISSN 2549-0052

2.2.6. Uji Adsorpsi Variasi pH

Uji variasi pH dilakukan pada pH 2, 4, 6, 8, 10, dan 12 menggunakan massa adsorben tetap 0,5 g dan waktu kontak tetap 30 menit. Sebanyak 100 mL sampel air sungai dengan konsentrasi awal Cd 1,10 mg/L digunakan pada setiap perlakuan. Setelah proses adsorpsi, kadar Cd sisa dianalisis menggunakan AAS untuk menentukan pH optimum adsorpsi.

2.3 Analisis Data

Kapasitas adsorpsi (Q) dihitung menggunakan **Persamaan 1**.

$$Q = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{m} \qquad \textbf{Persamaan 1}$$

Keterangan:
Q = kapasitas adsorpsi (mg/g)
C_0 = konsentrasi awal Cd (mg/L)
Ce = konsentrasi akhir Cd (mg/L)
V = volume larutan (L)
m = massa adsorben (g)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakterisasi Arang Aktif Sekam Padi Mayas Berdasarkan SNI 06-3730-1995

Hasil karakterisasi arang aktif sekam padi Mayas berdasarkan SNI 06-3730-1995 disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil karakterisasi arang aktif sekam padi mayas dengan Standar SNI 06-3730-1995

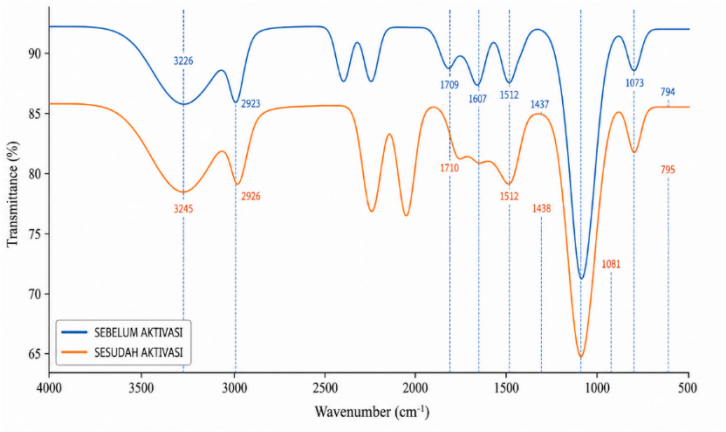
Parameter	Hasil Pengujian	Standar SNI 06-3730-1995	Keterangan
Kadar air (%)	6,5	Maksimum 15%	Memenuhi standar
Kadar abu (%)	3,0	Maksimum 10%	Memenuhi standar
Kadar zat menguap (%)	7,2	Maksimum 25%	Memenuhi standar
Daya serap terhadap iodin (mg/g)	997	Minimum 750 mg/g	Memenuhi standar

Pada **Tabel 1.** menunjukkan bahwa arang aktif sekam padi Mayas memiliki rendemen sebesar 31,8%, kadar air 6,5%, kadar abu 3,0%, kadar zat menguap 7,2%, dan daya serap iodin 997 mg/g. Seluruh parameter telah memenuhi persyaratan mutu arang aktif teknis berdasarkan SNI 06-3730-1995. Rendahnya kadar air menunjukkan bahwa proses karbonisasi dan aktivasi mampu mengurangi kandungan air pada adsorben sehingga tidak menghambat proses adsorpsi. Kadar abu yang rendah mengindikasikan sedikitnya mineral anorganik yang tertinggal pada permukaan arang aktif, sedangkan tingginya daya serap iodin menunjukkan luas permukaan dan jumlah pori yang berkembang dengan baik sehingga meningkatkan kemampuan adsorpsi terhadap ion logam.[1,9].

 ISSN 2549-0052

3.2 Analisis Gugus Fungsi Menggunakan FTIR

Spektrum FTIR arang aktif sekam padi Mayas ditunjukkan pada **Gambar 1.**

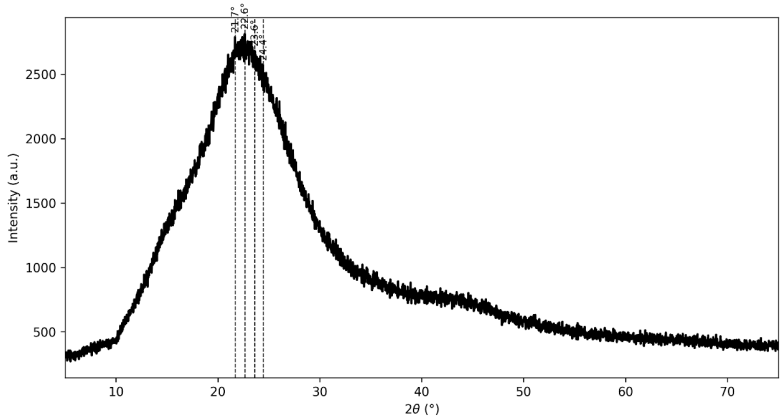


Gambar 1. Spektrum FTIR arang aktif sekam padi Mayas sebelum dan sesudah aktivasi HCl 1 M

Hasil pengujian pada **Gambar 1** menunjukkan beberapa gugus fungsi pada arang sekam padi Mayas sebelum dan sesudah aktivasi HCl 1 M. Gugus O–H ditunjukkan pada bilangan gelombang 3226 cm^{-1} dan bergeser menjadi 3245 cm^{-1} (19 cm^{-1}), yang menunjukkan perubahan lingkungan gugus hidroksil akibat aktivasi. Gugus C–H alifatik pada 2923 cm^{-1} bergeser menjadi 2926 cm^{-1} (3 cm^{-1}), sedangkan gugus C=O pada 1709 cm^{-1} bergeser menjadi 1710 cm^{-1} (1 cm^{-1}), menunjukkan perubahan kecil pada lingkungan kimia masing-masing gugus. Gugus C=C aromatik mengalami perubahan pita dari 1512 menjadi 1607 cm^{-1} (95 cm^{-1}), menunjukkan perubahan lingkungan struktur aromatik yang paling besar setelah aktivasi. Gugus COO^- pada 1437 cm^{-1} bergeser menjadi 1438 cm^{-1} (1 cm^{-1}), sedangkan gugus Si–O–Si pada 1073 cm^{-1} bergeser menjadi 1081 cm^{-1} (8 cm^{-1}). Pita Si–O/Si–C pada 794 cm^{-1} bergeser menjadi 795 cm^{-1} (1 cm^{-1}). Pergeseran tersebut menunjukkan bahwa aktivasi HCl 1 M memengaruhi lingkungan kimia gugus fungsi dan struktur permukaan arang, sehingga dapat memengaruhi ketersediaan situs aktif untuk interaksi dengan ion Cd^{2+}.[6,5]

3.3 Analisis Struktur Kristal Menggunakan XRD

Difraktogram XRD arang aktif sekam padi Mayas ditunjukkan pada **Gambar 2.**



Gambar 2. Pola difraksi XRD arang aktif sekam padi Mayas teraktivasi HCl 1 M

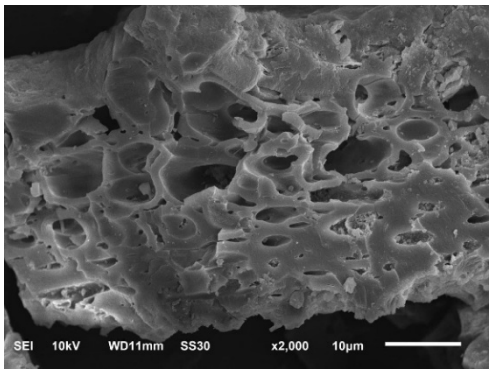
Hasil pengujian pada **Gambar 2** menunjukkan karakter amorf yang ditandai oleh puncak difraksi yang melebar pada daerah 2θ sekitar 22–24° dan tidak menunjukkan puncak kristalin yang tajam. Berdasarkan hasil pengolahan difraktogram, diperoleh fase amorf sebesar 98,2% dan kristalinitas sebesar 1,8%. Dominasi fase amorf tersebut menunjukkan bahwa struktur

 ISSN 2549-0052

arang aktif memiliki tingkat keteraturan kristal yang rendah akibat proses karbonisasi dan aktivasi HCl 1 M. [7,10]

3.4 Morfologi Permukaan Menggunakan SEM

Morfologi permukaan arang aktif sekam padi Mayas diamati menggunakan SEM dan ditunjukkan pada **Gambar 3.**

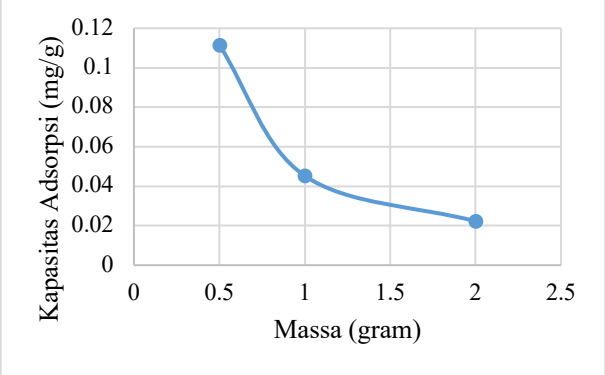


Gambar 3. Morfologi permukaan arang aktif sekam padi Mayas

Hasil pengujian pada **Gambar 3** menunjukkan SEM menunjukkan bahwa permukaan arang aktif memiliki pori yang terbuka dan tersebar tidak beraturan setelah proses aktivasi menggunakan HCl. Terbukanya pori-pori meningkatkan luas permukaan adsorben sehingga lebih banyak situs aktif tersedia untuk mengikat ion Cd^{2+} selama proses adsorpsi.[1,8]

3.5 Pengaruh Massa Adsorben terhadap Kapasitas Adsorpsi Cd

Pengujian variasi massa arang aktif dilakukan untuk mengetahui pengaruh jumlah arang aktif sekam padi Mayas terhadap kemampuan adsorpsi ion logam kadmium (Cd). Variasi massa yang digunakan yaitu 0,5 gram; 1 gram; dan 2 gram dengan volume larutan 100 mL. Pengaruh variasi massa adsorben terhadap kapasitas adsorpsi ion Cd disajikan pada **Gambar 4.**



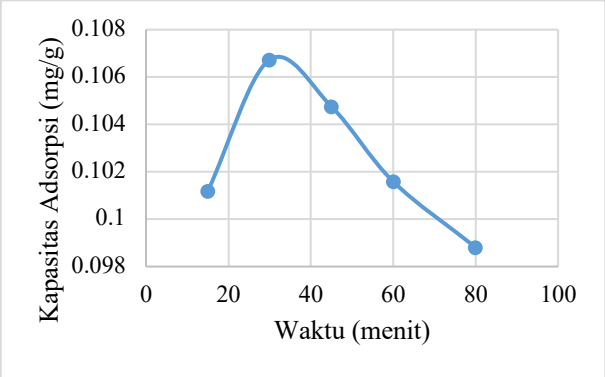
Gambar 4. Pengaruh massa adsorben terhadap kapasitas adsorpsi Cd

Hasil pengujian pada **Gambar 4** menunjukkan kapasitas adsorpsi tertinggi diperoleh pada massa adsorben 0,5 g sebesar 0,1114 mg/g. Peningkatan massa adsorben menjadi 1 g dan 2 g menyebabkan kapasitas adsorpsi menurun. Hal ini disebabkan oleh bertambahnya jumlah partikel adsorben yang mengakibatkan terjadinya overlapping dan agregasi sehingga sebagian situs aktif tidak dapat dimanfaatkan secara optimal. Selain itu, jumlah ion Cd dalam larutan menjadi lebih sedikit dibandingkan jumlah situs aktif yang tersedia sehingga kapasitas adsorpsi per satuan massa adsorben menurun.[1,8]

 ISSN 2549-0052

3.6 Pengaruh Waktu Kontak terhadap Kapasitas Adsorpsi Cd

Pengujian variasi waktu kontak dilakukan untuk mengetahui lama interaksi optimum antara arang aktif arang aktif sekam padi Mayas dengan ion logam kadmium dalam larutan. Variasi waktu kontak yang digunakan yaitu 15, 30, 45, 60 dan 80 menit. Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi ion Cd ditunjukkan pada **Gambar 5**.

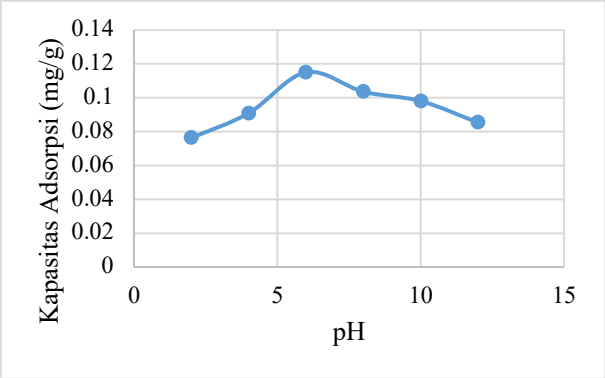


Gambar 5. Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi Cd

Hasil pengujian pada **Gambar 5** menunjukkan kapasitas adsorpsi meningkat seiring bertambahnya waktu kontak hingga mencapai kondisi optimum pada 30 menit dengan nilai 0,1067 mg/g, kemudian mengalami penurunan pada waktu kontak berikutnya. Peningkatan kapasitas adsorpsi pada awal proses menunjukkan masih banyaknya situs aktif yang tersedia untuk mengikat ion Cd^{2+}. Setelah mencapai kesetimbangan, permukaan adsorben mulai jenuh sehingga laju adsorpsi menurun dan dapat terjadi desorpsi akibat ikatan adsorbat yang kurang stabil.[1,11]

3.7 Pengaruh pH terhadap Kapasitas Adsorpsi Cd

Pengujian variasi pH dilakukan untuk mengetahui pengaruh derajat keasaman larutan terhadap kemampuan adsorpsi ion kadmium oleh arang aktif sekam padi Mayas. Variasi pH yang digunakan yaitu pH 2, 4, 6, 8, 10 dan 12. Pengaruh variasi pH terhadap kapasitas adsorpsi ion Cd disajikan pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi Cd

Hasil pengujian pada **Gambar 6** menunjukkan kapasitas adsorpsi tertinggi diperoleh pada pH 6 sebesar 0,1150 mg/g. Pada kondisi asam, tingginya konsentrasi ion H^+ menyebabkan persaingan dengan ion Cd^{2+} untuk menempati situs aktif adsorben sehingga kapasitas adsorpsi rendah. Peningkatan pH hingga mendekati netral mengurangi kompetisi ion H^+ sehingga proses adsorpsi berlangsung lebih efektif. Namun, pada pH basa kapasitas adsorpsi kembali menurun akibat terbentuknya spesies hidroksida logam yang mengurangi jumlah ion Cd^{2+} bebas di dalam larutan.[1,11]

 ISSN 2549-0052

4. KESIMPULAN

Arang aktif sekam padi Mayas memenuhi persyaratan mutu SNI 06-3730-1995 serta memiliki karakteristik yang mendukung proses adsorpsi. Kondisi optimum adsorpsi logam Cd diperoleh pada massa adsorben 0,5 g, waktu kontak 30 menit, dan pH 6. Secara keseluruhan, arang aktif sekam padi Mayas berpotensi digunakan sebagai adsorben alternatif untuk menurunkan kadar logam kadmium pada air sungai tercemar.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ben, M.; Benzaouak, A.; Tangarfa, M.; Abrouki, Y.; Belekbir, S.; El Hazzat, M.; El Hamidi, A.; Abdelouahed, L. Multi-Response Optimization of the Adsorption Properties of Activated Carbon Produced from H_2SO_4 Activated Sludge: Effects of Washing with HCl. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering* **2025**, *11*, 101219.
2. Rahmiati, F.; Amin, G.; German, E. Pelatihan Pemanfaatan Limbah Padi Menjadi Arang Sekam untuk Menambah Pendapatan Petani. *Agrokreatif: Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat* **2022**, *5* (2), 159–164.
3. Badan Standardisasi Nasional. *SNI 06-3730-1995: Arang Aktif Teknis*; Badan Standardisasi Nasional: Jakarta, Indonesia, 1995.
4. Halim, A.; Romadon, J.; Achyar, M. Y. Pembuatan Adsorben dari Sekam Padi sebagai Penyerap Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) dalam Air Limbah. *J. SEOI Fak. Tek. Univ. Sahid Jakarta* **2021**, *3* (2), 66–73.
5. Tan, I. A. W.; Ahmad, A. L.; Hameed, B. H. Adsorption of Basic Dye Using Activated Carbon Prepared from Oil Palm Shell: Batch and Fixed Bed Studies. *Desalination* **2008**, *225* (1–3), 13–28.
6. Widyasari, E.; Supriadi; Said, I. Adsorption Capacity of Activated Charcoal Made of Rice Husk on Cd(II) Metal Ions. *J. Akademika Kimia* **2021**, *10* (4), 213–217.
7. Cullity, B. D.; Stock, S. R. *Elements of X-Ray Diffraction*, 3rd ed.; Prentice Hall: New Jersey, 2001.
8. Coates, J. Interpretation of Infrared Spectra: A Practical Approach. In *Encyclopedia of Analytical Chemistry*; Meyers, R. A., Ed.; John Wiley & Sons: Chichester, U.K., 2000; pp 10815–10837.
9. Foo, K. Y.; Hameed, B. H. Insights into the Modeling of Adsorption Isotherm Systems. *Chemical Engineering Journal* **2010**, *156* (1), 2–10.
10. Riyanto, C. A.; Kurniawan, E.; Aminu, N. R. Pengaruh NaOH dan Suhu Aktivasi terhadap Karakteristik Karbon Aktif Sekam Padi Teraktivasi H_3PO_4. *Rafflesia Journal of Natural and Applied Sciences* **2021**, *1* (2), 59–68.
11. Silverstein, R. M.; Webster, F. X.; Kiemle, D. J.; Bryce, D. L. *Spectrometric Identification of Organic Compounds*, 8th ed.; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, **2014**.
12. Badan Standardisasi Nasional. *SNI 6989.16:2009 Air dan Air Limbah—Bagian 16: Cara Uji Kadmium (Cd) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA-AAS)*; Badan Standardisasi Nasional: Jakarta, Indonesia, **2009**.