

# Sintesis komposit berbasis *styrofoam* dan kulit kayu galam sebagai adsorben besi pada limbah cair pertambangan intan

## *Synthesis of composite based on styrofoam and bark of galam as iron adsorbent in diamond mining liquid waste*

Annisa Nurfadilla Nugravita<sup>1\*</sup>, Daniel Dirgahayu<sup>1</sup>, Rizky Aulia Fitriani<sup>1</sup>, Temani Gea<sup>1</sup>, Utami Irawati<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Kimia, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia

### Abstrak.

Provinsi Kalimantan Selatan dikenal dengan hasil intan yang melimpah. Namun kegiatan penambangan intan ini meninggalkan lubang galian yang airnya tidak bisa dimanfaatkan karena kadar logam berat yang sangat tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan metode efektif untuk mensintesis komposit dari *styrofoam* dan selulosa dari kayu galam (*Melaleuca cajuputi*) sebagai adsorben, mengkaraktirasi komposit yang diperoleh, dan menguji kemampuan komposit dibandingkan dengan karbon aktif komersial sebagai adsorben untuk pengolahan limbah tambang intan. Isolasi selulosa didapatkan dari kulit kayu galam dan polistirena didapatkan dari *styrofoam*. Kemudian dilakukan sintesis dari hasil isolasi tersebut. Adsorpsi dilakukan dengan mengkaji pengaruh waktu kontak dan massa adsorben. Massa optimal untuk komposit, karbon aktif dan serbuk kulit kayu galam masing-masing adalah 1; 7,5; dan 5 gram. Turbiditas akhir setelah pengolahan menggunakan setiap adsorben tersebut berturut-turut adalah 1,82; 486; dan 232 NTU dari turbiditas mula-mula sebesar 1110 NTU dan hasil uji AAS menunjukkan bahwa komposit PSS-selulosa dapat menurunkan kandungan besi (Fe) dari 38,30 mg/L menjadi 24,12 mg/L.

Kata kunci: *styrofoam*, kulit kayu galam, komposit, limbah cair pertambangan intan

### Abstract.

South Kalimantan Province is well known for its abundant diamond production. However, diamond mining activities leave excavation pits filled with water that cannot be utilized due to high concentrations of heavy metals. This study aims to develop an effective method for synthesizing a composite from *styrofoam*-derived polystyrene and cellulose extracted from galam wood (*Melaleuca cajuputi*) bark as an adsorbent, characterize the obtained composite, and evaluate its adsorption capability compared to commercially activated carbon for diamond mining wastewater treatment. Cellulose was isolated from galam wood bark, while polystyrene was obtained from *styrofoam*. The isolated materials were then used for composite synthesis. The adsorption process was examined by analyzing the effects of contact time and adsorbent mass. The optimal masses for the composite, activated carbon, and galam wood bark powder were found to be 1 g, 7.5 g, and 5 g, respectively. After treatment, the final turbidity levels using these adsorbents were 1.82, 486, and 232 NTU, respectively, compared to an initial turbidity of 1110 NTU. Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) results indicated that the PSS-cellulose composite reduced iron (Fe) concentration from 38.30 mg/L to 24.12 mg/L.

Keywords: *styrofoam*, galam wood, composite, diamond mining wastewater

## 1. PENDAHULUAN

Intan merupakan galian tambang industri yang banyak ditemukan di Kalimantan Selatan dan telah menjadi sumber mata pencaharian masyarakat sejak tahun 1950-an hingga saat ini. Hasil riset menunjukkan bekas galian tambang intan di Kecamatan Cempaka, Banjarbaru masuk kategori cemar berat akibat tingginya kadar logam berat seperti besi (Fe) sebesar 0,685-2,018 mg/L yang melewati batas baku mutu air kelas I (Ijah *et al.* 2018). Logam berat merupakan golongan unsur dengan massa jenis 5 g/cm<sup>3</sup> (Rudi *et al.* 2020).

---

\* Korespondensi Penulis  
Email: [anurfadilla26@gmail.com](mailto:anurfadilla26@gmail.com)

Logam berat merupakan pencemar berbahaya karena bersifat toksik dan berisiko bagi manusia, flora, dan fauna. Zat ini dapat berpindah melalui rantai makanan, terutama dari hasil laut yang telah terkontaminasi akibat sedimentasi logam berat di perairan (Omar *et al.* 2019; Jawed dan Pandey 2020). Logam berat menjadi masalah yang besar karena tidak ada pengolahan lebih lanjut yang menyebabkan danau bekas galian menyebabkan kekhawatiran bagi masyarakat pada saluran air (Zou *et al.* 2016).

Penambangan intan menghasilkan air asam tambang, yaitu air dengan pH kurang dari 4 akibat oksidasi mineral sulfida dan dari limbah pencucian yang mengandung ion sulfat dan logam besi (Fe) dengan konsentrasi yang sangat tinggi (Permatasari *et al.* 2022; Ighalo *et al.* 2022). Kolam bekas tambang menyebabkan kadar karbon tinggi, pH asam dan tingginya kadar logam berat besi (Fe) (Fithratullah *et al.* 2023). Kualitas air menjadi sangat penting untuk kesehatan masyarakat keberlangsungan kehidupan biota air (Hidayat 2017). Salah satu metode yang paling efektif untuk menurunkan kadar logam pada air asam tambang tersebut adalah adsorpsi (Muharrem dan Ince 2017).

Adsorpsi adalah proses penyerapan partikel atau adsorbat pada permukaan media adsorpsi yang disebut adsorben. Permukaan adsorben yang baik adalah luas dan memiliki porositas tinggi. Proses ini umumnya melibatkan material padat bergugus hidroksil ( $-OH$ ) yang mampu mengikat logam berat (Al-Ghouti dan Da'ana 2020; Xie *et al.* 2022). Metode adsorpsi banyak digunakan karena dinilai paling praktis dan ekonomis, efisiensi, pH luas, biaya rendah (Wahyuni *et al.* 2018; Wang *et al.* 2023). Salah satu paduan adsorben yang berpotensi untuk mengadsorpsi logam berat adalah polistirena dan selulosa. Polistirena telah banyak digunakan dalam berbagai riset sebagai adsorben untuk menghilangkan logam berat seperti Fe dengan efisiensi adsorpsi sebesar  $(39,1 \pm 3,1)\%$  (Putri *et al.* 2023) dan adsorben logam  $Cu^{2+}$  dan  $Ni^{2+}$  (Leswana *et al.* 2021). Demikian dengan selulosa telah banyak digunakan dalam pengolahan limbah cair karena dinilai mudah untuk menyerap logam berat dan ion logam berat (Li *et al.* 2020). Beberapa penelitian yang telah melaporkan penggunaan selulosa dalam berbagai pengolahan limbah seperti pengolahan limbah industri perminyakan, mikropolutan, menghilangkan pewarna anionik, dan pengolahan limbah cair lainnya (Feng *et al.* 2020; Peng *et al.* 2020; Cho *et al.* 2022).

Polistirena banyak ditemukan pada bahan jenis polimer seperti limbah *styrofoam*. *Styrofoam* terdiri dari golongan 90-95% polistirena dan 5-10% gas seperti n-butana atau n-pentana (Kurniawan et al. 2022). Pemanfaatan limbah styrofoam yang telah dimodifikasi dapat menjadi potensi adsorben pada beberapa logam berat di lingkungan. Akan tetapi, kemampuan polistirena yang diisolasi dari limbah *styrofoam* mengikat pencemar masih belum optimal sehingga dibutuhkan penambahan bahan lain untuk meningkatkan efektivitas adsorpsi tersebut, yaitu selulosa. Selulosa sendiri dapat diperoleh dengan mudah dari berbagai sumber, salah satunya dari kulit kayu galam. Galam (*Malaleuca cajuputi*) merupakan suatu tanaman kayu yang tumbuh subur di rawa secara melimpah di hutan gambut dangkal Kalimantan Selatan. Kandungan kayu galam meliputi selulosa (37%), lignin (22,85%), zat ekstraktif (4,58%), dan abu (0,92%) yang menunjukkan bahwa kandungan selulosa kayu galam sangat tinggi (Darmaji et al. 2020).

Berdasarkan pemanfaatan polistirena dari kombinasi limbah *styrofoam* dan limbah kayu galam sebagai adsorben terhadap limbah air bekas pertambangan intan sangat perlu dilakukan dalam meminimalkan efek negatif dari limbah tersebut terhadap lingkungan. Penelitian ini akan mengevaluasi efisiensi adsorpsi terhadap konsentrasi logam berat serta menilai potensi penerapan komposit ini dalam skala yang lebih luas untuk solusi pengelolaan limbah yang lebih berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan metode efektif sintesis komposit dari *styrofoam* dan serbuk kayu galam sebagai adsorben, mengidentifikasi karakter komposit dari *styrofoam* dan serbuk kayu galam, serta menguji kemampuan komposit sebagai adsorben untuk pengolahan limbah cair pertambangan intan.

## 2. METODOLOGI

### 2.1. Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik Universitas Lambung Mangkurat, mulai dari Juni hingga September 2023. Pengumpulan data dilakukan melalui eksperimen di laboratorium melalui tahapan sintesis komposit yang berasal dari limbah *styrofoam* dan limbah kulit kayu galam. Komposit hasil sintesis ini selanjutnya diuji kemampuan adsorpsinya terhadap limbah cair pertambangan intan.

## 2.2. Prosedur analisis data

### 2.2.1. Alat dan bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini, yaitu pengaduk magnet, *hotplate* (Type 85-2), neraca analitik (Ohaus), kertas saring, alat-alat gelas standar, dan oven. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini, yaitu *styrofoam*, limbah air tambang intan, limbah kulit kayu galam, *aluminium foil*, akuades, natrium sulfit 98%, kloroform, asam sulfat, etanol 96%, silika gel, dan natrium hidroksida.

### 2.2.2. Prosedur kerja

#### 2.2.2.1. Preparasi sampel

Sampel *styrofoam* dipotong kecil-kecil dan dicuci dengan air mengalir hingga air bilasannya bening lalu dibilas menggunakan akuades. Pengeringan *styrofoam* dilakukan pada suhu 60°C karena memiliki titik leleh rendah sehingga akan melebur jika di atas suhu 100°C. *Styrofoam* yang telah kering kemudian dihaluskan hingga membentuk ukuran yang kecil.

Kulit kayu galam dipotong kecil-kecil, lalu dicuci dengan air mengalir hingga air bilasannya bening lalu dibilas menggunakan akuades. Limbah kulit kayu galam dikeringkan pada suhu 105°C untuk menghilangkan kadar air. Setelah kering, sampel dihaluskan dan diayak untuk memperoleh ukuran partikel yang seragam dengan menggunakan ayakan ukuran 40 dan 70 mesh.

#### 2.2.2.2. *Pretreatment* alkali

*Pre-treatment* alkali dilakukan dengan melarutkan serbuk kayu galam larutan Natrium hidroksida (NaOH) 1% dengan perbandingan 1:40. Pengadukan dilakukan selama 1 jam dengan pengaduk magnet, kemudian didiamkan hingga suhu ruang. Campuran tersebut kemudian disaring menggunakan kertas saring lalu dibilas menggunakan akuades hingga filtrat yang dihasilkan memiliki pH netral. Penyaringan dilakukan untuk menghasilkan filtrat yang hanya terdiri dari lignin dan selulosa. Endapan yang diperoleh lalu dikeringkan dengan oven pada suhu 100°C kemudian dihaluskan.

#### 2.2.2.3. Delignifikasi

Delignifikasi bertujuan untuk melepaskan selulosa dengan ikatan lain seperti lignin yang ada di dalam kayu galam Sampel hasil *pre-treatment* ditimbang sebanyak

2,5 gram kemudian diaduk dengan natrium sulfit pada suhu 105°C selama 2 jam, didiamkan hingga mencapai suhu ruang. Sampel lalu disaring dan dibilas dengan akuades hingga filtrat yang dihasilkan memiliki pH netral. Penyaringan dilakukan untuk menghasilkan filtrat yang hanya terdiri dari selulosa. Endapan yang diperoleh lalu dikeringkan dengan oven pada suhu 100°C kemudian dihaluskan.

#### **2.2.2.4. Sintesis komposit**

*Styrofoam* sebanyak 2,5 gram dimasukkan secara perlahan ke dalam 50 mL kloroform sambil diaduk hingga larut, kemudian ke dalam campuran tersebut ditambahkan 13,5 ml asam sulfat pekat, lalu ditambahkan 2,5 gram kayu galam hasil delignifikasi dan diaduk selama 3 jam. Campuran tersebut kemudian didiamkan hingga suhu ruang lalu dikeringkan menggunakan oven pada suhu 100°C hingga mengering.

#### **2.2.2.5. Adsorpsi sampel menggunakan adsorben**

Sebanyak 1 gram komposit dimasukkan ke dalam 250 mL limbah cair pertambangan intan sambil diaduk selama 1 jam, kemudian didiamkan selama 3 jam pertama untuk diukur nilai turbiditasnya kemudian diukur kembali nilai turbiditasnya setelah 24 jam. Sampel kemudian disaring dan filtrat yang diperoleh diukur turbiditas serta kandungan logam besi yang ada di dalamnya untuk dibandingkan dengan turbiditas kandungan logam mula-mula. Prosedur yang sama dilakukan dengan menggunakan massa komposit, serbuk kulit kayu galam, dan karbon aktif sebagai pembanding dengan bervariasi massa, yaitu 2,5 gram, 5 gram, 7,5 gram dan 10 gram.

### **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **3.1. Sintesis komposit *styrofoam* dan selulosa kulit kayu galam**

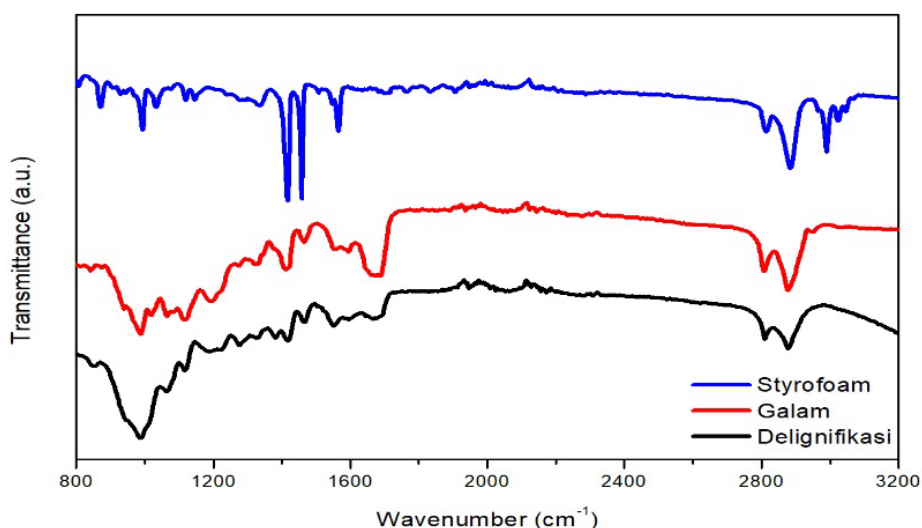
Sintesis komposit dari *styrofoam* dan serbuk kayu galam menjadi suatu dalam upaya mengembangkan material adsorben yang efisien dan ramah lingkungan. *Styrofoam* mengandung 90-95% polistirena, memiliki struktur yang ringan dan porositas yang tinggi, sehingga berpotensi sebagai material dasar dalam pembentukan komposit.

Di sisi lain, serbuk kayu galam mengandung selulosa yang memiliki gugus hidroksil aktif (Cosahan *et al.* 2023), yang berperan penting dalam interaksi dan penyerapan polutan. Dengan menggabungkan kedua material ini, dapat diperoleh komposit yang memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi terhadap polutan seperti

logam berat. Proses sintesis melibatkan pelarutan *styrofoam* dalam pelarut organik yaitu kloroform ( $\text{CHCl}_3$ ) hingga terlarut sempurna. Selanjutnya, asam sulfat ditambahkan ke dalam larutan tersebut untuk memasukkan gugus sulfonat pada polimer (Lee *et al.* 2023). Setelah proses sulfonasi berlangsung, serbuk kayu galam kemudian ditambahkan dan sambil diaduk konstan untuk memastikan distribusi serbuk yang merata dalam matriks polimer yang telah tersulfonasi. Campuran yang diperoleh berbentuk kental dan hitam. Hasil sintesis dikeringkan pada suhu  $100^\circ\text{C}$  hingga membentuk padatan.

### 3.2. Karakterisasi *styrofoam*, kulit kayu galam dan hasil delignifikasi

Identifikasi gugus fungsional pada *styrofoam*, kulit kayu galam, dan hasil delignifikasi dilakukan dengan cara mengidentifikasi karakter gugus fungsi menggunakan FTIR. Hasil spektra FTIR yang muncul disajikan pada **Gambar 1**. Spektra IR dari *styrofoam* menampilkan pita serapan gugus aromatik yang ditunjukkan pada kisaran bilangan gelombang  $1600\text{ cm}^{-1}$  dan  $3100\text{ cm}^{-1}$ , serta pita serapan gugus alifatik pada puncak  $2900\text{ cm}^{-1}$ . Serapan pada  $1006\text{ cm}^{-1}$  merupakan regangan simetris kelompok  $-\text{SO}_3\text{H}$  dan serapan pada panjang gelombang  $1127\text{ cm}^{-1}$  berasal dari anion sulfonat (Al-Sabagh *et al.* 2018).



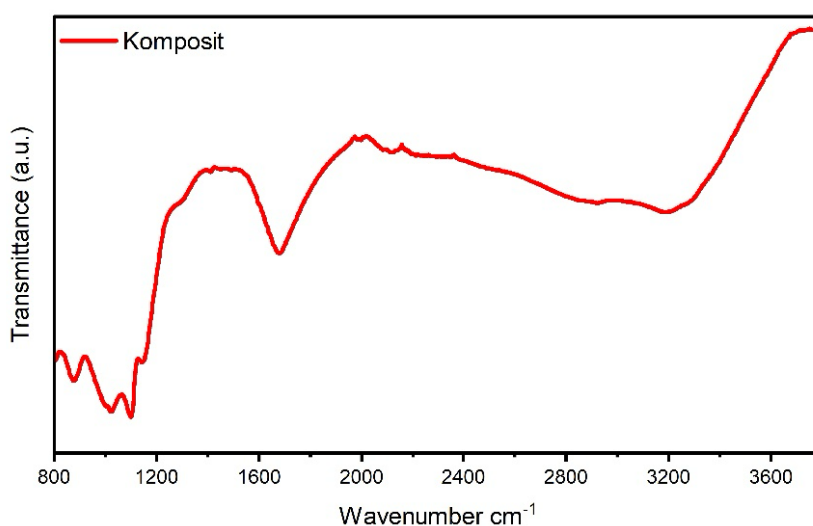
**Gambar 1.** Hasil uji FTIR *Styrofoam*, kulit kayu galam, dan hasil delignifikasi.

Kulit kayu galam mengandung berbagai macam senyawa dengan berbagai macam gugus fungsi. Beberapa gugus fungsi yang dapat diidentifikasi adalah gugus alifatik yang memberikan puncak serapan pada  $1000\text{ cm}^{-1}$  dan  $3000\text{ cm}^{-1}$ , serta gugus karbonil yang menimbulkan serapan pada bilangan gelombang  $1700\text{ cm}^{-1}$ . Puncak

pada spektrum antara  $2924\text{ cm}^{-1}$  hingga  $2855\text{ cm}^{-1}$  merupakan getaran regangan C-H pada kelompok selulosa (Abzan *et al.* 2023). Akan tetapi, setelah diberi perlakuan delignifikasi, sebagian besar dari gugus karbonil tersebut menghilang karena lignin yang terlarut di dalam natrium sulfit. Spektra IR hasil delignifikasi dapat dilihat beberapa gugus fungsional yang mengkonfirmasi keberadaan selulosa di dalam hasil delignifikasi tersebut, terutama pada  $1100\text{ cm}^{-1}$  dan  $1480\text{ cm}^{-1}$  yang berasal dari vibrasi tekuk  $-\text{CH}_2$  dan gugus alifatik pada puncak  $2800\text{ cm}^{-1}$ .

### 3.3. Karakterisasi produk komposit

Identifikasi gugus fungsi pada produk komposit PSS-selulosa dilakukan dengan menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) untuk mengetahui keberadaan gugus fungsi  $-\text{OH}$  di dalam komposit. Untuk mengetahui gugus tersebut digunakan arang aktif komersial sebagai pembanding dan menjadi penentu dalam mengetahui keefektifan produk komposit PSS-selulosa. Hasil spektra FTIR yang muncul disajikan pada **Gambar 2**. Sintesis komposit dilakukan dengan mereaksikan polistirena tersulfonasi (PSS) dengan hasil deliginifikasi, di mana interaksi tersebut dapat dikonfirmasi berdasarkan perubahan yang mencolok pada spektra IR komposit dari hasil sintesis.



**Gambar 2.** Hasil uji FTIR komposit PSS-selulosa

Hasil uji IR komposit menampilkan serapan landai yang sangat melebar pada kisaran  $3300\text{--}3500\text{ cm}^{-1}$ . Hal ini mengindikasikan keberadaan ikatan hidrogen antar gugus  $-\text{OH}$ . Keberadaan ikatan hidrogen yang terjadi akan merubah pita serapan. Selain itu, hasil yang diperoleh juga serupa dengan hasil penelitian oleh Leswana *et al.*

(2021) di mana interaksi yang terjadi antara PSS dengan kitosan menampilkan serapan yang melandai pada kisaran  $3300\text{ cm}^{-1}$  ke atas, yang serupa dengan yang terjadi dalam penelitian ini dan diperkuat dengan spektra IR. Ikatan hidrogen berasal dari interaksi sulfonat oleh PSS yang menggeser pita serapan sehingga pita melebar dan menyebabkan pita serapan  $\text{-OH}$  tidak muncul sebagai puncak yang tajam.

### 3.4. Uji turbiditas

Kekeruhan mencerminkan jumlah partikel tersuspensi dalam air serta keterkaitan berbagai proses kimia, fisika, dan biologi di dalamnya. Tingginya kekeruhan sering kali menyebabkan berkurangnya oksigen terlarut, bahan organik yang mudah terurai, memicu pelepasan kembali nutrisi dari sedimen, dan mengganggu keseimbangan ekosistem perairan. Untuk menguji kemampuan komposit yang diperoleh, dilakukan pengukuran turbiditas atas sampel limbah yang digunakan sebelum dan sesudah adsorpsi menggunakan komposit. Sebagai pembandingan, adsorpsi juga dilakukan pada kulit kayu galam dan karbon aktif yang dimuat pada **Tabel 1**.

Berdasarkan **Tabel 1** tersebut dapat dilihat bahwa komposit memiliki kemampuan yang lebih baik untuk mengikat pengotor yang dapat dilihat dari nilai turbiditas akhir yang lebih rendah dibandingkan ketika adsorpsi dilakukan dengan kulit kayu galam dan karbon aktif. Hal ini disebabkan oleh kombinasi sifat hidrofilik dari selulosa dan polistirena tersulfonasi yang menyediakan situs adsorpsi sehingga meningkatkan kapasitas adsorpsi (Tran *et al.* 2020). Massa 1 gram adsorben komposit PSS-selulosa menunjukkan hasil yang efektif untuk menurunkan kekeruhan dari 1110 NTU menjadi 1,85 NTU dengan waktu kontak selama 24 jam.



**Tabel 1.** Uji turbiditas komposit, kulit kayu galam, dan arang aktif.

| Bahan uji             | Massa (gram) | Turbiditas (NTU) |          |          |           |           |           |        |
|-----------------------|--------------|------------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------|
|                       |              | 30 menit         | 60 menit | 90 menit | 120 menit | 150 menit | 180 menit | 24 Jam |
| Kulit kayu galam      | 1            | 1399             | 1123     | 1126     | 1088      | 1068      | 1159      | 875    |
|                       | 2,5          | 972              | 970      | 930      | 959       | 973       | 954       | 705    |
|                       | 5            | 114              | 264      | 296      | 402       | 455       | 388       | 1032   |
|                       | 7,5          | 301              | 488      | 529      | 606       | 643       | 592       | 960    |
|                       | 10           | 259              | 234      | 368      | 438       | 512       | 408       | 301    |
| Karbon aktif          | 1            | 121              | 98       | 88       | 75        | 60        | 50        | 654    |
|                       | 2,5          | 327              | 342      | 383      | 400       | 415       | 439       | 705    |
|                       | 5            | 130              | 180      | 198      | 227       | 249       | 267       | 655    |
|                       | 7,5          | 35,59            | 51       | 72       | 77        | 95        | 101       | 486    |
|                       | 10           | 37,41            | 60       | 75       | 86        | 101       | 111       | 505    |
| Komposit PSS-selulosa | 1            | 101              | 89       | 84       | 63        | 55        | 48,61     | 1,85   |
|                       | 2,5          | 84               | 68       | 60       | 53        | 41,82     | 32,37     | 1,92   |
|                       | 5            | 123              | 118,5    | 111      | 95,2      | 71,8      | 67,5      | 3,2    |
|                       | 7,5          | 182              | 133,8    | 105,1    | 83,5      | 72,1      | 70        | 2,76   |
|                       | 10           | 172              | 155,2    | 106,9    | 80        | 70,9      | 68        | 3,92   |

### 3.5. Uji AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*)

Dalam penelitian ini, dilakukan analisis kadar logam pada sampel limbah cair menggunakan metode *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengukur konsentrasi logam besi, sebelum dan setelah proses adsorpsi menggunakan berbagai jenis adsorben. **Tabel 2** menunjukkan data hasil pengujian kadar besi (Fe) pada sampel limbah cair yang diadsorpsi dengan kulit kayu galam, karbon aktif, dan komposit, serta efektivitas masing-masing adsorben dalam menurunkan kadar logam tersebut.

Berdasarkan **Tabel 2**, adsorben dinyatakan berperan dalam perubahan kadar kandungan logam dari sampel limbah cair pertambangan intan yang semula mengandung kadar besi (Fe) sebesar 38,30 mg/L. Perubahan kadar besi pada sampel setelah diadsorpsi dengan kulit kayu galam menunjukkan keoptimalan pada massa 10 gram dengan menurunkan kadar besi menjadi 1,92 mg/L. Penurunan kadar besi berbanding terbalik dengan massa adsorben, hal tersebut dikarenakan kulit kayu galam yang belum dilakukan preparasi memiliki semakin banyak gugus selulosa jika massa adsorbennya bertambah sehingga kadar logam dalam sampel dapat terikat. Adsorben karbon aktif menunjukkan keoptimalan di massa 2,5 gram dengan penurunan kadar besi hingga 2,04 mg/L.

**Tabel 2.** Hasil uji AAS terhadap kandungan logam limbah pertambangan intan.

| Adsorben              | Massa (gram) | Kadar besi (mg/L) |
|-----------------------|--------------|-------------------|
| Kulit kayu galam      | 1            | 97,33             |
|                       | 2,5          | 28,92             |
|                       | 5            | 17,88             |
|                       | 7,5          | 19,07             |
|                       | 10           | 1,92              |
| Karbon aktif          | 1            | 25,24             |
|                       | 2,5          | 2,04              |
|                       | 5            | 56,58             |
|                       | 7,5          | 73,31             |
|                       | 10           | 68,03             |
| Komposit PSS-selulosa | 1            | 24,12             |
|                       | 2,5          | 40,4              |
|                       | 5            | 109,45            |
|                       | 7,5          | 96,28             |
|                       | 10           | 85,97             |

Hasil adsorpsi menunjukkan data yang tidak konstan karena proses adsorpsi pada karbon aktif didominasi oleh adsorpsi fisika, dimana pori-pori yang dimiliki oleh karbon aktif hanya dapat mengikat pengotor dengan ukuran yang serupa sehingga pengotor yang berukuran besar tidak dapat terikat di pori-pori tersebut. Hasil adsorpsi sampel menggunakan adsorben komposit menunjukkan penurunan kadar besi hingga 24,12 mg/L dengan massa komposit sebesar 1 gram. Komposit dari campuran polistirena tersulfonasi dengan selulosa merupakan perpaduan yang tepat untuk menurunkan kadar logam pada limbah cair pertambangan intan, karena selulosa yang dimiliki oleh kulit kayu galam berhasil mengikat logam pencemar dan polistirena tersulfonasi yang berasal dari *styrofoam* dapat berperan agar selulosa tidak menjadi pengotor pada sampel. Gugus  $-SO_3H$  dari sulfat membentuk matriks polimer yang menjadikan polistirena menjadi penukar ion sehingga dapat mengikat logam berat (Jia *et al.* 2019). Penelitian Tran *et al.* (2023) menyatakan bahwa polistirena tersulfonasi dapat mengikat logam berat dengan efisiensi yang tinggi dalam waktu 30 menit yang di antaranya  $Zn^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ , dan  $Cu^{2+}$  dengan efisiensi penyisihan sebesar 98,1%, 95,5% dan 98,8%.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Komposit yang dihasilkan memiliki karakteristik fisik berupa serpihan berwarna gelap, yang memiliki kemampuan adsorpsi yang kuat. Berdasarkan hasil uji FTIR menunjukkan bahwa komposit yang dihasilkan terbentuk melalui interaksi antara selulosa dengan polistirena tersulfonasi (PSS), hal ini terlihat dari serapan yang muncul pada spektra IR komposit yang menunjukkan adanya ikatan baru yaitu ikatan -OH antara selulosa dengan PSS. Hasil pengukuran turbiditas menunjukkan bahwa komposit PSS-selulosa dapat menurunkan nilai turbiditas dari 1110 NTU menjadi 1,85 NTU serta hasil uji AAS menunjukkan bahwa komposit PSS-selulosa dapat menurunkan kandungan besi (Fe) dari 38,30 mg/L menjadi 24,12 mg/L. Secara keseluruhan, kemampuan komposit ini masih belum diuji pada jenis logam berat lainnya. Oleh karena itu, penulis menyarankan untuk melakukan pengembangan dan penelitian lebih lanjut untuk diuji pada logam berat lain serta dapat menemukan metode yang lebih baik agar hasil yang diperoleh maksimal.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan Riset dan Teknologi atas dana hibah PKM 2023, Ibu Utami Irawati, Balai Teknik Kesehatan Lingkungan Pengendalian Penyakit, Universitas Lambung Mangkurat, dan pihak-pihak lainnya yang telah memberikan bantuan moril maupun material selama pelaksanaan penelitian.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- Abzan N, Abbasian A, Jonoobi M and Ghasemi I. 2023. Cellulose microfiber extraction from leftover celery pulp: Chemomechanical treatments, structural, morphological, and thermal characterization. *International Journal of Biological Macromolecules* 253:126834.
- Al-Ghouti MA and Da'ana DA. 2020. Guidelines for the use and interpretation of adsorption isotherm models: A review. *Journal of Hazardous Materials* 393(1):1-22.
- Al-Sabagh AM, Moustafa YM, Hamdy A, Killa HM, Ghanem RTM and Morsi RE. 2018. Preparation and characterization of sulfonated polystyrene/magnetite

- nanocomposites for organic dye adsorption. *Egyptian Journal of Petroleum* 27(3):403-413.
- Cho BG, Mun SB, Lim CR, Kang SB, Cho CW and Yun YS. 2022. Adsorption modeling of microcrystalline cellulose for pharmaceutical-based micropollutants. *Journal of Hazardous Materials* 426:1-8.
- Cosahan SR, Istikowati WT dan Itta D. 2023. Pemanfaatan kulit galam sebagai bahan baku tambahan pada pembuatan rak telur pada PT. Prima Rezeki. *Jurnal Hutan Tropis* 11(1):26-32.
- Darmaji D, Sari NM dan Yuniarti Y. 2020. Pemanfaatan limbah serbuk gergaji kayu galam (*Melaleuca Cajuputi* Powell) menjadi bioetanol sumber energi alternatif terbarukan. *Jurnal Sylva Scientiae* 3(1):85-91.
- Feng C, Ren P, Huo M, Dai Z, Liang D, Jin Y and Ren F. 2020. Facile synthesis of trimethylammonium grafted cellulose foams with high capacity for selective adsorption of anionic dyes from water. *Carbohydrate Polymers* 241:1-42.
- Fithratullah R, Juwiyatri E dan Pribadi A. 2023. Identifikasi jenis plankton sebagai bioindikator perairan di Danau Seran Kecamatan Landasan Ulin, Kalimantan Selatan. *Jurnal Ilmiah Universitas Muhammadiyah Buton* 9(4):945-953.
- Hidayat L. 2017. Pengelolaan lingkungan areal tambang batubara (studi kasus pengelolaan air asam tambang (acid mining drainage) di PT. Bhumi Rantau Energi Kabupaten Tapin Kalimantan Selatan). *Jurnal ADHUM* 8(1):44-52.
- Ighalo JO, Kurniawan SB, Iwuozor KO, Aniagor CO, Ajala OJ, Oba SN, Iwuchukwu FU, Ahmadi S and Igwegbe CA. 2022. A review of treatment technologies for the mitigation of the toxic environmental effects of acid mine drainage (AMD). *Process Safety and Environmental Protection* 157:37-58.
- Ijah K, Rahman M dan Rahman A. 2018. Analisis beberapa parameter fisika dan kimia di bekas lahan tambang intan Kecamatan Cempaka Kota Banjarbaru Provinsi Kalimantan Selatan. *Aquatic Jurnal Tugas Akhir Mahasiswa* 1(2):132-142.
- Jawed A and Pandey LM. 2019. Application of bimetallic Al-doped ZnO nano-assembly for heavy metal removal and decontamination of wastewater. *Water Science and Technology* 80(11):2067-2078.
- Jia J, Fu Z, Wang L, Huang Z and Liu C. 2019. Conversion of waste polystyrene foam into sulfonated hyper-crosslinked polymeric adsorbents for cadmium removal in a fixed-bed column. *Chemical Engineering Research and Design* 142:346-354.

- Kurniawan B, Huamaira T, Hasanah S, Christina E dan At-Tsaqib JH. 2022. Modifikasi struktur polistirena menggunakan maleat anhidrida sebagai pengikat silang dan benzoil peroksida sebagai inisiator. *Asian Journal of Mechatronics and Electrical Engineering* 1(1):25-34.
- Lee G, Park SI, Shin HY, Joh HI, Kim SS and Lee S. 2023. Simultaneous reactions of sulfonation and condensation for high-yield conversion of polystyrene into carbonaceous material. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 122:426-436.
- Leswana NF, Siswanta D dan Suratman A. 2021. Sintesis membran polielektrolit kompleks polistirena sulfonat-kitosan dari limbah *styrofoam* sebagai adsorben logam Cu (II) dan Ni (II). *Jurnal Farmasi Eta* 1(1):10-25.
- Li D, Tian X, Wang Z, Guan Z, Li X, Qiao H, Ke H, Lui L and Wei Q. 2020. Multifunctional adsorbent based on metal-organic framework modified bacterial cellulose/chitosan composite aerogel for high efficient removal of heavy metal ion and organic pollutant. *Chemical Engineering Journal* 383:1-9.
- Muharrem INCE and Ince OK. 2017. An overview of adsorption technique for heavy metal removal from water/wastewater: a critical review. *International Journal of Pure and Applied Sciences* 3(2):10-19.
- Omar S, Muhamad MS, Te Chuan L, Hadibarata T and Teh ZC. 2019. A review on lead sources, occurrences, health effects, and treatment using hydroxyapatite (HAp) adsorbent made from fish waste. *Water, Air, & Soil Pollution* 230:1-21.
- Peng B, Yao Z, Wang X, Crombeen M, Sweeney DG and Tam KC. 2020. Cellulose-based materials in wastewater treatment of petroleum industry. *Green Energy & Environment* 5(1) :7-49.
- Permatasari D, Rahman M dan Yasmi Z. 2022. Pengaruh pemberian dosis baking soda (natrium bikarbonat) yang berbeda terhadap kadar DO (dissolved oxygen) dengan tingkat kematian ikan budidaya di perairan bekas galian tambang intan PT. Galuh Cempaka. *AQUATIC Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan* 5(1):44-58.
- Putri FA, Widia W, Amelia A and Mahardika RG. 2023. Polystyrene sulfonate-chitosan membrane from *styrofoam* waste as the adsorbent for Fe (III) metals from ex-tin mining. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi* 26(11):445-450.

- Rudi NN, Muhamad MS, Te Chuan L, Alipal J, Omar S, Hamidon N, Hamid NHA, Sunar NM, Ali R and Harun H. 2020. Evolution of adsorption process for manganese removal in water via agricultural waste adsorbents. *Heliyon* 6(9):1-13.
- Tran AT, Pham TT, Nguyen QH, Hoang NT, Bui DT, Nguyen MT, Nguyen MK and van der Bruggen B. 2020. From waste disposal to valuable material: Sulfonating polystyrene waste for heavy metal removal. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 8(5):1-15.
- Tran ATK, Hoang NTT and Nguyen PT. 2023. Optimizing sulfonation process of polystyrene waste for hardness and heavy metal removal. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering* 8:100396.
- Wahyuni E, Adlim dan Khaldun I. 2018. Efektivitas adsorpsi ion merkuri (II) menggunakan alternatif adsorben butiran kerikil putih yang terlapisi kitosan pada penjernih air portable. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Kimia* 3(4):129-139.
- Wang B, Lan J, Bo C, Gong B and Ou J. 2023. Adsorption of heavy metal onto biomass-derived activated carbon: review. *RSC advances* 13(7):4275-4302.
- Xie Y, Pan Y and Cai P. 2022. Hydroxyl crosslinking reinforced bagasse cellulose/polyvinyl alcohol composite films as biodegradable packaging. *Industrial Crops and Products* 176(1):1-8.
- Zou Y, Wang X, Khan A, Wang P, Liu Y, Alsaedi A, Hayat T and Wang X. 2016. Environmental remediation and application of nanoscale zero-valent iron and its composites for the removal of heavy metal ions: a review. *Environmental Science & Technology* 50(14):7290-7304.