

## **Pengaruh Adsorben Selulosa Terhadap Penurunan Kadar Cu dan Fe Pada Air Sumur Bor Fakultas Teknik Universitas Mulawarman**

**Rif'an Fathoni<sup>\*1)</sup>, Izza Sadry Zulfandy<sup>1)</sup>, Novita Maulana Palupi<sup>1)</sup>, Retno Wulandari, Tantra Diwa Larasati<sup>1)</sup>.**

<sup>1)</sup> Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman

E-mail: [rfathoni@ft.unmul.ac.id](mailto:rfathoni@ft.unmul.ac.id)

### **ABSTRAK**

Salah satu indikator penting untuk menilai tingkat pencemaran air adalah kandungan logam berat seperti tembaga (Cu) dan besi (Fe). Paparan berkelanjutan terhadap logam berat ini dapat menyebabkan penyakit kanker pada manusia jika dikonsumsi terus-menerus. Oleh karena itu, logam tersebut harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke air permukaan atau digunakan sebagai air bersih. Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama adalah pembuatan adsorben dari kertas koran bekas dan kulit jagung, sedangkan tahap kedua adalah uji adsorpsi. Kertas koran bekas memiliki kandungan selulosa yang dikenal memiliki kemampuan adsorpsi yang signifikan. Kulit jagung juga dapat berfungsi sebagai adsorben yang efektif untuk mengikat logam tembaga dan besi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua adsorben mampu menurunkan konsentrasi logam Fe dan Cu secara signifikan, dengan efisiensi penurunan tertinggi terjadi pada waktu kontak 30 menit dan dosis adsorben 1 gram. Model isoterm Langmuir memberikan kecocokan yang sangat baik, dengan kapasitas maksimum adsorpsi yang tinggi pada kedua logam terutama logam Cu menggunakan adsorben koran bekas. Penelitian ini menunjukkan bahwa selulosa dari limbah organik memiliki potensi tinggi sebagai adsorben alami dalam pengolahan air yang ramah lingkungan.

Kata Kunci: Adsorben, Adsorpsi, Koran Bekas, Kulit Jagung, Selulosa

### **ABSTRACT**

*This study addresses the critical issue of heavy metal contamination, specifically iron (Fe) and copper (Cu), in borehole water, which poses significant health risks upon continuous exposure. The primary objective was to evaluate the efficacy of cellulose-based adsorbents, derived from readily available organic waste materials like waste newspaper and corn husks, in reducing these metal concentrations in water from Mulawarman University's Faculty of Engineering. The research methodology involved the preparation of these adsorbents and subsequent adsorption experiments where adsorbent dosage and contact time were systematically varied, with metal concentrations quantified using Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) and analyzed with the Langmuir isotherm model. Findings revealed that both waste newspaper and corn husk adsorbents were highly effective, achieving over 99% removal efficiency for Fe and Cu at an optimal 30-minute contact time and 1-gram dose. The Langmuir model provided an excellent fit, indicating a monolayer adsorption process, with waste newspaper showing higher capacity for Fe and corn husk for Cu. In conclusion, cellulose from organic waste offers a highly promising, effective, and environmentally sustainable solution for heavy metal removal in water treatment.*

*Keyword: Adsorbent, Adsorption, Cellulose, Corn Husk, Waste Newspaper*

### **1. Pendahuluan**

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok yang sangat vital bagi kehidupan manusia maupun makhluk hidup lainnya. Air bersih digunakan untuk konsumsi, sanitasi, pertanian, industri, dan berbagai aktivitas sehari-hari, seperti minum, memasak, mandi, serta mencuci. Kualitas air yang baik menjadi prasyarat utama untuk menjaga kesehatan dan menunjang aktivitas masyarakat (Sari & Huljana, 2019). Namun, hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas air tanah, khususnya air sumur bor yang banyak digunakan masyarakat, sering kali tidak memenuhi standar kesehatan karena mengandung logam berat seperti besi (Fe) dan tembaga (Cu) (Hasrianti & Nuraisa, 2015). Kandungan logam berat yang melebihi ambang batas dapat menimbulkan gangguan estetika berupa perubahan warna, rasa, dan bau air. Lebih

jauh, paparan logam berat secara berkelanjutan dapat mengakibatkan gangguan fisiologis pada tubuh manusia, termasuk kerusakan organ dan penyakit degeneratif (Kementerian Kesehatan RI, 2017).

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017, kadar maksimum Fe dalam air untuk keperluan higiene sanitasi adalah 1 mg/L. Namun, penelitian yang dilakukan pada beberapa wilayah menunjukkan bahwa kadar Fe dan Cu dalam air sumur bor sering kali melampaui batas baku mutu tersebut (Singkam dkk, 2021). Kondisi serupa juga ditemukan di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Mulawarman, di mana air sumur bor yang digunakan civitas akademika memiliki kandungan Fe dan Cu di atas standar. Hal ini menimbulkan tantangan serius dalam penyediaan air bersih yang aman, baik untuk keperluan sehari-hari maupun kegiatan laboratorium. Keberadaan logam berat tidak hanya berdampak pada kesehatan, tetapi juga dapat menimbulkan masalah teknis, seperti kerusakan peralatan akibat korosi dan pembentukan endapan.

Upaya pengolahan air umumnya dilakukan melalui teknologi konvensional seperti koagulasi, filtrasi, pertukaran ion, hingga penggunaan membran. Akan tetapi, metode tersebut membutuhkan biaya besar, peralatan khusus, dan pemeliharaan yang kompleks, sehingga kurang sesuai untuk diaplikasikan pada skala kecil (Widayatno dkk, 2017). Salah satu alternatif yang potensial adalah metode adsorpsi, yakni proses penjerapan ion logam pada permukaan padatan. Metode ini banyak dipilih karena relatif sederhana, ekonomis, dan dapat menggunakan bahan alami yang tersedia secara lokal (Martina dkk, 2016).

Bahan berbasis selulosa merupakan kandidat adsorben yang efektif karena mengandung gugus hidroksil (-OH) yang mampu berinteraksi dengan ion logam melalui mekanisme pembentukan kompleks (Takarani dkk, 2019). Selulosa secara alami berfungsi sebagai penyusun utama dinding sel tanaman, tetapi dalam konteks teknologi lingkungan dapat diolah menjadi material penyerap logam berat seperti Pb(II), Cd(II), Cr(III), Fe(II), dan Cu(II) (Setyaningsih dkk, 2020). Di Indonesia, potensi bahan berbasis selulosa cukup besar, misalnya dari limbah pertanian berupa kulit jagung yang mengandung sekitar 42% selulosa (Ginting, 2015), serta limbah domestik berupa kertas koran bekas dengan kandungan selulosa sekitar 50,1% (Herlenasari, 2017). Pemanfaatan kedua bahan ini tidak hanya menyelesaikan persoalan limbah organik, tetapi juga menawarkan solusi ramah lingkungan dalam pengolahan air.

Sejumlah penelitian terdahulu mendukung pemanfaatan bahan ini. Kertas koran bekas telah dilaporkan efektif untuk mengurangi kadar logam Cu dan Fe dari air limbah melalui mekanisme adsorpsi (Mardiah & Fathoni, 2016). Demikian pula, penelitian mengenai adsorben berbasis kulit jagung menunjukkan hasil yang signifikan dalam menyerap ion logam dengan waktu kontak dan dosis yang tepat (Takarani dkk, 2019). Secara teoretis, mekanisme adsorpsi sering dianalisis menggunakan model isoterm, seperti model Langmuir, yang menjelaskan penyerapan monolayer pada permukaan adsorben serta memberikan gambaran mengenai kapasitas maksimum penyerapan (Perdana dkk, 2023).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas adsorben selulosa dari kertas koran bekas dan kulit jagung dalam menurunkan kadar Fe dan Cu pada air sumur bor di Fakultas Teknik Universitas Mulawarman. Penelitian ini juga diarahkan untuk menentukan dosis dan waktu kontak optimum, sehingga proses penjernihan air dapat berlangsung lebih efisien. Hasil penelitian diharapkan memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi tepat guna dalam pengolahan air bersih, sekaligus mendukung pemanfaatan limbah organik sebagai adsorben alami yang ekonomis dan ramah lingkungan.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif eksperimental dengan pendekatan laboratorium. Pemilihan metode ini didasarkan pada tujuan penelitian yang ingin mengukur secara objektif efektivitas adsorben selulosa dari koran bekas dan kulit jagung dalam menurunkan kadar logam Fe dan Cu. Menurut Creswell (2014), metode kuantitatif bertujuan untuk menguji teori dengan cara mengukur hubungan antar variabel melalui data numerik dan analisis statistik. Sementara itu, pendekatan eksperimental digunakan karena penelitian ini melibatkan perlakuan tertentu terhadap sampel (variasi dosis dan waktu kontak) untuk mengamati pengaruhnya terhadap konsentrasi logam, sebagaimana dijelaskan oleh Sugiyono (2017) bahwa penelitian eksperimen merupakan penelitian yang memberikan perlakuan untuk menguji pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat dalam kondisi terkontrol.

#### A. Bahan

Bahan utama yang digunakan adalah koran bekas dan kulit jagung sebagai sumber selulosa. Bahan kimia tambahan meliputi larutan NaOH 10%, akuades, serta sampel air sumur bor. Semua bahan kimia yang digunakan berkualitas analitik tanpa pemurnian lebih lanjut.

#### B. Pembuatan Adsorben

Proses pembuatan adsorben dari koran bekas diawali dengan dipotong-potong koran bekas menjadi potongan kecil. Koran yang telah berukuran kecil di aktivasi dengan dilarutkan ke dalam larutan NaOH 10% dan diaduk menggunakan stirrer selama 2 jam. Selanjutnya, disaring kertas koran menggunakan kertas saring lalu dicuci dengan aquadest hingga pH nya 6,5-7.

Proses pembuatan adsorben dari kulit jagung diawali dengan dicuci kulit jagung hingga bersih lalu dijemur kulit jagung yang telah bersih di udara terbuka. Setelah kulit jagung kering, dipotong-potong kulit jagung dengan ukuran sedang agar memudahkan digiling menggunakan blender menjadi ukuran partikel yang lebih kecil. Selanjutnya, diayak kulit jagung dengan ukuran 40 mesh dan dicuci kulit jagung menggunakan akuades, lalu disaring menggunakan kertas saring dan dikeringkan selama satu harian dengan suhu kamar.

#### C. Pembuatan Adsorben

Percobaan adsorpsi dilakukan secara batch menggunakan 50 mL sampel air sumur bor. Adsorben ditambahkan dengan variasi dosis (0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5 g) dan waktu kontak (10, 30, 60, 90, 120 menit). Setelah perlakuan, larutan disaring dan dianalisis kadar Fe dan Cu menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS).

#### D. Analisis data

Efisiensi penurunan (%R) dihitung berdasarkan perbedaan konsentrasi awal ( $C_i$ ) dan akhir ( $C_e$ ). Kapasitas adsorpsi ( $q_e$ , mg/g) ditentukan dengan rumus:

$$q_e = \frac{(C_i - C_e)V}{m} \dots\dots\dots(1)$$

dengan V = volume larutan (L) dan m = massa adsorben (g). Data selanjutnya dianalisis menggunakan model isoterm Langmuir untuk menentukan kapasitas maksimum adsorpsi ( $Q_m$ ) dan konstanta afinitas (KL).

### 3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan untuk menjernihkan air sumur bor dengan metode adsorpsi menggunakan adsorben selulosa dari koran bekas dan kulit jagung. Hasil air dari proses adsorpsi diuji dengan spektrofotometer serapan atom (AAS) untuk mengetahui kadar logam Fe dan Cu yang tersisa. Efektivitas adsorpsi kemudian dianalisis melalui perhitungan persen removal, kapasitas adsorpsi, serta pemodelan isoterm Langmuir guna menentukan kondisi optimum penyerapan logam Fe dan Cu. Hasil pengamatan mengenai gambaran kualitas air sumur bor di Fakultas Teknik Universitas Mulawarman dapat dilihat pada tabel berikut:

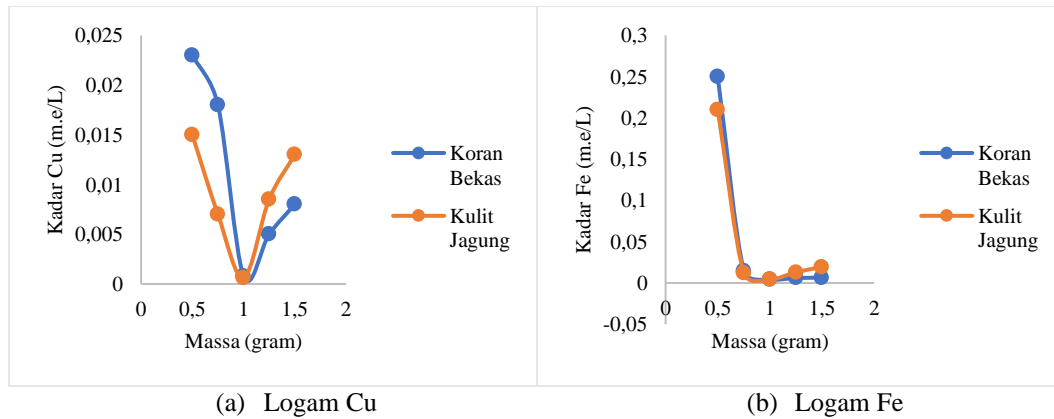
**Tabel 1.** Data Hasil Analisa Air Sumur Bor

Sampel	Parameter	Nilai (m.e/L)
Air Sumur Bor	Fe	1,3740
	Iron	
	Cu	0,1070
	Copper	

#### A. Analisa Spektroskopis Serapan Atom (SSA) Pengaruh Dosis Adsorben Terhadap Konsentrasi Akhir Larutan

Hasil analisis kuantitatif menggunakan metode Spektroskopi Serapan Atom (SSA) untuk mengevaluasi pengaruh variasi dosis adsorben terhadap konsentrasi akhir ion logam dalam larutan.

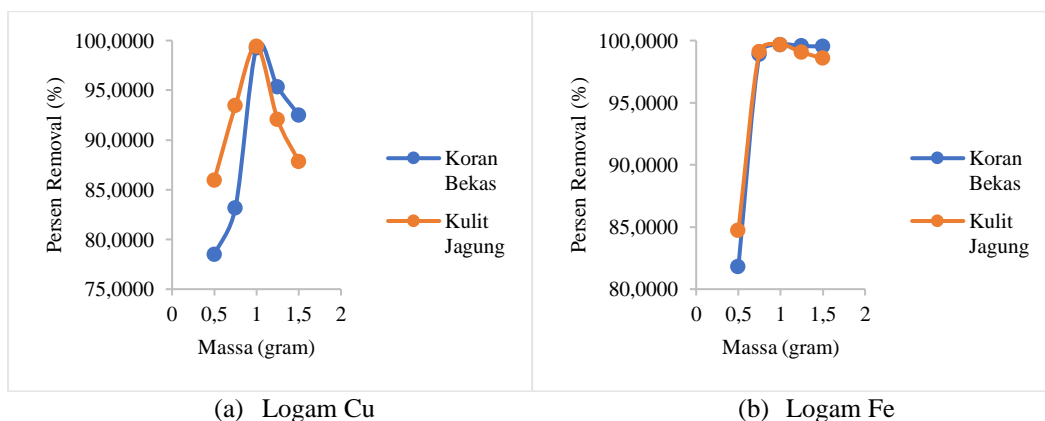
Dua jenis adsorben koran bekas dan kulit jagung diujikan terhadap logam berat Cu dan Fe dengan dosis yang divariasikan secara sistematis.



**Gambar 1.** Hubungan antara massa adsorben terhadap konsentrasi akhir larutan

Gambar 1. dapat diketahui bahwa semakin besar dosis adsorben yang digunakan, maka semakin banyak pula permukaan aktif yang tersedia untuk mengikat ion logam (Cu dan Fe), sehingga konsentrasi logam dalam larutan seharusnya semakin menurun. Hal ini sesuai dengan prinsip dasar adsorpsi di mana peningkatan jumlah adsorben akan meningkatkan kapasitas penyerapan (adsorptivitas), hingga mencapai titik jenuh. Pada koran bekas, penurunan konsentrasi logam terjadi sangat signifikan hingga massa 1,0 gram. Setelah titik ini, konsentrasi Cu dan Fe justru sedikit meningkat, meskipun massa adsorben bertambah.

Adsorben kulit jagung tanpa aktivasi dapat menyerap logam berat karena telah memiliki pori-pori yang mampu memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan (Anggriawan dkk, 2019). Koran bekas menunjukkan efektivitas adsorpsi yang lebih tinggi dibandingkan kulit jagung, terutama pada dosis optimal 1,0 gram. Adsorben dari koran bekas lebih efektif dalam melakukan adsorpsi karena kertas koran terdiri atas matriks selulosa yang memiliki gugus aktif OH-, gugus inilah yang berperan penting dalam proses adsorpsi (Herlenasari, 2017).

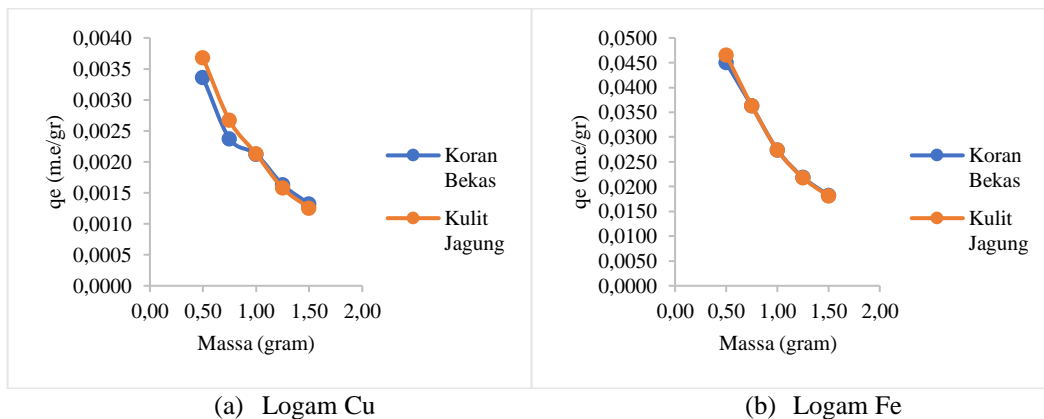


**Gambar 2.** Pengaruh Dosis Adsorben Terhadap Persen Removal

Gambar 2. menunjukkan bahwa adsorben dari koran bekas memiliki kapasitas penyerapan logam yang lebih efektif dibandingkan adsorben dari kulit jagung. Persen removal pada logam Cu, baik adsorben koran bekas maupun kulit jagung menunjukkan pola kenaikan efisiensi adsorpsi seiring bertambahnya massa adsorben hingga titik optimum, dan kemudian menurun. Adsorben koran bekas, persen removal meningkat tajam dari massa 0,5 gram hingga mencapai puncaknya pada 1,0 gram (sekitar 99,2523%). Setelah itu, terjadi penurunan efisiensi, yang menandakan bahwa titik optimum telah tercapai pada 1,0 gram

Pola yang serupa juga terlihat pada kulit jagung, dengan efisiensi tertinggi pada massa 1,0 gram (sekitar 99,4393%), tetapi penurunan setelahnya terlihat lebih tajam daripada koran bekas. Hal ini menunjukkan bahwa kulit jagung memiliki titik optimum yang serupa, tetapi kulit jagung lebih rentan terhadap penurunan efisiensi setelah melewati dosis optimum (Putri, 2021).

Efisiensi yang lebih tinggi pada koran bekas dapat disebabkan oleh sifat materialnya, seperti luas permukaan yang lebih besar atau kandungan senyawa aktif yang mendukung proses adsorpsi logam berat (Herlenasari, 2017). Koran bekas cenderung lebih unggul dalam mengadsorpsi Cu, sedangkan untuk Fe, keduanya memiliki efisiensi yang sangat tinggi dan hampir setara. Titik optimum untuk efisiensi penyerapan Cu dan Fe terjadi pada massa 1,0 gram untuk kedua adsorben..



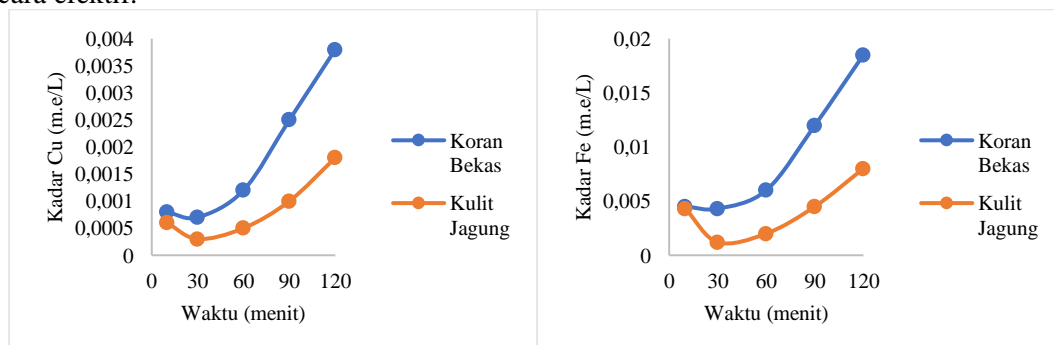
**Gambar 3.** Pengaruh Dosis Adsorben Terhadap Kapasitas Adsorpsi

Gambar 3. menunjukkan bahwa meskipun peningkatan dosis adsorben dapat meningkatkan jumlah total logam yang diserap, tetapi tidak serta-merta meningkatkan kapasitas adsorpsi per gram adsorben. Data adsorpsi logam Cu, kapasitas adsorpsi tertinggi dicapai saat massa adsorben paling rendah, yaitu 0,5 gram, dengan nilai sekitar 0,0034 m.e/g untuk koran bekas dan 0,0040 m.e/g untuk kulit jagung. Namun, seiring meningkatnya massa hingga 1,5 gram, terjadi penurunan tajam pada kapasitas adsorpsi, yang menunjukkan bahwa penambahan jumlah adsorben tidak selalu memberikan peningkatan kapasitas per satuan massa.

Hasil yang serupa juga terlihat pada logam Fe, di mana koran bekas dan kulit jagung menunjukkan kapasitas adsorpsi maksimum masing-masing sekitar 0,0450 m.e/g dan 0,0435 m.e/g pada dosis 0,5 gram, dan mengalami penurunan bertahap hingga sekitar 0,0120–0,0215 m.e/g pada dosis 2 gram. Penurunan ini menunjukkan bahwa pada dosis yang lebih tinggi, jumlah situs aktif melebihi jumlah ion logam yang tersedia di dalam larutan, sehingga tidak semua situs aktif dapat digunakan secara efektif dalam proses adsorpsi (Azmiyani, 2018).

## B. Analisa Spektroskopis Serapan Atom (SSA) Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Konsentrasi Akhir Larutan

Waktu kontak merupakan salah satu parameter yang sangat penting dalam proses adsorpsi, karena menentukan sejauh mana interaksi antara permukaan adsorben dan ion logam dapat berlangsung secara efektif.

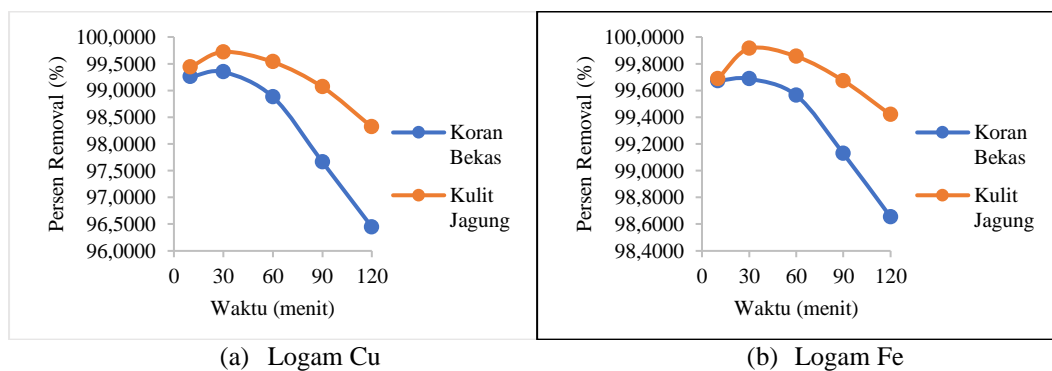


(a) Logam Cu

(b) Logam Fe

**Gambar 4.** Hasil Analisa Spektroskopis Serapan Atom (SSA) Pengaruh Waktu Terhadap Konsentrasi Akhir Larutan

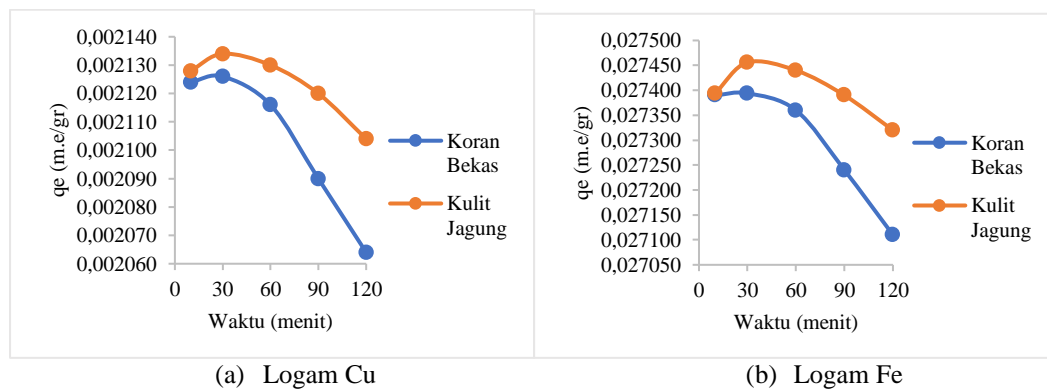
Gambar 4. dapat diketahui dari kedua adsorben tersebut waktu berlangsung paling efektif pada 30 menit. Massa dan waktu pengontakan adsorben berpengaruh pada penyerapan logam, di mana semakin lama waktu dan semakin besar massa maka kemampuan adsorben dalam penyerapan logam semakin baik, tetapi apabila melebihi batas waktu optimum penyerapan logam akan terlepas kembali (Takarani dkk, 2019). Waktu kontak yang terlalu lama menyebabkan penurunan efisiensi adsorpsi yang disebabkan oleh desorpsi, atau pelepasan kembali ion logam dari permukaan adsorben akibat kondisi kesetimbangan yang telah tercapai. Efisiensi penyisihan dan kapasitas adsorpsi menurun karena permukaan adsorben mencapai titik jenuh setelah tercapainya kesetimbangan (Shinta dkk, 2022).

**Gambar 5.** Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Persen Removal (%)

Gambar 5. Menunjukkan bahwa pada logam Cu, efisiensi adsorpsi oleh kedua adsorben meningkat hingga mencapai titik optimum pada waktu kontak 30 menit. Adsorben koran bekas menunjukkan persen removal tertinggi sebesar 99,3458% pada 30 menit, sedangkan kulit jagung mencapai efisiensi maksimal sebesar 99,7196% pada waktu yang sama. Namun, setelah melewati waktu kontak tersebut, terjadi penurunan efisiensi secara bertahap, yang lebih tajam pada koran bekas, yaitu hingga 96,4486% pada 120 menit.

Pada logam Fe, hasil serupa juga teramati, di mana efisiensi adsorpsi meningkat hingga waktu 30 menit, kemudian menurun secara perlahan. Koran bekas mencapai efisiensi maksimal sebesar 99,6870% pada 30 menit, yang selanjutnya menurun hingga 98,6536% pada 120 menit. Sementara itu, kulit jagung menunjukkan kestabilan yang lebih baik, dengan efisiensi tertinggi sebesar 99,9127% pada 30 menit dan hanya menurun sedikit menjadi 99,4178% pada 120 menit.

Peningkatan persentase removal pada berbagai variasi waktu kontak mengindikasikan adanya permukaan sel yang tetap aktif dan mampu membentuk ikatan dengan ion logam (Mawaddah dkk, 2023). Waktu kontak optimum untuk kedua logam adalah pada 30 menit, di mana efisiensi adsorpsi mencapai nilai tertinggi. Setelah waktu tersebut, efektivitas adsorpsi cenderung menurun akibat kejenuhan permukaan adsorben. Tingkat adsorpsi ion lebih tinggi pada awal waktu kontak karena semua situs di adsorben kosong, tetapi seiring dengan bertambahnya waktu kontak jumlah situs adsorpsi akan menurun, sehingga tingkat adsorpsi akan berkurang karena kondisi kesetimbangan telah tercapai (Okoli & Ezuma, 2014).



**Gambar 6.** Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Kapasitas Adsorpsi

Gambar 6. Menunjukkan bahwa Penurunan kapasitas adsorpsi setelah waktu kontak optimum (30 menit) kapasitas adsorpsi logam Cu dan Fe, terlihat bahwa baik untuk adsorben koran bekas maupun kulit jagung, kapasitas adsorpsi mengalami peningkatan secara bertahap hingga mencapai nilai maksimum pada waktu kontak 30 menit, kemudian cenderung menurun setelahnya. Untuk logam Cu, adsorben kulit jagung menunjukkan kapasitas adsorpsi yang lebih stabil dibandingkan koran bekas. Koran bekas mengalami penurunan tajam setelah 60 menit, sedangkan kulit jagung masih mempertahankan nilai adsorpsi yang relatif tinggi hingga menit ke-90 sebelum mengalami sedikit penurunan. Hal ini mengindikasikan bahwa kulit jagung memiliki kestabilan ikatan yang lebih baik terhadap ion Cu dibandingkan dengan koran bekas.

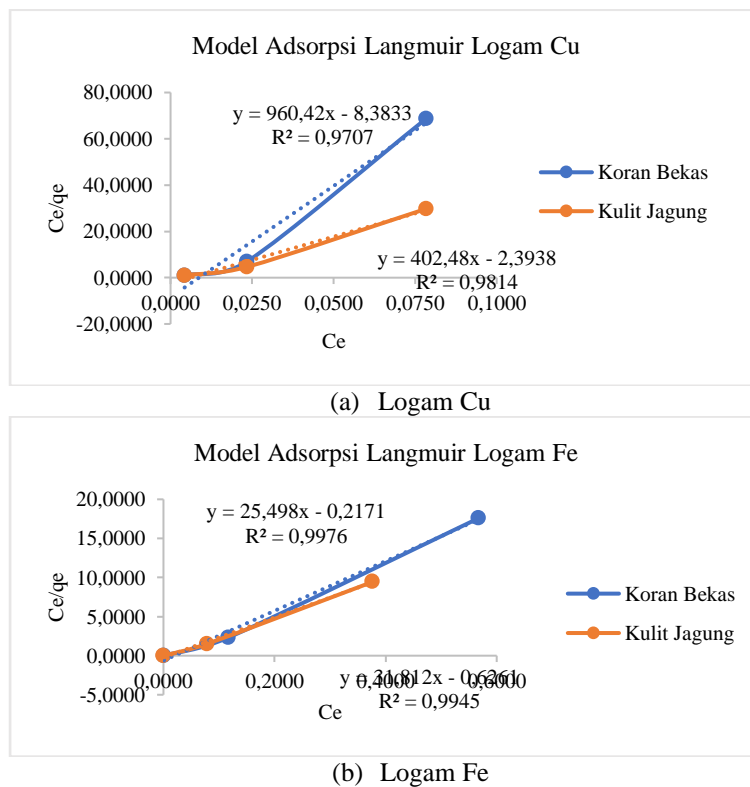
Pola serupa juga terlihat pada logam Fe, yaitu peningkatan kapasitas adsorpsi hingga waktu kontak 30 menit dan diikuti oleh penurunan. Nilai kapasitas adsorpsi maksimum dicapai oleh kedua adsorben pada waktu kontak tersebut, dengan kulit jagung menunjukkan kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi secara konsisten dibandingkan koran bekas. Hal ini menandakan bahwa kulit jagung memiliki afinitas yang lebih besar terhadap ion Fe karena struktur permukaannya yang lebih sesuai dalam menjerap ion logam atau adanya gugus fungsi aktif yang lebih banyak.

Penurunan kapasitas adsorpsi setelah waktu kontak optimum (30 menit) disebabkan oleh struktur permukaan adsorben kulit jagung yang kurang optimal dalam mempertahankan adsorbat atau terjadinya desorpsi sebagian logam yang sebelumnya terikat (Takarani dkk, 2016). Waktu kontak 30 menit dapat dianggap sebagai waktu optimum untuk proses adsorpsi logam Cu dan Fe menggunakan kedua jenis adsorben ini, dengan efisiensi penjerapan terbaik diperoleh pada titik tersebut.

### C. Model Adsorpsi Langmuir

Gambar 7 menampilkan model adsorpsi Langmuir untuk logam Cu dan Fe, dapat disimpulkan bahwa kedua jenis adsorben koran bekas dan kulit jagung mengikuti pola adsorpsi monolayer yang sesuai dengan asumsi dasar model Langmuir. Grafik (a) menunjukkan hubungan linear antara  $C_e/q_e$  dan  $C_e$  untuk logam Cu, dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,9707 untuk koran bekas dan 0,9814 untuk kulit jagung. Pada grafik (b) untuk logam Fe, kedua adsorben juga menunjukkan hubungan linear yang baik, dengan ( $R^2$ ) sebesar 0,9976 untuk koran bekas dan 0,9945 untuk kulit jagung. Hal ini menunjukkan bahwa koran bekas tidak hanya memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi terhadap Fe, tetapi juga afinitas yang lebih besar dibandingkan kulit jagung.





**Gambar 7** Model Adsorpsi Langmuir (a) Logam Cu (b) Logam Fe

Pada ion Cu, kulit jagung memiliki kapasitas adsorpsi maksimum ( $Q_m$ ) lebih tinggi, yaitu 0,4177 m.e/g dibandingkan dengan koran bekas sebesar 0,1193 m.e/g. Hal ini menunjukkan bahwa kulit jagung menyediakan lebih banyak situs aktif yang mampu mengikat ion Cu. Namun, nilai konstanta Langmuir (KL) untuk Cu pada kulit jagung (0,0059 m.e/L) lebih rendah dibandingkan dengan koran bekas (0,0087 m.e/L), yang mengindikasikan bahwa ikatan antara ion Cu dengan permukaan koran bekas relatif lebih kuat meskipun jumlah ion yang dapat diikat lebih sedikit.

Pada ion Fe, koran bekas menunjukkan kapasitas adsorpsi yang jauh lebih tinggi ( $Q_m = 4,6062$  m.e/g) dibandingkan kulit jagung ( $Q_m = 1,5972$  m.e/g), menandakan bahwa koran bekas lebih dominan dalam menyerap ion Fe. Namun, nilai KL untuk Fe pada kulit jagung (0,0197 m.e/L) lebih besar daripada pada koran bekas (0,0085 m.e/L), sehingga meskipun jumlah ion Fe yang dapat diikat kulit jagung lebih sedikit, kekuatan interaksi adsorpsi antara ion Fe dengan kulit jagung lebih tinggi dibandingkan dengan koran bekas.

Hal ini mengindikasikan bahwa koran bekas memiliki keunggulan dalam hal afinitas dan kapasitas adsorpsi terhadap kedua jenis logam, terutama Cu. Nilai ( $R^2$ ) yang tinggi pada kedua grafik menunjukkan bahwa model Langmuir sangat sesuai untuk menggambarkan mekanisme adsorpsi yang terjadi, dan bahwa proses adsorpsi berlangsung secara homogen pada permukaan adsorben. Keunggulan koran bekas dapat dikaitkan dengan struktur serat selulosanya yang lebih aktif dan luas permukaan yang lebih besar, sehingga mampu menyediakan lebih banyak situs aktif untuk penjerapan ion logam.

#### 4. Kesimpulan

Adsorben selulosa dari koran bekas dan kulit jagung terbukti efektif dalam menurunkan konsentrasi logam berat Fe dan Cu. Mekanisme adsorpsi berlangsung optimal pada kondisi tertentu, di mana gugus hidroksil (-OH) dalam selulosa berperan aktif sebagai situs pengikat ion logam. Kedua adsorben menunjukkan efektivitas tinggi dengan persen removal >99%. Koran bekas lebih unggul dalam mengadsorpsi ion Cu, sedangkan kulit jagung lebih stabil terhadap ion Fe, terutama pada waktu kontak lebih lama serta dosis optimum yang paling efektif adalah 1 gram dengan waktu kontak 30 menit.

Karakteristik adsorben dapat dianalisis lebih lanjut menggunakan metode seperti FTIR dan SEM untuk memahami mekanisme adsorpsi secara mendalam. Variasi dosis dan waktu kontak dapat diperluas



guna menemukan efisiensi optimum, serta perlu dilakukan pengamatan terhadap pH larutan selama proses adsorpsi.

## 5. Daftar Pustaka

- Anggriawan, A., Atwanda, M. Y., Nurhazizah & Fathoni, R. (2019). Kemampuan Adsorpsi Logam Berat Cu Dengan Menggunakan Adsorben Kulit Jagung (*Zea Mays*). *Jurnal Chemurgy*, 3(2).
- Azmiyani, U. (2018). Adsorpsi logam Fe dan Cu menggunakan biosorben batang jagung termodifikasi asam sitrat pada limbah laboratorium UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. *Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Malik Ibrahim Malang*.
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches (4th ed.)*. SAGE Publications.
- Ginting, A. (2015). Pemanfaatan Limbah Kulit Jagung Untuk Produk Modular Dengan Teknik Pilin. *Dinamika Kerajinan dan Batik* 51–62.
- Hasrianti & Nuraisa. (2015). Analisis Warna, Suhu, Ph Dan Salinitas Air Sumur Bor Di Kota Palopo. *Jurnal Elektronik Universitas Cokroaminoto Palopo*, 2(1), 747–896.
- Herlenasari, Agustina, Sari & Mardiah (2017). Pembuatan Adsorben Dari Koran Bekas Untuk Mengurangi Kadar Fe Dan Cu Dalam Air Limbah. *Journal Of Chemical Process Engineering*, 2(1), 16.
- Mardiah & Fathoni, R. (2016). Adsorpsi logam Cu (II) DAN fE (II) menggunakan kertas koran bekas. *Jurnal Integrasi Proses*, 6(2), 89–94.
- Martina, D., Hastuti, R. & Widodo, D. S. (2016). Peran Adsorben Selulosa Tongkol Jagung (*Zea mays*) dengan Polivinil Alkohol (PVA) untuk Penyerapan Ion Logam Timbal (Pb<sup>2+</sup>). *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 19(3), 77–82.
- Okoli, J. & Ezuma, I. (2014). *Adsorption Studies of Heavy Metals by Low-Cost Adsorbents*. *J. Appl. Sci. Environ. Manage*, vol. 18, no. 3, pp. 443–448
- Perdana, A. (2023). Karakteristik Adsorben Ampas Teh dalam Menyerap Ion Logam Timbal Menggunakan Model Isoterm Langmuir. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, 7(1), 90–97.
- Putri, L. S. (2021). Pemanfaatan Selulosa Dari Koran Bekas Teraktivasi KOH Sebagai Adsorben Ion Logam Cu (II). *Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang*
- Sari, M., & Huljana, M. (2019). Analisis Bau, Warna, TDS, pH, dan Salinitas Air Sumur Gali di Tempat Pembuangan Akhir. *ALKIMIA : Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*, 3(1), 1–5.
- Setyaningsih, L. W. N., Mutiara, T., Hapsari, C. Y., Kusumaningtyas, N., Munandar, H., & Pranata, R. J. (2020). Karakteristik dan Aplikasi Selulosa Kulit Jagung Pada Pengembangan Hidrogel. *Journal of Science and Applicative Technology*, 4(2), 61.
- Shinta, Helard, D. & Lathifah, W. D. (2022). Pemanfaatan Kulit Jagung sebagai Adsorben dalam Penyisihan Detergen dari Air Limbah Laundry. *Jurnal Serambi Engineering (JSE)*, 8(1).
- Singkam, A. R., Lestari, I. L. & Agustin, F. (2021). Perbandingan Kualitas Air Sumur Galian Dan Bor Berdasarkan Parameter Kimia Dan Parameter Fisika. : *Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*, 4, 155–165.
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Takarani, P., Novita, S. F., & Fathoni, R. (2019). Pengaruh Massa dan Waktu Adsorben Selulosa dari Kulit Jagung terhadap Konsentrasi Penyerapan. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi V*, 2(1), 117–121.
- Widayatno, T., Yuliatwati, T. & Susilo, A. (2017). Adsorpsi Logam Berat (Pb) dari Limbah Cair dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 1(1), 17–23.