

Spent Bleaching Earth sebagai Adsorben untuk Menyisihkan Krom dan Warna pada Limbah Cair Batik

Ferlian Vida Satria¹, Novirina Hendrasarie^{2*}

^{1,2}Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Surabaya

*Koresponden email: novirina@upnjatim.ac.id

Diterima: 22 November 2023

Disetujui: 5 Desember 2023

Abstract

Environmental pollution by heavy metals, including chromium, is a common issue, particularly in the batik industry. Chromium, although essential, can become a hazardous substance in its +6-oxidation state. This research aims to investigate the use of spent bleaching earth as an adsorbent to remove chromium ions (Cr) and color from batik industry wastewater. The study consists of two main phases: a preliminary study and the main research phase. In the preliminary phase, the initial characteristics of batik wastewater were tested, and a coagulation-flocculation-sedimentation process was performed to reduce parameters that could interfere with the adsorption process. The primary adsorbent material used was spent bleaching earth, with a comparative adsorbent consisting of pure bleaching earth and powdered activated carbon. In the main research phase, the treated wastewater was flowed into an adsorption reactor. Variables varied included flow rate (7 mL/minute and 15 mL/minute) and adsorbent mass (30 grams and 50 grams). The analysis revealed that lower flow rates and greater adsorbent masses increased adsorption efficiency. Adsorption capacity was calculated using the Thomas mathematical model. Spent Bleaching Earth proved to be effective in adsorbing chromium ions (Cr) and color, with an adsorption capacity exceeding 85%.

Keywords: batik industry, adsorption, column, spent bleaching earth, chromium

Abstrak

Pencemaran lingkungan oleh logam berat termasuk kromium, merupakan masalah umum, terutama dalam industri batik. Kromium, meskipun esensial, dapat menjadi zat berbahaya dalam bentuk oksidasi +6. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi penggunaan spent bleaching earth sebagai adsorben untuk menghilangkan ion kromium (Cr) dan warna dari limbah industri batik. Penelitian ini terdiri dari dua tahap utama: penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Pada tahap pendahuluan, karakteristik awal limbah cair batik diuji, dan proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi dilakukan untuk menurunkan parameter yang dapat mengganggu proses penyerapan. Material adsorben utama yang digunakan adalah *spent bleaching earth* dengan adsorben pembanding menggunakan *bleaching earth* murni, dan *powdered activated carbon*. Pada tahap penelitian utama, limbah yang telah melalui pengolahan awal dialirkan ke dalam reaktor adsorpsi. Variabel yang divariasikan adalah *flowrate* (7 mL/menit dan 15 mL/menit) dan massa adsorben (30 gr dan 50 gr). Analisis menunjukkan bahwa *flowrate* yang lebih rendah dan massa adsorben yang lebih besar meningkatkan efisiensi penyerapan. Kapasitas adsorpsi dihitung menggunakan model matematis Thomas. *Spent Bleaching Earth* efektif dalam menyerap ion krom (Cr) dan warna dengan kemampuan penyerapan diatas 85%.

Kata Kunci: industri batik, adsorpsi, kolom, spent bleaching earth, kromium

1. Pendahuluan

Pencemaran lingkungan oleh logam berat, baik yang esensial maupun non-esensial, telah menjadi masalah yang umum [1]. Meski memiliki manfaat, usaha batik seringkali menghasilkan limbah berbahaya, salah satunya adalah kromium. Bilangan oksidasi kromium yang paling stabil adalah +3, namun mungkin juga terdapat pada +2 dan +6. Jarang sekali terjadi kemunculan kromium dalam bilangan oksidasi +4 dan +5. Bilangan oksidasi +6 pada kromium adalah yang paling berbahaya karena merupakan molekul oksidan yang kuat. [2]. Kromium digunakan pada industri batik sebagai katalis pada proses pewarnaan kain [3]. Kromium sulit terurai di lingkungan dan dapat terakumulasi dalam tubuh manusia melalui rantai makanan. Paparan kromium dapat mengakibatkan iritasi hidung, paru-paru, mata, dan kulit. Paparan berkelanjutan dengan dosis tinggi dapat berpotensi menyebabkan kanker paru-paru dan kanker pada sistem pencernaan [2]. Logam berat, khususnya Cr6+, dapat mencemari lingkungan dan mengancam kesehatan manusia jika

sampah tidak dikelola dengan baik. Air limbah di Jawa Timur harus memiliki konsentrasi Cr^{6+} lebih dari 0,1 mg/l, sesuai Peraturan Gubernur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah.

Logam berat dalam air dapat dihilangkan melalui proses yang disebut adsorpsi. Adsorpsi dipilih karena keefektifannya dalam menghilangkan logam berat [4], [5]. Penggunaan bahan adsorpsi yang ekonomis dengan teknologi yang mudah dioperasikan terutama untuk mengolah air limbah saat ini semakin mendapatkan perhatian dari para peneliti [6], [7]. *Spent Bleaching Earth* adalah zat adsorben yang dapat digunakan untuk memurnikan air dengan menghilangkan logam berat. Ketika minyak nabati disuling, produk sampingan seperti pewarna alami, non-gliserida, logam, asam lemak bebas, dan hidroperoksida akan dihilangkan, sehingga meninggalkan *Spent Bleaching Earth* (SBE) [8], [9].

Dalam produksi 1 juta ton minyak kelapa sawit, akan dihasilkan sekitar 0,5-1% SBE, yang setara dengan 34 ribu ton *Spent Bleaching Earth* (SBE) sebagai limbah padat. SBE termasuk dalam kategori limbah berbahaya dan beracun (B3) karena mengandung sekitar 20-40% sisa minyak dan bahan organik lainnya, yang dapat dengan cepat teroksidasi dan menjadi sumber kebakaran jika ditimbun di tempat pembuangan sampah [10]. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021, limbah SBE yang mengandung kurang dari 3% sisa minyak tidak dianggap sebagai limbah B3. Ini membuka peluang untuk mengelola limbah SBE dengan biaya yang lebih rendah dan memanfaatkannya kembali untuk tujuan lain, yang sebelumnya tidak diizinkan sesuai dengan peraturan yang ada. Ini dapat dilakukan dengan mendaur ulang limbah menjadi adsorben [11], [12].

Penelitian sebelumnya telah mencoba menghilangkan logam dari air menggunakan metode adsorpsi dengan menggunakan *spent bleaching earth* sebagai adsorben. Peneliti terdahulu melakukan penelitian tentang penghilangan Cr (III) dari air menggunakan *spent bleaching earth* yang diaktivasi, dan hasilnya menunjukkan bahwa SBE dapat menghilangkan 81% Cr^{3+} pada pH 7 dan 99,88% pada pH 10 [13]. Penelitian terdahulu lainnya menunjukkan bahwa SBE mampu menghilangkan warna hingga 40,485 mg/g berdasarkan model Langmuir [12]. Dari kedua penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa *spent bleaching earth* yang telah diaktivasi efektif dalam menghilangkan kromium dan warna dari air, dengan tingkat efisiensi yang bervariasi. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menginvestigasi penggunaan *spent bleaching earth* dalam mengadsorpsi ion kromium (Cr) dan menghilangkan warna dari limbah industri batik.

2. Metode Penelitian

Penelitian Pendahuluan

Kawasan Industri Batik Jetis di Kabupaten Sidoarjo menyediakan limbah cair batik untuk penelitian ini, dengan menggunakan zat pewarna garam yang diambil dari tangki pencelupan kain. Selanjutnya sampel limbah cair diuji karakteristiknya pada Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Surabaya. Karakteristik awal yang diuji antara lain pH, suhu, COD, TSS, Krom dan Warna. Penelitian pendahuluan dibagi menjadi 2 tahap yaitu proses penyiapan material adsorben serta pengolahan awal limbah cair batik menggunakan metode koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi untuk menurunkan parameter yang berkemungkinan mengganggu proses penyerapan krom dan warna.

Penyiapan Material Adsorben

Material adsorben yang digunakan pada penelitian ini antara lain: *spent bleaching earth*, *bleaching earth* murni, dan *powdered activated carbon*. Material adsorben dihaluskan dan diayak menggunakan alat Sieve Test dengan ukuran mesh 60 – 100. Setelah itu material adsorben dikeringkan pada suhu $115^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama 3 jam dan selanjutnya didinginkan hingga suhu ruang.

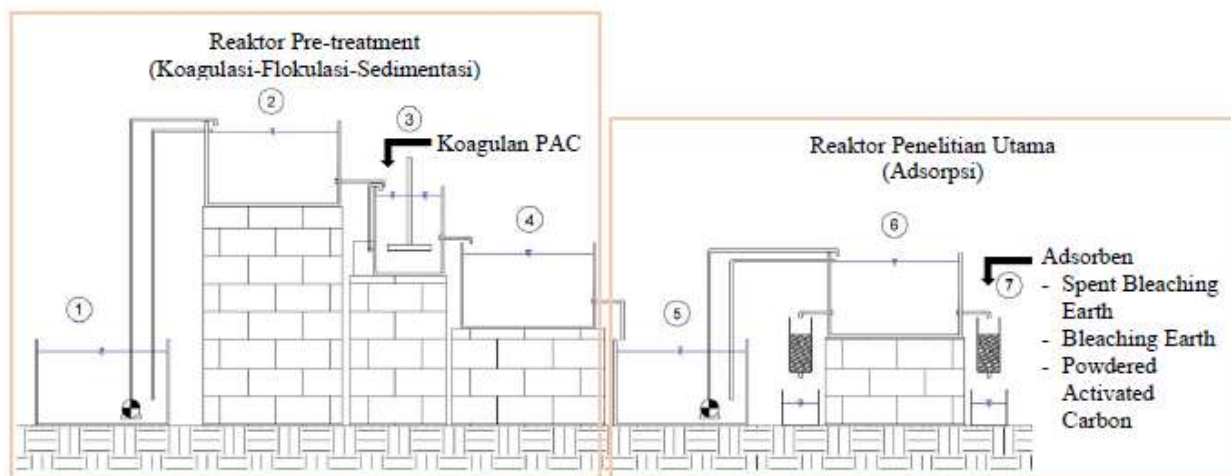
Pengolahan Awal Limbah Cair Batik

Poly Aluminium Klorida (PAC) akan digunakan dalam serangkaian proses koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi untuk mengolah limbah cair batik. Menurut SNI 19-6449-2000, dosis koagulan akan dievaluasi menggunakan prosedur Jar Test. Jar Test meliputi pengadukan cepat dengan kecepatan 200 rpm selama 5 menit, dilanjutkan dengan pengadukan bertahap dengan kecepatan 60 rpm selama 60 menit. % penurunan kadar COD dan TSS menunjukkan efektivitas dosis.

Langkah selanjutnya dalam pengolahan limbah cair batik adalah dengan menyalurkan 240 mL air limbah per menit melalui reaktor koagulasi-flokulasi berukuran 3,5 L. Kemudian, jumlah sampel air limbah dikalikan dengan dosis koagulan pada waktu pengadukan optimal larutan koagulan PAC sebelum dimasukkan ke dalam reaktor koagulasi-flokulasi. Selanjutnya dilakukan pengendapan pada reaktor sedimentasi (10 L) dengan laju alir 110 mL/menit dan waktu endapan 1,5 jam untuk limbah hasil pengolahan koagulasi-flokulasi [14].

Penelitian Utama

Penelitian utama menggunakan reaktor adsorpsi mengalirkan air limbah dari tangki penampung ke dalam reaktor adsorpsi dengan dua kecepatan berbeda: 7 mililiter per menit dan 15 mililiter per menit. Bahan adsorpsi dengan berbagai berat yaitu 30 gr dan 50 gr dimasukkan ke dalam reaktor adsorpsi 250 mL. **Gambar 1** menunjukkan reaktor yang digunakan.



Gambar 1. Skema dan Susunan Reaktor

Sumber: Peneliti, 2023

3. Hasil dan Pembahasan

Pengolahan Awal Limbah Cair Batik

Limbah batik cair didapatkan dari Kawasan Industri Batik Jetis Kabupaten Sidoarjo dan dimanfaatkan dalam penelitian ini. Sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 16 Tahun 2019 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Industri Tekstil, pengujian dilakukan untuk mengetahui kondisi awal kandungan pencemar limbah cair batik. **Tabel 1** menampilkan hasil pengujian yang dirancang untuk mengidentifikasi karakteristik limbah cair.

Tabel 1. Hasil Uji Karakteristik Limbah Cair Batik

No.	Parameter	Hasil Uji	Baku Mutu
1.	pH	6,2	6 – 9
2.	Suhu (°C)	28	± 2 (Temperatur Udara Ambien)
3.	COD (mg/L)	1538,62	150
4.	TSS (mg/L)	280	50
5.	Krom Total (mg/L)	8,7	1
6.	Warna (pt-Co)	932	200

Sumber: Hasil Analisis Penelitian, 2023

Tabel 1 menunjukkan kondisi limbah cair batik mempunyai rona gelap dan melebihi batas mutu COD, TSS, dan krom. Parameter utama yang dianalisis dalam penelitian adalah kadar ion krom (Cr) dan warna. Adapun parameter pendukung lain yang dianalisis antara lain COD dan TSS. Maka dari itu perlu dilakukan upaya pengolahan awal untuk meminimalisir terganggunya proses pengolahan parameter utama akibat adanya parameter lainnya.

Dengan menggunakan % penurunan parameter COD dan TSS pada limbah cair batik, dosis koagulan optimal dihasilkan pada Jar Test, dan jumlah tersebut diperoleh sebesar 500 mg/L PAC. Pada dosis tersebut mampu menyisihkan COD sebesar 923,24 mg/L atau 60% serta TSS sebesar 279,8 mg/L atau 99,3 %. Dengan hasil yang diperoleh dari uji dosis koagulan optimum maka penelitian dapat dilanjutkan dengan pengoperasian reaktor Koagulasi-Flokulasi dan Sedimentasi dengan menggunakan koagulan PAC sesuai dengan hasil uji dosis koagulan optimum dengan kondisi pengoperasian yang sama namun dengan dosis koagulan yang disesuaikan dengan volume reaktor Koagulasi-Flokulasi. Hasil dari pengolahan awal dapat dilihat pada **Tabel 2** di bawah ini.

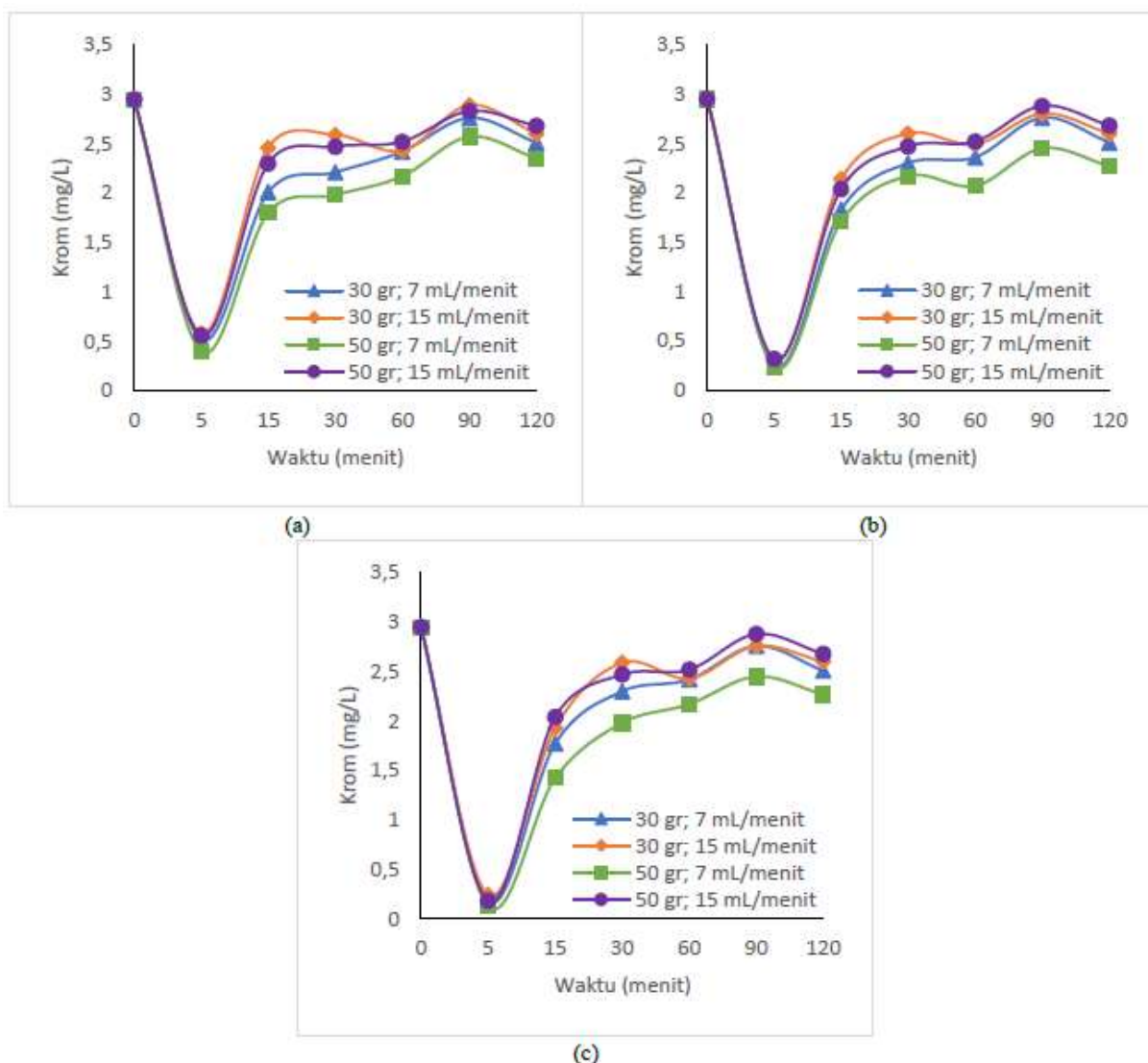
Tabel 2. Hasil Pengolahan Awal Limbah Cair Batik

Parameter	Air Limbah Baku	Pre-treatment	% Removal
pH	6,2	5	-
Suhu (°C)	28,2	28,6	-
COD (mg/L)	1538,62	584,43	62 %
TSS (mg/L)	280	2	99,3 %
Krom Total (mg/L)	8,7	2,95	66,1 %
Warna (mg/L)	932	758	18,67 %

Sumber: Hasil Analisis Penelitian, 2023

Kemampuan Penyerapan Krom (Cr) dan Warna oleh Tiap Material Adsorben

Penelitian utama dilanjutkan dengan pengolahan menggunakan metode adsorpsi dengan air limbah merupakan hasil lanjutan dari reaktor pengolahan awal. Unit penelitian utama menguji berbagai kombinasi laju alir (7 mL/menit dan 15 mL/menit), massa adsorben (30 gr dan 50 gr), dan jenis adsorben (Spent Bleaching Earth, Bleaching Earth Murni, dan Powdered Activated Carbon (PAC)). Data pengolahan unit adsorpsi diperoleh dengan mengambil sampel limbah cair reaktor pada waktu 5, 15, 30, 60, 90, dan 120 menit.



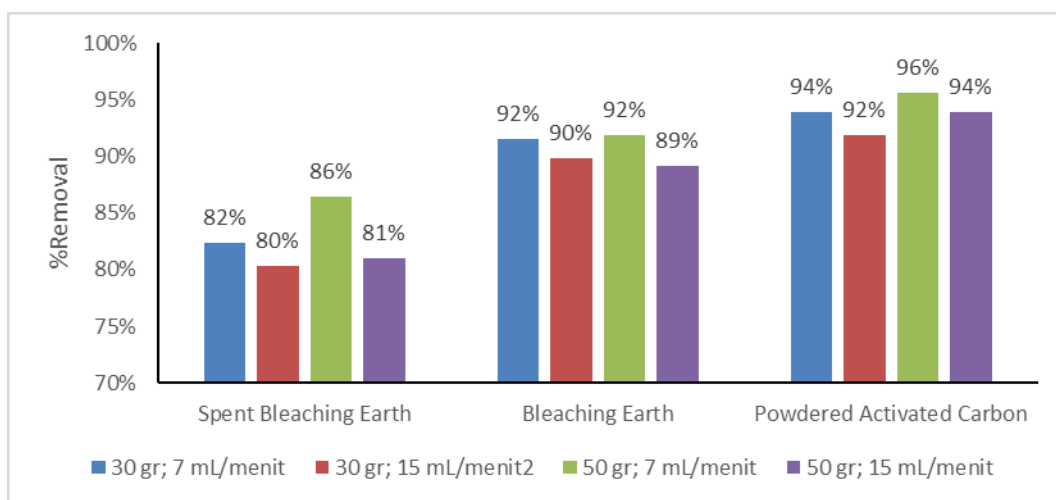
Gambar 2. Penyisihan Parameter Krom pada Reaktor Adsorpsi dengan Jenis Adsorben (a) *Spent Bleaching Earth*, (b) *Bleaching Earth Murni*, dan (c) *Powdered Activated Carbon (PAC)* Tiap Interval Waktu

Sumber: Hasil Analisis Penelitian, 2023

Tabel 3. % Removal Penyisihan Parameter Krom pada Reaktor Adsorpsi

Jenis Adsorben	Massa Adsorben (gram)	Flowrate (ML/menit)	% Removal	Rata- rata % Removal
Spent Bleaching Earth	30	7	82%	82,25%
		15	80%	
	50	7	86%	
		15	81%	
Bleaching Earth	30	7	92%	90,75%
		15	90%	
	50	7	92%	
		15	89%	
Powdered Activated Carbon	30	7	94%	94%
		15	92%	
	50	7	96%	
		15	94%	

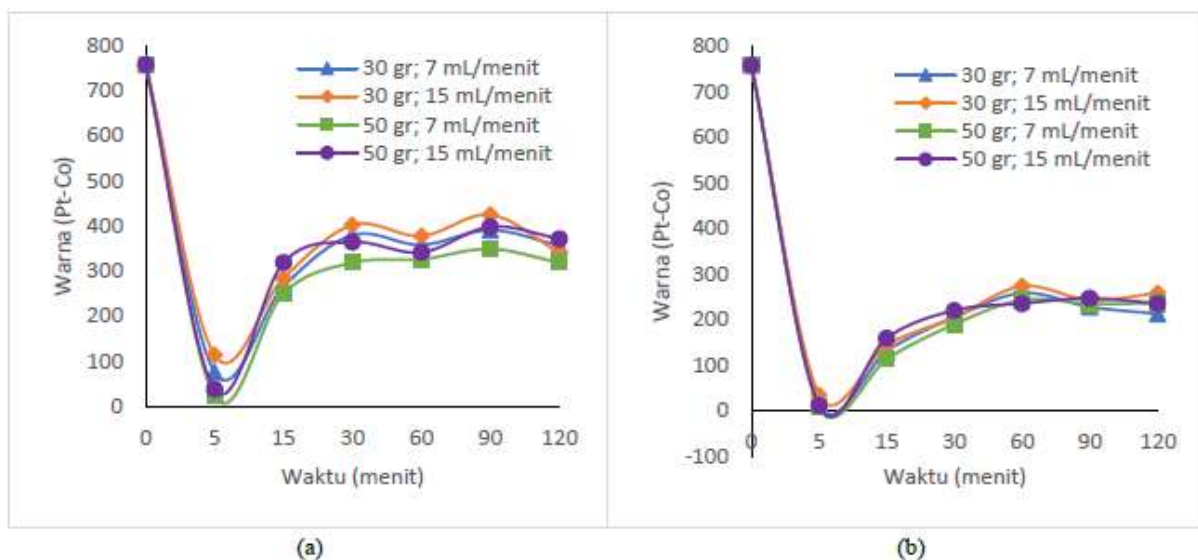
Sumber: Hasil Analisis Penelitian, 2023

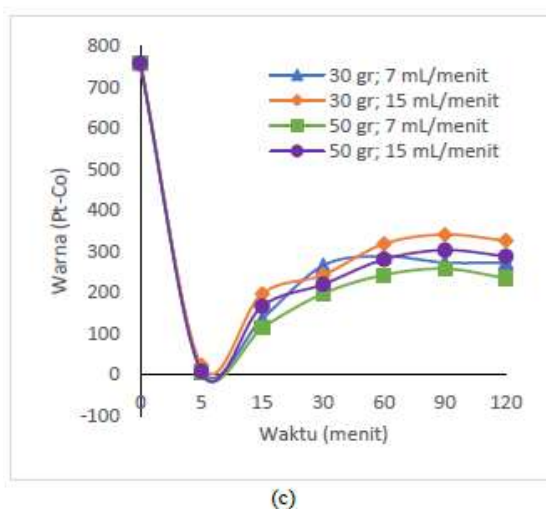


Gambar 3. Persentase Removal Krom tiap Jenis Adsorben pada Kondisi Optimal

Sumber: Hasil Analisis Penelitian, 2023

Berdasarkan **Gambar 2**, **Tabel 3**, dan **Gambar 3** dapat dianalisis bahwa kondisi optimum penyerapan krom terjadi pada mula- mula reaktor adsorpsi dioperasikan dengan persentase penyisihan tertinggi terjadi pada flowrate 7 ML/menit dengan massa adsorben 50 gr oleh jenis adsorben *powdered activated carbon* sebesar 96% bila dibandingkan dengan jenis adsorben lain yaitu *spent bleaching earth* yang hanya mampu menyerap krom sebesar 86% pada kondisi optimum dan *bleaching earth* murni yang hanya mampu menyerap krom sebesar 92% pada kondisi optimum.



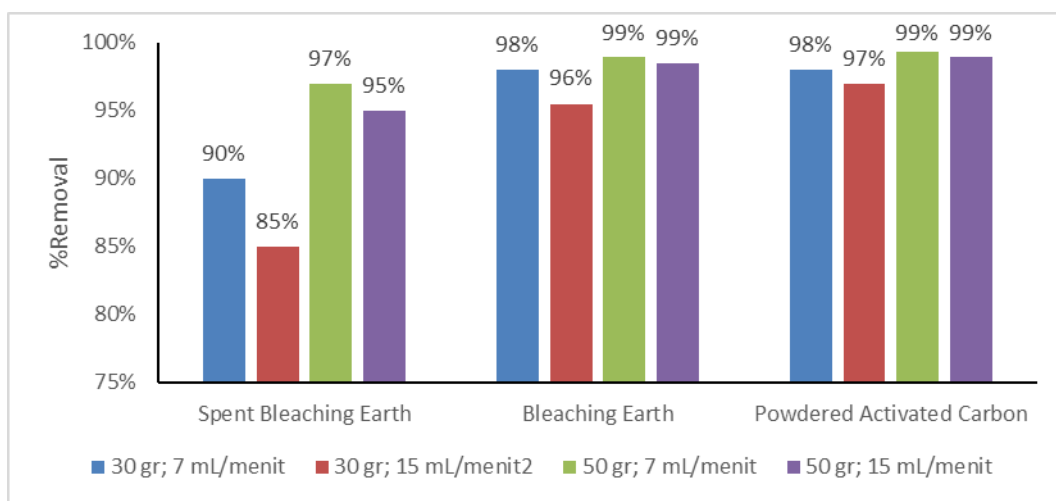


Gambar 4. Penyisihan Parameter Warna pada Reaktor Adsorpsi dengan Jenis Adsorben (a) *Spent Bleaching Earth*, (b) *Bleaching Earth* Murni, dan (c) *Powdered Activated Carbon* (PAC) Tiap Interval Waktu
Sumber: Hasil Analisis Penelitian, 2023

Tabel 4. Penyisihan Parameter Warna pada Reaktor Adsorpsi dengan Jenis Adsorben (a) *Spent Bleaching Earth*, (b) *Bleaching Earth* Murni, dan (c) *Powdered Activated Carbon* (PAC) Tiap Interval Waktu

Jenis Adsorben	Massa Adsorben (gram)	Flowrate (ML/menit)	% Removal	Rata- rata % Removal
Spent Bleaching Earth	30	7	90%	91,75%
		15	85%	
	50	7	97%	
		15	95%	
Bleaching Earth	30	7	98%	98%
		15	96%	
	50	7	99%	
		15	99%	
Powdered Activated Carbon	30	7	98%	98,25%
		15	97%	
	50	7	99%	

Sumber: Hasil Analisis Penelitian, 2023



Gambar 5. Persentase Removal Warna tiap Jenis Adsorben pada Kondisi Optimal
Sumber: Hasil Analisis Penelitian, 2023

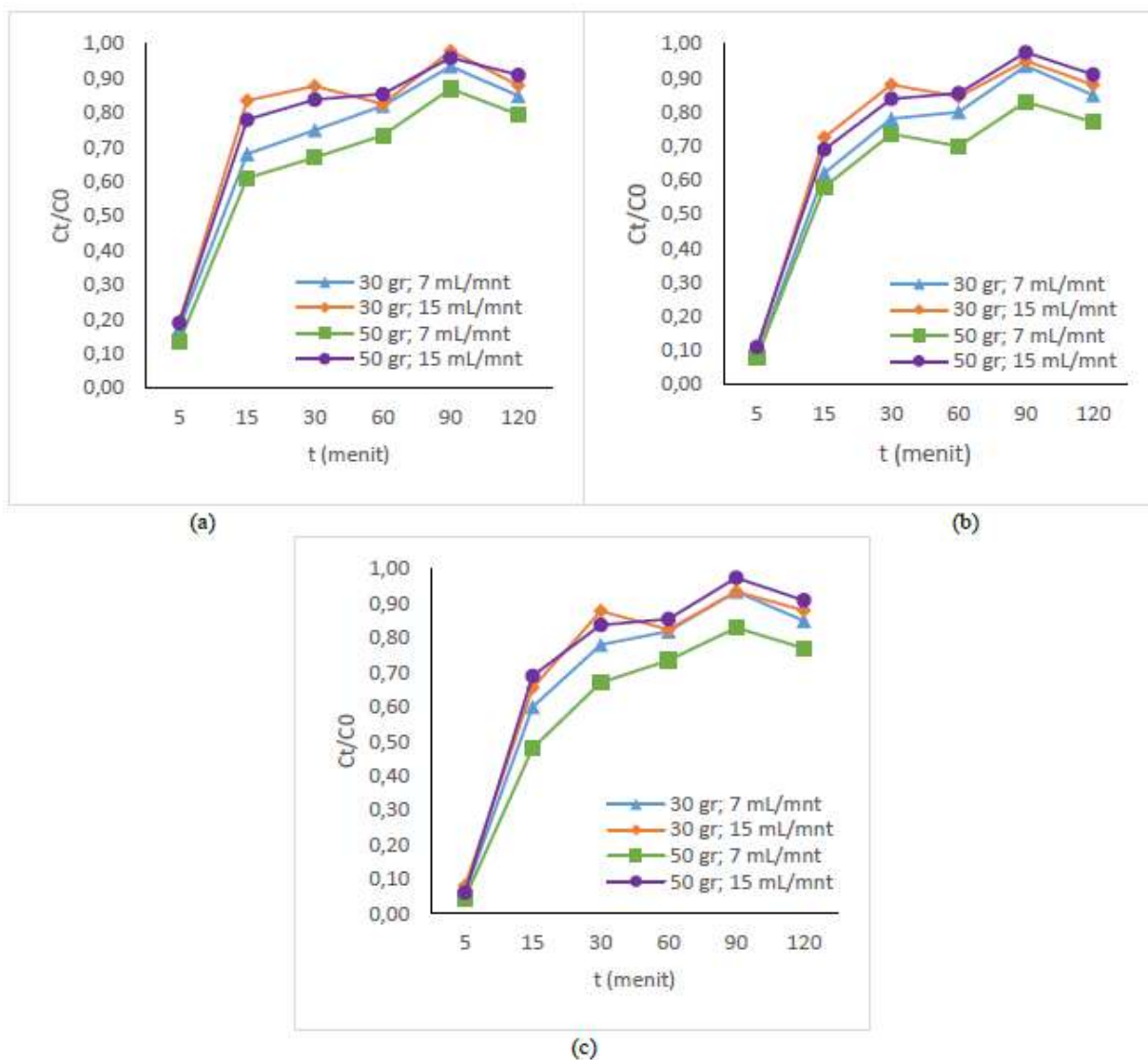
Berdasarkan **Gambar 4**, **Tabel 4**, dan **Gambar 5** dapat dianalisis bahwa kondisi optimum penyerapan warna terjadi pada mula- mula reaktor adsorpsi dioperasikan dengan persentase penyisihan

tertinggi terjadi pada flowrate 7 mL/menit dengan massa adsorben 50 gr oleh jenis adsorben *powdered activated carbon* dan *bleaching earth* murni sebesar 99% bila dibandingkan dengan jenis adsorben lain yaitu *spent bleaching earth* yang hanya mampu menyerap warna sebesar 97% pada kondisi optimum.

Pengaruh Flowrate dan Massa Terhadap Penyerapan Kadar Ion Krom (Cr) dan Warna

Hasil adsorpsi dapat dijelaskan dalam bentuk kurva *breakthrough*. Titik *breakthrough* dan titik *exhaust* dapat dilihat pada kurva *breakthrough*. Perpindahan massa dimulai pada titik *breakthrough*, dan adsorbat keluar bersama efluen. Pada tahap ini, rasio konsentrasi efluen terhadap influen telah meningkat secara signifikan. Titik *exhaust* menandai berakhirnya perpindahan massa dan ditentukan oleh rasio efluen terhadap influen yang hampir sama [15].

Kurva *breakthrough* pada masing- masing variasi flowrate dan massa adsorben untuk parameter utama yaitu krom (Cr) dan warna serta parameter pendukung yaitu COD dan TSS dengan pembahasan di bawah ini.



Gambar 4. Kurva Breakthrough Penyisihan Krom (Cr) oleh (a) Spent Bleaching Earth (SBE), (b) Bleaching Earth Murni, dan (c) Powdered Activated Carbon (PAC)

Sumber: Hasil Analisis Penelitian, 2023

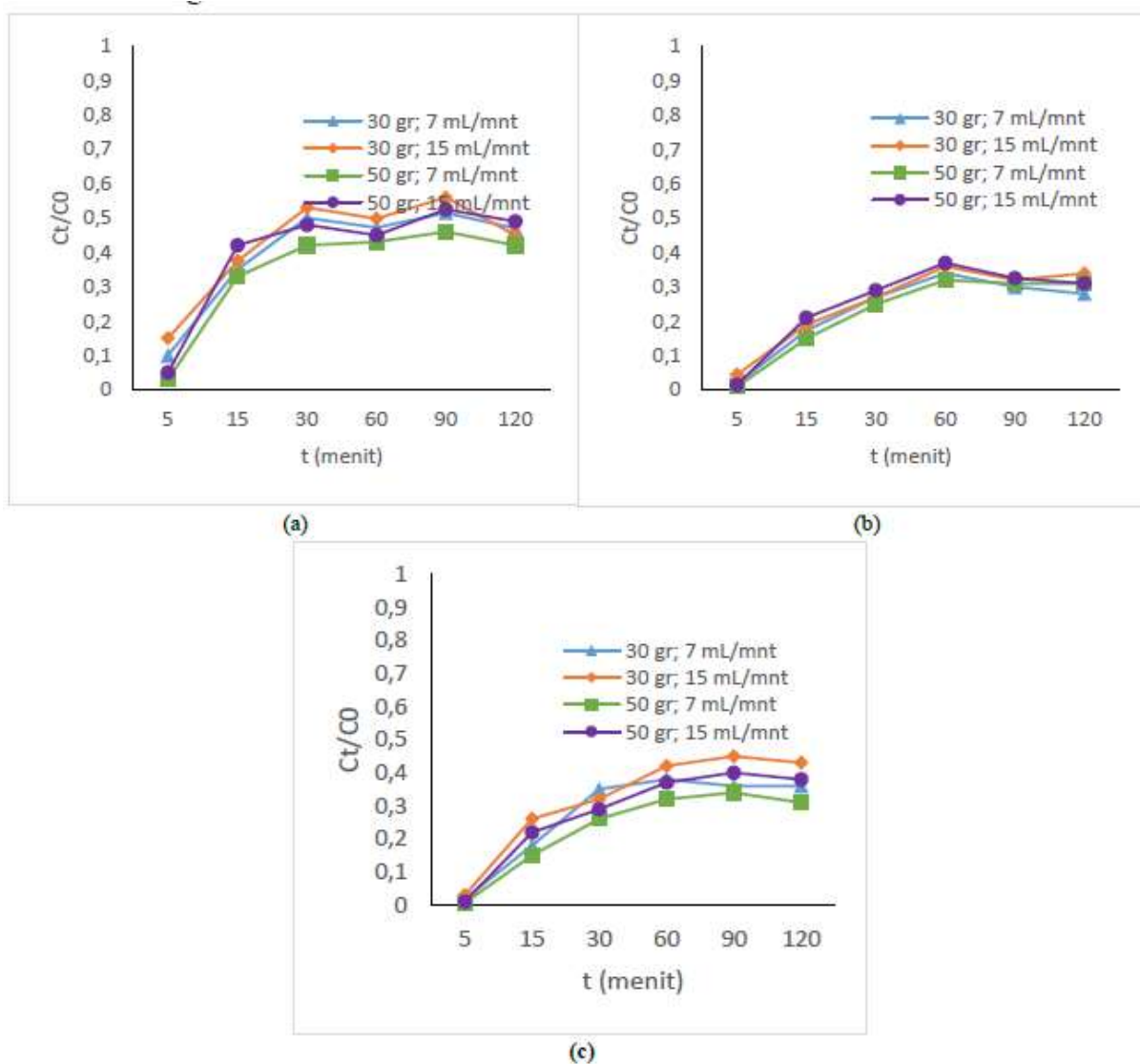
Berdasarkan **Gambar 4** dapat dianalisis bahwa *powdered activated carbon* adalah jenis adsorben dengan kemampuan penyerapan krom terbaik dengan rasio C_t/C_0 sebesar 0,05 atau 95% pada variasi *flowrate* 7 mL/menit dan massa adsorben 50 gr dibandingkan dengan *spent bleaching earth* sebesar 0,14 atau 86% pada variasi *flowrate* 7 mL/menit dan massa adsorben 50 gr serta *bleaching earth* sebesar 0,08 atau 92% pada variasi *flowrate* 7mL/menit dan massa adsorben 50 gr.

Titik *exhaust* secara umum terjadi pada waktu 90 menit dengan rasio C_t/C_0 untuk adsorben *spent bleaching earth*, *bleaching earth* murni, dan *powdered activated carbon* secara berturut- turut sebesar 0,98 (2%) pada variasi *flowrate* 15 mL/menit dan massa adsorben 30 gr; 0,98 (2%) pada variasi *flowrate* 15

mL/menit dan massa adsorben 50 gr; serta 0,98 (2%) pada variasi *flowrate* 15 mL/menit dan massa adsorben 50 gr.

Berdasarkan **Gambar 5** dapat dianalisis bahwa *powdered activated carbon* adalah jenis adsorben dengan kemampuan penyerapan warna terbaik dengan rasio C_t/C_0 sebesar 0,007 atau 99,3% pada variasi *flowrate* 7 mL/menit dan massa adsorben 50 gr dibandingkan dengan *spent bleaching earth* sebesar 0,03 atau 97% pada variasi *flowrate* 7 mL/menit dan massa adsorben 50 gr serta *bleaching earth* sebesar 0,01 atau 99% pada variasi *flowrate* 7mL/menit dan massa adsorben 50 gr.

Titik *exhaust* secara umum terjadi pada waktu 60 – 90 menit dengan rasio C_t/C_0 untuk adsorben *spent bleaching earth*, *bleching earth* murni, dan *powdered activated carbon* secara berturut- turut sebesar 0,56 (44%) pada variasi *flowrate* 15 mL/menit dan massa adsorben 30 gr pada waktu 90 menit; 0,37 (63%) pada variasi *flowrate* 15 mL/menit dan massa adsorben 50 gr pada waktu 60 menit; serta 0,45 (55%) pada variasi *flowrate* 15 mL/menit dan massa adsorben 50 gr pada waktu 90 menit. Hal ini menunjukkan bahwa *bleaching earth* murni lebih cepat mencapai titik *exhaust* dibandingkan dengan jenis adsorben lainnya.



Gambar 5. Kurva Breakthrough Penyisihan Warna (C_r) (a) untuk Spent Bleaching Earth (SBE), (b) untuk Bleaching Earth Murni, dan (c) Powdered Activated Carbon (PAC)

Sumber: Hasil Analisis Penelitian, 2023

Gambar 4 dan **5** menunjukkan bahwa kurva *breakthrough* berbentuk hampir sempurna, berupa huruf S. Dibandingkan dengan kombinasi laju alir dan massa adsorben lainnya, kombinasi laju alir 7 mL/menit dan massa adsorben 50 gr memiliki rasio konsentrasi awal terendah. Hal ini disebabkan bahan dan adsorben mempunyai waktu lebih lama untuk bersentuhan pada laju alir yang paling rendah. Perpindahan massa dimaksimalkan dengan bertambahnya waktu kontak. Akibatnya, titik jenuh adsorben akan membutuhkan waktu lebih lama untuk dicapai. [16]. Massa adsorben yang semakin tinggi berbanding lurus dengan luas permukaan adsorben, maka makin banyak zat yang dapat teradsorpsi. [17].

Kapasitas Penyerapan Ion Krom (Cr) dan Warna Berdasarkan Permodelan Matematis Thomas

Adanya model matematis pada adsorpsi kolom dapat digunakan untuk mengevaluasi efisiensi dan kemampuan aplikasi kolom adsorpsi pada skala besar. Permodelan Thomas dianggap cocok dalam menggambarkan adsorpsi kinetika kolom. Beberapa poin penting dalam mengoperasikan kolom adsorpsi adalah kapasitas adsorben, waktu regenerasi, dan waktu operasi [18], [19]. Parameter yang dianalisis dalam penelitian adalah kadar ion krom (Cr) dan warna. Penelitian ini menggunakan *spent bleaching earth* (SBE) sebagai adsorben utama yang diteliti serta *bleaching earth* dan *powdered activated carbon* (PAC) sebagai adsorben pembanding.

Pada penelitian ini digunakan model matematis Thomas untuk mengetahui konstanta (k_{Th}) dan kapasitas adsorpsi (q_{Th}). Konstanta dan kapasitas adsorpsi dari model Thomas didapatkan dengan membentuk grafik antara $\ln\left(\frac{C_0}{C_t} - 1\right)$ dengan t . Model Thomas yang digunakan dalam bentuk linier seperti pada persamaan berikut:

$$\ln\left(\frac{C_0}{C_t} - 1\right) = \left(k_{Th} \cdot q_{Th} \frac{m}{Q}\right) - (k_{Th} \cdot C_0)t$$

Dengan:

- C_0 = konsentrasi awal (ppm)
- C_t = konsentrasi akhir (ppm)
- k_{Th} = konstanta kinetik Thomas (L/mg.menit)
- q_{Th} = kapasitas model Thomas (mg/g)
- m = massa adsorben (gr)
- Q = *flowrate* (mL/menit)
- t = waktu (menit)

Tabel 5. Regresi Linear Model Thomas tiap Jenis Adsorben untuk Parameter Krom (Cr)

Krom					
Adsorben	Massa (gr)	Flowrate (mL/mnt)	K	q	R ²
Spent Bleaching Earth	30	7	0,00814	0,12696	0,876
	30	15	0,00820	0,07624	0,806
	50	7	0,00742	0,55036	0,873
	50	15	0,00885	0,02336	0,863
Bleaching Earth	30	7	0,00963	0,29096	0,845
	30	15	0,00915	0,04491	0,759
	50	7	0,00753	0,72241	0,869
	50	15	0,01105	0,11773	0,781
Powdered Activated Carbon	30	7	0,01037	0,34082	0,833
	30	15	0,00959	0,09311	0,781
	50	7	0,00932	0,94530	0,929
	50	15	0,01214	0,18343	0,852

Sumber: Hasil Analisis Penelitian, 2023

Berdasarkan **Tabel 5**, dapat diketahui bahwa kapasitas adsorpsi terbaik untuk parameter krom (Cr) dicapai oleh *powdered activated carbon* dengan *flowrate* sebesar 7 mL/menit dan massa adsorben sebesar 50 gr yaitu sebesar 0,945 mg/g sedangkan untuk adsorben *spent bleaching earth* memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 0,55 mg/g yang dicapai pada *flowrate* sebesar 7 mL/menit dan massa adsorben sebesar 50 gr sedangkan untuk adsorben *bleaching earth* murni memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 0,72 mg/g yang dicapai pada *flowrate* sebesar 7 mL/menit dan massa adsorben 50 gr.

Tabel 6. Regresi Linear Model Thomas tiap Jenis Adsorben untuk Parameter Warna

Warna					
Adsorben	Massa (gr)	Flowrate (mL/mnt)	K	q	R ²
Spent Bleaching Earth	30	7	0,0000160	307,191	0,898
	30	15	0,0000124	137,359	0,841
	50	7	0,0000224	569,105	0,857
	50	15	0,0000202	231,116	0,852
Bleaching Earth	30	7	0,0000224	456,615	0,896
	30	15	0,0000195	208,788	0,806
	50	7	0,0000293	686,980	0,849
	50	15	0,0000247	325,318	0,871
Powdered Activated Carbon	30	7	0,0000256	387,601	0,831

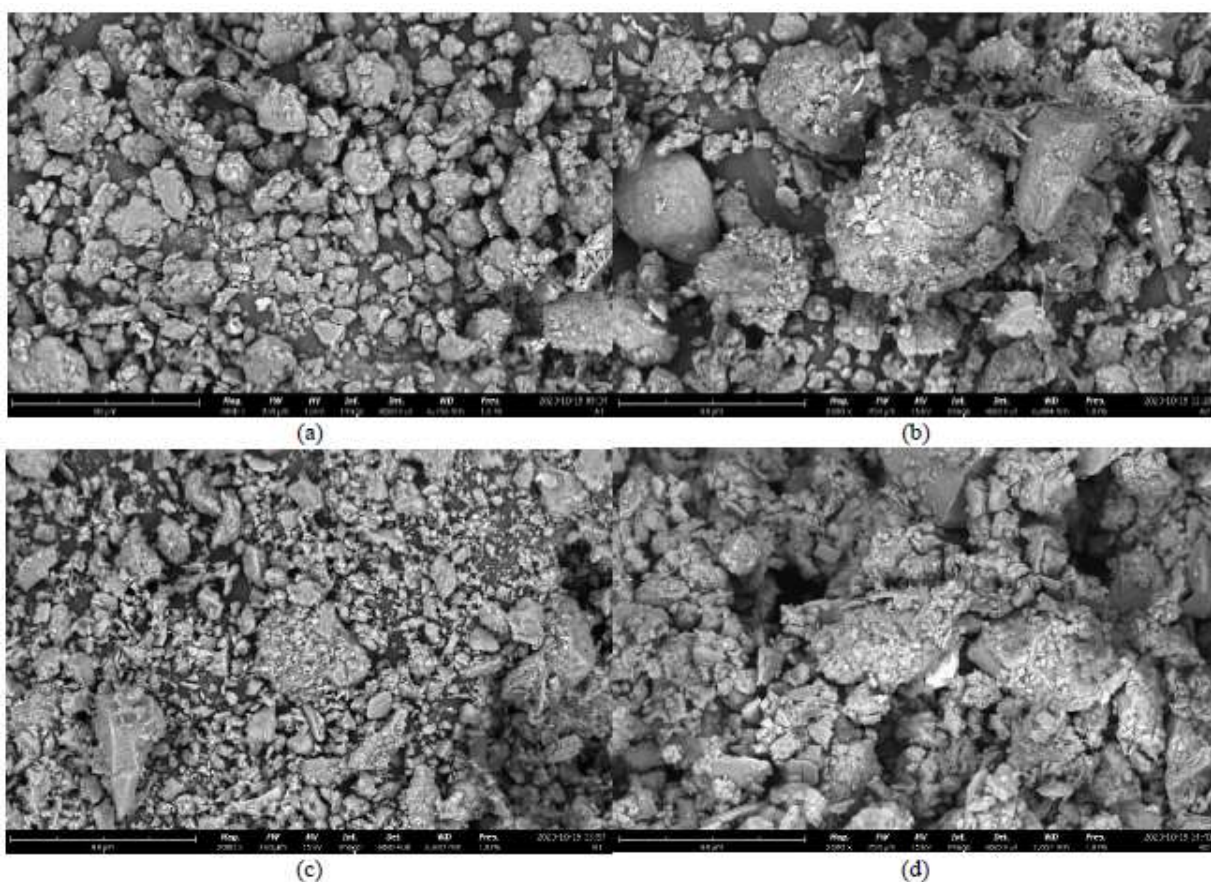
Adsorben	Warna				
	Massa (gr)	Flowrate (mL/mnt)	K	q	R ²
	30	15	0,0000256	159,985	0,890
	50	7	0,0000321	658,627	0,837
	50	15	0,0000311	280,845	0,835

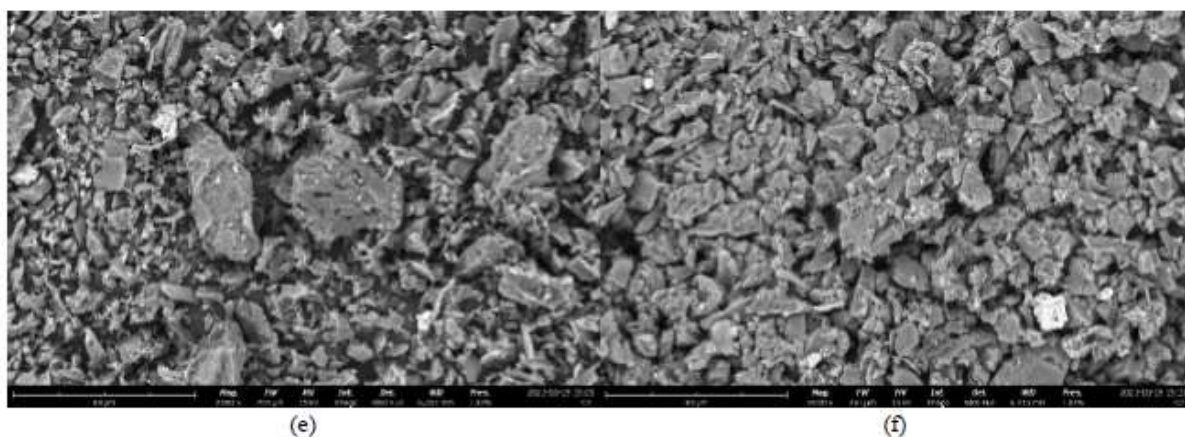
Sumber: Hasil Analisis Penelitian, 2023

Berdasarkan **Tabel 6**, dapat diketahui bahwa kapasitas adsorpsi terbaik untuk parameter warna dicapai oleh *bleaching earth* murni dengan *flowrate* sebesar 7 mL/menit dan massa adsorben sebesar 50 gr yaitu sebesar 686,98 mg/g sedangkan untuk adsorben *spent bleaching earth* memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 569,1 mg/g yang dicapai pada *flowrate* sebesar 7 mL/menit dan massa adsorben sebesar 50 gr sedangkan untuk adsorben *powdered activated carbon* memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 658,63 mg/g yang dicapai pada *flowrate* sebesar 7 mL/menit dan massa adsorben 50 gr.

Efisiensi Penyerapan Krom dan Warna oleh Tiap Jenis Adsorben

Berdasarkan data di atas, dapat disimpulkan bahwa *Spent Bleaching Earth* memiliki kemampuan penyerapan krom dan warna paling rendah, dengan persentase rata-rata sekitar 82,25% dan 91,75%. Ini merupakan hasil yang lebih rendah dibandingkan dengan dua jenis adsorben lainnya, yaitu *Bleaching Earth* murni yang memiliki rata-rata sekitar 90,75% dan 98%, serta *Powdered Activated Carbon* yang memiliki rata-rata sekitar 94% dan 98,25%. Selain itu, *Spent Bleaching Earth* juga memiliki kemampuan penyerapan COD dan TSS yang paling rendah, dengan rata-rata sekitar 45,5% dan 65,5%, dibandingkan dengan *Bleaching Earth* murni yang memiliki rata-rata sekitar 73% dan 83,5%, serta *Powdered Activated Carbon* yang memiliki rata-rata sekitar 76,25% dan 86,25%. Kemungkinan rendahnya kemampuan penyerapan *Spent Bleaching Earth* dapat didistribusikan pada penggunaan sebelumnya, yang menyebabkan pori-pori bahan adsorben ini terisi oleh parameter pencemar sebelumnya, sehingga kinerjanya lebih rendah dibandingkan dengan dua jenis adsorben lainnya dalam kondisi baru. Efisiensi penyerapan juga dipengaruhi oleh perbedaan polaritas yang membuat sebagian atau seluruh molekul polutan dapat terjebak pada permukaan partikel adsorben [20]. Hal ini dapat dilihat pada hasil pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) pada **Gambar 6**.





Gambar 6. Hasil Uji SEM Adsorben pada perbesaran 2000x untuk; (a) *Spent Bleaching Earth* sebelum adsorpsi, (b) *Spent Bleaching Earth* setelah adsorpsi, (c) *Bleaching Earth* Murni sebelum adsorpsi, (d) *Bleaching Earth* Murni setelah adsorpsi, (e) *Powdered Activated Carbon* sebelum adsorpsi, dan (f) *Powdered Activated Carbon* setelah adsorpsi

Sumber: Hasil Analisis Penelitian, 2023

4. Kesimpulan

Persentase penyerapan ion krom (Cr) dan tingkat warna oleh *Spent Bleaching Earth* (SBE), *Bleaching Earth* murni, dan *Powdered Activated Carbon* berturut-turut adalah 86% dan 97%, 92% dan 99%, serta 96% dan 99%. Berdasarkan data ini, *Powdered Activated Carbon* menunjukkan kemampuan penyerapan ion krom (Cr) dan tingkat warna yang paling optimal dibandingkan dengan jenis adsorben lain yang diuji dalam penelitian ini. Namun, *Spent Bleaching Earth* (SBE) dan *Bleaching Earth* murni masih efektif dalam menyerap ion krom (Cr) dan tingkat warna karena memiliki tingkat penghilangan di atas 85%.

Variasi dalam *flowrate* dan massa adsorben memiliki pengaruh yang signifikan pada penyerapan ion krom (Cr) dan tingkat warna. Hasil menunjukkan bahwa *flowrate* yang lebih rendah dan massa adsorben yang lebih besar menghasilkan penyerapan ion krom (Cr) dan tingkat warna yang lebih efektif. Ini terjadi karena *flowrate* yang lebih rendah memungkinkan waktu kontak yang lebih lama antara zat dengan adsorben dibandingkan dengan variasi *flowrate* yang lebih tinggi. Selain itu, massa adsorben yang lebih besar juga meningkatkan luas permukaan adsorben untuk menangkap adsorbat.

Kemampuan penyerapan ion krom (Cr) dan tingkat warna oleh *Spent Bleaching Earth* (SBE), *Bleaching Earth* murni, dan *Powdered Activated Carbon* dapat dinilai dari kapasitas adsorpsi yang dihasilkan melalui regresi linear dengan model Thomas. Kapasitas adsorpsi terbesar untuk ion krom (Cr) tercapai oleh *Powdered Activated Carbon* sebesar 0,945 mg/g dengan nilai R^2 0,929, sedangkan kapasitas adsorpsi terbesar untuk tingkat warna terjadi pada *Bleaching Earth* murni dengan kapasitas adsorpsi warna sebesar 686,98 mg/g dengan nilai R^2 0,849.

5. Referensi

- [1] A. D. Moelyaningrum, "The potential of cacao pod rind waste (*Theobroma cacao*) to adsorb heavy metal (Pb and Cd) in water," in *Sustainable Future for Human Security*, Springer, 2018, pp. 265–276.
- [2] W. Wahyu, S. Astiana, and J. Raymond, "Efek toksik logam pencegahan dan penanggulangan pencemaran," *Penerbit Andi*, 2008.
- [3] P. A. Duffield, J. M. Wimbush, and P. F. A. Demot, "Wool dyeing with environmentally acceptable levels of chromium in effluent," 1990.
- [4] J. M. Montgomery, "Water treatment: principles and design," in *Water treatment: Principles and design*, John Wiley & Sons, 1985.
- [5] N. Hendrasarie and R. Prihantini, "Pemanfaatan Karbon Aktif Sampah Plastik Untuk Menurunkan Besi Dan Mangan Terlarut Pada Air Sumur," *Jukung (Jurnal Tek. Lingkungan)*, vol. 6, no. 2, 2020.
- [6] R. Somerville, *Low-cost adsorption materials for removal of metals from contaminated water*. 2007.
- [7] F. A. Sekarani and N. Hendrasarie, "Reduction of organic parameters in apartment wastewater using sequencing batch reactor by adding activated carbon powder," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020, vol. 506, no. 1, p. 12026.
- [8] A. Boukerroui and M.-S. Ouali, "Regeneration of a spent bleaching earth and its reuse in the refining of an edible oil," *J. Chem. Technol. & Biotechnol.*, vol. 75, no. 9, pp. 773–776, 2000.
- [9] A. B. Saputra, S. Yusnimar, and Z. Ida, "Recovery minyak dari spent bleaching earth (SBE)," 2013.

- [10] W. T. Tsai, H. P. Chen, M. F. Hsieh, H. F. Sun, and S. F. Chien, "Regeneration of spent bleaching earth by pyrolysis in a rotary furnace," *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, vol. 63, no. 1, pp. 157–170, 2002, doi: [https://doi.org/10.1016/S0165-2370\(01\)00150-4](https://doi.org/10.1016/S0165-2370(01)00150-4).
- [11] B. Mu and A. Wang, "Regeneration and Recycling of Spent Bleaching Earth," in *Handbook of Ecomaterials*, L. M. T. Martínez, O. V. Kharissova, and B. I. Kharisov, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2019, pp. 3147–3167.
- [12] A. Yulikasari, E. Nurhayati, W. Utama, and I. Warmadewanthi, "Characterization of spent bleaching earth as an adsorbent material for dye removal," *J. Ecol. Eng.*, vol. 23, no. 4, 2022.
- [13] M. A. Geleel, S. T. Atwa, A. K. Sakr, and others, "Removal of Cr (III) from aqueous waste using Spent activated clay," *J. Am. Sci.*, vol. 9, no. 2, pp. 256–262, 2013.
- [14] F. A. Ajiputra, N. Hendrasarie, and R. K. H. Putro, "Kombinasi Green Coagulant dan Adsorben GAC (Granular Activated Carbon) Sebagai Pengolahan Limbah Cair Batik," *J. Serambi Eng.*, vol. 7, no. 4, 2022.
- [15] A. Gabelman, "Adsorption basics: part 1," *Chem. Eng. Prog.*, vol. 113, no. 7, pp. 48–53, 2017.
- [16] J. López-Cervantes, D. I. Sánchez-Machado, R. G. Sánchez-Duarte, and M. A. Correa-Murrieta, "Study of a fixed-bed column in the adsorption of an azo dye from an aqueous medium using a chitosan--glutaraldehyde biosorbent," *Adsorpt. Sci. & Technol.*, vol. 36, no. 1–2, pp. 215–232, 2018.
- [17] I. Syauqiah, M. Amalia, and H. A. Kartini, "Analisis variasi waktu dan kecepatan pengaduk pada proses adsorpsi limbah logam berat dengan arang aktif," *Info-Teknik*, vol. 12, no. 1, pp. 11–20, 2011.
- [18] H. Patel, "Fixed-bed column adsorption study: a comprehensive review," *Appl. Water Sci.*, vol. 9, no. 3, p. 45, 2019.
- [19] N. Hendrasarie and S. H. Maria, "Combining grease trap and Moringa Oleifera as adsorbent to treat wastewater restaurant," *South African J. Chem. Eng.*, vol. 37, pp. 196–205, 2021.
- [20] N. Hendrasarie and F. Febriana, "Efektivitas Penambahan Serabut Kelapa Dan Kulit Buah Siwalan Sebagai Adsorben Dan Media Lekat Biofilm Pada Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Sequencing Batch Reactor," *ENVIROTEK J. Ilm. Tek. Lingkung.*, vol. 14, no. 1, pp. 98–105, 2022.