

PENYISIHAN LOGAM BERAT KROM (Cr) DAN ZAT WARNA MENGGUNAKAN ADSORBEN KULIT PISANG KEPOK DALAM AIR LIMBAH BATIK

LATANSA DINI¹, RIANA AYU KUSUMADEWI¹, ROSITAYANTI HADISOEBROTO¹

¹Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Arsitektur Lansekap dan Teknologi Lingkungan,

Universitas Trisakti

Email: rianaayu.kusumadewi@trisakti.ac.id

ABSTRAK

Air limbah dari industri batik pada umumnya dibuang langsung ke badan air tanpa diolah terlebih dahulu. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja kulit pisang kepok sebagai adsorben dalam menyisihkan logam berat krom (Cr) dan zat warna dalam air limbah batik. Adsorben kulit pisang kepok dibuat dengan mengeringkan dan mengkarbonisasi menggunakan tanur pada suhu 400°C hingga menjadi serbuk arang. Aktivasi dilakukan dengan merendam adsorben selama 24 jam dalam larutan H₂SO₄ 20% pada suhu ruang. Variasi kecepatan pengadukan sebesar 100 rpm dan 200 rpm dengan waktu kontak sebesar 15, 30, 60, 75, dan 90 menit. Pengukuran Cr menggunakan AAS dengan konsentrasi awal Cr sebesar 0,4173 mg/L. Efisiensi penyisihan logam berat Cr optimum sebesar 100% diperoleh pada kecepatan pengadukan 100 rpm dan waktu kontak 15 menit. Efisiensi penyisihan zat warna optimum sebesar 42,98% diperoleh pada kecepatan pengadukan 200 rpm dan waktu kontak 90 menit. Isoterm adsorpsi pada penelitian ini mengikuti persamaan Isoterm Freundlich dengan nilai R² sebesar 0,9999 dan kinetika adsorpsi mengikuti kinetika orde dua dengan R² sebesar 0,9995.

Kata kunci: Kulit Pisang Kepok, Logam Berat Cr, Zat Warna, Adsorpsi

ABSTRACT

The wastewater from batik industry is generally discharged directly into water without any treatment. The aim of this study is to investigate the performance of kepok banana peel as natural adsorbent for removing heavy metal chromium (Cr) and dyes from batik wastewater. The adsorbent was prepared by drying and carbonizing at 400°C to obtain charcoal powder, followed by activation with a 20% H₂SO₄ solution for 24 hours at room temperature. The adsorption experiments were conducted at stirring speeds of 100 rpm and 200 rpm with contact times of 15, 30, 60, 75, and 90 minutes. The initial Cr concentration was 0.4173 mg/L, and the analysis was performed using AAS. The optimum removal efficiency of Cr was 100% at a stirring speed of 100 rpm and a contact time of 15 minutes. The optimum removal efficiency of dyes was 42.98% at a stirring speed of 200 rpm and a contact time of 90 minutes. The adsorption isotherm followed the Freundlich isotherm equation with an R² value of 0.9999, and the adsorption kinetics followed the second-order kinetic model with an R² value of 0.9995. The results indicate that kepok banana peel can be a potential low-cost adsorbent for the treatment of batik wastewater.

Keywords: *Kepok Banana Peel, Heavy Metal Cr, Dyes, Adsorption*

1. PENDAHULUAN

Banyak kegiatan industri di Indonesia yang dapat mencemari sumber air sehingga menimbulkan bahaya bagi semua makhluk hidup yang bergantung pada sumber daya air. Salah satu kegiatan industri yang membuang air limbah ke sumber air adalah industri batik. Industri batik baik bersekala kecil dan rumah tangga telah membuang limbahnya kesungai sehingga memberikan dampak tercemarnya lingkungan air sungai dan perubahan peruntukan badan sungai. Hal ini sangat berpengaruh terhadap kehidupan masyarakat, khususnya yang berdomisili di sekitar aliran sungai pada saat ini dan di masa mendatang.

Industri batik menghasilkan air limbah dari proses pewarnaan, pelorodan, dan pencucian. Air limbah dari industri batik memiliki ciri fisik seperti warna, kekeruhan, dan busa. Selain itu, air limbah batik memiliki karakteristik kimia yang meliputi konsentrasi BOD, konsentrasi COD, pH, kandungan lemak, dan kandungan zat lain dari zat warna diantaranya adalah macam-macam logam berat seperti Kadmium (Cd), Krom (Cr), Tembaga (Cu), Mangan (Mn), Timbal (Pb) dan Nikel (Ni) (Murniati, 2013).

Air limbah batik pada umumnya mengandung banyak logam berat salah satunya Cr. Pada kadar tertentu, logam berat Cr dapat menjadi racun bagi makhluk hidup. Meskipun logam berat Cr dapat dijumpai secara bebas di alam sekitar, namun logam berat Cr juga merupakan logam pencemar yang dihasilkan dari aktivitas manusia dan salah satunya berasal dari air limbah batik (Nuraini dkk., 2017). Kandungan logam berat Cr dalam air limbah batik berasal dari zat pewarna yang digunakan, khususnya pada jenis pewarna sintesis. Umumnya, zat pewarna sintesis mengandung logam berat Cr sebagai penguat warna. Industri batik besar cenderung menggunakan pewarna sintesis daripada pewarna alami karena lebih mudah didapatkan dengan variasi warna yang lebih banyak, harga yang lebih murah, dan cara pemakaian yang lebih praktis. Namun, penggunaan pewarna sintesis berpotensi merusak lingkungan lebih besar dibandingkan dengan pewarna alami (Murniati, 2013).

Salah satu metode yang sering dilakukan untuk mengolah air limbah adalah metode adsorpsi. Adsorpsi adalah penyerapan suatu zat pada permukaan zat lainnya. Proses pengolahan dengan adsorpsi cenderung lebih murah dan mudah dengan penggunaan bahan yang mudah ditemukan dalam kegiatan sehari-hari. Sudah banyak alternatif adsorben yang terbuat dari bahan-bahan alami yang digunakan dalam metode adsorpsi untuk menurunkan konsentrasi logam berat dan zat warna dalam air limbah, contohnya adsorben alami yang terbuat dari tandan kosong kelapa sawit, kulit sukun, tempurung kelapa, biji kelor, ampas tebu, dan kulit pisang kepok (Waluyo dkk., 2020). Penggunaan kulit pisang kepok sebagai adsorben alami dapat mengurangi timbulan limbah organik. Tingginya produksi pisang kepok juga berkontribusi terhadap timbulnya limbah kulit pisang dalam jumlah besar. Sisa kulit pisang kepok yang dibuang sebelumnya tidak dimanfaatkan secara optimal dan dibuang sebagai limbah organik atau digunakan sebagai pakan ternak (Putra dkk., 2019). Salah satu upaya dalam mengurangi limbah kulit pisang adalah dengan mengolah kulit pisang tersebut menjadi adsorben alami yang dapat mengurangi kandungan zat-zat berbahaya dalam air limbah. Berbagai macam penelitian dalam penggunaan adsorben alami yang berasal dari kulit pisang kepok telah dilakukan dan terbukti dapat digunakan sebagai bahan alternatif dalam menurunkan kandungan logam berat dalam air limbah menggunakan pengolahan metode adsorpsi sistem *batch*.

Maka dari itu, penelitian ini akan dilakukan menggunakan adsorben alami yang terbuat dari kulit pisang kepok untuk menyisihkan logam berat Cr dan zat warna pada air limbah industri

batik menggunakan reaktor berpengaduk untuk mengetahui efektivitas kulit pisang kepok dalam menurunkan konsentrasi logam berat Cr dan zat warna dalam air limbah industri batik.

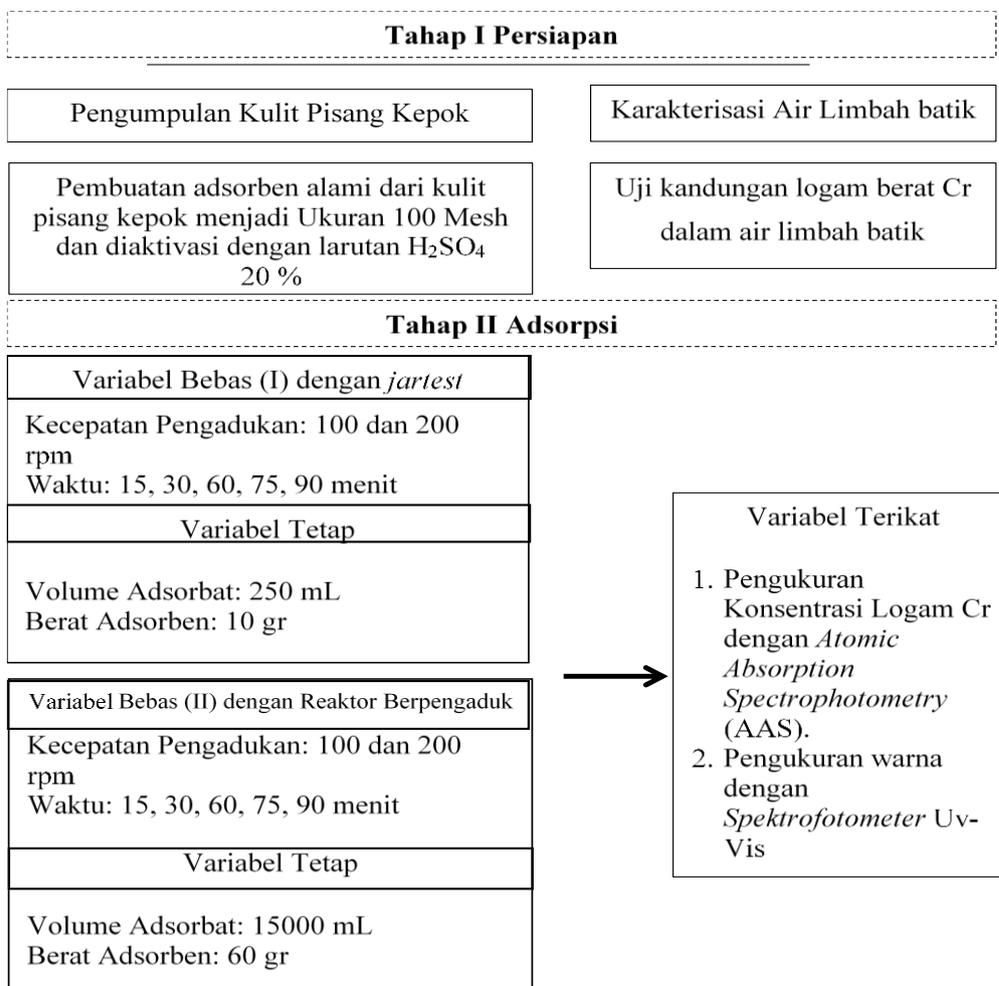
2. METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Sampel air limbah batik diambil di industri batik skala rumah tangga Sri Sinarni Jln. Bahagia Utama RT 03 RW 03 Mustikajaya, Bekasi Timur. Pengujian *jarrest* dan reaktor berpengaduk dilakukan di Laboratorium Lingkungan, Gedung K, Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Trisakti, Jakarta Barat.

2.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian terdiri dari persiapan dan adsorpsi. Tahapan penelitian ini diuraikan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode adsorpsi dalam skala *batch* dengan alat *jarrest* dan reaktor berpengaduk untuk proses pengadukan. Variasi yang digunakan meliputi variasi kecepatan pengadukan 100 rpm dan 200 rpm dengan waktu kontak yang digunakan 15, 30,

60, 75, dan 90 menit. Pada awal mula penelitian dilakukan karakterisasi air limbah batik dengan menganalisis kandungan logam berat pada air limbah batik, terdiri dari Seng (Zn), Timbal (Pb), Tembaga (Cu), Krom Total (Cr), Kadmium (Cd), Fenol, dan Merkuri (Hg). Kemudian, dilakukan aktivasi adsorben alami. Langkah kerja aktivasi adsorben sering digunakan dalam penelitian adsorpsi alami untuk meningkatkan efektivitasnya dalam menghilangkan zat pencemar dari air limbah. Aktivasi adsorben alami dilakukan dengan menjemur kulit pisang kepok selama 5 hari dan kemudian dikarbonasi selama 2 jam menggunakan tanur pada suhu 400°C. Kulit pisang kepok yang sudah menjadi arang kemudian diseragamkan menjadi 100 mesh. Aktivasi karbon dilakukan dengan merendam kulit pisang kepok yang sudah diseragamkan selama 24 jam pada larutan H₂SO₄ pekat 20% dengan rasio adsorbat aktif dengan adsorben adalah 2 mL : 1 g. Kemudian bersihkan adsorben alami yang sudah aktif dibersihkan dengan air suling dan masukkan ke oven pada suhu 110°C selama 2 jam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja kulit pisang kepok dalam menyisihkan logam berat Cr dan zat warna dalam air limbah batik dengan metode adsorpsi dalam skala *batch* menggunakan alat *jartest* dan reaktor berpengaduk. Variasi dalam proses adsorpsi meliputi variasi kecepatan pengadukan 100 rpm dan 200 rpm dengan waktu kontak yang digunakan 15, 30, 60, 75, dan 90 menit. Pengukuran konsentrasi logam Cr dilakukan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS), sedangkan pengukuran warna dilakukan menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis.

2.3 Reaktor Berpengaduk

Bak berpengaduk terbuat dari penampung berbentuk balok yang dipasang batang pengaduk pada bagian atas serta mesin pengaduk yang dapat diatur kecepatannya. Pembuatan alat berpengaduk diawali dengan merencanakan desain alat seperti tinggi bak, panjang bak, dan lebar bak serta tinggi *paddle*. Desain dimensi *paddle* yang digunakan memiliki tinggi 3 cm dan lebar 5 cm. Bak berpengaduk terbuat dari kaca dengan dimensi panjang 28,7 cm, lebar 28,7 cm, dan tinggi 49,8 cm. Alat pengatur kecepatan dipasang dengan mesin berpengaduk di atas bak penampung agar mudah dilihat kecepatan saat proses pengadukan.

Alat bekerja secara statis (*batch*) dengan volume air mencapai 40 L pada bak penampung. Adsorben kemudian dimasukkan ke dalam bak dan diaduk dengan waktu dan kecepatan tertentu. Setelah pengadukan, air hasil pengadukan dikeluarkan lewat *outlet* dan dilakukan pengendapan selama 1 hari untuk memisahkan adsorben dengan air efluen. Alat reaktor berpengaduk dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Alat Reaktor Berpengaduk

2.4 Perhitungan Adsorpsi Cr

2.4.1 Efisiensi penyisihan Logam Berat Cr

Persentase efisiensi penyisihan logam berat dan kapasitas adsorpsi dihitung menggunakan persamaan [1] dan [2] (Lussa dkk., 2020):

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{w} \quad [1]$$

$$\text{Efisiensi penyisihan (\%)} = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \times 100\% \quad [2]$$

- q_e = Jumlah ion krom yang terserap oleh adsorben(mg/g)
- C_0 = Konsentrasi Awal (mg/L)
- C_e = Konsentrasi Akhir (mg/L)
- V = Volume Adsorbat (L)
- w = Berat Adsorben (g)

2.4.2 Isoterm Adsorpsi

Model Isoterm Freundlich didasarkan pada asumsi bahwa adsorpsi berjalan secara fisika. Penurunan rumus untuk Isoterm Freundlich menggunakan persamaan [3] (Kusumadewi, 2019):

$$\frac{x}{m} = K_f C_e^{1/n} \quad [3]$$

Konstanta pada Isoterm Freundlich dapat ditentukan dengan membuat grafik turunan dari persamaan [3] antara $\log(x/m)$ terhadap $\log C_e$ dan memanfaatkan linear yang terbentuk menjadi persamaan [4] (Kusumadewi, 2019):

$$\log \frac{x}{m} = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \quad [4]$$

- x/m = Jumlah adsorbat terserap per berat adsorben (mg/g)
- C_e = Konsentrasi Akhir (mg/L)
- K_f = Konstanta Empiris (L/mg)
- $1/n$ = Konstanta Freundlich terkait dengan faktor heterogenitas/intensitas adsorpsi

Model Isoterm Langmuir didasarkan pada asumsi bahwa permukaan adsorben homogen dan energi adsorpsi konstan pada seluruh permukaan. Semua proses adsorpsi berlangsung sama di molekul adsorbat. Seluruh permukaan adsorben hanya bisa menyerap molekul adsorbat. Matematis Isoterm Langmuir dapat dilihat pada persamaan [5] (Kusumadewi, 2019):

$$x/m = \frac{K_L b C_e}{1 + K_L b C_e} \quad [5]$$

- x/m = Jumlah ion krom yang terserap oleh adsorben (mg/g)
- K_L = Kapasitas Adsorben (mg/g)
- C_e = Konsentrasi Akhir (mg/L)
- b = Konstanta Langmuir (mg/L)

2.4.3 Kinetika Adsorpsi

Reaksi orde satu merupakan reaksi yang kecepataannya hanya bergantung pada salah satu zat bereaksi atau sebanding dengan salah satu pangkat reaktan. Persamaan linier orde satu dapat dilihat pada persamaan [6] (Lussa dkk., 2020):

$$\ln (q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t \quad [6]$$

Reaksi orde dua merupakan reaksi yang kecepataannya berbanding lurus dengan hasil kali konsentrasi kedua reaktan atau berbanding langsung dengan kuadrat konsentrasi salah satu reaktan. Persamaan linier orde dua dapat dilihat pada persamaan [7] (Lussa, dkk, 2020):

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{K_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e} \quad [7]$$

q_e = Jumlah ion logam yang terserap saat kesetimbangan (mg/g)

q_t = Jumlah ion logam yang terserap saat waktu t (mg/g)

t = waktu (menit)

K_2 = Konstanta laju reaksi ($\text{g} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{menit}^{-1}$)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Karakteristik Air Limbah Batik

Sebelum melakukan penelitian, air limbah batik dianalisa terlebih dahulu untuk mengetahui kandungan dalam air limbah tersebut. Hasil analisis bahan baku ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Karakteristik Air Limbah Batik

No	Parameter	Hasil Pemeriksaan (mg/L)	Nilai Baku Mutu* (mg/L)	Keterangan
1	Seng (Zn)	0,6089	1	Memenuhi
2	Timbal (Pb)	0,0271	0,3	Memenuhi
3	Tembaga (Cu)	0,2505	0,8	Memenuhi
4	Krom Total (Cr)	0,4173	0,2	Tidak Memenuhi
5	Kadmium (Cd)	0,0062	0,08	Memenuhi
6	Fenol	0,17	0,2	Memenuhi
7	Merkuri (Hg)	0,003	0,01	Memenuhi

*Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah

Konsentrasi logam berat tertinggi yang melebihi baku mutu merupakan Krom Total (Cr) pada air limbah industri batik. Jika dibandingkan dengan Permen LH no 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, kandungan logam berat Cr sebesar 0,4173 mg/L dalam air limbah industri batik melebihi nilai baku mutu dimana kadar Cr paling tinggi yang diperbolehkan menurut baku mutu sebesar 0,2 mg/L.

3.2 Hasil Penyisihan Logam Berat Cr dan Zat Warna dalam Air Limbah Batik

Variasi waktu kontak yang digunakan pada penelitian ini yaitu 15, 30, 60, 75, dan 90 menit. Konsentrasi awal logam berat Krom (Cr) sebesar 0,4173 mg/g dan massa adsorben alami kulit pisang kepok sebanyak 10 gr untuk penggunaan alat *jartest* dan 60 gr untuk penggunaan reaktor berpengaduk. Pengujian waktu kontak untuk menyisihkan logam berat Cr ini menggunakan kecepatan pengadukan 100 rpm dan 200 rpm dengan menggunakan *jartest* dan reaktor berpengaduk sebagai perbandingan. Hasil persentase penyisihan logam

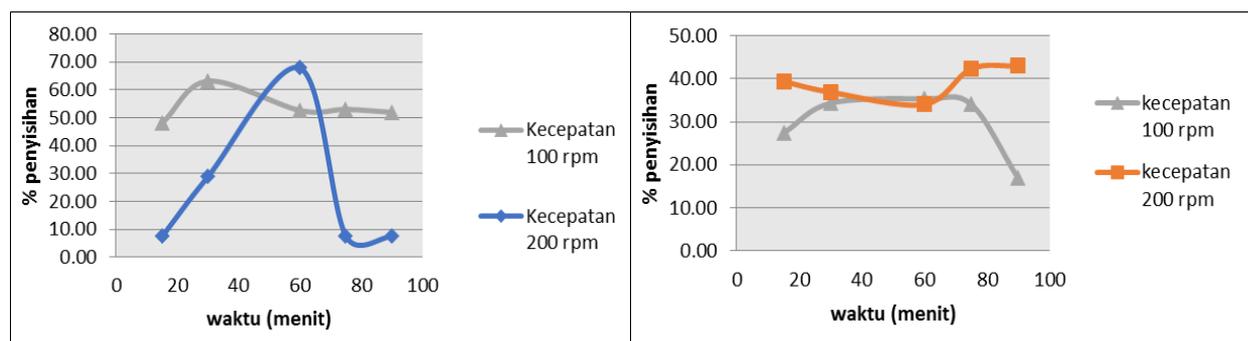
berat Cr ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan logam berat Cr untuk semua variasi kecepatan pengadukan dan waktu kontak sebesar 100% dengan konsentrasi awal 0,4173 mg/g. konsentrasi logam berat Cr setelah proses adsorpsi menggunakan jartest dan reactor berpengaduk menghasilkan nilai negatif yang menunjukkan bahwa kandungan logam berat Cr dalam air limbah batik telah tersisihkan seluruhnya. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kecepatan pengadukan 100 rpm dengan waktu kontak 15 menit merupakan kecepatan pengadukan dan waktu kontak yang optimal, karena sudah dapat menghasilkan efisiensi penyisihan sebesar 100%. Semakin besar waktu kontak dalam proses adsorpsi, maka adsorbat yang teradsorpsi akan meningkat hingga tercapai titik kesetimbangan. Ketika titik kesetimbangan tercapai, permukaan adsorben tertutup oleh zat teradsorpsi dan adsorben mencapai titik jenuh, sehingga adsorben tidak dapat mengadsorpsi kembali (Kusumadewi, 2019).

Tabel 2. Hasil Persentase Penyisihan logam Cr

Ce % penyisihan	Kecepatan Pengadukan	15 Menit	30 Menit	60 Menit	75 Menit	90 Menit
<i>Jartest</i>						
Ce % penyisihan	100 rpm	-1,029	-1,024	-1,003	-1,02	-1,016
		100%	100%	100%	100%	100%
Ce % penyisihan	200 rpm	-0,999	-1,013	-1,062	-1,044	-1,058
		100%	100%	100%	100%	100%
Reaktor Berpengaduk						
Ce % penyisihan	100 rpm	-0,9551	-0,9773	-1,009	-1,025	-1,033
		100%	100%	100%	100%	100%
Ce % penyisihan	200 rpm	-0,864	-0,869	-0,903	-0,931	-0,907
		100%	100%	100%	100%	100%

Penurunan zat warna dilakukan dengan variasi waktu kontak 15, 30, 60, 75, dan 90 menit dengan kecepatan pengadukan sebesar 100 rpm dan 200 rpm diolah dengan 10 gr adsorben untuk *jartest* dan 60 gr adsorben alami kulit pisang kepok dengan reaktor berpengaduk. Konsentrasi awal zat warna pada limbah air batik sebelum pengolahan sebesar 189,553 Pt-Co. Pengaruh waktu dalam penyisihan warna air limbah industri batik ditunjukkan pada Gambar 3.



(a)

(b)

Gambar 3. Hubungan Waktu Kontak dengan Persentase Penyisihan Warna (a) menggunakan Jarrest dan (b) Reaktor Berpengaduk

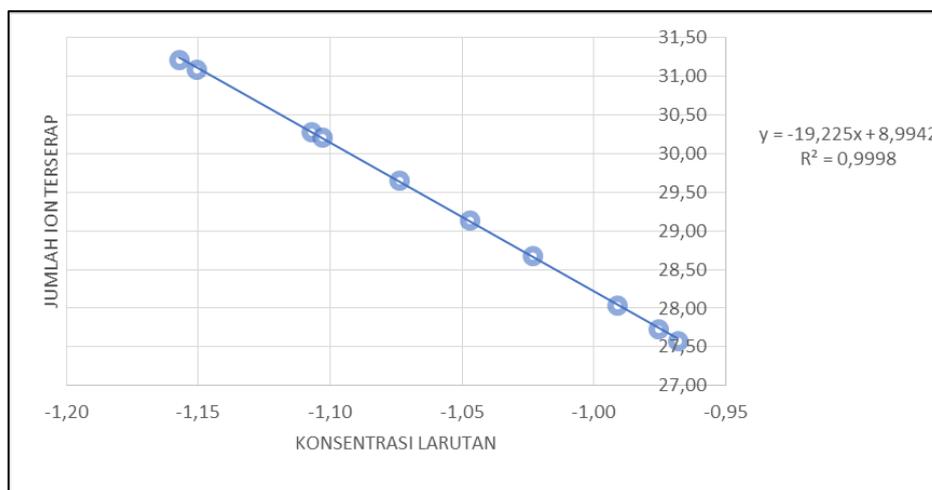
Gambar 3 menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan zat warna optimum terjadi pada variasi pengadukan 200 rpm. Pada pengolahan air limbah batik menggunakan jarrest didapatkan hasil persentase penyisihan zat warna optimum sebesar 67,94% dengan waktu kontak 60 menit. Sedangkan pada pengolahan menggunakan reaktor berpengaduk didapatkan hasil persentase penyisihan zat warna optimum sebesar 42,98% dengan waktu kontak 90 menit.

Pada Gambar 3a dapat dilihat bahwa terjadi penurunan kapasitas adsorpsi terhadap zat warna pada kecepatan pengadukan 200 rpm dan waktu kontak 75 menit. Konsentrasi adsorbat tidak dapat berinteraksi dengan adsorben pada menit ke-75 karena molekul adsorben secara keseluruhan tidak berikatan dengan sisi aktif karena adsorben mengalami kejenuhan dan sebagian adsorben melepaskan adsorbat sehingga setelah kondisi optimal mengalami penurunan. Kecepatan pengadukan dan waktu kontak yang paling optimal menghasilkan efisiensi penurunan tertinggi. Jika kecepatan pengadukan rendah, maka proses adsorpsi melambat. Tetapi jika kecepatan pengadukan terlalu tinggi, maka struktur adsorben dapat cepat rusak dan proses adsorpsi tidak dapat berlangsung secara optimal (Syafrianda, 2017).

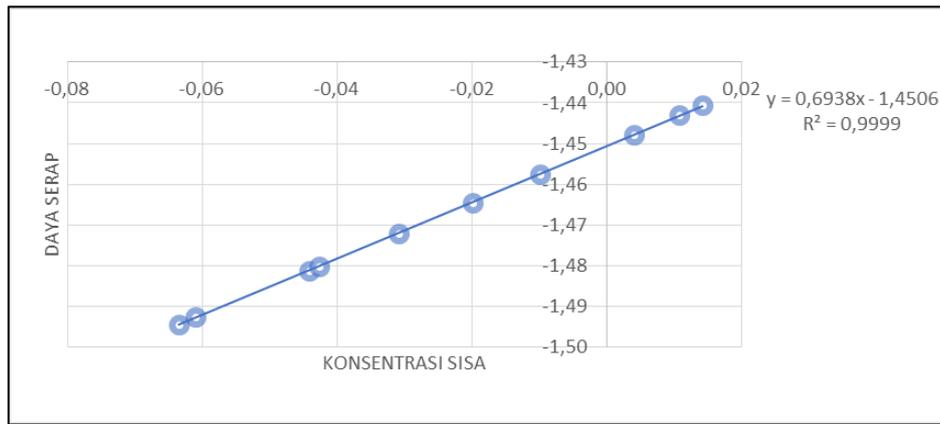
Dilihat dari segi fisik, nilai penyisihan warna tersebut kurang karena warna yang terlihat pada air limbah setelah diolah masih cukup pekat. Menurut Eskani dkk. (2005), Warna air limbah industri batik ditimbulkan dari sisa-sisa zat warna yang masih ada dalam bekas larutan proses pelorodan dan pada umumnya sukar dihilangkan karena genangan air berwarna banyak menyerap oksigen terlarut, sehingga lama-kelamaan membuat air berwarna hitam dan berbau.

3.3 Isoterm Adsorpsi

Model isoterm adsorpsi dapat ditentukan dengan melihat nilai koefisien determinasi dari persamaan adsorpsi. Nilai koefisien determinasi yang mendekati satu menunjukkan bahwa proses adsorpsi mempunyai hubungan yang cukup signifikan antara adsorben kulit pisang kepok dengan adsorbat berupa air limbah batik menggunakan Isoterm Langmuir dan Freundlich. Hasil isoterm adsorpsi ditunjukkan di Gambar 4.



(a)



(b)

Gambar 4. Grafik Isoterm (a) Langmuir dan (b) Freundlich Menggunakan Reaktor Berpengaduk

Tabel 3. Nilai R² dan konstanta Isoterm Langmuir dan Freundlich Menggunakan Reaktor Berpengaduk

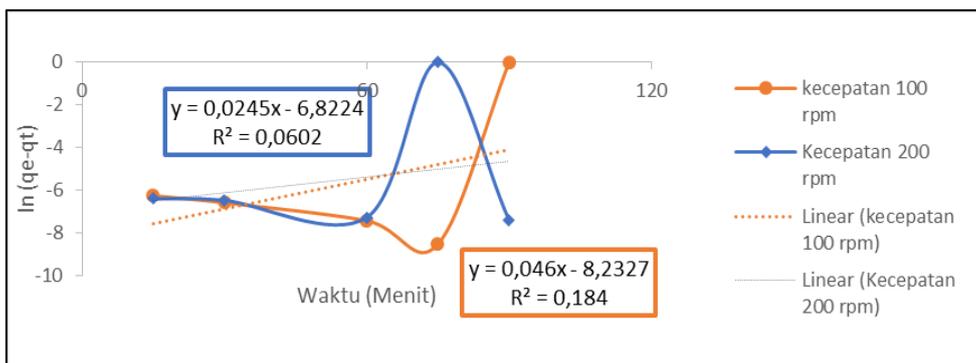
Isoterm	R ²	Konstanta	Nilai
Reaktor Berpengaduk			
Langmuir	0,9998	a	-0,4678
		b	0,1112
Freundlich	0,9999	n	1,44
		K _f	0,035

Pada Tabel 3 dapat dilihat hasil nilai regresi dan konstanta (a), (b), (n), dan (K_f) dari perhitungan Isoterm Langmuir dan Freundlich pada penelitian mengikuti Isoterm Freundlich dengan nilai regresi sebesar 0,9999 yang paling mendekati 1. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat lebih dari satu lapisan permukaan (*multilayer*) sehingga semakin tinggi konsentrasi pencemar makalapisan yang terbentuk akan semakin meningkat (Wahyuadi, 2021).

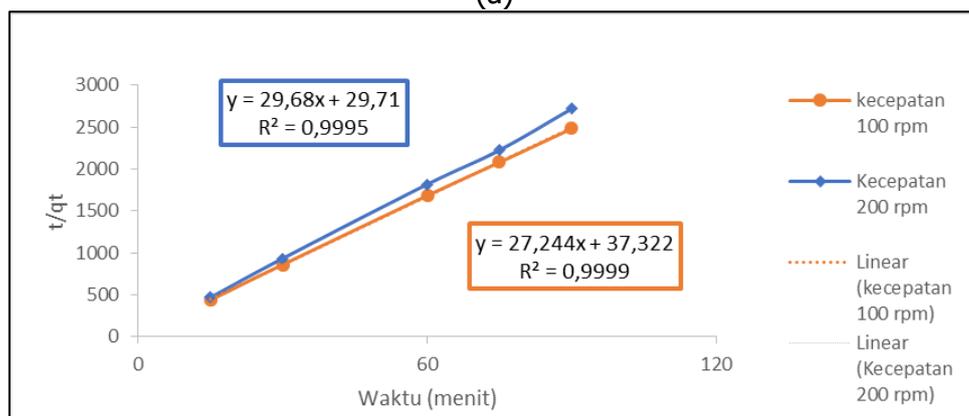
Hasil kapasitas maksimum (K_f) didapatkan sebesar 0,035 mg/g dan nilai n sebesar 1,44. Nilai 1/n, antara 0 dan 1, adalah ukuran kekuatan adsorpsi atau heterogenan permukaan dan membantu menunjukkan jenis adsorpsi. K_f dan n merupakan tetapan Isoterm Freundlich, dimana K_f merupakan daya adsorpsi maksimum (mg/g) dan n adalah konstanta adsorpsi (Zulfikar dkk., 2018). Daya adsorpsi akan semakin baik jika nilai K_f semakin besar. Semakin besar parameter intensitas adsorpsi (1/n), maka semakin kecil afinitas adsorben dalam mengadsorpsi logam (Apriyanti, 2018).

3.4 Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi digunakan untuk mengetahui kemampuan laju penyerapan adsorbat dan adsorben yang dipengaruhi oleh waktu kontak untuk mencapai titik kesetimbangan. Grafik kinetika adsorpsi orde satu dua dapat dilihat pada Gambar 5.



(a)



(b)

Gambar 5. Grafik Model Kinetika (a) Orde 1 dan (b) Orde 2 Menggunakan Reaktor Berpengaduk

Tabel 4. Kinetika Adsorpsi Menggunakan Reaktor Berpengaduk

Keterangan	R ²	Konstanta Laju Reaksi (k)
100 rpm		
Orde 1	0,184	0,184 (menit) ⁻¹
Orde 2	0,9999	19,887346 g.mg ⁻¹ .menit ⁻¹
200 rpm		
Orde 1	0,0602	0,0245 (menit) ⁻¹
Orde 2	0,9995	29,65003 g.mg ⁻¹ .menit ⁻¹

Dapat dilihat pada Tabel 4 bahwa kecepatan pengadukan 100 rpm dan 200 rpm yang terpilih adalah metode kinetika orde 2. Hal ini menunjukkan bahwa laju adsorpsi berbanding lurus dengan konsentrasi pengikutnya atau satu pengikut berpangkat dua (Sanjaya, 2015). Menurut penelitian Wahyuadi (2021), semakin besar kecepatan yang digunakan dengan waktu pengontakan yang semakin lama dan nilai konstanta yang besar, maka semakin sedikit kandungan logam yang terkandung di dalam sampel. Nilai k merupakan parameter kinetika adsorpsi yang menunjukkan cepat atau lambatnya suatu proses adsorpsi. Semakin cepat proses adsorpsi berlangsung maka semakin kecil nilai k (Andreas, 2015).

4. KESIMPULAN

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa adsorben alami kulit pisang kepok efektif dalam menurunkan logam berat Cr dengan efisiensi penyisihan optimum 100% diperoleh pada kecepatan pengadukan 100 rpm dan waktu kontak 15 menit. Efisiensi penyisihan optimum kulit pisang kepok sebagai adsorben alami dalam menyerap zat warna pada air limbah batik dengan menggunakan *jartest* sebesar 67,94% diperoleh pada kecepatan pengadukan 200 rpm dan waktu kontak 60 sedangkan dengan penggunaan reaktor berpengaduk, efisiensi penyisihan zat warna optimum sebesar 42,98% diperoleh pada kecepatan pengadukan 200 rpm dan waktu kontak 90 menit. Isoterm adsorpsi pada penelitian ini mengikuti persamaan Isoterm Freundlich dengan nilai R^2 sebesar 0,9999 dan kinetika adsorpsi mengikuti kinetika orde dua dengan R^2 sebesar 0,9995.

DAFTAR PUSTAKA

- Andreas, A., Putranto, A., & Sabatini, T. C. (2015). Sintesis Karbon Aktif dari Kulit Salak Aktivasi Kimia-Senyawa KOH sebagai Adsorben Proses Adosprsi Zat Warna Metilen Biru. *Jurnal Teknik Kimia*, 1–7.
- Apriyani, N. (2018). Industri Batik: Kandungan Limbah Cair dan Metode Pengolahannya. *Jurnal Media Ilmiah Teknik Lingkungan (MITL)*, 8(1), 25-31.
- Apriyanti, H., Candra, I. N., & Elvinawati. (2018). Karakterisasi Isoterm Adsorpsi dari Ion Logam Besi (Fe) pada Tanah di Kota Bengkulu. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia*, 2(1), 14-19.
- Delaroza, R., Wijayanti, A., Kusumadewi, R. A., & Hadisoebroto, R. (2020). The Effect of Mixing Speed to Adsorption Heavy Metal Cu^{2+} and Color Using Kepok Banana Peel Waste. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 487, 012045.
- Eskani, I. N., De Carlo, I., & Sulaeman. (2005). Efektivitas Pengolahan Air Limbah Batik dengan Cara Kimia dan Biologi. *Dinamika Kerajinan Batik*, 22(2), 28-34.
- Kusumadewi, R. A., Wijayanti, A., & Hadisoebroto, R. (2019). Utilization of Banana Peel and Water Hyacinth Leaves as Adsorbent for Removal of Copper from Wastewater. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 8(12), 888-892.
- Lussa, M., Wijayanti, A., Kusumadewi, R. A., & Hadisoebroto, R. (2020). The Mixing Speed Effect and Mass of Adsorbent on Copper (Cu) Removal from Wastewater by Water Hyacinth Leaves. *E3S Web of Conferences*, 148, 03005.
- Murniati, T., & Muljadi. (2013). Pengolahan Limbah Batik Cetak dengan Menggunakan Metode Filtrasi-Elektrolisis untuk Menentukan Efisiensi Penurunan Parameter COD, BOD, dan Logam Berat (Cr) Setelah Perlakuan Fisika. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 12(1), 1-7.
- Nuraini, R. A. T., Endrawati, H., & Maulana, I. R. (2017). Analisis Kandungan Logam Berat Kromium (Cr) Pada Air, Sedimen Dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) Di Perairan Trimulyo Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 20(1), 7-14.

Putra, I. P. K. A., Narwati, N., Hermiyanti, P., & Trisyanti, H. (2019). Bioadsorben Kulit Pisang Kepok (*Musa Acuminata* L.) dalam Menurunkan Kadar Timbal (Pb) Pada Larutan Pb. *Jurnal Penelitian Kesehatan Forikes*, 10(1), 7-14.

Sanjaya, A. S., & Agustine, R. P. (2015). Studi Kinetika Adsorpsi Pb Menggunakan Arang Aktif dari Kulit Pisang. *Konversi*, 4(1), 17-24.

Syafrianda, I., Yenie, E., & Daud, S. (2017). Pengaruh Waktu Kontak dan Laju Pengadukan Terhadap Adsorpsi Zat Warna Pada Air Gambut Menggunakan Adsorben Limbah Biosolid Land Application Industri Minyak Kelapa Sawit. *Jom FTEKNIK*, 4(2), Pekanbaru: Universitas Riau.

Wahyuadi, M. E. (2021). Pengolahan Air Limbah Sablon Menggunakan Reaktor Berpengaduk dengan Adsorben Kulit Psang Kepok. Jakarta: Universitas Trisakti.

Waluyo, U., Ramadhani, A., Suryadinata, A., & Cundari, L. (2020). Review: Penjernihan Minyak Goreng Bekas Menggunakan berbagai Jenis Adsorben Alami. *Jurnal Teknik Kimia Universitas Sriwijaya*, 26(2).

Zulfikar, M. A., Bahri, A., & Nasir, M. (2018). Studi Keseimbangan Adsorpsi Asam Humik pada Dual Nanofiber PMMA/PVDF. *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*, 3(1), 13-18.