



Kajian Variasi Massa Karbon Aktif dan Waktu Kontak terhadap Kinetika Adsorpsi Ion Logam Besi (Fe) pada Limbah Cair Batik Cual

Rena Aprilianti, Herman Aldila^{*)}, Widodo Budi Kurniawan

Jurusan Fisika, Universitas Bangka Belitung

Kampus Terpadu Balunijuk, Merawang, Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, Indonesia

*E-mail korespondensi: hermanaldilaubb@gmail.com

Info Artikel:

Dikirim:
5 September 2023

Revisi:
22 Juni 2024

Diterima:
30 Juni 2024

Kata Kunci:
Limbah batik cual,
karbon aktif,
adsorpsi Fe,
tempurung
kelapa

Abstract

Cual batik liquid waste discharged directly into the environment can cause environmental problems due to containing various heavy metals such as iron metal (Fe). Adsorption method is one of the efforts to reduce heavy metal content in wastewater. This study utilises activated carbon from coconut shell waste to be used as a heavy metal adsorbent. The activated carbon used is the result of physical and chemical activation processes. Based on SEM results, activated carbon has pores with a pore diameter of 81.84 μm and a surface area of 0.2315 cc/g. The adsorption process was carried out using activated activated carbon with mass variations of 0.25 grams, 1.5 grams, and 1.75 grams. Meanwhile, the contact time variations used were 0, 40, 80, 120, and 160 minutes. The results showed that the most optimum mass variation of activated carbon to absorb Fe metal was 1.5 grams with a contact time of 80 minutes which left a residual Fe metal of 0.161 ppm.

PENDAHULUAN

Salah satu hasil kebudayaan masyarakat Bangka Belitung yang masih dilestarikan dan kerap di promosikan kepada wisatawan adalah batik cual. Saat ini, tingkat produksi batik cual semakin meningkat dengan semakin tingginya permintaan. Peningkatan produksi batik cual ini menyisakan permasalahan lingkungan akibat limbah cair yang belum terolah dengan baik. Limbah cair batik cual mengandung pewarna remazol yang merupakan salah satu bahan kimia yang digunakan dalam proses pencelupan dan pewarnaan dalam pembuatan batik yang bersifat karsinogenik [1].

Berdasarkan penelitian Livia (2022), zat warna dari limbah cair batik cual mengandung berbagai logam berat seperti besi (Fe), kromium (Cr), mangan (Nm), tembaga (Cu) dan timbal (Pb) [2]. Pada limbah cair batik cual, kandungan logam besi (Fe) merupakan logam utama yang cukup banyak ditemukan 2,06 mg/L [3]. Permasalahan lingkungan akibat keberadaan limbah cair batik cual dapat diatasi dengan pengolahan limbah cair batik cual sebelum dilepaskan ke lingkungan. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi ion logam berat dalam limbah cair diantaranya adalah koagulasi, filtrasi, elektrokoagulasi dan adsorpsi [4] [5]. Diantara metode-metode tersebut, adsorpsi merupakan metode yang lebih sederhana, murah dan ekonomis [6].

Salah satu metode pengolahan air limbah secara adsorpsi yang banyak dikembangkan saat ini adalah menggunakan karbon aktif [7]. Karbon aktif adalah arang yang telah mengalami aktivasi baik secara kimia atau fisika sehingga memiliki kemampuan penyerapan yang lebih baik [8]. Karbon aktif umumnya terbuat dari bahan biomassa yang dapat membentuk arang ketika dipanaskan pada suhu tinggi [9]. Salah satu bahan biomassa yang dapat dibuat menjadi karbon aktif adalah tempurung kelapa. Karbon aktif dari tempurung kelapa memiliki daya serap yang sangat besar, tingkat kemurnian dan rapat massa yang tinggi, kandungan abu yang rendah dan struktur pori mikro yang seragam [1] [2]. Berdasarkan permasalahan yang telah dipaparkan peneliti tertarik melakukan penelitian terkait pengaruh variasi massa karbon aktif dan waktu kontak terhadap kemampuan kinetika adsorpsi karbon aktif dengan metode adsorpsi terhadap penurunan kadar ion logam besi (Fe) pada limbah cair batik cual.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu tabung pembakaran, gelas ukur 50 mL, pisau, korek api, gelas kimia 100 mL dan 500 mL, labu ukur 100 mL, stirrer 1500 RPM, pH meter, magnetic stirrer, ayakan 100 mesh, corong, pipet tetes, spatula, neraca digital, oven bolde, botol laboratorium, mortar, plastic wrap, aluminium foil, kertas whattman No 42. Adapun bahan-bahan digunakan pada penelitian ini yaitu Tempurung kelapa, larutan asam fosfat (H_3PO_4) 85%, aquadest, dan limbah cair batik cual.

Tahap Penelitian

Pada penelitian ini terdapat 3 tahapan penelitian yaitu pembuatan karbon aktif tempurung kelapa, pembuatan kurva standar dan adsorpsi limbah cair batik cual.

1. Pembuatan Karbon Aktif Tempurung Kelapa

Preparasi limbah tempurung kelapa diawali dengan membersihkan limbah dari sisa-sisa serabut kelapa yang menempel, selanjutnya dilakukan penjemuran di bawah sinar matahari. Proses preparasi dilanjutkan dengan proses karbonisasi hingga membentuk arang. Arang yang terbentuk selanjutnya digerus dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh sampai diperoleh serbuk karbon. Serbuk karbon yang dihasilkan selanjutnya dilakukan aktivasi secara kimia menggunakan zat aktivator H_3PO_4 8% dengan perbandingan 1:4 menggunakan metode meserasi dan didiamkan selama 1 hari. Selanjutnya dilakukan pencucian menggunakan aquades hingga pH netral dan disaring. Residu yang dihasilkan dari proses penyaringan selanjutnya dikeringkan menggunakan oven pada temperatur $110^\circ C$ selama 1 jam kemudian digerus sampai berbentuk serbuk. Serbuk yang telah dihasilkan dari aktivasi kimia, kemudian dilakukan aktivasi secara fisika dengan menggunakan gas nitrogen (N_2). Setelah didapatkan sampel tersebut, dilakukan pengujian BET (Brunauer-Emmett-Teller) dan pengujian SEM (Scanning Electron Microscope).

2. Pembuatan Kurva Standar

Preparasi limbah cair batik cual dilakukan dengan cara mengencerkan limbah cair batik cual dan aquades dengan persentase 0 - 100%. Limbah batik cual yang telah dipreparasi selanjutnya diuji menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 200-800 nm untuk mendapatkan nilai absorbansi. Pengujian Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) juga dilakukan pada larutan limbah yang telah dipreparasi untuk menentukan kandungan logam Fe yang terkandung dalam larutan tersebut. Berdasarkan data absorbansi pada pengujian UV-Vis, persentase konsentrasi Fe (ppm) limbah cair batik cual yang mengalami pengenceran dapat dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$C_{ppm1} = \frac{C_{\%1}}{C_{\%0}} \times C_{ppm0} \quad (1)$$

Keterangan :

$$C_{\text{ppm}0} = 0,43 \text{ ppm}$$

$$C\%_0 = 100\%$$

$$C\%_1 = \% \text{ pengenceran}$$

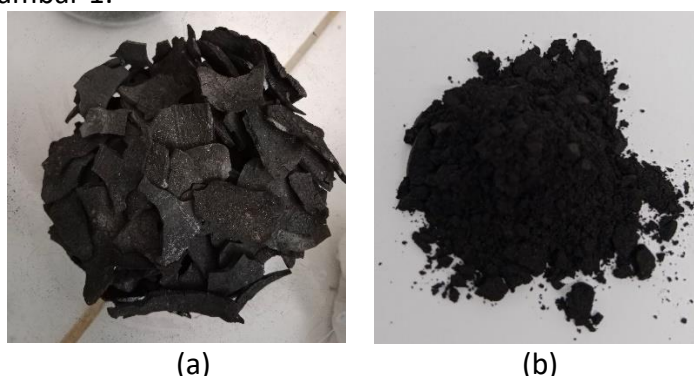
3. Adsorpsi Limbah Cair Batik Cual

Mekanisme adsorpsi limbah batik cual dilakukan dengan mencampurkan karbon aktif tempurung kelapa ke dalam 50 mL limbah cair batik cual. Variasi massa yang digunakan pada penelitian ini adalah 1.25 gram, 1.50 gram dan 1.75 gram. Sementara itu, variasi waktu kontak yang diamati adalah 40, 80, 120 dan 160 menit. Setelah dilakukan perendaman, residu yang dihasilkan disaring menggunakan kertas saring. Selanjutnya, larutan sisa yang dihasilkan dari proses adsorpsi dilakukan pengujian Spektrofotometer UV-Vis pada rentang panjang gelombang 200 nm - 800 nm untuk memperoleh nilai absorbansi dan pengujian Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) untuk mengetahui hubungan nilai konsentrasi logam Fe.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pembuatan Karbon Aktif Tempurung Kelapa

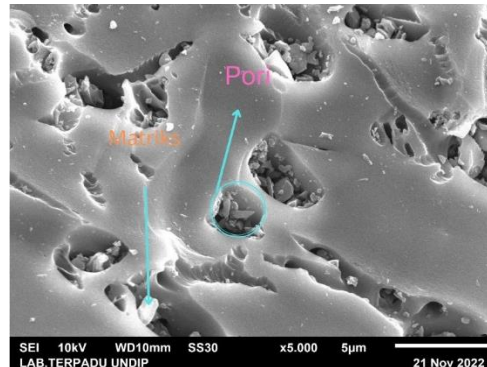
Tempurung kelapa yang digunakan dalam sintesis karbon adalah tempurung yang telah dilakukan karbonisasi dan digerus. Karbon sebanyak 100 gram dicampurkan dengan larutan H_3PO_4 sebanyak 400 ml kemudian dilakukan meserasi selama 24 jam, saring dan dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 110°C hingga kering. Kemudian digerus untuk dilakukan aktivasi fisika, setelah itu dilakukan karakterisasi SEM dan BET. Adapun hasil sintesis karbon dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. (a) Karbonisasi, dan (b) Serbuk karbon

Berdasarkan data SEM pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa adanya pembentukan pori dan matriks. Pori terbentuk dipengaruhi oleh adanya proses aktivasi fisika dan kimia [5]. Sedangkan matriks terbentuk akibat sedikitnya zat aktivator yang menguap [10]. Hasil karakterisasi SEM yang menganalisis partikel pada sampel karbon aktif tempurung kelapa dengan perbesaran 5.000 kali menggunakan Software imageJ memberikan dua parameter hasil, yaitu luas area pori sebesar $5257,386 \mu\text{m}^2$ dan panjang parameter sebesar $457.16 \mu\text{m}$. Menurut penelitian (Nurdandi, 2022) nilai Sphericity memiliki rentang antara 0 sampai 1, jika nilai Sphericity bernilai 1 maka pori akan berbentuk sempurna [11]. Adapun nilai Sphericity yang diperoleh sebesar 0,56. Hal ini menunjukkan bahwa pori tidak membentuk lingkaran sempurna. Adapun nilai diameter pori yang diperoleh sebesar $81,84 \mu\text{m}$ yang termasuk kedalam katagori makropori ($>50 \mu\text{m}$). Selain itu, luas permukaan juga salah satu parameter penting dalam adsorben. Menurut penelitian Dewi (2020), semakin besar luas permukaan dan ukuran pori adsorben maka daya adsorpsinya semakin besar [12]. Hasil luas permukaan dapat diketahui melalui pengujian BET. Adapun hasil pengujian BET dari serbuk karbon aktif tempurung kelapa sebesar $0,2315 \text{ cc/g}$.

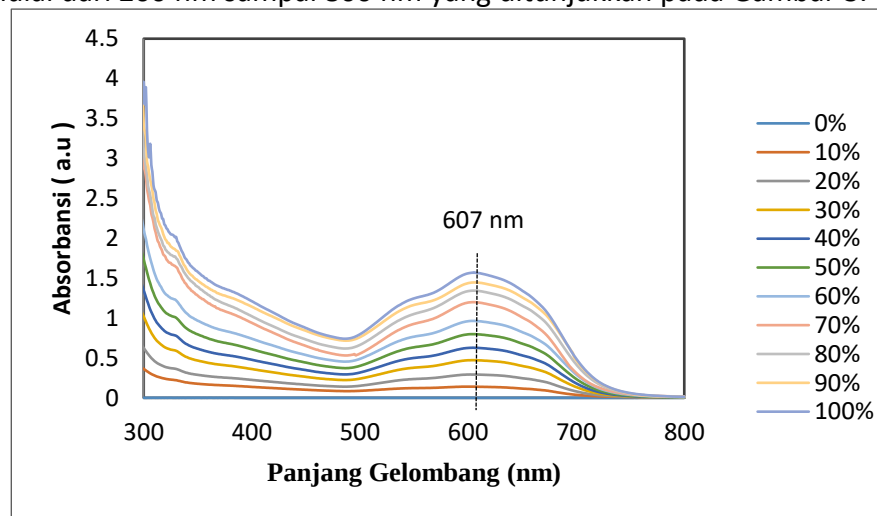
Berdasarkan hasil pengujian BET yang diperoleh sesuai dengan referensi SNI 06-3730-1995 sebesar 0,226554 cc/g dimana karbon aktif dari tempurung kelapa termasuk dalam katagori karbon aktif.



Gambar 2. Hasil SEM karbon aktif tempurung kelapa

2. Kurva Standar Limbah Cair Batik Cual

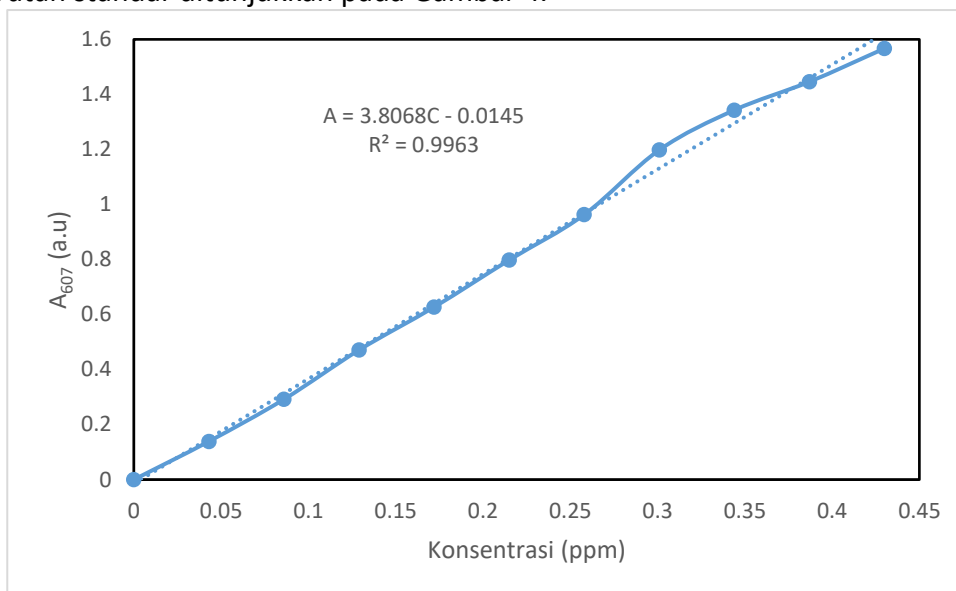
Konsentrasi 100% limbah cair batik cual yang digunakan pada penelitian ini melalui hasil pengujian AAS yang telah dilakukan pada penelitian ini sebesar 0,43 mg/L dan pengujian 0% diperoleh 0 mg/L. Pembuatan kurva larutan standar dilakukan dengan cara mengencerkan limbah cair batik cual dengan aquades menggunakan 10 variasi yaitu 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% dan 100%. Setelah dilakukan proses pengenceran limbah cair batik cual kemudian dilakukan pengujian Spektrofotometri UV-Vis dengan pengukuran panjang gelombang mulai dari 200 nm sampai 800 nm yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Kurva absorbansi larutan standar

Melalui kurva pada Gambar 3 terdapat titik puncak saturasi. Titik puncak ini terjadi ketika siklus sudah mengalami penurunan (desorpsi) dan mengalami kenaikan lagi (adsorpsi). Desorpsi terjadi apabila pada proses adsorpsi sudah mencapai titik jenuh dan tidak mampu lagi menyerap [13]. Akan tetapi kenaikan peristiwa adsorpsi tidak terlalu signifikan seperti saat titik puncak awal, hal ini disebabkan penyerapan sinar pada sampel sudah mencapai titik jenuh. Kemudian pada saat peristiwa adsorpsi sampai titik jenuhnya akan mengalami penurunan lagi hingga nol. Titik puncak ini juga menandakan bahwa menurunnya konsentrasi pada sampel limbah cair batik cual, maka kurva yang diperoleh semakin menurun. Titik puncak saturasi ini terdapat pada panjang gelombang 607 nm. Hal ini sesuai dengan referensi dimana titik puncak saturasi ini terdapat pada rentang panjang gelombang 595 nm - 610 nm dengan sampel berwarna biru-kehijauan [14]. Dari data absorbansi pengenceran maka penentuan kadar logam Fe pada saat proses pengenceran dapat menggunakan persamaan 1. Kemudian dari data absorbansi

pengenceran itu dapat kita lihat konsistensi antara absorbansi dari Spektrofotometri UV-Vis dengan konsentrasi yang telah diketahui kadar logam Fe dengan asumsi bahwa kandungan logam Fe pada limbah cair batik cual tersebar secara merata. Kemudian diperoleh persamaan matematis pada Gambar 4. persamaan ini nantinya digunakan untuk melakukan konversi nilai absorbansi Spektrofotometri UV-Vis dengan data adsorpsi pada panjang gelombang 607 nm. Adapun kurva hubungan antara konsentrasi terhadap nilai absorbansi pada panjang gelombang 607 nm larutan standar ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Kurva hubungan antara konsentrasi terhadap nilai absorbansi pada panjang gelombang 607 nm larutan standar

Menurut hasil kurva pada Gambar 4 memperoleh nilai koefisien determinan (R^2) = 0,9963 yang menyatakan bahwa kedua parameter memiliki hubungan yang linearitasnya baik yaitu mendekati 1. Adapun hubungan matematisnya dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$A_{607} = 3,8068C - 0,0145 \quad (2)$$

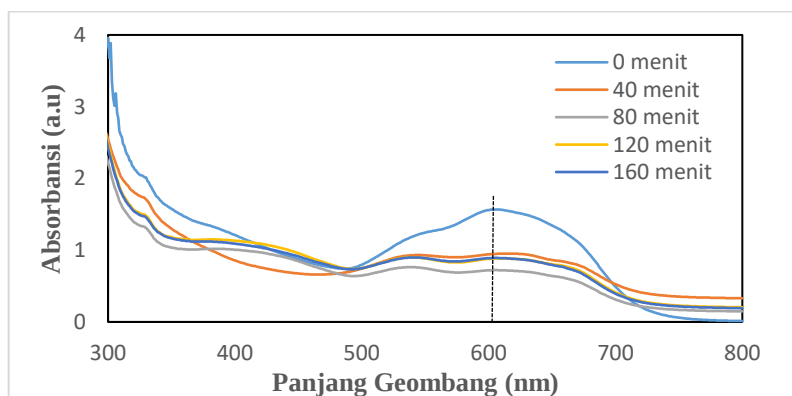
Keterangan :

A_{607} : Absorbansi pada Panjang gelombang 607 nm

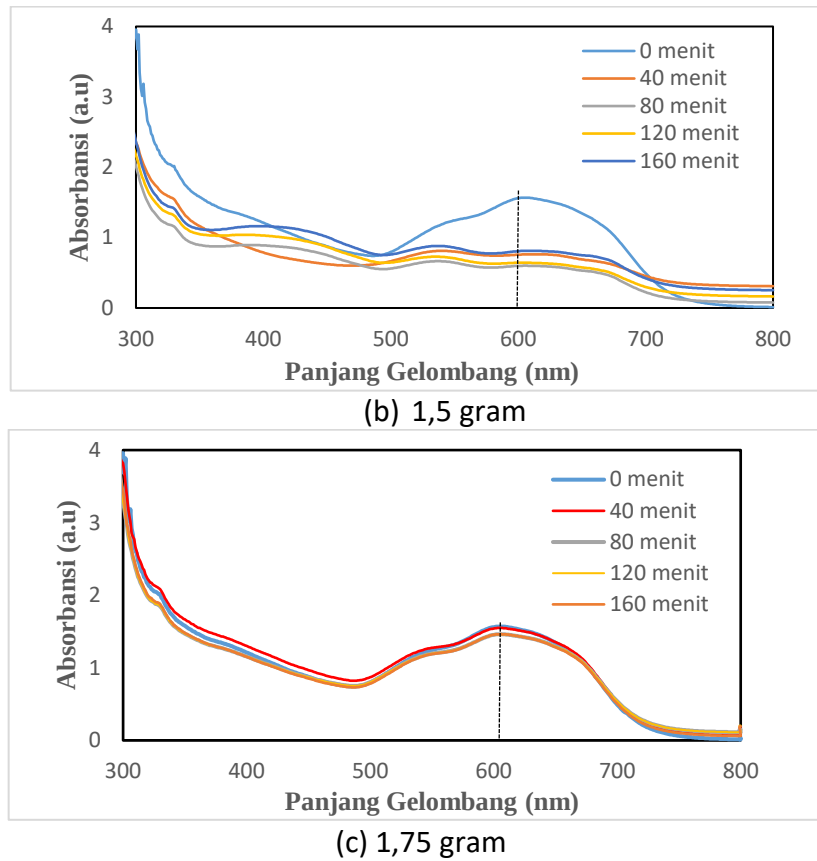
C : Konsentrasi limbah cair batik cual (ppm)

3. Adsorpsi Limbah Cair Batik Cual

Adapun hasil pengujian Spektrofotometer UV-Vis setelah adsorpsi dapat ditunjukkan pada Gambar 5.

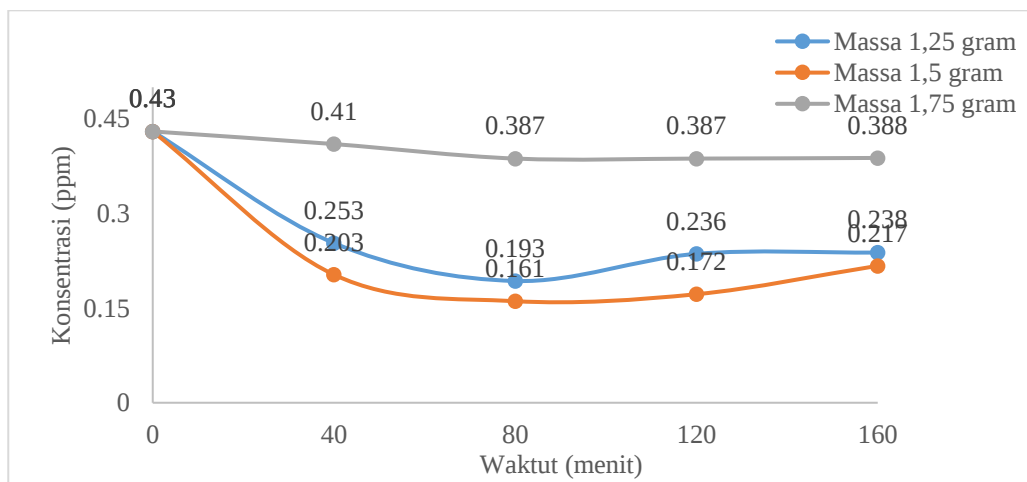


(a) 1,25 gram



Gambar 5 Absorbansi terhadap variasi waktu

Adapun perubahan nilai absorbansi limbah cair batik cual pada Panjang gelombang 607 nm. Berdasarkan analisis hasil Spektrofotometer UV-Vis pada Gambar 4.6 (a) dengan massa 1,25 gram dan (b) dengan massa 1,5 gram titik puncak yang mulanya 0 menit setelah dilakukan perlakuan kurva mengalami penurunan yang signifikan, sedangkan pada penggunaan massa 1,75 gram terjadi juga penurunan absorbansi tidak terlalu banyak, sehingga pada dekolorisasi tidak begitu terlihat. Hal lain juga disebabkan jika semakin tinggi dosis adsorben maka dapat menyebabkan terjadinya penggumpalan yang mengakibatkan berkurangnya situs aktif untuk menyerap [4].



Gambar 6 Konsentrrasi logam Fe yang tersisa setelah adsorpsi

Melalui Gambar 6 terjadi penurunan kadar logam Fe dari waktu awal ke waktu 80 menit proses adsorpsi sudah selesai dan kondisi karbon aktif telah jenuh ditunjukkan kurva yang landai.

Setelah menit ke 80 efisiensi penyerapan yang menurun kemudian meningkat lagi. Hal ini diduga dalam proses adsorpsi bersifat reversibel karena ikatan lemah antara adsorben dengan ion logam Fe, sehingga semakin lama waktu kontak ion logam akan terlepas kembali kedalam larutan. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dibandingkan pada Gambar 4 dari larutan 100% mengalami penurunan hampir 90% yang dinyatakan bahwa karbon aktif sangat baik dalam proses dekarisasi dan dekolarisasi warna.

4. Analisis Model Kinetika

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, studi lebih lanjut yaitu terkait analisa kinetika adsorpsi logam Fe yang dilakukan menggunakan model kinetika orde satu, model kinetika orde dua dan model kinetika BMG. Adapun hasil pemodelan dapat ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Nilai koefisien determinan dan konstanta pada limbah cair batik cual

Model Kinetika	Parameter	Variasi Massa Karbon Aktif		
		1,25 gram	1,5 gram	1,75 gram
Orde 1	R^2	0,4918	0,4531	0,9908
	K	0	0,9	-2.22045
Orde 2	R^2	0,9628	0,9466	0,9994
	K	0,0219	0,0352949	0,00205654
BMG	R^2	0,9924	0,9897	0,9998
	m	9,88686	2,29788	410.369
	b	2,0234	1,74892	6.83957

Berdasarkan hasil model kinetika pada tabel 2 jika dilihat dari nilai koefisien determinasi (R^2) yaitu model kinetika orde 2 dan model kinetika BMG. Besarnya oksidasi maju limbah cair batik cual pada model kinetika BMG dapat dilihat dari besarnya nilai konstanta m dan konstanta b. konstanta m merupakan kapasitas oksidasi sedangkan konstanta b merupakan kinetika reaksi. Tetapi bila k digunakan untuk menghitung laju reaksi maka nilai model kinetika BMG menghasilkan nilai kecepatan yang tinggi dibandingkan dengan orde 2. Tingginya laju reaksi disebabkan besarnya konsentrasi menyebabkan molekul lebih banyak mengalami tumbukan. Asumsi model kinetika BMG memberikan nilai R^2 terbesar yaitu pada penggunaan massa karbon aktif 1,75 gram dengan nilai (R^2) = 0,99981, nilai konstanta (b) = 6.83957 dan nilai kapasitas oksidasi (m) = 410.369. Dalam hal ini pemodelan yang paling sesuai dalam adsorpsi limbah cair batik cual dengan menggunakan karbon aktif dari tempurung kelapa dengan variasi massa karbon aktif adalah model kinetika BMG dengan kapasitas dan laju adsorpsi yang besar.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa massa karbon aktif dan waktu kontak dalam penurunan kadar logam Fe memiliki hubungan yang tidak linear, dimana massa yang bagus terdapat pada penggunaan massa 1,5 gram dengan waktu kontak 80 menit. Sedangkan model paling sesuai dalam adsorpsi limbah cair batik cual yaitu dengan menggunakan model kinetika BMG.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Sandi, D. Nurdandi and Y. Tiandho, "Pengaruh Jarak antar Plat dalam Penjernihan Limbah Batik Cual dengan Metode Elektrokoagulasi," in *National Colloquium Research And Community Service*, Bangka, 2019.
- [2] W. B. Kurniawan, H. Aldila and L. Livia, "The Effect Of Contact Time Variations On The Efficiency Value And The Adsorption Kinetic Mechanism Of Iron (Fe) On Batik Waste Cual Using Chitosan," *Jurnal Riset Fisika Indonesia*, vol. II, no. 2, pp. 31-36, 2022.
- [3] F. Istiqomah, V. A. Fabiani and A. Adisyahputra, "Synthesis and Characterization of Cual Batik Waste Dyes From Photocatalysis Using TiO₂ From Ilmenite Bangka," *Stannum: Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, vol. III, no. 2, pp. 34-40, 2021.
- [4] D. Suwazan and N. Nurhidayanti, "Efektivitas Kombinasi Kitosan dan Ampas Teh Sebagai Adsorben Alami dalam Menurunkan Konsentrasi Timbal Pada Limbah Cair PT PXI," *Jurnal Ilmu Lingkungan*, vol. XX, no. 1, pp. 37-44, 2022.
- [5] Megiyo, A. Noo, N. Farika and H. Aldila, "Sintesis Krbon Berpori Limbah Tangkai Buah Lada Putih Bangka (Muntok White Pepper) sebagai Elektroda Superkapasitor," in *Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat*, Bangka, 2019.
- [6] N. Angraini, T. E. Agustina and F. Hadiah, "engaruh pH dalam Pengolahan Air Limbah Laboratorium Dengan Metode Adsorpsi untuk Penurunan Kadar Logam Berat Pb, Cu, dan Cd," *Journal Ilmu Lingkungan*, vol. XX, no. 2, pp. 345-355, 2022.
- [7] E. Budi, H. Nasbey, S. Budi, E. Handoko, P. Suharmanto, R. Sinansari and S. Sunaryo, "Kajian Pembentukan Karbon Aktif Berbahan Arang Tempurung Kelapa," *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, vol. 1, pp. 62-66, 2012.
- [8] L. Ramadhani, I. Nurjannah, R. Yulistiani and E. Saputro, "Review: Teknologi Aktivasi Fisika pada Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Tempurung Kelapa," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. XXVI, no. 2, pp. 42-53, 2020.
- [9] J. A. Nenohai, Z. S. Minata, B. Ronggopuro, E. H. Sanjaya and Y. Utomo, "Penggunaan Karbon Aktif dari Biji Kelor dan Berbagai Biomassa dalam Mengatasi Pencemaran Air: Analisis Review," *Jurnal Ilmu Lingkungan*, vol. XXI, no. 1, pp. 29-35, 2023.
- [10] Z. Efensi and A. Astuti, "Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Morfologi dan Jumlah Pori Karbon Aktif Tempurung Kemiri sebagai Elektroda," *Jurnal Fisika Unand*, vol. V, no. 4, pp. 297-302, 2016.
- [11] D. Nurdandi, W. Kurniawan and H. Aldila, "Sintesis dan Karakterisasi Elektroda Komposit Karbon-Kitosan Berbasis Karbon Biomassa yang diaktivasi Menggunakan Metode Microwave," *Jurnal Riset Fisika Indonesia*, vol. II, pp. 17-25, 2022.
- [12] R. Dewi and A. Nofriadi, "Aktivasi Karbon dari Kulit Pisang dengan Menggunakan Aktivator Kimia KOH," *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, pp. 12-22, 2020.
- [13] S. Widayana and I. Kurniawati, "Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Kepok sebagai Bioadsorben pada Penurunan Warna Minyak Bekas Penggorengan," *Jurnal Pendidikan Tambusai*, vol. VI, pp. 10191-10202, 1981.
- [14] D. Soendoro, *Analisis Kimia Kuantitatif*, Surabaya: PT. Gelora Aksara Pratama, 1981.

- [15] Y. Tiandho, W. Sunanda, F. Afriani, A. Indriawati and T. Handayani, "Accurate model for temperature dependence of solar cell performance according to phonon energy," *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*, vol. 55, no. 5, pp. 15-25, 2018.