

Efficiency of Indigo Dye Separation using Zeolite in an Adsorption Column

Aulia Ayu Saputri , Yeni Noor Wulandari, Rini Munawaroh, Denny Vitasari

Department of Chemical Engineering, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia

 auliaayu161@gmail.com

Abstract

The liquid waste produced by the batik industry contains harmful dye substances for the environment and living creatures if the waste is not properly treated because it contains non-degradable coloring agents. The treatment of batik liquid waste can be done by adsorption method using zeolite. In this study, an analysis of the influence of flow rate, initial concentration, zeolite grain size, and adsorbent column height was conducted to determine the efficiency of dye adsorption. The most optimal results obtained from the study are a flow rate of 0.2 Lpm with 62.96% efficiency, an initial concentration of 1,500 mg/L with 75.11% efficiency, a zeolite grain size of 16 mesh with 70.00% efficiency, and an adsorbent column height of 60 cm with 70.00% efficiency. These results indicate that flow rate, initial concentration, zeolite grain size, and adsorbent column height can affect the efficiency of dye adsorption.

Keywords: Dye Adsorption; Batik Liquid Waste; Zeolite

Efisiensi Pemisahan Zat Warna Indigo pada Adsorpsi Menggunakan Zeolite dalam Kolom Bahan Isian

Abstrak

Limbah cair yang dihasilkan oleh industri batik memiliki kandungan zat warna yang berbahaya bagi lingkungan dan makhluk hidup jika limbah tersebut tidak diolah dengan benar, karena mengandung zat warna yang sulit terurai. Pengolahan limbah cair batik dapat dilakukan dengan metode adsorpsi menggunakan zeolite. Dalam penelitian ini dilakukan analisis pengaruh laju alir cairan, konsentrasi awal, ukuran butir zeolite dan tinggi kolom adsorben untuk mengetahui efisiensi adsorpsi zat warna. Hasil penelitian yang paling optimal didapatkan yaitu laju alir cairan 0,2 Lpm dengan efisiensi 62,96%, konsentrasi awal 1.500 mg/L dengan efisiensi 75,11%, ukuran butir zeolite 16 mesh dengan efisiensi 70,00%, dan tinggi kolom adsorben 60 cm dengan efisiensi 70,00%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa laju alir cairan, konsentrasi awal, ukuran butir zeolite, dan tinggi kolom adsorben dapat mempengaruhi efisiensi adsorpsi zat warna.

Kata kunci: Adsorpsi Zat Warna; Limbah Cair Batik; Zeolite

1. Pendahuluan

Pada industri batik, penggunaan pewarna sintetik lebih dipilih karena memiliki banyak pilihan warna, mudah didapatkan, dan harga relatif murah. Akan tetapi, penggunaan pewarna sintetik ini dapat menghasilkan limbah yang berpotensi untuk mencemari lingkungan, di mana zat pewarna sintetik mengandung bahan kimia yang sulit terurai [1]. Zat warna yang digunakan pada industri batik yaitu zat warna asam, zat

warna basa, zat warna bejana, zat warna reaktif, zat warna naftol, dan zat warna direk. Selain itu, komponen dari zat mordan (pengunci warna) dapat menggunakan beberapa zat kimia yaitu tawas ($KAl(SO_4)_2$), air kapur ($Ca(OH)_2$), tunjung ($Fe(SO_4)$), kalsium karbonat ($CaCO_3$), tembaga (II) sulfat ($Cu_2(CH_3COO)_4$), asam sitrat ($C_6H_8O_7$), kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$), besi sulfat ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$), kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$), dan boraks. Air limbah yang dihasilkan dapat menyebabkan pencemaran, terutama pada ekosistem lingkungan perairan jika dibuang tanpa dilakukan pengolahan dengan baik dan maksimal [2].

Salah satu cara untuk menghilangkan polutan dari air limbah adalah melalui adsorpsi. Adsorpsi adalah penyerapan suatu zat (molekul atau ion) pada permukaan suatu adsorben. Selama proses adsorpsi kimia, adsorbat berinteraksi dengan adsorben melalui pembentukan ikatan kimia [3]. Adsorpsi kontinyu memiliki pendekatan yang jauh lebih baik untuk penggunaan di lapangan karena operasi sistem selalu bersinggungan dengan larutan baru dari adsorben sehingga dapat teradsorpsi secara optimal hingga jenuh [4].

Zeolit merupakan bahan yang banyak digunakan sebagai adsorben. Zeolit memiliki berbagai aplikasi di bidang industri, pemurnian air dan pengolahan air limbah. Dalam bidang tekstil industri, zeolit digunakan untuk memisahkan zat warna dari limbah tekstil dengan cara adsorpsi. Metode adsorpsi banyak dipilih karena penggunaan adsorben relatif sederhana dan mudah diregenerasi. Metode adsorpsi juga relatif murah, karena adsorben mudah didapatkan [5].

Berdasarkan beberapa penelitian yang sebelumnya sudah dilakukan, efisiensi adsorpsi dengan zeolit pada pemisahan kontaminan zat warna dapat dipengaruhi beberapa faktor diantaranya yaitu laju alir cairan, konsentrasi awal, ukuran butir zeolite dan tinggi kolom. Pentingnya mengetahui pengaruh tersebut dalam efisiensi adsorpsi limbah cair batik agar limbah cair batik dapat diolah dengan baik sebelum dibuang ke lingkungan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, dalam penelitian ini peneliti melakukan analisis pengaruh laju alir cairan, konsentrasi awal, ukuran butir zeolite dan tinggi adsorben dengan metode adsorpsi menggunakan zeolite dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh tersebut dalam efisiensi adsorpsi pemisahan kontaminan limbah cair batik.

2. Literatur Review

2.1. Limbah Cair Batik

Limbah cair industri tekstil memiliki kandungan pencemar organik yang tinggi. Secara umum, limbah ini sulit diolah melalui proses biologis karena mengandung bahan pewarna organik dengan rantai panjang. Dalam proses pewarnaan tekstil, seringkali menggunakan air, sehingga menghasilkan limbah cair yang dapat mencemari air sungai atau perairan jika tidak diolah terlebih dahulu sebelum dibuang. Peningkatan BOD dapat terjadi apabila air limbah tekstil dibuang ke perairan dengan tingkat warna yang tinggi. Kualitas dan warna air merupakan indikator apakah air tersebut dapat dikonsumsi oleh makhluk hidup atau tidak [6].

2.2. Adsorpsi

Adsorpsi padat-cair merupakan proses transfer polutan dalam larutan ke adsorben yang berupa padatan. Adsorpsi padat-cair banyak digunakan dalam pengolahan air dan air limbah. Kinetika adsorpsi sangat penting karena dapat digunakan untuk memprediksi laju penyisihan polutan, menetapkan ketergantungan waktu sisa adsorbat dalam larutan, dan mengetahui mekanisme yang terlibat dalam proses adsorpsi tersebut [7].

2.3. Zeolite

Zeolite memiliki banyak kegunaan salah satunya sebagai adsorben. Zeolite sebagai bahan penyerap (adsorben) memiliki kemampuan pengikatan senyawa dan molekul tertentu yang hanya terjadi di permukaan. Proses ini terjadi karena interaksi fisik yang disebabkan oleh gaya *van der Waals* serta interaksi kimia dengan adanya sifat statis listrik. Sifat-sifat zeolite dapat digunakan sebagai pengeringan, pertukaran ion, adsorpsi, katalisis serta pemisahan atau penyaringan [8].

3. Metode

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh laju alir cairan, konsentrasi awal, ukuran butir zeolite dan tinggi kolom dalam efisiensi adsorpsi menggunakan zeolite pada pemisahan kontaminan limbah cair batik. Metode penelitian yang dilakukan adalah penelitian secara kuantitatif dengan mengambil data dari sampel setiap variasi laju alir cairan, konsentrasi awal, ukuran butir zeolit dan tinggi kolom lalu di uji menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Dalam percobaan ini digunakan limbah sintesis dengan cara melarutkan zat warna indigo ke dalam air terdeionisasi.

3.1. Penentuan Panjang Gelombang Optimum

Zat warna *indigo* pasta dikeringkan menggunakan oven selama 1 jam dengan suhu 110°C. Setelah kering lalu ditimbang pada neraca analitik sebanyak 10 gram. Lalu dimasukkan labu ukur 1.000 mL, kemudian ditambahkan aquades sampai tanda batas dan dikocok sampai homogen dan diambil sebanyak 0,5 mL dan dimasukkan ke labu ukur 50 mL kemudian ditambahkan aquades sampai tanda batas dan dikocok sampai homogen agar konsentrasinya menjadi 100 mg/L. Selanjutnya larutan standar dimasukkan dalam kuvet lalu dimasukkan ke spektrofotometer UV-Vis untuk diukur pada rentang panjang gelombang 510 nm – 790 nm.

3.2. Pembuatan Kurva Standar

Larutan induk 100.000 mg/L diambil sebanyak 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 1; 1,5; dan 2 mL menggunakan pipet ukur kemudian dimasukkan kedalam labu ukur 50 mL. Lalu ditambahkan aquadest sampai tanda batas kemudian kocok hingga homogen. Selanjutnya larutan induk dimasukkan dalam kuvet lalu dimasukkan ke spektrofotometer UV-Vis untuk diukur pada panjang gelombang optimum 670 nm.

3.3. Aktivasi Zeolite

Zeolite diayak dengan ukuran 8 mesh, 10 mesh, 12 mesh, dan 16 mesh. Setelah itu, zeolite direndam dengan aquades selama 24 jam kemudian disaring, setelah itu, dikeringkan selama 3 jam di dalam oven dengan suhu 120°C. NaOH ditimbang menggunakan neraca analitik sebanyak 181,81 gram. Kemudian dimasukkan kedalam gelas beker untuk dilarutkan kedalam 1.500 mL. Masing-masing zeolite yang berukuran 8 mesh, 10 mesh, 12 mesh, 16 mesh dicampurkan dengan larutan NaOH 3 M. Kemudian diaktivasi menggunakan *hot plate* selama 1 jam dengan suhu konstan 60. °C Setelah itu, zeolite dibilas menggunakan aquades sampai pH netral. Kemudian zeolite dikeringkan dalam oven selama 4 jam di suhu 110°C.

3.4. Adsorpsi

Zeolit yang sudah diaktivasi dimasukkan dalam kolom adsorpsi dengan tinggi kolom 60 cm. Larutan sampel zat warna dialirkan ke dalam kolom yang sudah diisi zeolit. Pengambilan sampel zat warna yang telah diadsorpsi dilakukan dengan rentang waktu 30 detik dengan selang waktu 15 menit sebanyak 30 kali.

3.5. Penentuan Kadar Zat Warna dengan Spektrofotometer UV-Vis

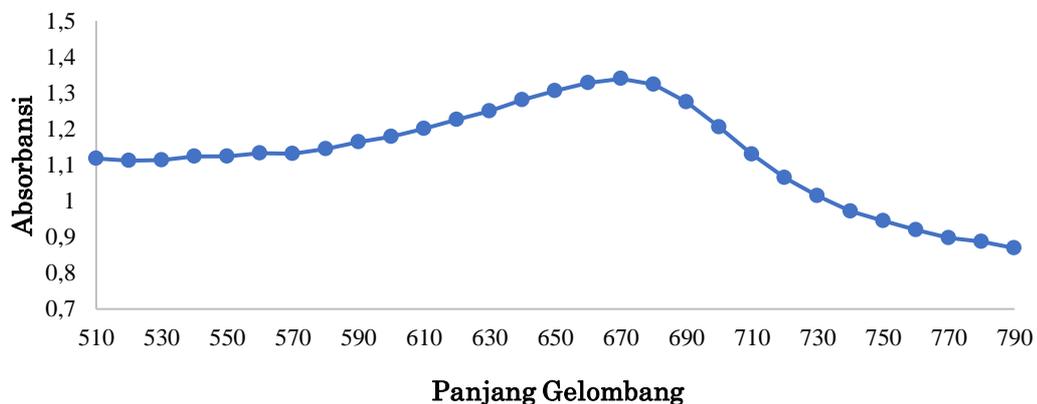
Larutan sampel zat warna yang telah diadsorpsi dimasukkan kuvet untuk diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang optimum 670 nm.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Panjang Gelombang

Pengukuran panjang gelombang dilakukan untuk mendapatkan nilai panjang gelombang optimum yang digunakan untuk menentukan kurva standar dan pengukuran konsentrasi sampel.

Larutan standar 100 mg/L dimasukkan dalam kuvet lalu dimasukkan ke spektrofotometer UV-Vis untuk diuji. Grafik hubungan panjang gelombang dengan nilai absorbansi disajikan pada gambar 1.

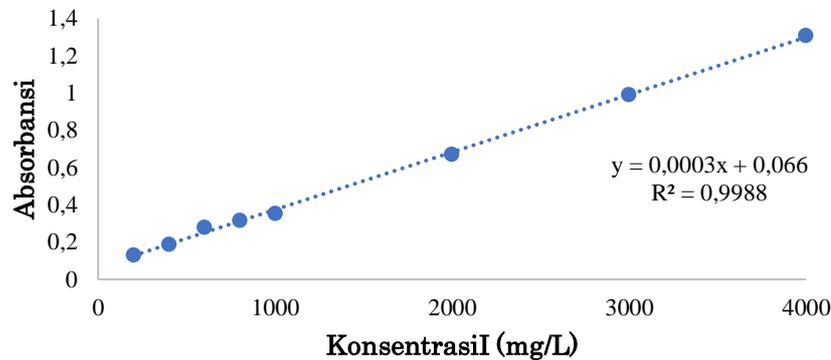


Gambar 1. Grafik Panjang Gelombang Optimum

Pengukuran panjang gelombang menggunakan spektrofotometer UV-Vis menghasilkan grafik yang disajikan pada gambar 1 yang menunjukkan panjang gelombang optimum 670 nm dengan nilai absorbansi 1,339. Panjang gelombang optimum yang didapatkan ini akan digunakan untuk menentukan kurva standar.

4.2. Kurva Standar

Kurva standar ditentukan dengan menguji larutan standar dengan beberapa konsentrasi yang telah diketahui menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 670 nm. Kegunaan dari kurva standar yaitu untuk menentukan konsentrasi suatu zat dalam suatu sampel yang tidak diketahui dengan membandingkan ke dalam seperangkat sampel standar dari konsentrasi yang telah diketahui. Pada penelitian ini konsentrasi yang digunakan dalam penentuan kurva standar adalah 200 mg/L, 400 mg/L, 600 mg/L, 800 mg/L, 1.000 mg/L, 2.000 mg/L, 3.000 mg/L, dan 4.000 mg/L. Hasil pengukuran kurva standar tersebut disajikan pada gambar 2.

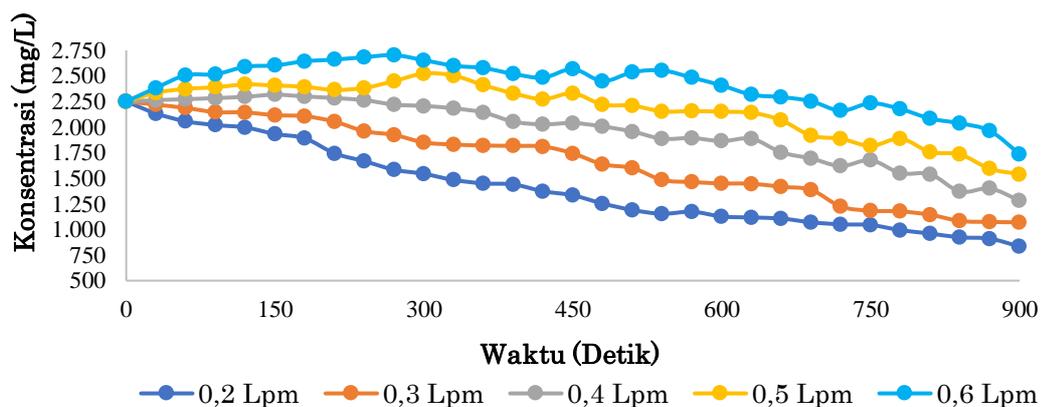


Gambar 2. Grafik Kurva Standar Larutan Zat Warna

Berdasarkan gambar 2, diperoleh persamaan regresi $y = 0,0003x + 0,066$ dengan nilai $R^2 = 0,9988$. Nilai R^2 sebesar 0,9988 menunjukkan bahwa terdapat korelasi linier antara konsentrasi dan absorbansi. Nilai koefisien korelasi tersebut telah memenuhi syarat yaitu $0,9 < r < 1$, sehingga dapat dijadikan kurva standar dalam pengukuran sampel. Berdasarkan gambar 2, dapat diketahui bahwa nilai absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi. Semakin tinggi konsentrasi larutan maka nilai absorbansi yang dihasilkan juga akan semakin tinggi. Hal ini dikarenakan nilai absorbansi bergantung pada kadar zat yang terkandung dalam suatu sampel. Penggunaan kurva standar dalam penentuan konsentrasi sampel adsorpsi dapat dilakukan dengan mensubstitusikan nilai y sebagai absorbansi ke dalam persamaan regresi tersebut.

4.3. Pengaruh Laju Alir Cairan Terhadap Efisiensi Adsorpsi Limbah Cair Batik

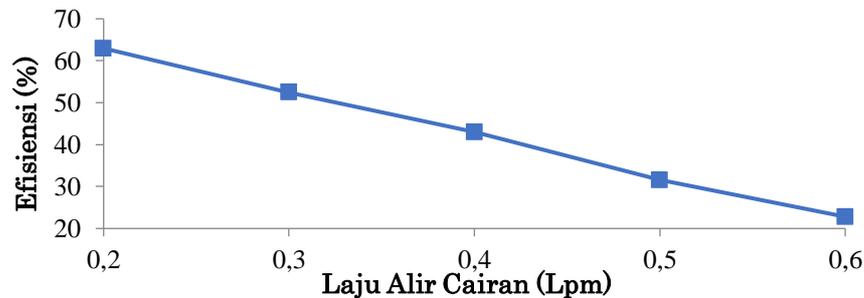
Penelitian ini menggunakan variasi laju alir 0,2 L/menit; 0,3 L/menit; 0,4 L/menit; 0,5 L/menit; dan 0,6 L/menit. Grafik hubungan laju alir dan waktu adsorpsi disajikan dalam gambar 3.



Gambar 3. Grafik Hubungan Konsentrasi Dengan Waktu Adsorpsi Pada Pengaruh Laju Alir Cairan Terhadap Efisiensi Adsorpsi Limbah Cair Batik

Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin kecil laju alir cairan dan semakin lama waktu yang digunakan maka konsentrasi penurunan zat warna juga semakin baik. Hal ini dikarenakan semakin lama adsorben dan larutan zat warna berada dalam kontak satu sama lain, maka semakin besar kesempatan molekul-molekul zat warna untuk berinteraksi dengan adsorben. Sehingga lebih banyak molekul zat warna yang diserap oleh adsorben serta proses adsorpsi mendekati titik konstan. Dengan demikian semakin lama waktu yang digunakan untuk adsorpsi dan semakin kecil laju alir cairan dapat meningkatkan penurunan konsentrasi zat warna.

Laju alir cairan pada larutan yang diuji akan mempengaruhi efisiensi adsorpsi zat warna. Grafik hubungan laju alir cairan dengan efisiensi adsorpsi zat warna disajikan dalam Gambar 4.



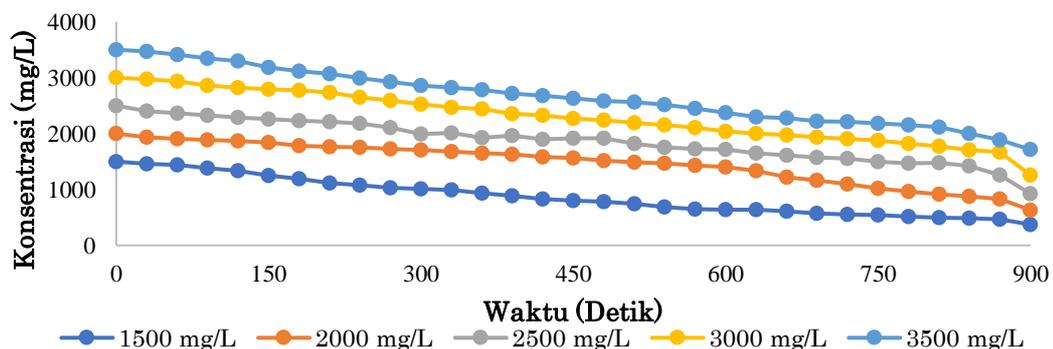
Gambar 4. Grafik Hubungan Laju Alir Cairan Dengan Efisiensi Adsorpsi Limbah Cair Batik

Berdasarkan Gambar 4, dapat diketahui bahwa semakin kecil laju alir cairan maka efisiensi adsorpsi semakin tinggi. Efisiensi optimum untuk adsorpsi zat warna pada penelitian ini dengan laju alir 0,2 L/menit. Pada laju alir yang lebih kecil, larutan zat warna memiliki cukup waktu untuk meratakan distribusi di seluruh permukaan adsorben sehingga dapat meningkatkan efisiensi adsorpsi. Sedangkan pada 0,3; 0,4; 0,5; 0,6 L/menit mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan semakin besar laju alir cairan, maka waktu kontak adsorben dan zat warna juga semakin cepat sehingga terjadi penurunan efisiensi adsorpsi.

Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian sebelumnya [9] dimana dalam penelitian tersebut proses adsorpsi menggunakan laju alir 0,015 L/menit, 0,020 L/menit, 0,025 L/menit dan 0,03 L/menit. Hasil penelitian tersebut menjelaskan bahwa efisiensi optimal terdapat pada laju alir 0,015 L/menit dan efisiensi adsorpsi yang kurang optimal pada laju alir yang cepat. Hal ini dikarenakan semakin cepat laju alir melalui kolom adsorpsi, semakin cepat pula adsorben menjadi jenuh. Keadaan adsorben jenuh dapat diketahui dari persen penyisihan yang menurun.

4.4. Pengaruh konsentrasi awal terhadap efisiensi adsorpsi limbah cair batik

Penelitian ini menggunakan variasi konsentrasi awal 1.500 mg/L; 2.000 mg/L; 2.500 mg/L; 3.000 mg/L; dan 3.500 mg/L. Grafik hubungan konsentrasi awal dan waktu adsorpsi disajikan dalam Gambar 5.

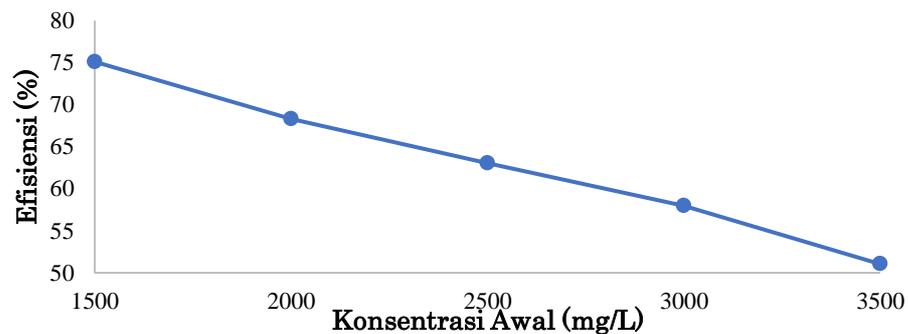


Gambar 5. Grafik Hubungan Konsentrasi Dengan Waktu Adsorpsi Pada Pengaruh Konsentrasi Awal Terhadap Efisiensi Adsorpsi Limbah Cair Batik

Berdasarkan gambar 5 dapat diketahui bahwa semakin kecil konsentrasi awal, maka semakin baik penurunan zat warna. Menurut penelitian sebelumnya, seiring

dengan meningkatnya konsentrasi awal zat warna, kapasitas adsorpsi semakin meningkat. Hal yang berlawanan teramati pada penyisihan warna, yaitu penyisihan warna semakin menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi awal zat warna. Proses adsorpsi sebanding dengan konsentrasi larutan karena gradien konsentrasi yang lebih tinggi mendorong transfer massa antara larutan zat warna dan permukaan zeolit. Maka dari itu, jumlah tumbukan antara molekul zat warna dan adsorben juga meningkat sehingga meningkatkan adsorpsi [10].

Konsentrasi awal pada larutan yang diuji akan mempengaruhi efisiensi adsorpsi zat warna. Grafik hubungan konsentrasi awal dengan efisiensi adsorpsi zat warna disajikan dalam Gambar 6.

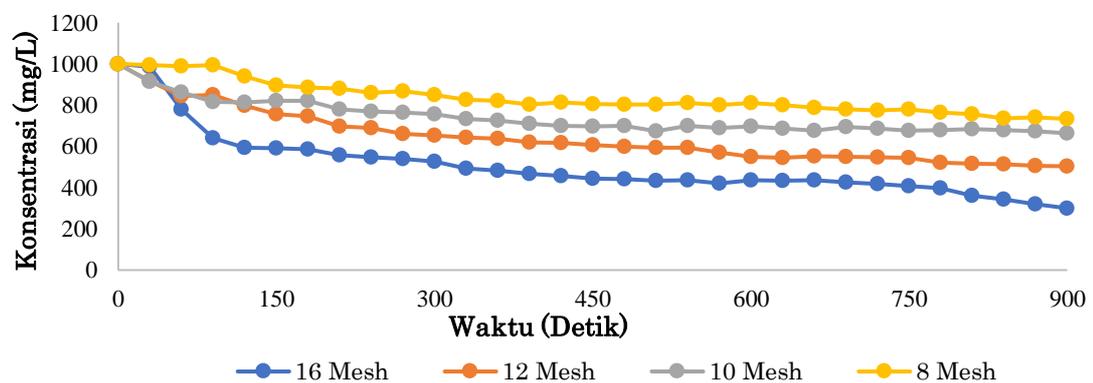


Gambar 6. Grafik Hubungan Konsentrasi Awal Dengan Efisiensi Adsorpsi Limbah Cair Batik

Gambar 6 menunjukkan efisiensi tertinggi adalah 75,11% dari konsentrasi awal 1500 mg/L dan efisiensi terendah adalah 51,07% dari konsentrasi awal 3500 mg/L, maka dapat disimpulkan bahwa konsentrasi awal zat warna yang tersisa di dalam larutan dapat meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi awal larutan. Hal ini yang dapat menyebabkan efisiensi pemisahan kontaminan zat warna lebih rendah pada konsentrasi awal larutan yang tinggi.

4.5. Pengaruh Ukuran Butir Zeolite Terhadap Efisiensi Adsorpsi Limbah Cair Batik

Penelitian ini menggunakan variasi ukuran butir zeolite 8 mesh, 10 mesh, 12 mesh, dan 16 mesh. Grafik hubungan ukuran butir zeolite dan waktu adsorpsi disajikan dalam Gambar 7.

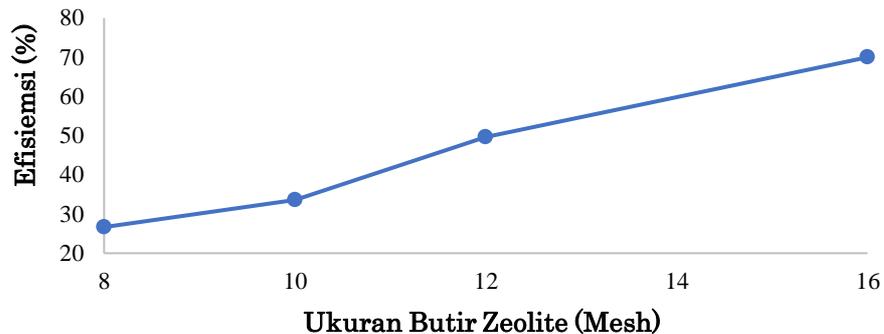


Gambar 7. Grafik Hubungan Konsentrasi Zeolit Dengan Waktu Adsorpsi Pada Pengaruh Ukuran Butir Zeolite Terhadap Efisiensi Adsorpsi Limbah Cair Batik

Berdasarkan gambar 7 dapat diketahui bahwa semakin besar ukuran butir zeolite maka penurunan konsentrasi zat warna juga semakin baik. Hal ini dapat

terjadi dikarenakan ukuran butir zeolite yang kecil memiliki luas permukaan yang besar dan semakin banyak tepi serta pori permukaan yang tersedia, sehingga mampu mengadsorpsi zat warna dengan baik. Oleh karena itu, pada ukuran butir zeolite 16 mesh menghasilkan penurunan konsentrasi zat warna paling besar dibanding dengan variasi ukuran butir zeolite yang lain.

Ukuran butir zeolite pada larutan yang diuji akan mempengaruhi efisiensi adsorpsi zat warna. Grafik hubungan ukuran butir zeolite dengan efisiensi adsorpsi zat warna disajikan dalam Gambar 8.



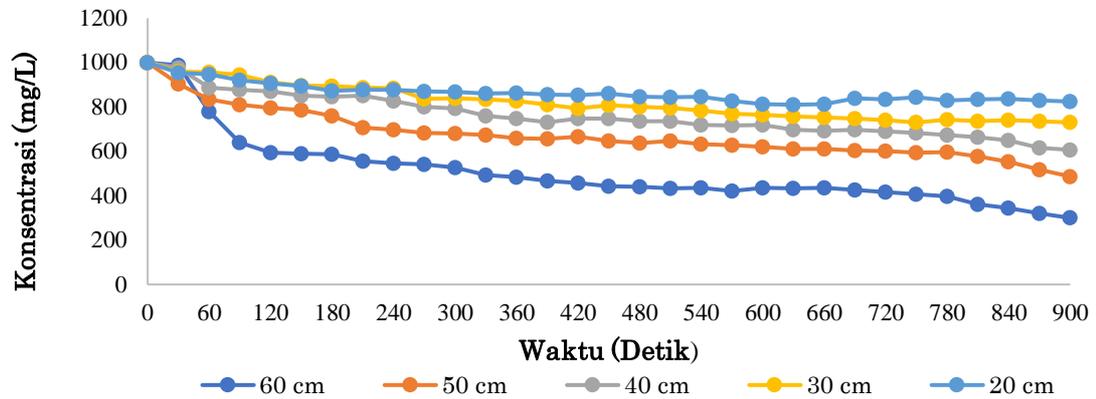
Gambar 8. Grafik Hubungan Ukuran Butir Zeolite Dengan Efisiensi Adsorpsi Limbah Cair Batik

Berdasarkan gambar 8 dapat diketahui bahwa semakin kecil ukuran partikel zeolit maka konsentrasi akhir larutan akan semakin kecil, sehingga nilai efisiensi adsorpsi akan semakin besar. Dari grafik tersebut, dapat dilihat bahwa ukuran zeolit 16 mesh menghasilkan nilai efisiensi adsorpsi yang paling tinggi dibandingkan dengan ukuran lainnya, yaitu sebesar 70,00%. Oleh karena itu, ukuran butir zeolit yang kecil sering digunakan dalam aplikasi adsorpsi untuk memaksimalkan efisiensi adsorpsi dan penangkapan zat terkontaminasi atau molekul target lainnya.

Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian sebelumnya [11] dimana dalam penelitian tersebut proses adsorpsi menggunakan ukuran adsorben 50-70 mesh, 70-110 mesh, dan 110-120 mesh. Hasil penelitian tersebut menjelaskan bahwa persentase daya jerap adsorben tertinggi terdapat pada ukuran adsorben 110-120 mesh. Dimana Semakin kecil ukuran butir media adsorben yang digunakan pada proses adsorpsi maka luas permukaan kontak antara adsorben dengan adsorbat semakin besar dan semakin banyak pori yang terdapat pada adsorben tersebut, sehingga adsorbat yang terjerap semakin banyak.

4.6. Pengaruh Tinggi Kolom Adsorben Terhadap Efisiensi Adsorpsi Limbah Cair Batik

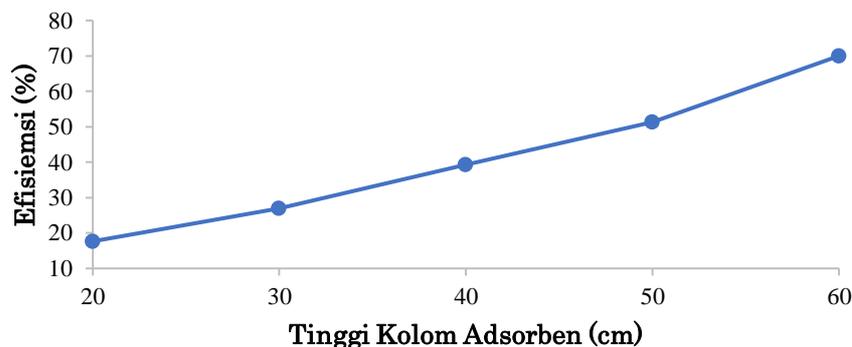
Penelitian ini menggunakan variasi tinggi kolom adsorben 20 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm, dan 60 cm. Hubungan tinggi kolom dan efisiensi adsorpsi disajikan dalam gambar 9.



Gambar 9. Grafik Hubungan Konsentrasi Dengan Waktu Adsorpsi Pada Pengaruh Tinggi Kolom Adsorben Terhadap Efisiensi Adsorpsi Limbah Cair Batik

Berdasarkan gambar 9 dapat diketahui dengan meningkatnya tinggi kolom adsorben, maka penurunan konsentrasi zat warna juga semakin baik. Hal ini terjadi karena semakin tinggi kolom adsorben, maka lebih banyak permukaan yang dapat berinteraksi dengan larutan zat warna sehingga dapat meningkatkan penurunan konsentrasi.

Tinggi kolom adsorben pada larutan yang diuji akan mempengaruhi efisiensi adsorpsi zat warna. Grafik hubungan tinggi kolom dengan efisiensi adsorpsi zat warna disajikan dalam Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Hubungan Tinggi Kolom Adsorben Dengan Efisiensi Adsorpsi Limbah Cair Batik

Berdasarkan gambar 10, dapat diketahui bahwa tinggi kolom adsorben 60 cm menghasilkan nilai efisiensi adsorpsi yang paling tinggi dibandingkan dengan ukuran lainnya, yaitu sebesar 70,00%. Hal ini dapat terjadi karena kolom yang tinggi menandakan zeolit di dalamnya semakin banyak sehingga luas permukaan zeolit juga semakin besar dan zeolit mampu mengadsorpsi zat warna dengan lebih optimal.

Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian sebelumnya [12] dimana penelitian tersebut, adsorpsi secara kontinyu dengan variasi tinggi kolom 10 cm dan 20 cm. Hasil penelitian menyebutkan bahwa variasi yang signifikan terlihat pada tinggi adsorben yang optimum yaitu 20 cm karena salah satu faktor tinggi rendah penyerapan pada adsorpsi adalah luas permukaan adsorban yang lebih besar, yang menghasilkan penyerapan maksimum. Volume adsorben yang lebih tinggi atau lebih besar dalam kolom adsorpsi menghasilkan lebih banyak adsorbat dan lebih lama waktu jenuhnya sehingga penyerapan kontaminan lebih optimal.

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa laju alir cairan, konsentrasi awal, ukuran butir zeolite, dan tinggi kolom adsorben dapat mempengaruhi efisiensi adsorpsi limbah cair batik. Pada laju alir cairan, efisiensi yang didapatkan paling besar adalah percobaan dengan laju alir 0,2 Lpm dengan efisiensi adsorpsi sebesar 62,963%. Pada konsentrasi awal, efisiensi yang didapatkan paling besar adalah percobaan dengan konsentrasi awal 1.500 mg/L dengan efisiensi adsorpsi sebesar 75,111%. Pada ukuran butir zeolite, efisiensi yang didapatkan paling besar adalah percobaan dengan ukuran butir zeolite 12 mesh, dengan efisiensi adsorpsi sebesar 70,000%. Pada tinggi kolom, efisiensi yang didapatkan paling besar adalah percobaan dengan tinggi kolom adsorben 60 cm, dengan efisiensi adsorpsi sebesar 70,000%.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memberikan fasilitas, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan tepat waktu.

Referensi

- [1] N. Apriyani, "Industri Batik: Kandungan Limbah Cair dan Metode Pengolahannya," *Media Ilm. Tek. Lingkungan*, vol. 3, no. 1, pp. 21–29, 2018, doi: 10.33084/mitl.v3i1.640.
- [2] L. Indrayani and N. Rahmah, "Nilai Parameter Kadar Pencemar Sebagai Penentu Tingkat Efektivitas Tahapan Pengolahan Limbah Cair Industri Batik," *Jurnal Rekayasa Proses*, vol. 12, no. 1, p. 41, 2018, doi: 10.22146/jrekpros.35754.
- [3] I. Syauqiah, M. Amalia, and H. A. Kartini, "Analisis Variasi Waktu Dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif," vol. 12, no. 1, pp. 11–20, 2011.
- [4] Susmanto. P, Yandriani, Dila. A. P, Pratiwi. D. R, "Pengolahan Zat Warna Direk Limbah Cair Industri Jumpitan Menggunakan Karbon Aktif Limbah Tempurung Kelapa pada Kolom Adsorpsi," *Jurnal Riset Sains dan Teknologi*, vol. 4, no. 2, pp. 77–87, 2020.
- [5] Atikah W. S, "Potensi Zeolit Alam Gunung Kidul Teraktivasi Sebagai Media Adsorben Pewarna Tekstil," *Arena Tekstil*, vol 32, no 1, pp. 17–24, 2017.
- [6] A. Rahayu, M. Maryudi, F. F. Hanum, J. A. Fajri, W. D. Anggraini, and U. Khasanah, "Review : Pengolahan Limbah cair Industri dengan Menggunakan Silika" *Open Science and Technology*, vol. 02, no. 01, pp. 1–12, 2022.
- [7] X. Guo and J. Wang, "A general kinetic model for adsorption: Theoretical analysis and modeling," *Journal of Molekular Liquid*, vol. 288, pp. 1–8, 2019, doi: 10.1016/j.molliq.2019.111100.
- [8] A. D. Atmono, Natalina, Mukti, "Pengaruh Arang Aktif Dan Zeolit Sebagai Media Air Limbah Cair Penyablonan Pakaian," *Jurnal Rekayasa, Teknologi, dan Sains*, vol. 1, no. 25, pp. 21–27, 2017.
- [9] S. Aini *et al.*, "Penerapan Lima Model Keseimbangan Adsorpsi Isoterm pada Adsorpsi Ion Logam Chrom VI oleh Zeolit Application of Five Isoterm Adsorption Equilibrium Models on Adsorption of Chrom VI Metal Ion by Zeolite," *Jurnal Eksergi*, vol. 15, no. 2, pp. 48–53, 2018.

- [10] N. L. Zahra, D. Sugiyana, and S. Notodarmojo, “Adsorpsi Zat Warna Tekstil Reactive 141 Pada Tanah Liat Lokal Alami,” *Arena Tekstil*, vol 29, no. 02, pp 63-71, 2014.
- [11] Fatimah, Sri Rahmadaniati Effendi and C. D. Sofith, “Pengaruh Ukuran Partikel Zeolit Alam yang Diaktivasi dan Diimpregnasi HCl dan Mg²⁺ pada Penjerapan Ion Fosfat,” *J. Tek. Kim. USU*, vol. 10, no. 1, pp. 13–18, 2021.
- [12] Shafira. A, Rusdianasari, and Hajar. I, “Penyisihan Logam Berat Besi (Fe) Pada Air Sungai Musi Secara Kontinyu Menggunakan Karbon Aktif Tongkol Jagung Teraktivasi Hcl,” *J. Teknologi*, vol. 23, no. 2, pp. 84–90, 2023.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)
