

PENYERAPAN ZAT WARNA REMAZOL RED MENGGUNAKAN ADSORBEN ARANG AKTIF BATANG UBI KAYU

Helwinda Aprilia Pramitasari*, Winda Dwiqonita Arianti, Laurentius Urip Widodo

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Jl. Raya Rungkut Madya No. 1, Gunung Anyar, Kota Surabaya 60294, Indonesia
*penulis korespondensi email:helwinda.9f.11@gmail.com

Abstrak

Batang ubi kayu merupakan limbah hasil pertanian yang memiliki kandungan selulosa tinggi sehingga berpotensi diolah menjadi arang aktif. Arang aktif dapat digunakan untuk menyerap zat warna salah satunya zat warna remazol red. Remazol Red merupakan salah satu zat warna yang banyak dipakai industri tekstil. Penelitian ini bertujuan mengetahui daya serap serta efisiensi dari proses adsorpsi dan menentukan tipe isoterm adsorpsi dengan menggunakan arang aktif dari batang ubi kayu sebagai adsorben dan zat warna remazol red sebagai adsorbat. Kondisi optimum adsorpsi yang terbaik adalah pada waktu 120 menit pada massa adsorben 12 gram dengan penurunan konsentrasi dari 1830 mg/L menjadi 180 mg/L serta dengan efisiensi sebesar 90,16%. Adsorben batang ubi kayu mengikuti tipe isoterm adsorpsi Freundlich.

Kata kunci: adsorpsi; arang aktif; batang ubi kayu; remazol red

Abstract

Cassava stems are agricultural products that contain cellulose so they can be processed into activated charcoal. Activated charcoal can be used to adsorb the only remazol red dye. Remazol Red is one example of dyes that are widely used by the textile industry. This study aims to determine the absorption and efficiency of the adsorption process and determine the type of adsorption isotherm by using activated charcoal from cassava stems as adsorbents and remazol red dyes as adsorbates. The best optimum adsorption condition is at 120 minutes at 12 grams of adsorbent mass with a decrease in concentration from 1830 mg / L to 180 mg / L and with an efficiency of 90.16%. Cassava stem adsorbent follows Freundlich adsorption isotherm type.

Key words : adsorption; activated charcoal; cassava stems; remazol red

PENDAHULUAN

Polusi zat warna dari industri tekstil merupakan salah satu sumber yang paling penting dari kontaminasi lingkungan. Setelah zat pewarna masuk ke dalam air limbah, maka campuran tersebut menjadi lebih stabil dan lebih sulit untuk terurai karena struktur kimia kompleks yang terbentuk. Hampir 10.000 jenis zat warna dengan jumlah yang lebih dari 7x10⁵ ton diproduksi setiap tahun. Sebanyak 10-15%

dari zat warna hilang dalam eluen selama proses pewarnaan [1]. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) melalui Kep-51/MENLH/10/1995 telah menetapkan batas ambang maksimum zat warna pada lingkungan perairan sebesar 50 Pt-Co [2].

Dari beberapa metode yang ada untuk penghilangan warna dalam limbah, adsorpsi merupakan metode yang lebih unggul dibandingkan metode lainnya. Terutama dalam

hal biaya, kesederhanaan desain serta kemudahan dalam operasional dan non-toksitas (tidak beracun) dari adsorben yang digunakan [3]. Adsorpsi merupakan menempelnya molekul lain pada permukaan dari suatu padatan. Permukaan suatu zat padat memiliki kecenderungan untuk menyerap atau menarik molekul lain seperti molekul gas atau molekul cairan. Zat padat pada proses adsorpsi ini disebut sebagai adsorben, sedangkan molekul lain yang terserap pada permukaan zat padat disebut sebagai adsorbat [4]. Adsorben dalam penelitian ini berupa arang aktif batang ubi kayu dan adsorbat dalam penelitian ini berupa pewarna remazol red.

Terdapat 2 macam tipe adsorpsi yaitu adsorpsi fisik dan chemisorpsi. Dalam kasus adsorpsi fisik, adsorbat terikat ke permukaan oleh gaya van der Waals yang relatif lemah, yang mirip dengan gaya molekul kohesi dan terlibat dalam kondensasi uap menjadi cairan. Chemisorption melibatkan pertukaran atau pembagian elektron antara molekul-molekul yang menyerap dan permukaan adsorben yang menghasilkan reaksi kimia [5].

Kebanyakan adsorben adalah bahan-bahan yang sangat berpori, dan adsorpsi terjadi terutama di dinding pori-pori atau pada letak tertentu di dalam partikel. Proses pemisahan terjadi karena perbedaan dalam berat molekul atau polaritas yang menyebabkan beberapa molekul melekat lebih kuat pada permukaan adsorben dibandingkan yang lainnya. Hal ini dikarenakan pori-pori yang terlalu kecil untuk menerima molekul yang lebih besar [6].

Kapasitas dan efisiensi dari proses adsorpsi dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$Q = \frac{V(C_o - C_a)}{m} \quad (1)$$

$$E = \frac{(C_o - C_a)}{C_o} \times 100\%$$

Dimana,

Ca : Konsentrasi akhir larutan (ppm)

Co : Konsentrasi awal larutan (ppm)

E : Efisiensi adsorpsi (%)

m : Bobot adsorben (gr)

Q : Kapasitas adsorpsi per bobot adsorben (mg/gr adsorben)

V : Volume larutan (mL) [7].

Isoterm adsorpsi adalah metode yang paling banyak digunakan untuk mewakili keadaan kesetimbangan sistem adsorpsi. dapat memberikan informasi yang berguna mengenai adsorbat, adsorben, dan proses adsorpsi. Proses ini dapat membantu untuk penentuan luas permukaan adsorben, volume berpori, distribusi ukurannya, dan daya serap relatif gas atau uap pada adsorben yang diberikan [5]. Adsorpsi isoterm digunakan untuk mendefinisikan ekspresi fungsional untuk variasi adsorpsi dengan konsentrasi adsorbat dalam larutan dengan jumlah besar pada suatu konstanta suhu [8].

Terdapat beberapa model isoterm adsorpsi yang diketahui seperti model isoterm Langmuir dan Freundlich.

1. Isoterm Freundlich

Menurut Freundlich, jika y adalah berat zat terlarut per gram adsorben dan c adalah konsentrasi zat terlarut dalam larutan. Dari konsep tersebut dapat diturunkan menjadi persamaan sebagai berikut :

$$\frac{X_m}{m} = k \cdot C^{1/n} \quad (3)$$

$$\log \left(\frac{X_m}{m} \right) = \log k + \frac{1}{n} \cdot \log C \quad (4)$$

Dimana:

C = konsentrasi zat

m = berat adsorben

Xm = berat zat yang diadsorpsi

Kemudian k dan n adalah konstanta adsorpsi yang nilainya bergantung pada jenis adsorben dan suhu adsorpsi. Bila dibuat kurva log (Xm / m) terhadap log C akan diperoleh persamaan linear dengan intercept log k dan kemiringan 1/n, sehingga nilai k dan n dapat dihitung.

2. Isotherm Langmuir

Model ini mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya

lapisan tunggal (monolayer) adsorbat di permukaan adsorben. Dimana persamaan Langmuir ditulis sebagai berikut :

$$\frac{X_m}{m} = \frac{a \cdot C}{1 + b \cdot c} \quad (5)$$

$$\frac{m \cdot c}{X_m} = \frac{1}{a} + \left(\frac{b}{a}\right) \cdot C \quad (6)$$

Dengan membuat kurva $m \cdot c / X_m$ terhadap C akan diperoleh persamaan linear dengan intersep $1/a$ dan kemiringan (b/a) , sehingga nilai a dan b dapat dihitung, dari besar kecilnya nilai a dan b menunjukkan daya adsorbs [9].

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi antara lain: luas permukaan, jenis adsorbat, konsentrasi adsorbat, temperature, pH, waktu kontak, massa adsorben serta proses pengadukan [10].

Penelitian ini bertujuan memanfaatkan limbah batang ubi kayu sebagai adsorben zat warna remazol red. Mengetahui kondisi optimum adsorpsi yang meliputi waktu adsorpsi dan massa adsorben terhadap zat warna remazol red, serta isotherm adsorpsi dari adsorben tersebut.

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah arang aktif dari batang ubi kayu, remazol red dan aquades. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah beaker glass, magnetic stirrer, erlenmeyer, corong, kertas saring, gelas ukur, dan neraca analitik.

Pelaksanaan Penelitian

Batang ubi kayu dibersihkan kemudian keringkan dan potong kecil-kecil. Selanjutnya di-arangkan dalam klinker drum dengan minimum udara selama 2 jam. Arang yang diperoleh diakti-vasi dengan HCL 3 N selama 4, 5 jam.

Selanjutnya membuat larutan induk remazol red 1000 ppm sebanyak 1 liter dengan cara melarutkan 1,0 gram remazol red dengan air distilat hingga 1000 ml. Kemudian larutan

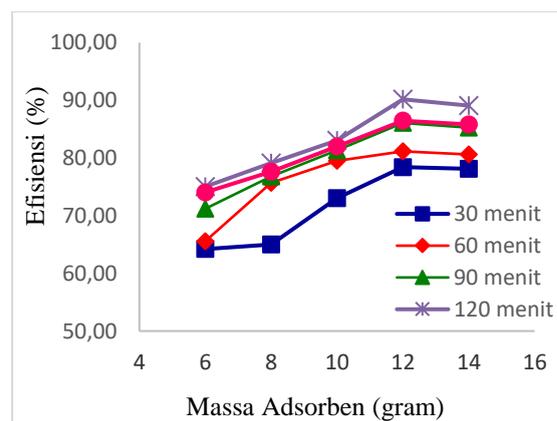
tersebut diencerkan hingga 100 ppm untuk proses adsorpsi.

Untuk menentukan kondisi optimum arang aktif batang ubi kayu dengan variasi massa adsorben 6 ; 8 ; 10 ; 12 ; 14 gram dimasukkan kedalam 250 ml larutan zat warna remazol red dengan konsentrasi awal 100 ppm. Selanjutnya diaduk dengan magnetic stirrer dengan kecepatan pengadukan 200 rpm. Adsorpsi dilakukan dengan variasi waktu adsorpsi 30 ; 60 ; 90 ; 120 ; 150 menit. Campuran disaring dan filtrat dianalisa dengan spektrofotometri.

Untuk menentukan isotherm adsorpsi dari teori Langmuir dan Freundlich, dilakukan dengan cara memasukkan massa arang aktif pada kondisi terbaik dari variabel diatas kemudian ditambahkan larutan zat warna remazol red sebanyak 250 ml dengan berbagai variasi konsentrasi 60 ; 70 ; 80 ; 90 ; 100 ppm. Untuk waktu kontak dalam proses ini diambil hasil terbaik dari variabel diatas kemudian disaring dan dianalisa dengan spektrofotometri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

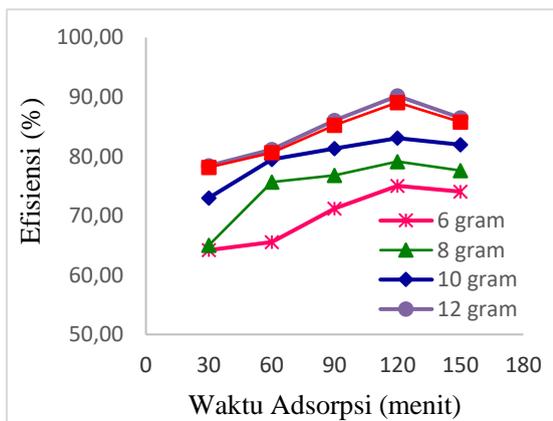
Penentuan efisiensi adsorpsi zat warna remazol red dengan menggunakan perbandingan variasi massa adsorben dan waktu adsorpsi.



Gambar 1. Hubungan antara variasi massa adsorben dengan Efisiensi

Dari perbandingan variasi berat adsorben didapatkan berat adsorben optimum untuk meng-adsorpsi zat warna remazol red sebesar 12

gram dengan jumlah efisiensi adsorpsi yaitu 90,16%. Pada gambar 1 menunjukkan bahwa efisiensi adsorpsi zat warna remazol red meningkat dengan bertambahnya massa adsorben hingga massa adsorben optimum tercapai. Menurut Jain [11], pengurangan zat warna hingga kondisi optimum dapat disebabkan oleh aksesibilitas yang mudah dari sisi adsorben yang kosong untuk menyerap zat warna. Namun jika jumlah adsorben melebihi kondisi optimum kemampuan adsorpsi arang aktif akan menurun. Hal ini sesuai dengan pendapat Padmavathy [12], dimana pada berat adsorben 8 gr adsorpsi telah mencapai kondisi optimum, dan apabila ditambahkan adsorben kembali maka efisiensi yang terjadi akan menurun. Hal ini dikarenakan dengan bertambahnya massa adsorben akan menyebabkan tumpang tindih atau agregasi dari situs adsorpsi yang mengakibatkan penurunan total luas permukaan adsorben.

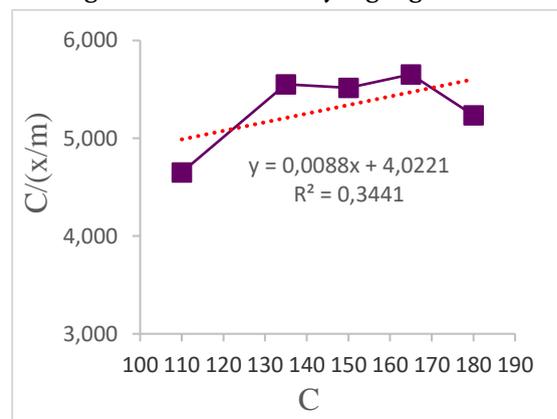


Gambar 2. Hubungan antara variasi waktu adsorpsi dengan Efisiensi

Pada gambar 2 menunjukkan bahwa efisiensi adsorpsi zat warna remazol yang terjadi akan meningkat dengan bertambahnya waktu adsorpsi, tetapi ketika telah mencapai kesetimbangan efisiensi adsorpsi akan menurun. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kesetimbangan untuk adsorpsi zat warna remazol yaitu 120 menit. Pada 120 menit pertama sebagian besar zat warna remazol red diserap oleh adsorben. Menurut Deghani [7], hal

tersebut terjadi karena ketersediaan situs penyerapan pada adsorben dan gradien konsentrasi yang tinggi. Setelah kesetimbangan tercapai, adsorpsi yang terjadi akan melambat sehingga efisiensi yang terbentuk dapat berkurang. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Sapitri [13], dimana pada waktu 90 menit telah mencapai kesetimbangan dan apabila waktu ditambahkan efisiensi yang terjadi akan menurun. Hal ini terjadi karena adsorben telah jenuh oleh zat warna remazol red, jika proses dilanjutkan maka kemungkinan tidak ada lagi zat warna yang diadsorpsi sampai akhirnya terjadi pelepasan kembali atau desorpsi.

Tipe isoterm adsorpsi digunakan untuk mengetahui mekanisme penyerapan zat warna remazol red dengan adsorben arang aktif. Oleh karena itu, kinerja maksimum adsorpsi karbon aktif pada lama pengadukan 120 menit dipilih untuk membandingkan efektivitas masing-masing dosis karbon aktif yang digunakan.



Gambar 3. Isoterm adsorpsi Langmuir adsorben arang batang ubi kayu

Bentuk logaritma dari persamaan Langmuir :

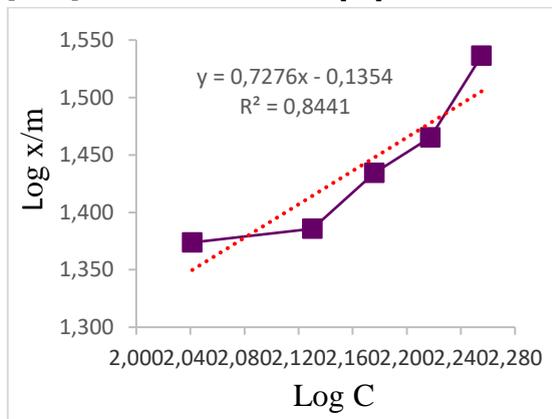
$$\frac{c}{x/m} = \frac{1}{\alpha\beta} + \frac{1}{\alpha}c \quad (7)$$

Nilai x/m menunjukkan massa adsorbat yang dijerap pergram adsorben, c menunjukkan konsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan setelah diadsorpsi (mg/l), dan α dan β menunjukkan konstanta empiris [13].

Tabel 1. Nilai konstanta α dan β dari persamaan Langmuir untuk arang aktif dari batang ubi kayu

Adsorbat	α	β	R^2
Remazol red	113,64	0,002	0,3441

Nilai α menggambarkan jumlah yang dijerap atau kapasitas adsorpsi untuk membentuk lapisan sem-purna pada permukaan adsorben. Nilai β merupakan konstanta yang bertambah dengan kenaikan ukuran molekuler yang menunjukkan kekuatan ikatan molekul adsorbat pada permukaan adsorben [14].



Gambar 4. Isoterm adsorpsi Freundlich adsorben arang batang ubi kayu

Bentuk logaritma dari persamaan Freundlich:

$$\log \frac{x}{m} = \log k + \frac{1}{n} \log c \quad (8)$$

Nilai x/m menunjukkan massa adsorbat yang dijerap pergram adsorben, c menunjukkan konsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan setelah diadsorpsi (mg/l), dan n dan k menunjukkan konstanta empiris. Persamaan di atas menunjukkan jumlah zat warna yang dijerap oleh arang aktif ($\log x/m$) [13].

Tabel 2. Nilai konstanta n dan K dari persamaan Freundlich untuk arang aktif dari batang ubi kayu

Adsorbat	n	K	R^2
Remazol Red	1,374	0,7321	0,8441

Persamaan isoterm Freundlich menunjukkan jumlah zat warna yang diadsorpsi oleh

adsorben ($\log x/m$). Dari persamaan garis yang diperoleh pada penentuan isoterm Freundlich diperoleh nilai dari k yang menunjukkan kemampuan adsorpsi dari adsorben sebesar 0,7321 dan nilai n yang menunjukkan kuat interaksi antara adsorben dengan adsorbat sebesar 1,374. Menurut Wiratini [15]. Kemampuan relatif dari suatu adsorben dalam mengadsorpsi adsorbat dapat dilihat dari nilai K , semakin besar nilai K maka semakin besar kemampuan suatu adsorben dalam mengadsorpsi, begitu juga untuk kekuatan interaksi antara adsorben dan adsorbat dapat dilihat dari nilai n , semakin kecil nilai n maka semakin kuat interaksi antara adsorben dengan adsorbat.

Dari kedua kurva isoterm adsorpsi yang ditunjukkan pada kedua grafik diatas dapat ditentukan pola adsorpsi remazol red oleh arang aktif dari batang ubi kayu dengan membandingkan nilai koefisien regresi linier (R^2) dari kurva isoterm adsorpsi tersebut yaitu 0,8441 untuk isoterm Freundlich dan 0,3441 untuk isoterm adsorpsi Langmuir. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa proses adsorpsi remazol red oleh arang aktif batang ubi kayu mengikuti tipe isoterm Freundlich. Menurut Fadillah [2], isoterm Freundlich hanya melibatikan gaya Van der Waals sehingga ikatan antara adsorbat dengan adsorben bersifat lemah. Hal ini memungkinkan adsorbat bebas bergerak hingga akhirnya berlangsung proses adsorpsi banyak lapisan.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan, penggunaan adsorben dari batang ubi kayu dinilai baik digunakan sebagai adsorben, karena nilai efisiensi yang cukup tinggi. Hasil analisa dari penelitian ini diperoleh kondisi optimum adsorpsi remazol red oleh arang aktif dari batang ubi kayu yaitu pada massa adsorben 12 gram dan waktu adsorpsi 120 menit dengan efisiensi sebesar 90,16%. Pola isoterm adsorpsi

arang aktif batang ubi kayu ter-hadap pewarna remazol red mengikuti tipe isoterm Freundlich.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Khuluk, Rifki Husnul, "Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa (*Cocous nucifera L.*) Sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Blue," 2016
- [2] Fadillah, Meylinda Putri Nur" Pemanfaatan Biji Alpukat untuk Pembuatan Arang Aktif sebagai Adsorben Alternatif Zat Warna pada Limbah Cair Batik", 2015
- [3] Nagalakshmi, T.V, Emmanuel K.A, Bhavani P, "Adsorption of disperse blue 14 onto activated carbon prepared from jackfruit-PPI-I waste. *Journal of Material Science* : 1-16, 2019.
- [4] Kamal, Netty, "Pemakaian Adsorben Karbon Aktif Dalam Pengolahan Limbah Industri Batik", 2009.
- [5] Bansal, Roop Chand, Goyal, Meenakshi, "Activated Carbon Adsorption Ed. 1", New York: Taylor & Francis Group, LLC, 2005.
- [6] McCabe, Warren L, "Unit Operations of Chemical Engineering Fifth Edition", New York : McGraw-Hill. Inc, 1993.
- [7] Dehghani, M H, Sanaei Daryoush, Ali Imran, Bhatnagar Amit, "Removal of Chromium (IV) from Aqueous Solution Using Treated Waste Newspaper as A Low-Cost Adsorbent : Kinetic Modeling and Isoterm Studies", *Journal of Molecular Liquids* 215 : 671-679, 2016.
- [8] Perrich, Jerry R., "Activated Carbon Adsorption For Wastewater Treatment Ed. 1", London: CRC Press, 1981.
- [9] Barrow, Gordon M, "Physical Chemistry Fourth Edition". Tokyo : McGraw-Hill, 1979.
- [10] Asip, Faisol, Mardhiah, Ridha, Husna, Hasna, "Uji Efektifitas Telur Dalam Mengadsorpsi Ion Fe Dengan Proses Batch". *Jurnal Teknik Kimia*, No. 2, Vol.15 : 22-26, 2008.
- [11] Jain, Suyog N. Gogate, Parag R, "Efficient removal of Acid Green 25 dye from wastewater using activated *Prunus Dulcis* as biosorbent: Batch and column studies", *Journal of Environmental Management* ,210 : 226-238, 2018.
- [12] Padmavathy, K. S, Madhu, S, P.V Hassena. "A study on effects of pH, adsorbent dosage, time, initial concentration and adsorption isotherm study for the removal of hexavalent chromium (Cr (VI)) from wastewater by magnetite nanoparticles". *Procedia Technology* 24 : 585-594. 2015.
- [13] Sapitri, Anna Dian. "Adsorpsi Cibacron Red Menggunakan Campuran Kaolin-Ampas Tebu Dan Bentonitampas Tebu". . 2010.
- [14] Sejati, Dewita Ayu.. " Adsorpsi Zat Warna Foron Yellow Menggunakan Kitosan Dan Kitosan-Batang Talas". 2014
- [15] Wiratini, Ni Made. " Isoterm Adsorpsi Cu^{2+} Oleh Biomassa Rumput Laut *Eucheuma Spinosum*". 2014.