

## PERAN GUGUS FUNGSI PADA ADSORPSI ZAT WARNA MENGUNAKAN PASIR SUNGAI

Puguh Setyopratomo\*, Endang Srihari, Rudy Agustriyanto, Muhammad Tan'im Nur Alam Hudin,  
Ricardo Sihombing

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Surabaya  
Jl. Raya Kalirungkut Surabaya 60293, Jawa Timur, Indonesia, Telp. 031-2981158

\*Penulis korespondensi: puguh@staff.ubaya.ac.id

### Abstrak

Konsumsi zat warna sintetik sangat besar karena biasa digunakan di berbagai jenis industri seperti industri tekstil, kosmetik, makanan, kertas, karpet dan plastik. Keberadaan zat warna tersebut di lingkungan yang berasal dari limbah cair dapat membahayakan kesehatan manusia. Penelitian ini menguji kemampuan pasir sungai dalam mengadsorpsi zat warna. Digunakan pasir sungai dengan pertimbangan ketersediaan yang melimpah dengan harga yang sangat murah. Lima jenis zat warna diuji pada penelitian ini yang terdiri dari 2 macam zat warna kationic yaitu methylene blue dan basic blue, dan 3 macam zat warna anionic yaitu methyl orange, acid blue, acid violet. Adsorpsi dilakukan secara batch pada suhu dan tekanan ruang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi dan persen removal pada adsorpsi zat warna kationic lebih tinggi dibanding zat warna anionic. Adanya gugus hidroksil, dan alkil pada pasir sungai yang dapat terdisosiasi menjadi bermuatan negatif menimbulkan terbentuknya ikatan elektrostatik yang kuat antara pasir sungai dan zat warna kationic.

**Kata kunci:** adsorpsi; gugus fungsi; pasir sungai; zat warna

## THE ROLE OF FUNCTIONAL GROUPS IN ADSORPTION OF DYES USING RIVER SAND

### Abstract

The consumption of synthetic dyes is very large since they are could be used in various types of industries such as the textile, cosmetic, food, paper, carpet and plastic industries. Meanwhile, the presence of dyes in the environment that comes from wastewater can harm human health. This research work study the ability of river sand to adsorb dyes. The reason for using river sand as an adsorbent is because it is abundant and very cheap. Five types of dyes were observed in this study consisting of two kinds of cationic dyes, namely methylene blue and basic blue, and three kinds of anionic dyes, namely methyl orange, acid blue, and acid violet. Adsorption was carried out in batch at room temperature and pressure. The results showed that the adsorption capacity and percent removal of cationic dyes were higher than those of anionic dyes. The presence of hydroxyl and alkyl groups in river sand which can be dissociated to become negatively charged causes the formation of strong electrostatic.

**Keywords:** adsorption; cluster of function; sand river; dyes

### PENDAHULUAN

Zat warna merupakan salah satu komoditas penting dalam dunia industri. Zat warna adalah senyawa yang dipergunakan dalam bentuk larutan atau dispersi pada suatu bahan lain. Penggunaan zat warna di dunia industri antara lain di industri makanan, tekstil, kulit, kertas, percetakan dan poduk kecantikan (Robati et al., 2016)

Zat warna yang biasa digunakan dalam industri terbagi menjadi dua bagian menurut bahan

utama zat warna, yakni zat warna alami dan zat warna sintetis. Zat warna alami didapatkan dari bahan-bahan yang ada di alam dengan pengolahan tertentu. Umumnya proses yang dilakukan untuk pengolahan zat warna yakni ekstraksi dari berbagai bagian tumbuhan seperti daun, bunga, buah, kulit kayu, kayu, akar, biji, dan bunga. Pada sebagian besar industri makanan, terutama industri tradisional, tidak melakukan pengolahan khusus untuk mendapatkan zat warna dari suatu bahan agen pewarna. Zat warna sintetis diperoleh dari reaksi-reaksi kimia tertentu.

Hal itu memberikan kelebihan bagi zat warna sintetis yakni kestabilan dan kemudahan dalam aplikasi. Kebutuhan akan zat warna yang semakin meningkat di industri membuat zat warna sintesis sering digunakan, pemilihan zat warna sintesis dikarenakan memiliki keuntungan sebagai berikut, warna yang tidak mudah luntur, ekonomis, memiliki rentang warna yang lebih besar. Tahan lama dan hasil pewarnaan yang lebih kuat. Selain memiliki banyak sisi positif zat warna sintesis juga memiliki sisi negatif antara lain, tidak mudah terdegradasi, dan bersifat karsinogenik. Sifat karsinogenik dan dapat mengancam kehidupan ekosistem air dikarenakan zat warna sintesis 60 – 70 % mengandung gugus Azo. Zat warna Azo merupakan aromatik turunan hidrokarbon dari benzena toluena, naftalena, fenol dan anilin (Elsagh *et al.*, 2017).

Dampak buruk zat warna bagi makhluk hidup tersebut tentunya mendorong manusia untuk terus mengembangkan metode dalam rangka mereduksi dampak negatifnya terhadap manusia dan lingkungan. Koagulasi, flokulasi, pertukaran ion, filtrasi dengan membran, ekstraksi dan adsorpsi merupakan beberapa metode yang telah dikembangkan hingga saat ini untuk mengurangi dampak tersebut (Sadri Moghaddam, Alavi Moghaddam dan Arami, 2010).

Adsorpsi merupakan salah satu metode yang sering digunakan dalam pengolahan air karena aplikasi yang mudah, tidak memerlukan biaya yang tinggi dan kemudahan dalam pemeliharaan dan perawatan (Elsagh *et al.*, 2017). Adsorben yang kerap digunakan dalam proses adsorpsi yakni karbon aktif. Karbon aktif memiliki keunggulan antara lain kemampuan adsorpsi yang baik, kontaminasi yang sangat rendah, serta sifat non-toksik yang sangat diperlukan dalam pengolahan air minum dan air limbah (Noorimotlagh *et al.*, 2019). Namun dalam aplikasinya skala industri, penggunaan karbon aktif memiliki kelemahan karena biayanya yang sangat tinggi. Oleh karena itu hingga saat ini riset mengenai adsorben alternatif masih terus dilakukan dalam rangka menekan biaya operasi (Wang *et al.*, 2018).

Salah satu alternatif adsorben yang dipandang memiliki prospek yang bagus adalah pasir sungai. Berbagai macam faktor yang mendukung yakni ketersediaan yang besar dan harga yang relatif sangat murah. Keunggulan lain yaitu efisiensi yang dihasilkan relatif tinggi, luas permukaan yang tinggi, stabilitas, serta ketahanan mekanis yang baik (Sharma *et al.*, 2019). Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi dan persen removal pasir sungai dalam mengadsorpsi zat warna. Dua jenis zat warna, yaitu zat warna *cationic* dan *anionic* diobservasi pada penelitian ini

## METODE PENELITIAN

### Bahan Penyiapan adsorben

Sebagai adsorben digunakan pasir sungai yang diperoleh dari Sungai Tugu, Trenggalek, Jawa Timur. Pasir sungai digiling kemudian dipisahkan untuk mendapatkan fraksi ukuran yang lolos saringan 140 *mesh* dan tertahan saringan 200 *mesh* (kisaran ukuran partikel 74 -105 $\mu$ m). Pasir kemudian dicuci dengan air beberapa kali untuk memisahkan komponen lain yang menempel kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama semalam.

### Penyiapan adsorbat

Bubuk zat warna, yang terdiri dari 2 macam zat warna *cationic* yaitu *methylene blue* dan *basic blue* dan 3 macam zat warna *anionic* yaitu *methyl orange*, *acid blue*, *acid violet* diperoleh dari pemasok lokal. Larutan metilen biru disiapkan dengan melarutkan bubuk metilen biru dalam aquadest, kemudian mengencerkannya hingga tercapai konsentrasi yang diinginkan.

### Alat

Analisa konsentrasi zat warna dilakukan secara spektrofotometri dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis Genesys 150 Thermo Scientific. Observasi jenis gugus fungsi yang ada pada pasir sungai dilakukan dengan menggunakan Fourier-transform infrared spectroscopy IRSpirit FTIR spectrophotometers - shimadzu.

### Prosedur

Percobaan adsorpsi dilakukan dalam sistem *batch* pada suhu kamar 30°C. Dalam setiap percobaan adsorpsi, 100gr adsorben digunakan dalam 400ml larutan metilen biru. Adsorpsi dilakukan dalam gelas kimia 500ml dan diaduk dengan kecepatan putar konstan 120rpm menggunakan *magnetic stirrer*. Sampel diambil sebanyak 3ml pada waktu tertentu dengan menggunakan *syringe* kemudian sampel disentrifugasi dengan kecepatan putaran 1500rpm untuk memisahkan padatan yang terbawa sebelum diukur absorbansinya. Konsentrasi metilen biru pada sampel diukur menggunakan spektrofotometer UV-vis Genesys 150 Thermo Scientific pada panjang gelombang maksimum 665 nm.

Jumlah zat warna metilen biru yang teradsorpsi pada pasir disebut sebagai penyerapan zat warna (*dye uptake*) yang dapat dihitung menggunakan korelasi persamaan 1.

$$q = \frac{C_0 - C}{W} V \dots \dots \dots (1)$$

Besarnya penyerapan zat warna pada saat kesetimbangan tercapai disebut sebagai kapasitas adsorpsi. Adapun persen penghilangan zat warna (persen removal) dihitung dengan menggunakan korelasi pada persamaan 2.

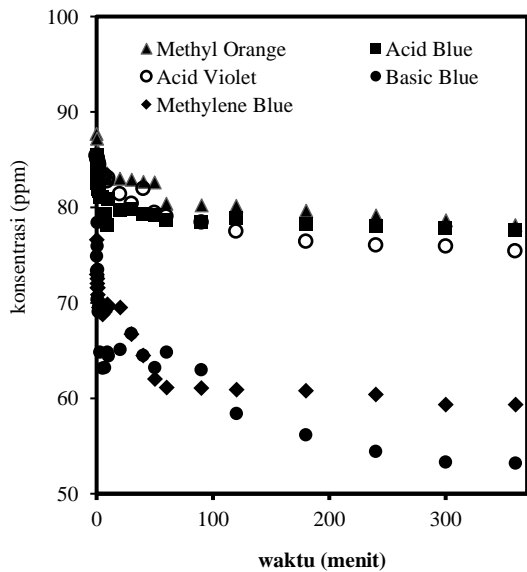
$$\% \text{ penghilangan zat warna} = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \dots \dots (2)$$

Dimana,  $q$  adalah penyerapan zat warna (mg/g),  $C$  adalah konsentrasi zat warna setiap saat (mg/liter),  $C_0$ , konsentrasi zat warna awal (mg/liter),  $V$ , volume larutan (liter), dan  $W$ : massa adsorben (g).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Kapasitas Adsorpsi dan Persen Removal**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui profil penurunan kadar zat warna meliputi persen removal dan kapasitas adsorpsi menggunakan pasir sungai. Kemampuan adsorpsi pasir sungai diujikan pada 5 jenis zat warna yaitu *methylene blue*, *methyl orange*, *acid blue*, *acid violet* dan *basic blue*. Adsorpsi dilakukan dengan konsentrasi awal zat warna pada rentang antara 85–87ppm. Profil penurunan konsentrasi zat warna selama proses adsorpsi disajikan pada Gambar 1. Dari profil tersebut dapat dilihat bahwa zat warna *basic blue* mengalami penurunan konsentrasi lebih banyak dibandingkan dengan zat warna lain, dimana konsentrasi akhir yang dicapai mencapai 53ppm.



**Gambar 1.** Profil penurunan konsentrasi zat warna

Dari data penurunan konsentrasi zat warna selama adsorpsi tersebut dapat ditentukan besarnya kapasitas adsorpsi dan persen removal. Kapasitas adsorpsi merepresentasikan kuantitas zat warna yang bisa diadsorpsi oleh adsorben yang dinyatakan sebagai mg zat warna yang terserap per gr adsorben pasir sungai. Sedangkan persen removal merepresentasikan persentase zat warna dalam cairan yang mampu berhasil dipisahkan. Kedua parameter tersebut pada umumnya digunakan sebagai tolok ukur kinerja suatu adsorben dalam memisahkan suatu *solute* dari fasa cair. Hasil perhitungan kapasitas adsorpsi dan persen removal dari seluruh zat warna yang diuji pada penelitian ini disajikan masing-masing pada

Tabel 1 dan Tabel 2. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa untuk zat warna *basic blue* dan *methylene blue* menghasilkan kapasitas adsorpsi dan persen removal yang lebih tinggi dibandingkan 3 zat warna lain.

Zat warna dapat diklasifikasikan menjadi zat warna *anionic* dan *cationic*. Zat warna *anionic* merupakan zat warna yang memiliki gugus fungsi sulfonat dan cincin aromatik. Zat warna *anionic* memiliki sifat yang larut dalam air dan mengandung ion negatif. Yang termasuk kelompok zat warna *anionic* diantaranya adalah *reactive blue 49*, *ramazol brilliant blue*, *congo red*, *acid blue 117*, *methyl orange* dan *acid orange 67* (Goswami dan Phukan, 2017).

Zat warna *cationic* memiliki ion bermuatan positif dan ketika larut dalam air akan menghasilkan kation berwarna dalam larutan. Salah satu jenis zat warna *cationic* adalah *basic dyes*. *Basic dyes* digunakan pada akrilik, kertas, dan substrat nilon. Contoh zat warna *basic dyes* adalah *basic blue 26*, *basic green 1*, *basic yellow 2* dan *basic red 1* (Mohammadi dan Veisi, 2018).

**Tabel 1.** Kapasitas adsorpsi pada berbagai zat warna

Zat Warna	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
<i>Methylene Blue</i>	6,924
<i>Acid Violet</i>	3,992
<i>Acid Blue</i>	3,170
<i>Methyl Orange</i>	3,813
<i>Basic Blue</i>	8,687

**Tabel 2.** Persen removal zat warna untuk berbagai jenis zat warna

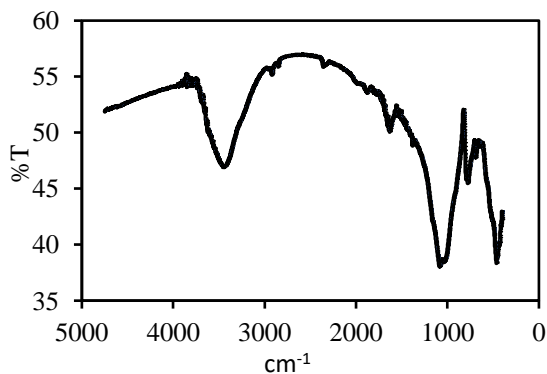
Zat Warna	Persen Removal
<i>Methylene Blue</i>	22,6%
<i>Acid Violet</i>	11,7 %
<i>Acid Blue</i>	9,3%
<i>Methyl Orange</i>	10,8%
<i>Basic Blue</i>	29,0 %

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa kapasitas adsorpsi pasir untuk zat warna *methylene blue* sebesar 6,924 mg/g, *acid violet* sebesar 3,992 mg/g, *acid blue* sebesar 3,170 mg/g, *methyl orange* sebesar 3,813 mg/g dan *basic blue* sebesar 8,687 mg/g. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi dipengaruhi oleh jenis zat warna. Lebih lanjut hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi pada zat warna *methylene blue* dan *basic blue* nilainya lebih tinggi dibanding pada zat warna lainnya. Identik dengan hal ini, pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa persen *removal* pada zat warna *methylene blue* sebesar 22,6%, *acid violet* sebesar 11,7%, *acid blue* sebesar 9,3%, *methyl orange*

sebesar 10,8%, dan *basic blue* sebesar 29,0 %. Hasil ini menunjukkan bahwa jenis zat warna sangat mempengaruhi persen *removal*-nya. Pada zat warna *methylene blue* dan *basic blue* menghasilkan persen *removal* terbesar. Zat warna *methylene blue* dan *basic blue* adalah zat warna *cationic* yang memiliki gugus positif sehingga ketika bertemu pasir yang memiliki kandungan gugus hidroksil, dan alkil yang dapat terdisosiasi menjadi bermuatan negatif mendorong ikatan elektrostatik antara zat warna yang memiliki gugus positif (Sharma *et al.*, 2019). Hasil persen *removal* terendah didapat pada zat warna *acid violet*, *acid blue*, dan *methyl orange* dikarenakan adanya gugus *sulphonate* pada zat warna *anionic* tersebut yang juga memberikan gugus negatif ketika terdisosiasi dengan air (Yönten, Sanyürek dan Kivanç, 2020). Adanya jenis ion yang sama membuat ikatan elektrostatik tidak mudah terjadi sehingga persen *removal*-nya lebih rendah (Darwish, Rashad dan AL-Aoh, 2019).

#### Karakterisasi Adsorben dengan FTIR

Pada penelitian ini dilakukan analisis karakteristik adsorben pasir sungai dengan metode FTIR (Fourier transform infra-red spektrofotometri). Spektrum FTIR yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 2 dan referensi terkait identifikasi jenis gugus disajikan pada Tabel 3.



Gambar 2. Spektrum FTIR pasir sungai

Tabel 3. Identifikasi jenis gugus dari spektrum FTIR

Gugus	Puncak (cm <sup>-1</sup> )	Sumber
O-H <i>stretch</i>	3444	(Sharma <i>et al.</i> , 2019).
C-H <i>stretch</i>	2907	(Hanafiah <i>et al.</i> , 2012).
O-H <i>bend</i>	1631	(Sharma <i>et al.</i> , 2019).
Si-O-Si <i>stretch</i>	1000-1250	(Gil <i>et al.</i> , 2020).
Si-O-Si <i>bend</i>	797	(Chaari <i>et al.</i> , 2018).

Spektrum FTIR direkam pada rentang 4000 cm<sup>-1</sup> hingga 500 cm<sup>-1</sup>. Analisa spektrum FTIR pasir sungai tersebut menunjukkan bahwa pasir sungai memiliki gugus O-H dan Si-O-Si sebagai gugus utama.

Gugus yang terbaca adalah O-H *stretch* (peregangan) pada 3438,17 cm<sup>-1</sup>, C-H *stretch* pada 2700 dan 2910 cm<sup>-1</sup>, C-H *bending* pada 1383,9 cm<sup>-1</sup>, Si-O-Si *asymmetric stretch* pada 1084,98cm<sup>-1</sup> dan 1036,76cm<sup>-1</sup> Si-O-Si *bend* pada 778,29 cm<sup>-1</sup> dan 796,61 cm<sup>-1</sup>. Hasil analisa FTIR pasir sungai tersebut menunjukkan adanya gugus hidroksil, dan alkil yang dapat terdisosiasi menjadi bermuatan negatif yang dapat membentuk ikatan elektrostatik dengan zat warna yang memiliki gugus positif yaitu zat warna *cationic*. Hasil analisa FTIR ini memperkuat penjelasan mengapa persen *removal* untuk zat warna *methylene blue* dan *basic blue*, yang merupakan zat warna *cationic*, lebih tinggi dari jenis zat warna lainnya.

#### SIMPULAN

Penelitian ini telah menunjukkan bahwa gugus kimia yang dimiliki suatu adsorben mempunyai peran yang sangat penting pada proses adsorpsi. Sebagaimana ditunjukkan dari analisa FTIR, pasir sungai terbukti memiliki gugus hidroksil dan alkil yang memiliki muatan negatif. Dengan demikian, dalam aplikasi untuk adsorpsi zat warna, adsorben pasir sungai akan menunjukkan kapasitas penyerapan yang lebih baik untuk zat warna yang memiliki muatan positif. Hal ini telah dibuktikan dari hasil penelitian ini bahwa kapasitas adsorpsi dan persen *removal* pada penggunaan pasir sungai untuk adsorpsi zat warna menunjukkan hasil yang lebih tinggi pada zat warna jenis *cationic*, yaitu yang memiliki muatan positif dalam hal ini *methylene blue* dan *basic blue*, dibanding zat warna *anionic* yang memiliki muatan negatif.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Darwish, A. A. A., Rashad, M. and AL-Aoh, H. A. (2019) 'Methyl orange adsorption comparison on nanoparticles: Isotherm, kinetics, and thermodynamic studies', *Dyes and Pigments*, Elsevier Ltd, 160, pp. 563–571. doi: 10.1016/j.dyepig.2018.08.045.
- Elsagh, A. *et al.* (2017) 'Evaluation of the potential cationic dye removal using adsorption by graphene and carbon nanotubes as adsorbents surfaces', *Arabian Journal of Chemistry*, 10, pp. S2862–S2869. doi: 10.1016/j.arabjc.2013.11.013.
- Goswami, M. and Phukan, P. (2017) 'Enhanced adsorption of cationic dyes using sulfonic acid modified activated carbon', *Journal of Environmental Chemical Engineering*, Elsevier B.V., 5(4), pp. 3508–3517. doi: 10.1016/j.jece.2017.07.016.
- Mohammadi, A. and Veisi, P. (2018) 'High adsorption performance of  $\beta$ -cyclodextrin-functionalized multi-walled carbon nanotubes for the removal of organic dyes from water and industrial wastewater',

- Journal of Environmental Chemical Engineering. Elsevier, 6(4), pp. 4634–4643. doi: 10.1016/j.jece.2018.07.002.
- Noorimotlagh, Z. et al. (2019) ‘Adsorption of textile dye in activated carbons prepared from DVD and CD wastes modified with multi-wall carbon nanotubes: Equilibrium isotherms, kinetics and thermodynamic study’, Chemical Engineering Research and Design. Institution of Chemical Engineers, 141, pp. 290–301. doi: 10.1016/j.cherd.2018.11.007.
- Robati, D. et al. (2016) ‘Adsorption behavior of methylene blue dye on nanocomposite multi-walled carbon nanotube functionalized thiol (MWCNT-SH) as new adsorbent’, Journal of Molecular Liquids. Elsevier B.V., 216, pp. 830–835. doi: 10.1016/j.molliq.2016.02.004.
- Sadri Moghaddam, S., Alavi Moghaddam, M. R. and Arami, M. (2010) ‘Coagulation/flocculation process for dye removal using sludge from water treatment plant: Optimization through response surface methodology’, Journal of Hazardous Materials, 175(1–3), pp. 651–657. doi: 10.1016/j.jhazmat.2009.10.058.
- Sharma, A. et al. (2019) ‘Adsorption of textile wastewater on alkali-activated sand’, Journal of Cleaner Production. Elsevier Ltd, 220, pp. 23–32. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.01.236.
- Wang, B. et al. (2018) ‘Impregnation of multiwall carbon nanotubes in alginate beads dramatically enhances their adsorptive ability to aqueous methylene blue’, Chemical Engineering Research and Design. Institution of Chemical Engineers, 133, pp. 235–242. doi: 10.1016/j.cherd.2018.03.026.
- Yönten, V., Sanyürek, N. K. and Kivanç, M. R. (2020) ‘A thermodynamic and kinetic approach to adsorption of methyl orange from aqueous solution using a low cost activated carbon prepared from *Vitis vinifera* L.’, Surfaces and Interfaces, 20(April), pp. 1–8. doi: 10.1016/j.surfin.2020.100529.