

Adsorption Isotherm Studies of Rhodamine B on *Citrus sinensis* Peel

Gani Purwiandono^a, Puji Lestari^b, Wahyu Widodo^c, Marlina^d, Nadia Aprilia^e

^a Program Studi Kimia, Universitas Islam Indonesia

^b Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia

^{c,d,e} Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Islam Indonesia

email: gani_purwiandono@uii.ac.id

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian adsorpsi zat warna Rhodamin B pada biosorben kulit buah jeruk Medan (*Citrus sinensis*). Proses adsorpsi dilakukan pada pH netral selama 90 menit. Diketahui permukaan aktif biosorben kulit jeruk Medan sebesar 15 m²/g dan kerapatan 0,52 g/cm³. Mekanisme adsorpsi Rhodamin B pada biosorben kulit jeruk Medan dilakukan dengan empat model adsorpsi, yaitu Langmuir, Freundlich, Temkin dan Dubinin-Radushkevich. Diperoleh mekanisme model adsorpsi Freundlich dengan nilai regresi paling tinggi yaitu 0,906 yang menyatakan interaksi adsorpsi zat warna Rhodamin B merupakan jenis interaksi multilayer pada permukaan biosorben.

Kata kunci: Rhodamin B, biosorben kulit jeruk Medan, isotherm adsorpsi Freundlich

ABSTRACT

Adsorption of Rhodamine B on *Citrus sinensis* peel biosorbent has been conducted. The adsorption process was carried out in neutral pH for 90 min. The active surface of the *Citrus sinensis* peel biosorbent was 15 m²/g and the density was 0.52 g/cm³. The adsorption mechanism of Rhodamine B on *Citrus sinensis* peel biosorbent was studied using 4 adsorption model; Langmuir, Freundlich, Temkin, and Dubinin-Radushkevich. The adsorption fitted the Freundlich model with the regression value of 0.906. This indicates that the adsorption of Rhodamine B on the surface of *Citrus sinensis* peel biosorbent was a multilayer interaction.

Key Words: Rhodamine B, *Citrus sinensis* peel biosorbent, Freundlich adsorption isotherm

Pendahuluan

Limbah tekstil zat warna Rhodamin B merupakan suatu permasalahan lingkungan yang dapat menyebabkan pencemaran air yang akan membahayakan biota di perairan. Berbagai metode telah dilakukan untuk mengurangi dampak limbah zat warna Rhodamin B, antara lain koagulasi dan flokulasi, *reverse osmosis* dan adsorpsi. Saat ini metode yang paling banyak digunakan adalah metode adsorpsi

menggunakan adsorben karbon aktif (Raffatulah *et al.*, 2010). Namun, pembuatan arang aktif membutuhkan perlakuan kimia lanjutan untuk meningkatkan permukaan aktif dan pori permukaan, sehingga diperlukan gagasan terkait material baru yang lebih murah, mudah serta mempunyai daya adsorpsi besar. Bahan-bahan alam organik yang mempunyai gugus hidroksil (-OH) dapat

dipakai untuk mengadsorpsi ion-ion logam berat ataupun zat warna, khususnya limbah zat warna tekstil Rhodamin B (Hartono *et al.*, 2005).

Pemanfaatan limbah pertanian sebagai biosorben zat warna telah banyak diteliti, salah satu limbah pertanian yang cukup potensial di Indonesia adalah limbah tanaman jeruk. Limbah kulit buah jeruk berpotensi menjadi adsorben dalam adsorpsi zat warna tekstil Rhodamin B (Raffatulah *et al.*, 2010). Kulit jeruk yang dipakai dalam pembuatan adsorben pada penelitian ini, menggunakan kulit jeruk medan (*Citrus sinesis*). Penggunaan kulit jeruk medan karena jeruk medan merupakan jeruk lokal yang banyak dikonsumsi dan dijadikan sebagai produk minuman. Setelah buahnya dikonsumsi, kulit jeruk tersebut hanya dibuang tanpa dimanfaatkan kembali, sedangkan kulit jeruk berpotensi sebagai adsorben untuk menyerap limbah tekstil zat warna Rhodamin B. Kulit jeruk medan mengandung luas permukaan pori yang luas (Raffatulah *et al.*, 2010). Sehingga pada penelitian ini dilakukan sintesis biosorben kulit jeruk dalam aktivitas adsorpsi limbah tekstil zat warna Rhodamin B. Mekanisme adsorpsi

adsorbat pada permukaan adsorben dipelajari melalui empat model isoterm adsorpsi, yaitu isoterm adsorpsi Langmuir, Freundlich, Temkin dan Dubinin-Radushkevich.

Isoterm adsorpsi Langmuir.

Kesetimbangan adsorpsi adsorbat terjadi pada permukaan monolayer adsorben. Model isoterm Langmuir mengikuti persamaan: $q_e = \frac{Q_o K_L C_e}{1 + K_L C_e}$, persamaan tersebut dalam bentuk linier menjadi: $\frac{1}{q_e} = \frac{1}{Q_o} + \frac{1}{Q_o K_L C_e}$, dimana: c_e adalah konsentrasi kesetimbangan dari adsorbat (mg/L), q_e adalah konsentrasi kesetimbangan adsorbat zat teradsorpsi (mg/g), Q_o adalah kapasitas maksimum monolayer (mg/g) dan K_L adalah konstanta isoterm Langmuir. Nilai dari q_{max} dan K_L dihitung dari slope dan intersep grafik Langmuir $\frac{1}{q_e}$ versus $\frac{1}{c_e}$ (Langmuir, 1918).

Isoterm adsorpsi Freundlich.

Merupakan karakteristik kesetimbangan adsorpsi pada permukaan heterogen (Hutson and Yang, 2010). Model isoterm adsorpsi Freundlich mengikuti persamaan:

$Q_e = K_f C_e^{\frac{1}{n}}$, persamaan tersebut dalam bentuk linier menjadi $\log Q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e$, dimana: K_f

adalah konstanta isotermal Freundlich (mg/g), n adalah intensitas adsorpsi, c_e adalah konsentrasi kesetimbangan adsorbat (mg/L), dan Q_e adalah jumlah adsorbat yang teradsorpsi dalam adsorben (mg/g).

Isoterm adsorpsi Temkin.

Mendeskripsikan jenis atau faktor yang mempengaruhi interaksi antara adsorben-adsorbat (Temkin and Pyzhev, 1940; Aharoni and Ungarish, 1977). Model isoterm adsorpsi Temkin mengikuti persamaan: $q_e = \frac{RT}{b} \ln(A_T C_e)$, persamaan tersebut dapat diubah dalam bentuk lain menjadi $q_e = \frac{RT}{b} \ln A_T + \left(\frac{RT}{b}\right) \ln C_e$, diketahui $B = \frac{RT}{b_T}$ sehingga menjadi persamaan akhir $q_e = B \ln A_T + B \ln C_e$ dimana: A_T adalah konstanta kesetimbangan ikatan isoterm Temkin (1,075 L/g), b_T adalah konstanta isoterm Temkin, R adalah konstanta gas (8,314 J/mol.K), T adalah temperatur, dan B adalah konstanta yang berhubungan dengan panas adsorpsi (25,34 J/mol).

Isoterm Dubinin-Radushkevich.

Mendeskripsikan mekanisme adsorpsi menggunakan distribusi energi Gaussian pada permukaan heterogen adsorben (Dabrowski, 2001; Dubinin, 1960). Model isoterm Dubinin-Radushkevich mengikuti

persamaan: $q_e = (q_s) \exp(-K_{ads} \epsilon^2)$, dalam bentuk lain menjadi $\ln q_e = \ln(q_s) - (K_{ads} \epsilon^2)$, dimana Q_e adalah jumlah adsorbat yang teradsorpsi dalam adsorben pada kesetimbangan (mg/g), q_s adalah kapasitas isoterm teoritik (mg/g), K_{ads} adalah konstanta isoterm Dubinin-Radushkevich (mol^2/kJ^2) dan ϵ adalah nilai isoterm Dubinin-Radushkevich.

Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah mempelajari isoterm dan mekanisme adsorpsi zat warna Rhodamin B pada permukaan biosorben.

Metode Penelitian

Preparasi biosorben. Pada proses preparasi biosorben, kulit jeruk dicuci dan dibersihkan, dikeringkan dengan oven pada temperatur 120 °C selama 24 jam. Arang kulit jeruk dihancurkan dengan blender dan di ayak hingga menjadi serbuk, dilanjutkan dengan aktivasi kimia dengan HNO_3 dengan perbandingan massa biosorben : massa $\text{HNO}_3 = 1:1$. Campuran diaduk dan dikeringkan menggunakan oven. Selanjutnya dicuci kembali dengan aquades panas, ditambah NaOH hingga pH biosorben netral.

Permukaan aktif spesifik.

Digunakan metode Saers untuk menghitung permukaan aktif spesifik (Saer, 1956; Shawabkeh and Tutunji, 2003). Sebanyak 0,5 g biosorben diasamkan dengan HCl 0,1 M hingga pH 3-3,5. Dimasukkan biosorben dalam 50 mL akuades dan ditambahkan 10 g NaCl. Dilakukan titrasi dengan larutan standar NaOH 0,1 M hingga pH berubah dari 4 ke 9. Volume yang dibutuhkan untuk menaikkan pH dari 4 ke 9 dicatat dan permukaan aktif spesifik dihitung menggunakan persamaan $S\left(\frac{m^2}{g}\right) = 32v - 25$. Asumsi bahwa permukaan aktif spesifik merupakan daerah tempat adsorbat teradsorp pada permukaan adsorben.

Perhitungan kerapatan biosorben (bulk density). Digunakan prinsip Archimedes dengan menggunakan variasi silinder berlubang yang diisi dan dievaluasi sebelum dan sesudah diisi oleh biosorben. Silindir dimasukkan dalam wadah berisi air, volume air yang hilang dalam wadah merupakan selisih antara berat silinder yang kosong dan berat silinder yang diisi oleh biosorben. Perhitungan kerapatan biosorben dihitung dengan persamaan

$$\text{kerapatan} = \frac{w_2 - w_1}{v}, \quad \text{dengan}$$

w_2 merupakan berat silinder dengan sampel, w_1 berat silinder kosong dan v merupakan volume silinder.

Uji adsorpsi. Ditambahkan 0,5 g biosorben dalam larutan 100 ml dengan variasi konsentrasi 10 mg/L - 50 mg/L Rhodamin B hingga mencapai kesetimbangan adsorpsi selama 90 menit. Campuran kemudian dianalisis menggunakan UV-Vis (Hitachi 2010). Jumlah zat teradsorp (mg/L) dihitung menggunakan persamaan: (Vanderborght and Van Grieken, 1977).

$$Q = \frac{v(c_i - c_e)}{w},$$

dimana Q adalah jumlah zat yang teradsorp dalam larutan, v adalah volume adsorbat, C_i adalah konsentrasi sebelum adsorpsi, C_e adalah konsentrasi setelah adsorpsi dan w adalah berat adsorben. Data yang diperoleh dicocokkan dengan isoterm: Langmuir, Freundlich, Temkin, dan Dubinin-Radushkevich (Igwe dan Abia, 2006).

Pembahasan

Karakter sifat biosorben kulit jeruk dievaluasi dalam tabel parameter fisika-kimia pada Tabel 1. Pada tabel tersebut diketahui bahwa karakter permukaan aktif adsorben yang paling berpengaruh

terhadap proses adsorpsi zat warna Rhodamin B dengan nilai 15 (m^2/g).

Model adsorpsi biosorben kulit jeruk dengan zat warna Rhodamin B dilakukan dengan mengikuti model isoterm

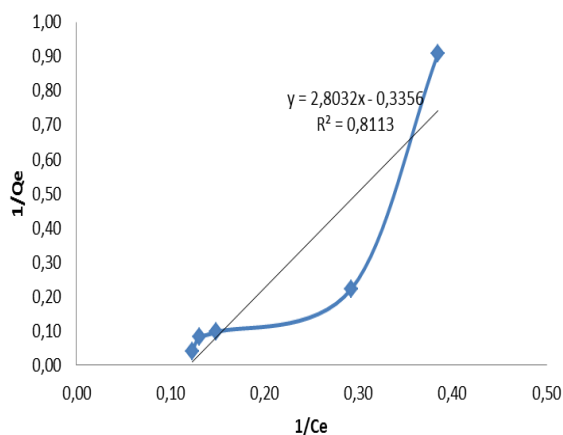
adsorpsi Langmuir, Freundlich, Temkin dan Dubinin-Radushkevich. Tabel 2 menunjukkan nilai beberapa parameter yang digunakan dalam model adsorpsi.

Tabel 1. Parameter Fisika-Kimia Biosorben Kulit Jeruk

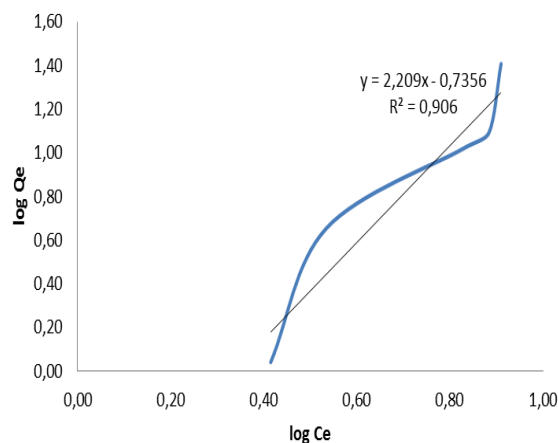
Sifat	Biosorben Kulit Jeruk
pH	7,0-7,5
Permukaan aktif (<i>surface area</i>)	15 (m^2/g)
Kerapatan (<i>bulk density</i>)	0,52 (g/cm^3)

Tabel 2. Parameter Model Adsorpsi Zat Warna Rhodamin B Dalam Biosorben Kulit Jeruk

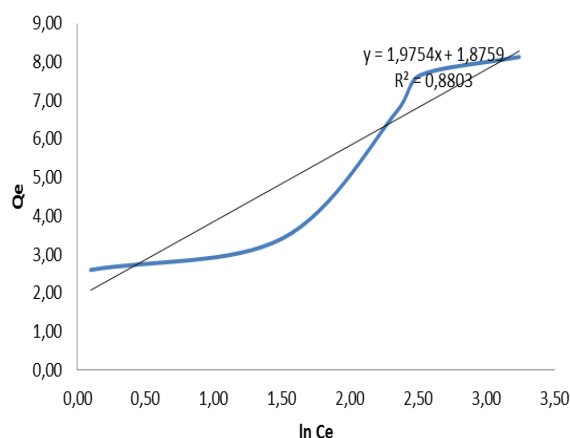
No	C_0 (mg/L)	C_e (mg/L)	$1/C_e$	$\text{Log } C_e$	$\text{Ln } C_e$	Q_e (mg/g)	$1/Q_e$	$\text{Log } Q_e$	$\text{Ln } Q_e$	C_e/Q_e (g/L)	ϵ^2
1	10	1,1	0,91	0,04	0,10	2,60	0,38	0,41	0,96	0,42	1,20E+05
2	20	4,5	0,22	0,65	1,50	3,42	0,29	0,53	1,23	1,32	4,13E+04
3	30	10,4	0,10	1,02	2,34	6,72	0,15	0,83	1,91	1,55	3,12E+04
4	40	12,3	0,08	1,09	2,51	7,65	0,13	0,88	2,03	1,61	1,24E+04
5	50	25,5	0,04	1,41	3,24	8,13	0,12	0,91	2,10	3,14	1,10E+04



Gambar 1. Model Isoterm Adsorpsi Langmuir



Gambar 2. Model Isoterm Adsorpsi Freundlich

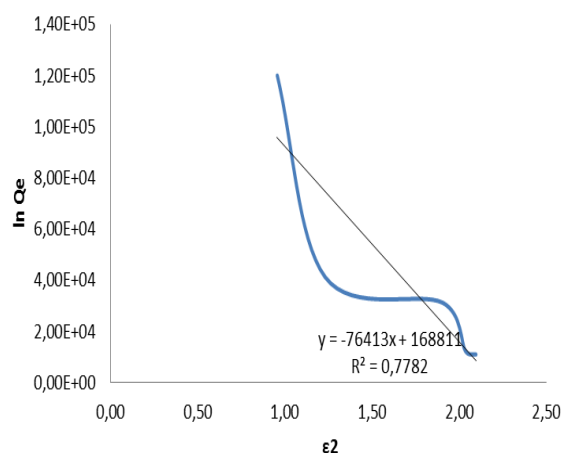


Gambar 3. Model Isoterm Adsorpsi Temkin

Data isoterm adsorpsi Langmuir, Freundlich, Temkin dan Debinin-Radushkevich menunjukkan nilai regresi tertinggi persamaan kurva model adsorpsi terdapat pada kurva model adsorpsi Freundlich. Model ini menunjukkan bahwa interaksi adsorbat pada permukaan adsorben melalui mekanisme multilayer dengan interaksi sekunder antara molekul zat warna Rhodamin B pada permukaan biosorben. Zat warna Rhodamin B berinteraksi sekunder dengan permukaan biosorben kulit jeruk melalui molekul lignin-selulosa.

Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian menunjukkan kesetimbangan adsorpsi zat warna Rhodamin B dalam biosorben kulit jeruk pada temperatur 25°C dan pH antara 7,0-7,5 mengikuti model adsorpsi Freundlich.



Gambar 4. Model Isoterm Adsorpsi Dubinin-Radushkevich

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada DPPM (Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat) Universitas Islam Indonesia atas pendanaan penelitian ini.

Pustaka

- Aharoni, C., and Ungarish, M., 1977. Kinetics of activated chemisorption. Part 2. Theoretical models, J. Chem. Soc. Faraday Trans. 73. 456–464
- Dabrowski, A., 2001. Adsorption from theory to practice, Adv. Colloid Interface Sci. 93, 135–224
- Dubinin, M.M., 1960. The potential theory of adsorption of gases and vapors for adsorbents with energetically non-uniform surface, Chem. Rev. 60, 235–266
- Hartono, S.B., Ismadji, S., Sudaryanto, Y., Irawaty, W., 2005. Utilization of Teak Sawdust From Timber Industry as Precursor of Activated Carbon Preparation For Removal Of Dyes From Synthetic Effluent. J. Ind. England Chemistry. 11 (6), 864-869

- Hutson, N.D., and Yang, R.T., 2000
ADSORPTION, *Colloid Interf Sci.*, pp
189
- Igwe, J.C., and Abia, A.A., 2006. A
bioseparation process for removing
heavy metals from waste water using
biosorbents, *African Journal of
Biotechnology*, 5 (12), 1167-1179
- Langmuir, I., 1918. The adsorption of gases
on plane surfaces of glass, mica and
platinum, *J. Am. Chem. Soc.* 40, 1362-
1403
- Raffatulah, M., Sulaiman, O., Hashim, R.,
Ahmad, A., 2010. Adsorption of
methylene blue on low-cost adsorbent:
a review. *J. Chem. Eng.* 177, 7080
- Saer, G.W., 1956. Determination of Specific
surface area of sodium hydroxide, *J.
Anal. Chem.* 28(2), 1981–1983
- Shawabkeh, R.A., and Tutunji, M.F., 2003.
Experimental studies and modeling of
the basic dye sorption by diamaceous
clay, *Applied Clay Sci.* 24, 111–114
- Tempkin, M.I., and Pyzhev, V., 1940.
Kinetics of ammonia synthesis on
promoted iron catalyst, *Acta Phys.
Chim. USSR* 12, 327–356
- Vanderborght, M., and Van Grieken, E.,
1977. Enrichment of trace metals in
water by adsorption on activated
carbon, *Anal. Chem.* 49(2). 311–316