

Manik Komposit Abu Layang Batu Bara – Alginat untuk Menghilangkan Rhodamine B

Fly Ash – Alginate Composites Beads for Rhodamine B Removal

Heni Anggorowati*, Perwitasari, Indriana Lestari

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta, Sleman,
Yogyakarta, Indonesia

Artikel histori :

Diterima 6 November 2022
Diterima dalam revisi 14 November 2022
Diterima 15 November 2022
Online 15 November 2022

ABSTRAK: Limbah zat warna merupakan masalah yang sangat serius bagi lingkungan. Manik komposit yang terdiri dari *fly ash* dan natrium alginate terbukti dapat menjadi adsorben untuk mengurangi rhodamine b dari limbah zat warna. Pada penelitian ini dipelajari pengaruh massa beads (5, 15, 25, 35, dan 45 gram), pH larutan (2-11) dan waktu pengadukan (0-360 menit). Penentuan konsentrasi setelah adsorpsi dilakukan dengan spektrofotometer UV-Vis. Pengurangan konsentrasi rhodamine b maksimal yaitu 31,15% diperoleh setelah proses adsorpsi selama 300 menit dengan massa beads 35 gram. Adsorpsi rhodamine b cukup sensitif terhadap pH larutan dan menunjukkan nilai adsorpsi optimum pada pH 2. Berdasarkan karakterisasi dengan BET, beads *fly ash* – alginate termasuk mesopore dengan diameter pori 10 nm, volume pori total $5,332 \times 10^{-3}$ cc/g dan luas permukaan pori $2,133 \text{ m}^2/\text{g}$.

Kata Kunci: *fly ash*; alginate; beads; adsorpsi; rhodamin b

ABSTRACT: Dyes are a very serious problem for the environment. Composite beads consisting of fly ash and sodium alginate proved to be an adsorbent to reduce rhodamine b from dye waste. In this study, the effect of the mass of beads (5-45 grams), the pH of the solution (2-11) and the stirring time (0-360 min) was studied. Determination of concentration after adsorption was carried out by UV-Vis spectrophotometer. The maximum reduction in rhodamine b concentration of 31.15% was obtained after the adsorption process for 300 minutes with a mass of 35 grams of beads. The adsorption of rhodamine b is quite sensitive to the pH of the solution and shows the optimum adsorption value at pH 2. Based on the characterization with BET, fly ash – alginate beads include mesopores with a pore diameter of 10 nm, a total pore volume of $5,332 \times 10^{-3}$ cc/g and a pore surface area. $2,133 \text{ m}^2/\text{g}$.

Keywords: fly ash; alginate; beads; adsorption; rhodamine b

1. Pendahuluan

Pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh zat yang dilepaskan ke lingkungan melalui berbagai kegiatan antropogenik seperti industri tekstil, cat dan kertas merupakan salah satu pencemaran lingkungan utama di dunia (Hussain et al., 2019). Permasalahan ini timbul sebagai akibat pertumbuhan penduduk industrialisasi yang cepat dan mengabaikan kesehatan lingkungan. Salah satu zat warna yang sering digunakan yaitu zat warna Rhodamine B (RhB). Masuknya RhB berlebihan ke lingkungan akan mengubah pH perairan sehingga mikroorganisme dan hewan yang berada di lingkungan perairan akan terganggu. Dalam tubuh manusia akumulasi zat warna ini akan menimbulkan dampak serius seperti keracunan, kanker hati, iritasi saluran pernafasan, iritasi kulit, serta iritasi saluran pencernaan (Pavithra et al., 2019).

Fly ash atau abu terbang adalah limbah yang dilepaskan dari pembangkit listrik termal dan didefinisikan sebagai partikel yang sangat halus yang mengalir ke atas dengan terbawa oleh gas buang akibat pembakaran batubara

(Uzma dan Monika., 2014). *Fly ash*, produk sampingan dari pembangkit listrik tenaga batu bara atau fasilitas pembakaran berukuran halus dan bubuk dan limbah ini memerlukan pembuangan akhir. Hasil penelitian menyatakan bahwa penggunaan *fly ash* telah meningkat dalam dua dekade terakhir di dunia dan sebagai hasil dari studi tersebut telah diidentifikasi bahwa *fly ash* dapat digunakan sebagai adsorben yang cocok untuk adsorpsi logam berat pada air limbah (Ahmaruzzaman, 2008). Konstituen utama *fly ash* adalah silika, alumina, dan besi oksida, yang merupakan adsorben logam yang ideal. Dalam beberapa tahun terakhir, *fly ash* telah digunakan sebagai adsorben berbiaya rendah untuk pembersihan gas dan air, serta banyak upaya telah difokuskan pada logam berat dan adsorpsi pewarna pada partikel *fly ash* (Uzma dan Monika., 2014)

Masalah lain yang dihadapi adalah pasca proses adsorpsi dimana adsorben yang cenderung berukuran kecil cukup sulit dipisahkan dari air limbah yang diolah dan memerlukan teknologi penempatan khusus untuk

*Corresponding Author:
Email: heni.anggorowati@upnyk.ac.id

pemurnian udara. Sehingga perlu dicari solusi yang tepat untuk memudahkan kegiatan adsorpsi.

Baru-baru ini banyak pendekatan telah dipelajari untuk pengembangan adsorben yang lebih murah dan lebih efektif yang mengandung polimer alam (Rahayu et al., 2022). Penggunaan biopolimer menjadi salah satu alternatif yang lebih disukai daripada penggunaan adsorben kimia yang mahal (Abdollahi et al., 2013; Tabish et al., 2019). Adsorpsi pada turunan polisakarida dapat menjadi prosedur pilihan yang murah dalam dekontaminasi air. Di antara biopolimer polisakarida yang menarik secara industri adalah alginate. Natrium alginate sangat potensial sebagai bahan pembuatan matriks pembawa karena merupakan polimer alami, biodegradable, biokompatibel, tidak toksik, dan hidrofilik yang cocok untuk penjeratan polutan yang larut dalam air (Abdollahi et al., 2013; Dalponte et al., 2018)

Dalam penelitian ini, dilakukan pembentukan beads dari alginate digabungkan dengan *fly ash* untuk mengembangkan adsorben komposit yang dapat dimanfaatkan untuk mengurangi RhB pada limbah. Selain itu dengan bentuk beads ini memudahkan pemisahan material adsorben dan cairan limbah setelah proses adsorpsi selesai dilakukan serta ekonomis karena tidak memerlukan berbagai peralatan pemisah pasca adsorpsi.

2. Metode Penelitian

2.1. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *fly ash* yang diperoleh dari hasil pembakaran batubara di boiler, Natrium Alginate yang diperoleh dari Himedia, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, Aquadest, Rhodamine B, Natrium hidroksida 0,1 N dan Asam klorida 0,1 N.

2.2. Alat

Penelitian ini menggunakan alat-alat seperti: ayakan 150 mesh, gelas beaker, magnetic stirrer, oven, timbangan digital, kuvet, spektrofotometer uv-vis dan Surface Area Analyzer (BET).

2.3. Pembuatan Beads *Fly ash* – Alginate

Komposit *Fly ash*-alginate yang digunakan sebagai adsorben dibuat dalam dua langkah. Pada langkah pertama, Natrium alginate (1% b/v) dilarutkan dalam 100 mL air suling, diikuti dengan penambahan 0,6 gram *fly ash* dan diaduk selama 30 menit. Pada langkah kedua campuran *fly ash*-alginate ditambahkan ke dalam 100 mL larutan 0,1 M CaCl_2 tetes demi tetes menggunakan suntikan dengan pengadukan konstan, sehingga terbentuk manik-manik gel *fly ash*-alginate atau disebut beads (Gambar 1).

Manik-manik yang dihasilkan dibiarkan mengeras dengan cara membiarkannya terendam dalam larutan CaCl_2 selama 24 jam dan kemudian disaring dan dicuci tiga kali dengan aquadest seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Manik-manik biopolimer ini disimpan pada suhu kamar dalam aquadest dan manik-manik yang telah mengembang selanjutnya digunakan untuk adsorpsi RhB.



Gambar 1. Beads *Fly ash* - Alginate



Gambar 2. Penyimpanan Beads *Fly ash* – Alginate

2.4. Proses Adsorpsi

Larutan RhB yang digunakan untuk proses adsorpsi dibuat dengan konsentrasi 15 ppm. Percobaan adsorpsi dilakukan dengan pengadukan 400 rpm pada interval waktu yang ditentukan. Setelah proses adsorpsi selesai, adsorben diambil dengan penyaringan lalu filtrat dianalisa menggunakan spektrofotometer *UV-Vis* pada panjang gelombang 553,5 nm untuk mengetahui pengaruh pH larutan (2 – 11), banyaknya beads *fly ash* – alginate (5 – 45 gr) dan waktu pengadukan (0 – 360 mnt).

2.5. Perhitungan pengurangan Rhodamine B

Persentase pengurangan RhB dapat dihitung dengan rumus :

$$\%R = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100\%$$

Dimana :

% R = persentase pengurangan rhodamine b

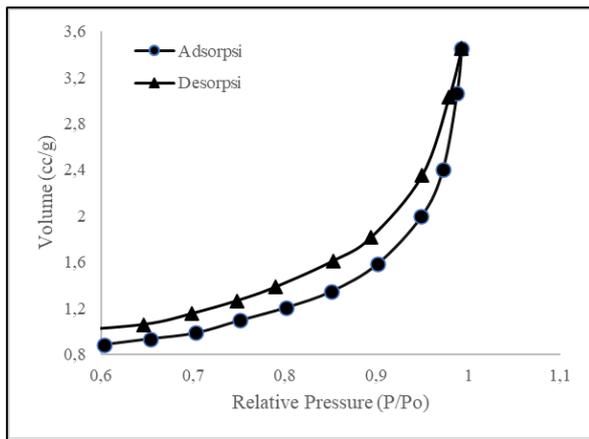
C_i = Konsentrasi RhB mula-mula

C_f = Konsentrasi RhB akhir

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Karakterisasi Beads dengan Analisa BET

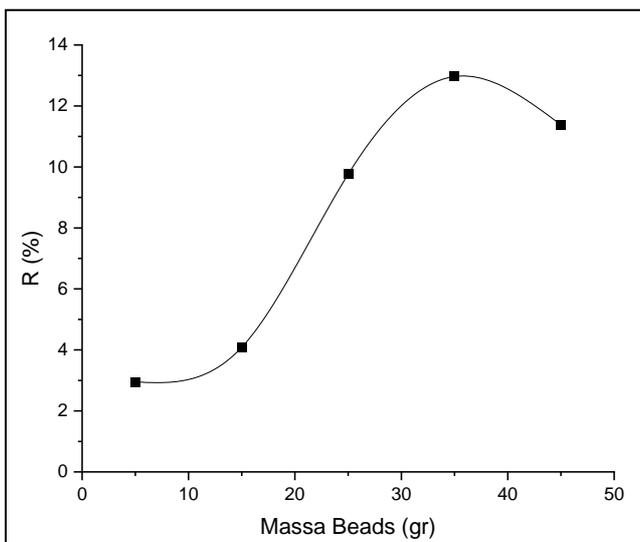
Untuk mengidentifikasi luas permukaan beads *fly ash* – alginate dilakukan melalui adsorpsi gas N_2 menggunakan NOVA 1200 microanalyzer dengan metode Brunaur Emmer Teller (BET) seperti yang terlihat pada Gambar 3. Berdasarkan hasil analisa, adsorben *fly ash* – alginate memiliki luas permukaan spesifik $2,133 \text{ m}^2/\text{g}$ dengan volume pori total $5,332 \times 10^{-3} \text{ cc/g}$. Volume pori total merupakan jumlah maksimum nitrogen yang teradsorpsi pada tekanan relatif $P/P^0 = 0,9922$. Diameter pori beads *fly ash* – alginate sebesar 10 nm sehingga dapat digolongkan ke dalam mesopores.



Gambar 3. Adsorpsi – Desorpsi Nitrogen pada *Fly ash* - Alginate

3.2. Pengaruh Massa Beads

Pengaruh banyaknya adsorben pada proses adsorpsi RhB dengan jumlah beads yang bervariasi ditunjukkan pada Gambar 4. Dilakukan pengamatan pada penggunaan dosis adsorben (5 – 45 gram) yang mempengaruhi jumlah RhB yang teradsorpsi.



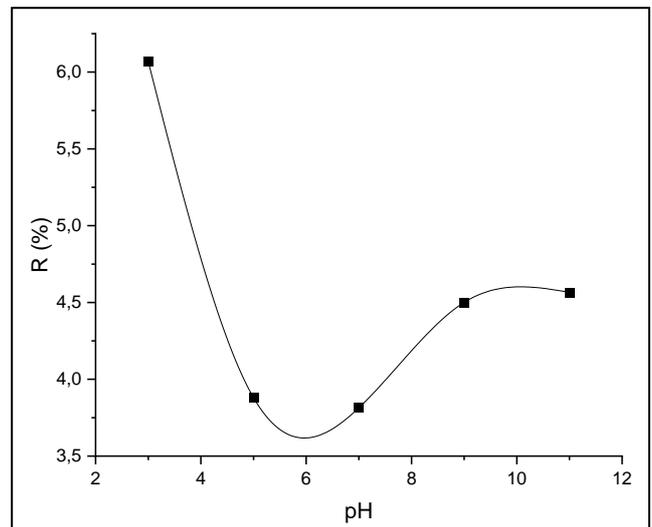
Gambar 4. Pengaruh Massa Beads terhadap %Removal Rhodamin b

Dari Gambar 4 termati bahwa persentase penghilangan RhB mencapai 13% dengan peningkatan massa adsorben hingga 35 gram, selanjutnya terjadi penurunan jumlah RhB yang teradsorpsi menjadi 11,38%. Terjadinya penurunan adsorpsi tersebut disebabkan oleh meningkatnya jumlah situs tak jenuh pada permukaan adsorben (Shukla et al., 2002; Uzma dan Datta., 2014)

3.3. Pengaruh pH

pH Larutan merupakan parameter yang sangat penting yang dapat mempengaruhi proses adsorpsi karena dapat mempengaruhi derajat disosiasi dan ionisasi molekul adsorbat serta muatan pada permukaan adsorben. Dengan demikian, dipelajari adsorpsi RhB pada *fly ash*-alginate dengan konsentrasi awal RhB 15 ppm dengan mengatur pH larutan dari 3 sampai 11, dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 5. Dapat diamati bahwa adsorpsi RhB ke *fly ash*-alginate menyukai pH asam. Kapasitas adsorpsi optimum dicapai pada pH 3 dan ketika pH meningkat menjadi 5, adsorpsi RhB menurun secara signifikan.

Molekul zat warna dapat berinteraksi dengan permukaan adsorben melalui interaksi elektrostatis, interaksi hidrofobik-hidrofobik dan ikatan hydrogen (Yu et al., 2013). Jika interaksi elektrostatis dominan maka adsorpsi RhB seharusnya lebih disukai dalam suasana basa karena daya tarik elektrostatis adsorben-adsorbat lebih kuat dan akan melemah pada suasana asam karena tolakan elektrostatis antara permukaan adsorben yang bermuatan positif dengan molekul zat warna yang kationik. Hasil yang diperoleh pada Gambar 5 menunjukkan hal yang sebaliknya yaitu adsorpsi tertinggi tercatat pada pH 3 yang menunjukkan bahwa interaksi hidrofobik-hidrofobik merupakan mekanisme yang dominan pada pH asam.



Gambar 5. Pengaruh pH terhadap %Removal RhB (massa beads 35 gram dan waktu 30 menit)

Perlu diketahui pula bahwa pH larutan tidak hanya mempengaruhi derajat disosiasi dan ionisasi molekul RhB, tetapi juga menentukan bentuk molekul RhB dalam larutan. Pada pH rendah, RhB hadir sebagai monomer, sedangkan

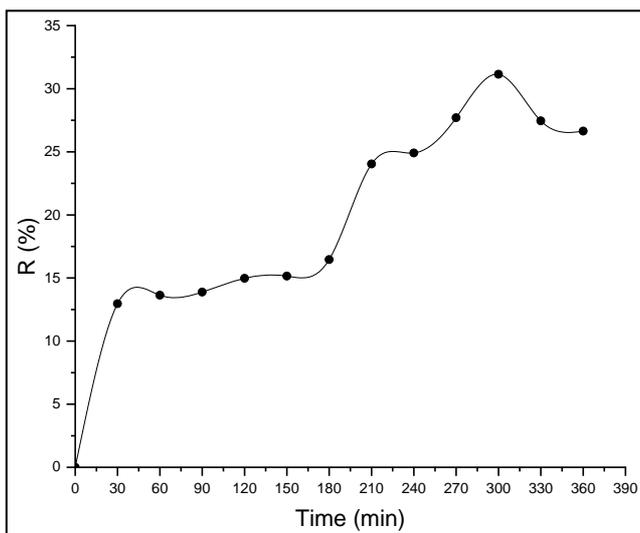
pada pH tinggi interaksi elektrostatis yang menarik antara gugus *carboxyl* dan *xanthene* monomer RhB dapat meningkatkan agregasi molekul zat warna ke bentuk dimer yang lebih besar. Molekul pewarna monomer yang lebih kecil dapat terdifusi ke dalam mikropori adsorben lebih mudah daripada bentuk dimer sehingga adsorpsi mendukung pada suasana asam (Wierzbicka et al., 2022)

Hasil serupa, penurunan adsorpsi seiring meningkatnya pH juga dilaporkan untuk adsorpsi RhB pada zeolite alam termodifikasi dengan graphene oxide (Yu et al., 2013), ampas tebu (Abou-Gamra dan Medien., 2013) kulit kenari (Shah et al., 2013) dan Halloysites (Wierzbicka et al., 2022)

3.4. Pengaruh Waktu

Pengaruh waktu kontak antara adsorben *fly ash*-alginate dengan RhB perlu diselidiki untuk mengetahui kapan terjadi kesetimbangan yaitu ketika laju adsorpsi sama dengan laju pelepasan adsorbat yang teradsorpsi. Pada Gambar 6, terlihat bahwa waktu kontak optimum terjadi pada menit ke-300 yang dapat mengadsorpsi RhB sebesar 31,15%. Pada waktu kontak 330 menit terjadi penurunan adsorpsi RhB menjadi 27,45%. Hal ini disebabkan berkurangnya jumlah sisi aktif karena larutan RhB telah membentuk lapisan pada permukaan adsorben, sehingga dapat menurunkan kekuatan adsorpsi. Penurunan ini menunjukkan bahwa adsorben telah mengalami *desorption* yaitu pelepasan kembali ion-ion yang telah diadsorpsi karena telah mengalami kejenuhan. Setelah adsorpsi mencapai waktu kesetimbangan pada waktu kontak optimum, penambahan waktu kontak selanjutnya antara adsorben dan adsorbat tidak berpengaruh signifikan terhadap adsorpsi zat warna (Fitriansyah et al., 2021; Mahreni et al., 2022).

Kontak secara fisik antara zat warna dengan adsorben yang terlalu lama menyebabkan terjadinya pelepasan kembali zat warna ke larutan. Hal ini menunjukkan bahwa daya serap adsorben menurun (Dwijayanti et al., 2020)



Gambar 6. Pengaruh waktu kontak terhadap % Removal RhB (pada pH larutan 2 dan massa beads 35gr)

4. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa manik komposit *fly ash* – alginate dapat digunakan untuk menghilangkan RhB dari limbah zat warna. Kondisi optimum pengurangan konsentrasi RhB sebesar 31,15% diperoleh ketika pH larutan 2, dengan massa beads 35 gram dan waktu adsorpsi 300 menit.

Ucapan Terima kasih

Penelitian ini didukung oleh LPPM UPN “Veteran” Yogyakarta dengan nomor kontrak B/129/UN.62/PT/V/2022

Daftar Pustaka

- Abdollahi, M., Alboofetileh, M., Rezaei, M., & Behrooz, R. (2013). Comparing physico-mechanical and thermal properties of alginate nanocomposite films reinforced with organic and/or inorganic nanofillers, *Food Hydrocolloids*, 32 (2), 416–424.
- Abou-Gamra, Z.M., & Medien, H.A.A. (2013). Kinetic, thermodynamic and equilibrium studies of rhodamine b adsorption by low cost biosorbent sugar cane bagasse. *Eur. Chem. Bull*, 2, 417–422. 33.
- Ahmaruzzaman M. (2008). Adsorption of phenolic compounds on low-cost adsorbents: A review. *Adv Colloid Interface Sci* ; 143(1-2):48-67. doi: 10.1016/j.cis.2008.07.002
- Aravindhan, R., Fathima, N. N., Rao, J. R. & Nair, B. U., (2007). Equilibrium and thermodynamic studies on the removal of basic black dye using calcium alginate beads. *Colloids and Surfaces A : Physicochemical and Engineering Aspects*, 299(1-3), 232-238
- Dwijayanti, U., Gunawan, G., Widodo, D.S., Haris, A., Suyati, L., & Lusiana, R.A., (2020) Adsorpsi methylene blue (MB) menggunakan abu layang batubara teraktivasi larutan NaOH. *Anal Environ Chem* 5(1):1–14. <https://doi.org/10.23960/aec.v5.i1.2020.p01-14>
- Fitriansyah, A., Amir, H., & Elvinawati, E., (2021) Karakterisasi adsorben karbon aktif dari sabut pinang (Areca catechu) terhadap kapasitas adsorpsi zat warna indigosol blue 04-B. *Alotrop* 5(1):42–54
- Hussain, S., Khan, N., Gul, S., Khan, S., & Khan, H., (2019). Contamination of water resources by food dyes and its removal technologies. in *water chemistry*. Intech Open: London, UK, pp. 1–14.
- Pavithra, K.G., & Jaikumar, V. (2019). Removal of colorants from wastewater: A review on sources and treatment strategies. *J. Ind. Eng. Chem.* 75, 1–19.
- Rahayu, Bandjar, A., Ninditha Susanto, N.C.A., Fajarwati, F.I., & Phuong, N. (2022). Rhodamine-B dyes adsorption by beads alginate. *Walisongo Journal of Chemistry*. 5 (1), 29-36
- Shah, J., Jan, M.R., Haq, A., & Khan, Y. (2013). Removal of Rhodamine B from aqueous solutions and wastewater by walnut shells: Kinetics, equilibrium and

- thermodynamics studies. *Front. Chem. Sci. Eng*, 7, 428–436.
- Shukla, A., Zhang, Y.H., Dubey, P., Margrave, J.L. and Shukla, S.S. (2002) The Role of Sawdust in the Removal of Unwanted Materials from Water. *Journal of Hazardous Materials*, 95, 137-152
- Tabish, M.S., Hanapi, N.S.M., Ibrahim, W.N., Saim, N., & Yahaya, N., (2019). Alginate-graphene oxide biocomposite sorbent for rapid and selective extraction of non-steroidal anti-inflammatory drugs using micro-solid phase extraction. *Indones. J. Chem*, 19 (3), 684 - 695
- Uzma, N., & Monika, D. (2014). Adsorption studies of zinc(II) ions on biopolymer composite beads Of Alginate-Fly Ash. *European Chemical Bulletin*, 3(7), 682-691
- Wierzbicka, E., Kuśmierk, K., Swi, A., & Legocka, I. (2022). Efficient rhodamine b dye removal from water by acid- and organo-modified halloysites. *Minerals*, 12, 350. [https:// doi.org/10.3390/min12030350](https://doi.org/10.3390/min12030350)
- Yu, Y., Murthy, B.N., Shapter, J., Constantopoulos, K.T., Voelcker, N., & Ellis, A. (2013). Benzene carboxylic acid derivatized graphene oxide nanosheets on natural zeolites as effective adsorbents for cationic dye removal. *J. Hazard. Mater.* 260, 330–338.