

## PENGARUH WAKTU DAN DOSIS TERHADAP EFEKTIVITAS ADSORPSI RHODAMINE B OLEH GRAPHENE OXIDE

NORMAN SYAKIR<sup>1</sup>, DEBY OKTAVIANI<sup>2</sup>, FITRILAWATI<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran  
Jl. Raya Bandung-Sumedang Km 21, Jatinangor 45363, Sumedang, Jawa Barat.

<sup>2</sup>Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran  
Jl. Raya Bandung-Sumedang Km 21, Jatinangor 45363, Sumedang, Jawa Barat.

**Abstrak.** Pada penelitian ini dipelajari pengaruh waktu dan dosis terhadap adsorpsi Rhodamin B (RhB) dalam air oleh *Graphene Oxide* (GO). Eksperimen adsorpsi dilakukan dengan cara mencampurkan dispersi GO ke dalam larutan RhB dengan memvariasikan waktu pengadukan dan rasio massa RhB:GO. Filtrat yang didapatkan pada proses adsorpsi dikarakterisasi dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasil eksperimen menunjukkan waktu pengadukan mempengaruhi jumlah adsorbat yang teradsorpsi. Semakin lama waktu pengadukan, maka semakin banyak pula adsorbat RhB yang terserap pada permukaan GO. Pada 5 menit pertama terserap sebanyak 51% dan setelah menit ke-360 terserap sebanyak 61%. Selain itu, jumlah massa GO yang digunakan mempengaruhi jumlah penghapusan RhB, semakin banyak massa GO yang digunakan maka semakin banyak pula RhB yang teradsorpsi pada permukaan GO. Untuk rasio massa RhB:GO =1:1 diperoleh jumlah RhB yang teradsorpsi oleh 0,25 mg massa GO sebesar 29%, sedangkan pada 5 mg massa GO adalah sebesar 79%.

**Kata kunci:** Rhodamin B, Graphene Oxide, Adsorpsi, Polutan.

**Abstract.** We have studied the effect of stirring time and dose on the adsorption of Rhodamine B (RhB) solution by Graphene Oxide (GO). Adsorption experiments were conducted by mixing RhB solution with GO dispersion by varying stirring time and the RhB:GO mass ratio. The filtrate obtained in the adsorption process was characterized using a UV-Vis spectrophotometer. The experimental results showed that stirring time affects the amount of RhB adsorbed by GO, which the longer the stirring time, the more RhB is absorbed. In the first 5 minutes it was absorbed by 51% and in the 360th minute it was absorbed by 61%. In addition the amount of GO used also affects the amount of RhB removal, the more GO used, the more RhB adsorbed on the GO surface. For the mass ratio RhB:GO of 1:1, the amount of RhB adsorbed by a mass of 0.25 mg GO is 29%, while at a mass of 5 mg GO is 79%.

**Keywords:** Rhodamine B, Graphene Oxide, Adsorption, Pollutant.

### 1. Pendahuluan

Warna merupakan salah satu daya tarik terbesar dalam meningkatkan minat konsumen terhadap suatu produk, sehingga banyak sekali produk yang menggunakan warna menarik. Salah satu pewarna yang sering digunakan khususnya pada industri tekstil, dan kertas adalah *Rhodamine B* [RhB] yang merupakan pewarna sintesis berbentuk serbuk kristal yang tidak berbau dan termasuk dalam golongan pewarna *xanthenes basa*. Larutan RhB berkonsentrasi tinggi akan berwarna merah keunguan dan menjadi berwarna merah terang pada konsentrasi rendah. Jika pewarna ini masuk ke dalam tubuh manusia, maka akan berbahaya karena bersifat toksik sehingga menyebabkan iritasi hingga gangguan saluran pernafasan. Jika pewarna ini masuk ke perairan, maka akan menjadi pencemaran lingkungan yang mempengaruhi pH air sehingga mengganggu mikroorganisme dan hewan air.

---

\*Email: fitrilawati@phys.unpad.ac.id

Untuk menjaga kualitas air, maka perlu dilakukan pengelolaan pada air tercemar. Ada berbagai macam teknik pemisahan yang dapat dilakukan untuk menghilangkan pewarna berbahaya dalam air limbah, diantaranya metode kimia, fotokatalis, fisiokimia dan biologi. Namun, masing-masing metode tersebut memiliki keterbatasan, seperti biaya produksi dan efisiensinya [1]. Di antara proses tersebut, adsorpsi dianggap sebagai metode yang paling andal dan efektif untuk pengolahan zat warna yang ada dalam air limbah [2]. Proses adsorpsi memiliki desain yang sederhana sehingga mudah untuk dioperasikan dengan biaya produksi yang terbilang rendah serta pemulihan bahan adsorben dan adsorbat terbilang aman, tidak memerlukan sinar UV dalam prosesnya, dan bebas dari produksi zat beracun seperti radikal bebas dan ozon yang dihasilkan selama proses fotodegradasi [3].

Telah dilaporkan bahwa *Graphene oxide* (GO) banyak digunakan sebagai adsorben yang efisien untuk menyerap ion logam berat, obat, atau pewarna kationik [4]. GO merupakan material berbasis grafena dengan permukaan yang luas dan struktur monolayer datar. GO memiliki struktur sarang lebah yang mengandung gugus fungsi oksigen pada permukaannya seperti gugus epoksi (C-O-C), hidroksil (C-OH), karbonil (C=O) dan karboksil (-COOH) pada tepinya yang terikat secara kovalen [2]. Gugus oksigen yang dimiliki GO menyebabkan jarak antar lapisan pada GO menjadi lebih lebar. Selain itu, gugus fungsi di atas pada GO menyebabkannya bersifat sangat hidrofilik sehingga mudah larut di dalam air. Gugus fungsi oksigen inilah yang menyebabkan GO bermuatan negatif sehingga dapat menarik dan mengikat polutan bermuatan positif yang berdifusi ke permukaan GO. Hal ini menunjukkan bahwa GO dapat digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan pewarna sintesis pada air limbah [5].

Tingkat penyerapan adsorben GO dipengaruhi oleh banyak faktor seperti kondisi lingkungan, konsentrasi polutan, waktu interaksi dengan polutan dan dosis adsorbennya. Dalam usaha untuk mendapatkan faktor yang optimal, dalam studi ini dipelajari pengaruh waktu pengadukan dan dosis terhadap efektivitas adsorpsi RhB oleh GO. Hasil tersebut sangat diperlukan dalam usaha mengoptimasi parameter adsorpsi RhB oleh GO.

## 2. Bahan dan Metoda

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah dispersi GO 4 mg/mL (*Graphene SA ES A75022608*) yang berfungsi sebagai adsorben penghilang polutan, bubuk RhB sebagai model polutan, dan *milli-Q Water* sebagai pelarut. Eksperimen dilakukan pada kondisi netral, yaitu kondisi dimana derajat asam-basa dari larutan RhB sekitar 7.

Eksperimen adsorpsi diawali dengan penyiapan dispersi GO dalam air dengan konsentrasi 0,5 mg/mL dan penyiapan larutan RhB dalam air dengan konsentrasi 50 mg/L (50 ppm). Eksperimen adsorpsi dilakukan dengan mencampurkan dispersi GO dengan larutan RhB. Rasio massa RhB dan GO sebesar 1:5. Rasio perbandingan tersebut didapat dengan mencampurkan 2,5 mL dispersi GO berkonsentrasi 0,5 mg/mL dan 5 mL larutan RhB berkonsentrasi 50 mg/L (50 ppm) dalam 42,5 mL *milli-Q Water*. Campuran tersebut kemudian diaduk menggunakan *shaker bath* dengan kecepatan putaran 250 rpm pada suhu ruang, dengan waktu pengadukan divariasikan dari 0 hingga 6 jam. Pada eksperimen tersebut disiapkan 8 botol campuran yang identik sesuai dengan jumlah variasi waktu pengadukan. Setelah waktu pengadukan tertentu, campuran tersebut diangkat dari *shaker bath*, endapan GO yang sudah mengadsorpsi RhB dipisahkan dari filtrat larutan RhB. Selanjutnya, filtrat tersebut diukur absorbansinya dengan menggunakan spektroskopi UV-Vis untuk mengetahui perubahan konsentrasi larutan RhB setelah diadsorpsi oleh GO pada rentang waktu tertentu.

Selanjutnya, eksperimen adsorpsi dengan variasi dosis dilakukan dengan berbagai jumlah massa GO seperti diperlihatkan pada Tabel 1. Dalam 5 mL larutan RhB dengan konsentrasi 50 mg/L (50 ppm) terdapat 0,25 mg bubuk RhB dan pada 0,5 mL dispersi GO dengan konsentrasi 0,5 mg/mL terdapat 0,25 mg GO. Pada proses adsorpsi tersebut campuran RhB-GO diaduk menggunakan *shaker bath* selama 6 jam pada suhu ruang dengan kecepatan 250 rpm. Sama seperti eksperimen variasi waktu pengadukan, endapan GO yang sudah menyerap RhB dipisahkan dari filtrat larutan RhB. Filtrat larutan RhB tersebut dikarakterisasi menggunakan spektroskopi UV-dan proses tersebut diulang untuk perbandingan RhB:GO yang lainnya.

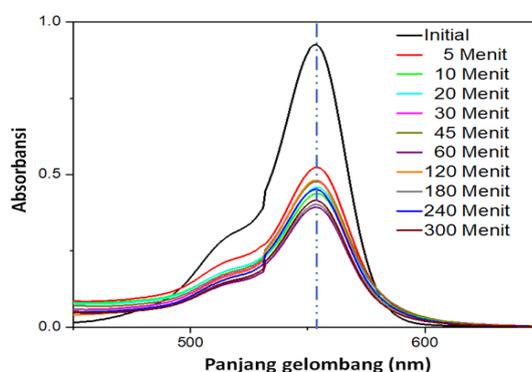
**Tabel 1.** Perbandingan volume larutan RhB (50mg/L) terhadap dispersi GO (0,5mg/mL).

No.	Volume larutan RhB (50 mg/L)	Volume dispersi GO (0,5mg/mL)	Volume <i>milli-Q Water</i>	Volume Total	Kode Sampel
1	5 mL	0,5 mL	44,5 mL	50 mL	D01
2	5 mL	2,5 mL	42,5 mL	50 mL	D05
3	5 mL	5,0 mL	40,0 mL	50 mL	D10
4	5 mL	7,5 mL	37,5 mL	50 mL	D15
5	5 mL	10,0 mL	35,0 mL	50 mL	D20

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Pengaruh waktu pengadukan terhadap efektivitas adsorpsi

Filtrat larutan RhB secara visual mengalami perubahan warna dibandingkan dengan kondisi awal. Perubahan secara signifikan terjadi pada 5 menit pertama dan selanjutnya relatif sedikit berubah. Spektrum absorbansi dari filtrat hasil eksperimen adsorpsi menggunakan 50 mL campuran RhB-GO dengan ratio massa RhB:GO = 1:5 pada berbagai variasi waktu pengadukan diperlihatkan pada Gambar 1. Pada gambar tersebut terlihat bahwa puncak absorbansi larutan RhB menurun secara signifikan pada 5 menit pertama waktu pengadukan dan sedikit menurun pada variasi waktu pengadukan selanjutnya. Hal ini sesuai dengan hasil pengamatan secara visual.

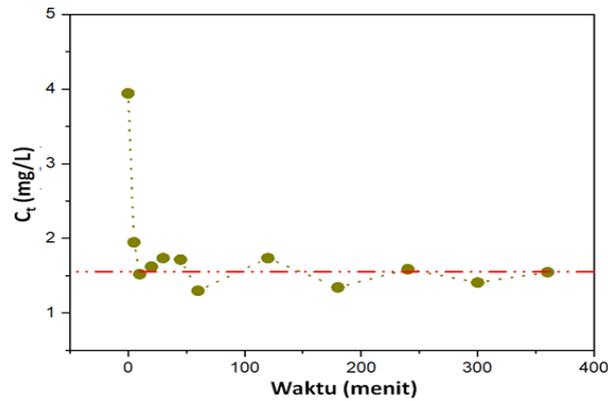


**Gambar 1.** Perubahan spektrum absorbansi filtrat larutan RhB hasil proses adsorpsi oleh GO pada berbagai waktu pengadukan untuk rasio massa RhB:GO = 1:5.

Nilai puncak absorbansi ( $A_t$ ) filtrat larutan RhB pada panjang gelombang 554 nm untuk variasi waktu ( $t$ ) dapat dikonversi menjadi nilai konsentrasi ( $C_t$ ) menggunakan persamaan (1) yaitu persamaan kalibrasi yang menghubungkan kedua besaran tersebut.

$$C_t \left( \frac{mg}{L} \right) = \frac{A_t - 0,13128}{0,20157} \quad (1)$$

Perubahan nilai konsentrasi filtrat yang dihasilkan selama proses adsorpsi diperlihatkan pada Gambar 2. Pada gambar tersebut tampak bahwa konsentrasi filtrat larutan RhB setelah proses adsorpsi mengalami penurunan. Penurunan secara signifikan terjadi pada 5 menit pertama yaitu dari 3,94 mg/L menjadi 1,55 mg/L dan selanjutnya berubah secara fluktuatif menuju nilai setimbang di 1,55 mg/L.

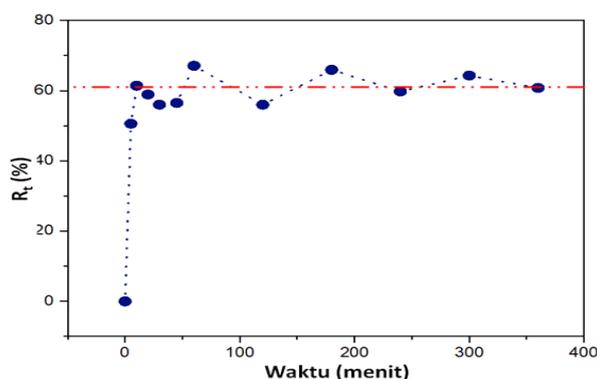


**Gambar 2.** Perubahan konsentrasi filtrat larutan RhB pada berbagai waktu pengadukan untuk rasio massa RhB:GO = 1:5.

Selisih konsentrasi pada waktu awal dan akhir filtrat larutan RhB menggambarkan jumlah RhB yang teradsorpsi oleh GO. Jumlah RhB yang teradsorpsi oleh GO tampak berlangsung pada 5 menit pertama proses adsorpsi, yaitu sebesar 2,39 mg/L. Perubahan tersebut dapat dinyatakan dalam besaran  $R_t$  yang menggambarkan efisiensi adsorpsi oleh GO, yaitu perbandingan antara konsentrasi filtrat yang teradsorpsi oleh GO terhadap konsentrasi awal larutan RhB menggunakan persamaan (2).

$$R_t (\%) = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\% \quad (2)$$

Dengan  $C_0$  dan  $C_t$  adalah konsentrasi awal larutan RhB dan konsentrasi filtrat larutan RhB pada variasi waktu ( $t$ ). Kurva efisiensi adsorpsi GO terhadap variasi waktu pengadukan diperlihatkan pada Gambar 3. Tampak bahwa efisiensi adsorpsi pada 5 menit pertama sebesar 60,58 %, selanjutnya efisiensi adsorpsi tampak fluktuatif menuju nilai setimbang di 60,58 %.



**Gambar 3.** Efisiensi adsorpsi GO terhadap larutan RhB pada berbagai waktu pengadukan untuk rasio massa RhB:GO = 1:5

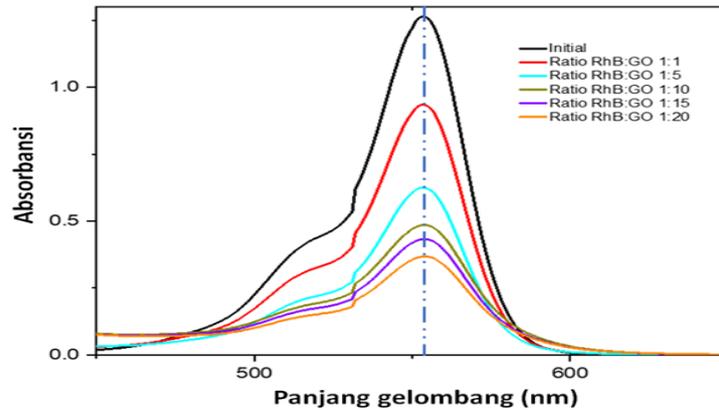
Hasil tersebut memperlihatkan bahwa waktu pengadukan mempengaruhi konsentrasi akhir filtrat larutan RhB. Hal tersebut terjadi karena proses pengadukan menghasilkan kontak antara molekul RhB dan GO sehingga meningkatkan peluang RhB terikat pada permukaan GO. Pengadukan akan menimbulkan interaksi elektrostatis molekul kationik RhB dan molekul negatif pada GO untuk saling berinteraksi. Melalui penambahan waktu pengadukan, maka efisiensi adsorpsi GO semakin meningkat. Namun setelah 5 menit, peningkatan efisiensi adsorpsi tampak fluktuatif dengan perbedaan yang tidak signifikan. Kemungkinan hal ini disebabkan oleh kejenuhan permukaan GO tertutup oleh molekul kationik RhB sehingga kapasitas adsorpsinya tidak dapat meningkat atau sudah mencapai kondisi kesetimbangan. Perubahan yang fluktuatif tersebut mungkin diakibatkan terjadinya desorpsi atau pelepasan kembali adsorbat ke dalam pelarut yang digunakan.

### 3.2. Pengaruh dosis terhadap efektivitas adsorpsi

Untuk ini telah dilakukan eksperimen adsorpsi RhB oleh GO dengan variasi massa GO, yaitu pada berbagai rasio massa RhB:GO atau dosis GO seperti yang diperlihatkan pada Tabel 1 dan 2. Filtrat RhB secara visual tampak semakin bening jika dosis GO yang digunakan makin tinggi, sesuai dengan hasil pengukuran spektrum absorbansi filtrat RhB hasil proses adsorpsi selama 6 jam yang ditampilkan pada Gambar 4. Kurva spektrum absorbansi tersebut memperlihatkan penurunan absorbansi larutan RhB dengan semakin banyaknya massa GO yang digunakan pada proses adsorpsi.

**Tabel 2.** Variasi ratio massa RhB:GO dan dosis adsorben GO dalam total volume larutan 50 mL.

Kode Sampel	Massa RhB (mg)	Massa GO (mg)	Rasio massa RhB:GO	Dosis GO (mg/mg)
D01	0,25	0,25	1:1	1
D05	0,25	1,25	1:5	5
D10	0,25	2,50	1:10	10
D15	0,25	3,75	1:15	15
D20	0,25	5,00	1:20	20



**Gambar 4.** Spektrum absorbansi filtrat larutan RhB setelah 6 jam proses adsorpsi oleh GO untuk berbagai dosis GO 1, 5, 10, 15, dan 20

Dengan menggunakan nilai puncak absorbansi RhB pada panjang gelombang 554 nm, konsentrasi filtrat larutan RhB ditentukan menggunakan persamaan (3) sebagai persamaan konversi.

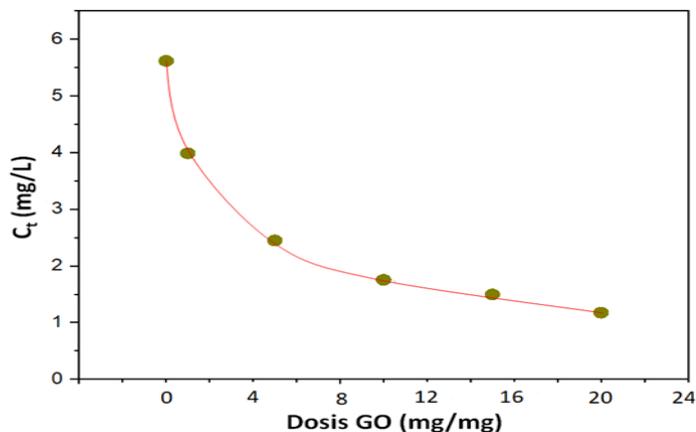
$$C_d \left( \frac{mg}{L} \right) = \frac{A_d - 0,13128}{0,20157} \tag{3}$$

Dengan  $C_d$  dan  $A_d$  adalah konsentrasi dan absorbansi filtrat RhB untuk suatu dosis GO. Perubahan konsentrasi RhB untuk berbagai jumlah massa GO yang digunakan diperlihatkan pada Gambar 5. Gambar tersebut memperlihatkan konsentrasi filtrat larutan RhB menurun dengan bertambahnya massa GO yang dipergunakan pada proses adsorpsi. Konsentrasi awal larutan RhB adalah 5,6 mg/L, pada rasio RhB:GO = 1:20, konsentrasi akhir filtrat larutan RhB berubah menjadi 1,17 mg/L. Selisih antara konsentrasi awal dan konsentrasi akhir filtrat larutan RhB menggambarkan jumlah RhB yang teradsorpsi pada permukaan GO. Jumlah RhB yang teradsorpsi GO ketika massa GO yang digunakan sebesar 0,25 mg adalah 1,63 mg/L.

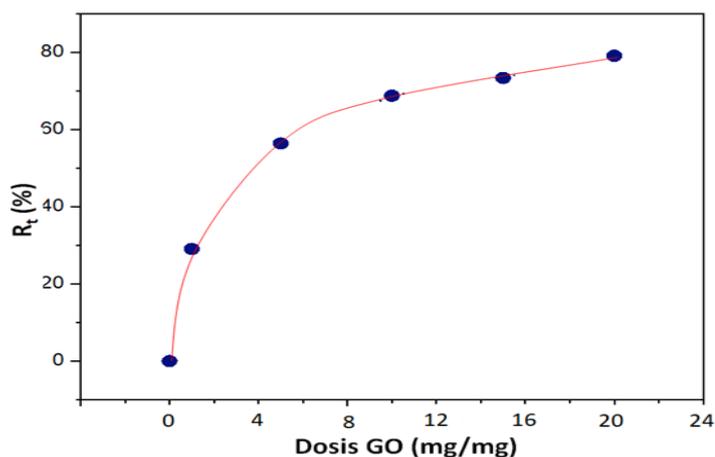
Kemampuan adsorpsi untuk suatu nilai dosis GO dapat dinyatakan dalam besaran efisiensi  $R_d$  menggunakan persamaan (4) dan hasilnya diperlihatkan oleh kurva efisiensi pada Gambar 6.

$$R_d (\%) = \frac{c_0 - C_d}{c_0} \times 100\% \tag{4}$$

Dengan  $R_d$  dan  $C_d$  adalah efisiensi adsorpsi GO dan konsentrasi filtrat RhB untuk suatu dosis GO. Gambar ini memperlihatkan bahwa variasi massa GO sangat berpengaruh juga terhadap efisiensi adsorpsi GO. Semakin besar massa GO yang dipergunakan, maka semakin besar pula efisien adsorpsinya. Efisiensi adsorpsi ini berkaitan dengan jumlah penyerapan RhB oleh GO. Efisiensi adsorpsi untuk massa GO sebesar 0,25 mg adalah 29 % dan untuk massa GO sebesar 5 mg adalah 79 % dimana massa RhB yang digunakan tetap 0,25 mg.



**Gambar 5.** Perubahan konsentrasi filtrat larutan RhB setelah 6 jam proses adsorpsi untuk berbagai dosis GO.



**Gambar 6.** Efisiensi efektif adsorpsi GO terhadap larutan RhB setelah 6 jam proses pengadukan untuk berbagai dosis GO.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan di atas, dimana eksperimen dilakukan terhadap larutan RhB pada kondisi pH netral, lama waktu pengadukan dan jumlah dosis GO yang digunakan mempengaruhi kualitas filtrat yang dihasilkan pada proses adsorpsi. Untuk rasio RhB:GO = 1:5, dalam rentang waktu 5 menit pertama RhB terserap sebanyak 51% dan ketika waktu diperpanjang hingga menit ke-360 jumlah RhB yang terserap menjadi 61%. Hasil tersebut menunjukkan ada waktu optimum proses adsorpsi RhB oleh GO. Penambahan waktu pengadukan tidak banyak mengubah efisiensi adsorpsinya. Jumlah massa GO yang digunakan sangat mempengaruhi jumlah penghapusan RhB. Semakin banyak massa GO yang digunakan maka semakin banyak pula RhB yang teradsorpsi pada

permukaan GO. Untuk rasio massa RhB:GO =1:1 efisiensi adsorpsi GO sebesar 29% dan meningkat menjadi 79 % ketika rasio RhB:GO dinaikkan menjadi 1:20. Hasil ini menunjukkan waktu dan dosis harus dioptimasi untuk mendapatkan efisiensi yang optimum.

## **5. Ucapan Terima Kasih**

Penelitian ini didanai oleh Proyek Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT) nomor kontrak 2064/UN6.3.1/PT.00/2022 tanggal 17 Maret 2022.

## **Daftar Pustaka**

- [1] M. A. M. Salleh, D. K. Mahmoud, W. A. W. A. Karim, and A. Idris, “*Cationic and Anionic Dye Adsorption by Agricultural Solid Wastes: A Comprehensive Review*,” *Desalination*, vol. 280, no. 1–3, pp. 1–13, 2011, doi: 10.1016/j.desal.2011.07.019.
- [2] J. Sahar, A. Naeem, M. Farooq, S. Zareen, Farida, and S. Sherazi, “*Kinetic Studies of Graphene Oxide Towards the Removal of Rhodamine B and Congo Red*,” *Int. J. Environ. Anal. Chem.*, vol. 00, no. 00, pp. 1–15, 2019, doi: 10.1080/03067319.2019.1679802.
- [3] M. Eskandari, M. Z. Khatir, A. K. Darban, and M. Meshkini, “*Decreasing Ni, Cu, Cd, and Zn Heavy Metal Using Magnetite-Bentonite Nanocomposites and Adsorption Isotherm Study*,” *Mater. Res. Express*, vol. 5, no. 4, 2018, doi: 10.1088/2053-1591/aabb1d.
- [4] A. Khan *et al.*, “*The Role of Graphene Oxide and Graphene Oxide-Based Nanomaterials in the Removal of Pharmaceuticals from Aqueous Media: a Review*,” *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 24, no. 9, pp. 7938–7958, 2017, doi: 10.1007/s11356-017-8388-8.
- [5] B. Mao, B. Sidhureddy, A. R. Thirupathi, P. C. Wood, and A. Chen, “*Efficient Dye Removal and Separation Based on Graphene Oxide Nanomaterials*,” *New J. Chem.*, vol. 44, no. 11, pp. 4519–4528, 2020, doi: 10.1039/c9nj05895h.