

## ADSORPSI ZAT WARNA RHODAMIN B MENGGUNAKAN KOMPOSIT $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -AMPAS KOPI

### ADSORPTION OF RHODAMINE B DYE USING $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -COFFEE GROUNDS COMPOSITE

Resky Widya Astuti<sup>1</sup>, Alimuddin<sup>1,2,\*</sup>, Husna Syaima<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia

<sup>2</sup>Laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia

\*Corresponding autor : [alimuddinfmipaunmul@gmail.com](mailto:alimuddinfmipaunmul@gmail.com)

Diterbitkan: 31 Oktober 2024

#### ABSTRACT

Adsorption of Rhodamin B Dye with  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -Coffee Grounds Composite has been carried out. The purpose of this study is to determine the optimum time, optimum pH, maximum adsorption capacity and type of adsorption isotherm in rhodamin B dye with  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -Coffee grounds composite. The first stage of making  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -Coffee grounds composite using the coprecipitation method with  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  was weighed with a molar ratio of 3:2, then combined with coffee grounds. The results showed that the optimum time was obtained at 20 minutes, at the optimum pH at pH 10, and the maximum adsorption capacity obtained was 40.19 mg/g. The results of the determination of the type of isotherm in the adsorption of rhodamin b were obtained by the type of Langmuir isotherm.

**Keywords:** Rhodamine B, Adsorption, Composite  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -coffee grounds

#### PENDAHULUAN

Pewarna adalah zat yang dirancang untuk memberikan warna atau rona pada bahan seperti kain, kertas dan lainnya [1]. Awalnya manusia menggunakan zat warna yang berasal dari bahan alam. Namun, seiring dengan perkembangan zaman ditemukannya zat pewarna sintetis sehingga menggunakan pewarna alam semakin terkikis [2]. Pewarna sintetis banyak digunakan dalam industri tekstil sebagai bahan baku untuk membantu proses produksi. Dikarenakan pewarna sintetis mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan pewarna alami, yaitu mudah diperoleh di pasaran, ketersediaan pewarna terjamin, jenis pewarna berbeda, serta lebih praktis dan mudah digunakan, lebih ekonomis dan lebih murah [3].

Namun disamping itu, penggunaan pewarna sintetis dapat menimbulkan lingkungan yang sangat serius saat ini yakni limbah zat warna [4]. Bahan pewarna yang digunakan di dalam industri tekstil sangat beranekaragam dan biasanya terdiri dari bermacam – macam zat warna. Salah satu zat warna yang biasanya terdapat pada limbah cair industri tekstil adalah rhodamin B [5].

Rhodamin B berbentuk kristal berwarna hijau atau bubuk berwarna merah kecokelatan, sangat mudah larut dalam air, menghasilkan warna biru-merah dan intensitas fluoresensi. Selain larut dalam air, zat ini juga larut dalam alkohol, HCl dan NaOH [6]. Rhodamin B mempunyai sifat toksik, dalam jangka panjang dapat terakumulasi dalam tubuh sehingga menyebabkan iritasi pernafasan dan dalam jangka panjang dapat menyebabkan kerusakan ginjal, gangguan liver, usus kecil dan besar, kerusakan jantung bahkan kerusakan otak [7].

Berbagai cara dalam penanggulangan masalah limbah zat pewarna baik secara fisika maupun kimia telah banyak dilakukan dan dilaporkan seperti koagulasi kimia, lumpur yang diaktivasi, biodegradasi, oksidasi, pemisahan dengan membran, adsorpsi, elektrolisis dan fotodegradasi [8].

Adsorpsi adalah kemampuan suatu padatan tertentu untuk menyerap komponen campuran gas atau cairan pada permukaan padatan tersebut [9]. Kemampuan suatu adsorben untuk menarik suatu zat yang teradsorpsi ke permukaan atau ke dalam pori-pori merupakan peristiwa adsorpsi. Adsorben ramah lingkungan banyak tersedia, misalnya ampas kopi [10].

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Ampas kopi dapat dikompositkan dengan magnetit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dengan cara kopresipitasi untuk meningkatkan performance adsorben. Dengan menggabungkan magnet oksida besi dengan ampas kopi diperoleh suatu bahan komposit baru yang mempunyai sifat adsorpsi dan dapat merespon medan magnet luar. Sehingga dalam aplikasinya setelah proses adsorpsi, komposit magnetit dapat dipisahkan dari medium larutan tanpa menggunakan proses penyaringan, melainkan menggunakan sistem magnet permanen [11].

Berdasarkan uraian diatas, maka dilakukan penelitian dengan memanfaatkan limbah ampas kopi yang dikompositkan dengan magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) menjadi komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -Ampas kopi sebagai adsorben untuk mengadsorpsi zat warna rhodamin B. Penerapan limbah ampas kopi sebagai adsorben diharapkan menjadi alternatif bahan dasar dalam penelitian nantinya.

## **METODE PENELITIAN**

### **Alat**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitik, oven *magnetic stirrer*, *stopwatch*, *shaker*, bulp, pH meter, corong pisah, ayakan 100 mesh, desikator, peralatan gelas, spektrofotometer UV-Visible.

### **Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ampas kopi, aquades, *aluminium foil*, rhodamin B,  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$  25 %, NaOH, HCl, dan kertas saring

### **Prosedur Penelitian**

#### **Preparasi Ampas Kopi**

Ampas kopi yang didapatkan dari salah satu kafe yang ada di samarinda. Ampas kopi dicuci beberapa kali dengan aquades mendidih hingga filtrat tak berwarna. Ampas kopi kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu  $105^\circ\text{C}$  selama 3 jam. Kemudian digerus dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh.

#### **Pembuatan Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -Ampas kopi**

Pembuatan Komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  – Ampas Kopi dengan metode kopresipitasi dimana  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  ditimbang dengan perbandingan mol 3:2 yakni  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  sebanyak 8,1 g dan  $\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  sebanyak 5,56 g, dilarutkan dalam 50 mL aquades. Kemudian kedua larutan tersebut dicampur, lalu diaduk dengan *magnetic stirrer* dan dipanaskan pada suhu  $90^\circ\text{C}$  selama 30 menit. Lalu, ditambahkan secara perlahan larutan  $\text{NH}_4\text{OH}$  25 % sebanyak 60 mL [12]. Pada wadah lain ampas kopi sebanyak 10 gram dilarutkan dalam 100 mL aquades ke dalam gelas beaker 250 mL, diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer*, sambil dipanaskan pada suhu  $70^\circ\text{C}$  kemudian ditambahkan larutan campuran  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  yang sebelumnya telah dibuat, lalu disaring. Endapan di cuci hingga pH sama dengan pH aquades dan disimpan dalam desikator selama 24 jam. Selanjutnya adsorben digerus dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh.

### **Adsorpsi Terhadap Zat Warna Rhodamin B**

#### **Penentuan Waktu Optimum**

Adsorben komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -ampas kopi sebanyak 0,01 g masing-masing ditambahkan ke dalam larutan rhodamin B konsentrasi 10 mg/L sebanyak 25 ml, dengan variasi waktu 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, dan 70 menit. Kemudian dipisahkan adsorben dari campuran dengan bantuan magnet eksternal lalu didekantasi. Filtrat diuji menggunakan Spektrofotometer UV-Visible.

#### **Penentuan pH Optimum**

Asorben komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -ampas kopi sebanyak 0,01 g masing-masing ditambahkan ke dalam larutan rhodamin B konsentrasi 10 mg/L sebanyak 25 ml, lalu pH diatur dengan variasi 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, dan 12 menggunakan HCl 0,1 M dan NaOH 0,1 M. Kemudian di *shaker* dengan waktu optimum yang telah diperoleh. Lalu, dipisahkan adsorben dari campuran dengan bantuan magnet eksternal lalu didekantasi. Filtrat diuji menggunakan Spektrofotometer UV-Visible.

## Pengaruh Konsentrasi

Adsorben komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-ampas kopi sebanyak 0,01 g masing-masing ditambahkan ke dalam larutan rhodamin B variasi konsentrasi 5, 10 20, 30, 40, 50, 60, 70 mg/L sebanyak 25 ml, lalu diatur pH optimum. Campuran di *shaker* dengan waktu optimum yang telah diperoleh. Kemudian dipisahkan adsorben dari campuran dengan bantuan magnet eksternal lalu didekantasi. Filtrat diuji menggunakan Spektrofotometer UV-Visible.

## Analisis Data

Penentuan Isoterm adsorpsi dilakukan dengan membuat grafik perbandingan antara 1/Q (sumbu y) dan 1/Ce (sumbu x) dan grafik perbandingan Log Q (sumbu y) dan 1/Ce (sumbu x). Dilihat dari nilai regresi yang mendekati 1. Penentuan kapasitas adsorpsi dilakukan dalam uji optimasi rhodamin B dengan ampas kopi dan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-ampas kopi dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$q_e = \frac{(C^0 - C_e) V}{m} \quad (1)$$

Keterangan:

m = massa adsorben (g)

V = volume larutan (L)

C<sub>0</sub> = konsentrasi Awal (mg/L)

C<sub>e</sub> = konsentrasi kesetimbangan (mg/L)

Q<sub>e</sub> = kapasitas adsorpsi (mg/g)

Model Isoterm Langmuir

$$\frac{C_e}{Q} = \frac{1}{bq_m} + \frac{1}{q_m} C_e \quad (2)$$

Keterangan:

C<sub>e</sub> = Konsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan setelah adsorpsi (mg/L)

Q = Jumlah adsorbat teradsorpsi per bobot adsorben (mg/g)

b = Konstanta kesetimbangan adsorpsi (mg/L)

q<sub>m</sub> = Kapasitas adsorpsi maksimum dan adsorben (mg/g)

Model Isoterm Freundlich

$$\text{Log } Q = \text{Log } k + 1/n \text{ Log } C_e \quad (3)$$

Keterangan:

C<sub>e</sub> = Konsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan setelah adsorpsi (mg/L)

K = Konstanta adsorpsi Freundlich

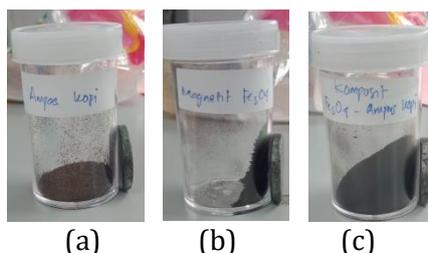
N = konstanta empiris

Q = Jumlah adsorbat teradsorpsi per bobot adsorben (mg/g)[13].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pembuatan Komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Ampas kopi

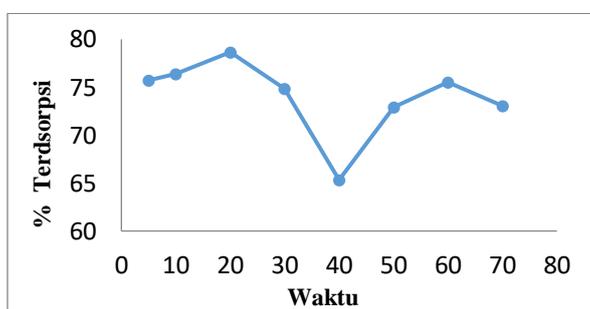
Komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-ampas kopi dibuat menggunakan metode kopresipitasi dengan menggabungkan magnetit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dengan ampas kopi. Magnetit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dibuat dengan cara menggabungkan FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O dan FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O (rasio massa 3:2) yang ditambahkan NH<sub>4</sub>OH 25 % sebanyak 60 mL yang berfungsi sebagai larutan pengendap, sehingga terbentuk endapan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. Selanjutnya dilakukan penggabungan magnetit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dengan ampas kopi, sehingga terbentuk komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-ampas kopi berwarna hitam. Pembuatan komposit ini dimaksudkan untuk menggabungkan sifat magnet dari Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dengan ampas kopi yang memiliki sifat adsorpsi, sehingga dapat mempermudah proses pemisahan adsorben dengan larutan limbah. Seperti pada gambar 1 (a) yang menunjukkan bahwa ampas kopi tidak memiliki sifat kemagnetan jika didekatkan dengan batang magnet, pada gambar 1 (b) menunjukkan bahwa magnetit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> mempunyai sifat kemagnetan yang sangat kuat jika didekatkan dengan batang magnet. Dan pada gambar 1 (c) terlihat komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-ampas kopi memiliki sifat magnet apabila didekatkan dengan batang magnet, sehingga menunjukkan bahwa Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> telah berhasil dikompositkan dengan ampas kopi.



**Gambar 1.** (a) Ampas Kopi, (b) Magnetit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , (c) Komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -ampas kopi

### Adsorpsi Terhadap Zat Warna Rhodamin B Penentuan Waktu Optimum

Pada penelitian ini dilakukan penentuan waktu optimum yang bertujuan untuk mengetahui lama waktu yang diperlukan komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -ampas kopi dalam mengadsorpsi zat warna rhodamin b. Berikut grafik pengaruh waktu terhadap zat warna rhodamin B teradsorpsi (%) pada komposit ditunjukkan pada gambar Gambar 2.

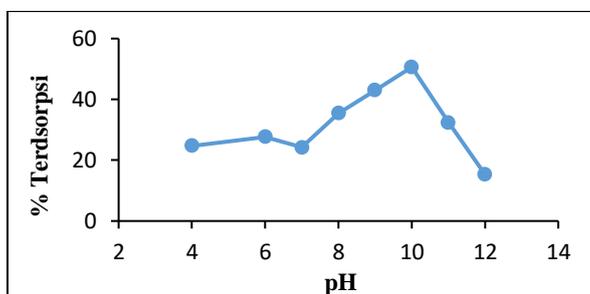


**Gambar 2.** Pengaruh variasi waktu terhadap zat warna rhodamin B Teradsorpsi (%) oleh Komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -ampas kopi

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada gambar 2 dapat diketahui waktu optimum yang diperoleh dari komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -ampas kopi terjadi pada waktu 20 menit dengan jumlah zat warna rhodamin B teradsorpsi sebesar 78,65%. Berdasarkan data tersebut semakin lama waktu kontak maka kapasitas ataupun persen adsorpsi akan semakin besar pula dimana pada waktu kontak 5 menit hingga 20 mengalami kenaikan persen adsorpsi.

### Penentuan Waktu Optimum

Pada penelitian ini dilakukan penentuan pH optimum yang bertujuan untuk mengetahui pH optimum dari zat warna rhodamin B untuk menggunakan komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -ampas kopi. Berikut grafik pengaruh pH terhadap zat warna rhodamin B teradsorpsi (%) pada komposit ditunjukkan pada gambar 3.

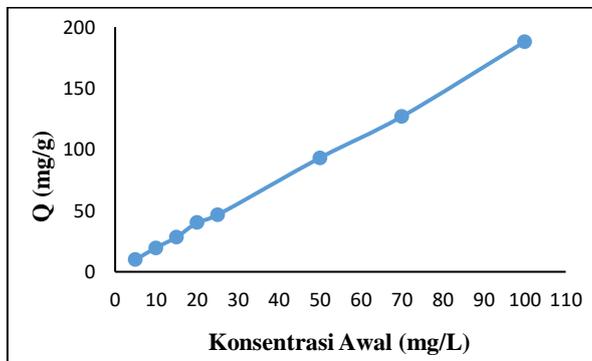


**Gambar 3.** Pengaruh variasi pH terhadap zat warna rhodamin B Teradsorpsi (%) oleh Komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -ampas kopi

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Gambar 3 dapat diketahui pH optimum yang diperoleh dari komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -ampas kopi terjadi pada pH 10 menit dengan jumlah zat warna rhodamin B teradsorpsi (%) sebesar adsorpsinya sebesar 50,60%.

### Pengaruh Konsentrasi

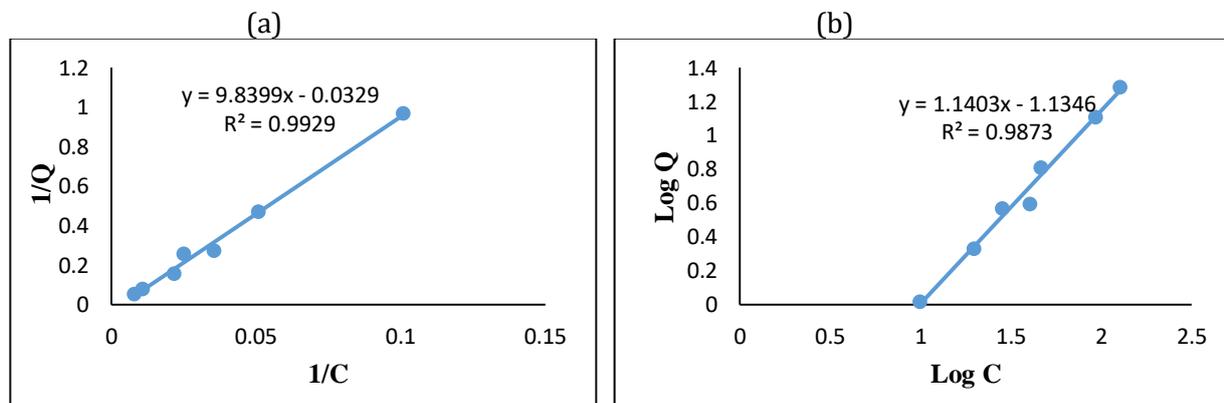
Pada penelitian ini dilakukan penentuan kapasitas adsorpsi maksimum rhodamin b dengan menggunakan variasi konsentrasi yang bertujuan untuk menunjukkan kemampuan komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -ampas kopi dalam mengadsorpsi rhodamin b. Berikut grafik pengaruh pH terhadap zat warna rhodamin B teradsorpsi (%) pada komposit ditunjukkan pada gambar 4



**Gambar 4.** Pengaruh variasi konsentrasi terhadap zat warna rhodamin B Teradsorpsi ( $Q_a$ ) oleh Komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -ampas kopi

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada gambar 4 dapat diketahui peningkatan adsorpsi rhodamin B oleh komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -ampas kopi yaitu pada variasi konsentrasi 100 mg/L dengan jumlah zat warna rhodamin B yang teradsorpsi sebesar 188,06 mg/g. kapasitas terus meningkat hal ini dikarenakan permukaan komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -ampas kopi belum jenuh sehingga komposit dapat menyerap molekul – molekul rhodamin b. Jika permukaan mencapai titik kejenuhan maka komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -ampas kopi akan melepaskan molekul-molekul rhodamin b yang telah terserap sehingga daya adsorpsinya akan menurun. Didapatkan kapasitas adsorpsi maksimum rhodamin b oleh komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -ampas kopi sebesar 40,19 mg/g.

Kemudian dilakukan penentuan isoterm pada komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -ampas kopi dengan dua jenis isoterm yakni isoterm Langmuir dan isoterm freundlich yang di sajikan pada gambar 5



**Gambar 5.** (a) Isoterm Langmuir dan (b) Isoterm Freundlich Adsorpsi Rhodamin B oleh Komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -ampas kopi

Dari gambar 5 (a) pada jenis isoterm Langmuir didapatkan nilai  $R^2$  sebesar 0,9929 dan gambar 5 (b) pada isoterm Freundlich didapatkan nilai  $R^2$  sebesar 0,9873. Berdasarkan hasil tersebut, maka penentuan kapasitas adsorpsi rhodamin b oleh komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -ampas kopi mengikuti jenis isoterm Langmuir, yaitu adsorpsi rhodamin b oleh komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -ampas kopi terjadi melalui bentuk monolayer (satu lapisan) pada permukaan komposit dimana permukaan adsorbat memiliki afinitas yang sama untuk rhodamin b [14].

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa hasil uji adsorpsi yang diperoleh komposit untuk mengadsorpsi rhodamin b yaitu terjadi pada waktu kontak 20 menit, pada pH 10, dan kapasitas adsorpsi maksimum 40,19 mg/g. Hasil dari penentuan jenis isoterm pada adsorpsi rhodamin b didapatkan jenis isoterm Langmuir.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hindryawati, N. (2020). *Fotokatalis Dalam Pengolahan Limbah Tekstil*. Yogyakarta: Deepublish
- [2] Permatasari, K. A. N. dan Lestari, N. P. E. B. (2023). Pemanfaatan Pewarna Alam Dalam Menghasilkan Karya Fesyen (Studi Kasus Produk Busana Casual Pria dan Wanita). *Jurnal Da Moda*, 4(2), 53-64.
- [3] Mukti, M. W. P., Sumantra, I. M., Karuni, N. K. (2023). Studi Pemanfaatan Warna Alam Pada Produk Tekstil. *Jurnal Kriya Dan Industri Kreatif*, 3(2), 207-213
- [4] Arumingtyas, E. L., Mastuti, R., Jatmiko, Y. D., Siswanto, D., dan Kusnadi, J. (2023). *Dasar Fisiologi Dan Molekuler Bioremediasi*. Bandung: UB Press.
- [5] Furozi, N., Fajriati, I., Artsanti, P., dan Krisdiyanto, D. (2023). Adsorpsi Zat Warna Rhodamin B Dan Congo Red Dengan Silika Gel Dari Limbah Ampas Tebu (*Saccharum officinarum*). *Indonesian Journal of Materials Chemistry*, 2(2), 53-59.
- [6] Octaria, F. G. W. (2020). *Pewarna Makanan Alami Dindonesia Potensi Di Masa Depan*. Jakarta: PT Gramedia.
- [7] Adlina, A. (2021). Analisis Pengaruh Rhodamin B Terhadap Histopatologi Tikus Putih (*Rattus norvegicus*). *Naskah Publikasi*, 1(1), 1-11.
- [8] Syamsuddin., dan Rasjid, A. (2022). *Penggunaan Ampas Kopi Dalam Menurunkan Parameter Kimia (Cd) Pada Air Lindi*. Makassar: PT Nas Media Indonesia.
- [9] Widi, R. K. (2018). *Pemanfaatan Material Anorganik Pengenalan Dan Beberapa Inovasi Dibidang Penelitian*. Yogyakarta: Deepublish.
- [10] Jakfar. (2023). *Kajian Pemanfaatan Adsorben Ramah Lingkungan Pada Adsorpsi Logam Berat Berbahaya Serta Optimasi*. Banda Aceh: Syiah Kuala University.
- [11] Lestari, I., Ramadhanty, Y., Marlinda, L., dan Ngatijo. (2021). Preparation and Characterization of Magnetite Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Activated Carbon Composite as Adsorbent Cr(VI) Ion. *Eksakta*. 22(4), 238-247.
- [12] Kustomo dan Santosa. (2019). Studi Kinetika Adsorpsi Zat Warna Kation (Metilen Biru) Dan Anion (Metil Orange) Pada Magnetit Terlapis Asam Humat. *Jurnal Jejaring Matematika dan Sains*, 1(2), 64-69.
- [13] Wijayanti, I. E., dan Kurniawati, E. A. (2019). Studi Kinetika Adsorpsi Isoterm Persamaan Langmuir Dan Freundlich Pada Abu Gosok Sebagai Adsorben. *Jurnal Kimia Dan Pendidikan*, 4(2), 175-185.
- [14] Kurniawan, A., Salamah, L.N., Amin, A.B., Yanuar, A.T., Pramudia, Z., Susanti, Y.D., Damaika, M., Lestari, W., Gupita, R., Jayati, P., Tamalasari, D., dan Rizkymaris, A. (2022). *Biofilm Untuk Biomonitoring Dan Bioadsorpsi Logam Berat*. Malang: UB Press.