

ADSORPSI ZAT WARNA *METHYLENE BLUE* MENGGUNAKAN ADSORBEN KOMPOSIT Fe_3O_4 -ARANG AKTIF KULIT LAI [*Durio Kutejensis* (Hassk.)Becc.]

ADSORPTION OF *METHYLENE BLUE* DYES USING ANOTHER LEATHER ACTIVATED Fe_3O_4 -CHARCOAL COMPOSITE ADSORBENT [*Durio Kutejensis* (Hassk.) Becc.]

Rahmawati, Teguh Wirawan*, Soerja Koesnarpadi

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Mulawarman
Samarinda 75123, Indonesia

*E-mail: teguh.unmul.smd@gmail.com

Diterbitkan: 31 Oktober 2024

ABSTRACT

Methylene blue is a synthetic dye commonly used in industry. *Methylene blue* is not very toxic to humans, but can cause skin irritation, eye irritation, and systemic effects including blood changes. This research aims to utilize lai bark activated charcoal composited with Fe_3O_4 as an adsorbent to adsorb *methylene blue* dye. Fe_3O_4 -lai skin activated charcoal composite adsorbent was synthesized using the co-precipitation method from $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ and $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ then combined with lai skin activated charcoal. The Fe_3O_4 -activated charcoal composite for skin was characterized using FTIR. The results of composite characterization using FTIR show that there is a wave number of 596.00 cm^{-1} which is the Fe-O group. The research results showed that the optimum conditions for the adsorption of *methylene blue* dye by the Fe_3O_4 -activated charcoal composite adsorbent for lai skin were 60 minutes, pH 8, concentration 250 mg/L and following the Langmuir isotherm. The maximum adsorption capacity of Fe_3O_4 -lai skin activated charcoal composite was 197.8792 mg/g.

Keywords: Adsorption, *Methylene Blue* Dye, Composite, Lai Leather

PENDAHULUAN

Industri di Indonesia saat ini berkembang sangat pesat. Namun, berkembangnya perindustrian ini memberikan dampak negatif terhadap lingkungan yaitu berupa limbah zat warna. Zat warna yang digunakan akan tersisa sekitar 15-20% pada air buangan yang akan masuk ke lingkungan. Salah satu zat warna yang sering digunakan yaitu zat warna *methylene blue* [1]. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menurunkan zat warna dalam lingkungan perairan adalah dengan metode adsorpsi dengan menggunakan bioadsorben. Metode adsorpsi ini memiliki beberapa kelebihan daripada metode lain, yaitu prosesnya yang sangat sederhana, biaya yang digunakan cukup murah, dan ramah lingkungan [2].

Adsorben yang banyak digunakan dalam pembuatan arang aktif berasal dari limbah pertanian seperti kulit jagung, kulit durian dan tempurung kelapa. Tanaman lai adalah kerabat dekat durian yang merupakan salah satu tanaman buah tropis dan eksotik dengan produksi cukup melimpah. Mengacu pada kemiripan tersebut maka keduanya memiliki kandungan selulosa yang tinggi berkisar 50-60%. Sehingga kulit lai memungkinkan untuk dijadikan untuk bahan arang aktif dikarenakan tingginya kadar selulosa yang dimiliki [3].

Salah satu kelemahan dari penggunaan adsorben dengan arang aktif yaitu memerlukan pemisahan menggunakan teknik penyaringan, sehingga teknologi magnet dapat diterapkan dalam proses pemisahan untuk memudahkan pengambilan kembali adsorben dari campuran. Keuntungan pemisahan secara magnetik ini lebih mudah, sederhana, cepat dan efisien dalam mengambil kembali adsorben dari campuran [4]. Magnetit (Fe_3O_4) adalah salah satu mineral golongan besi oksida yang memiliki sifat magnet paling kuat di alam dengan struktur kristal berbentuk kubus [5].

Berdasarkan uraian di atas, maka dilakukan penelitian dengan memanfaatkan limbah kulit lai sebagai arang aktif untuk dijadikan sebagai adsorben yang akan dikompositkan dengan magnetit untuk mengadsorpsi zat warna *methylene blue*. Sehingga, dari

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



penelitian ini mampu meningkatkan kegunaan dari limbah kulit lai dan dapat mengurangi permasalahan lingkungan perairan.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, spatula, blender, neraca analitik, pompa vakum, corong *Buchner*, oven, ayakan 60 *mesh*, *magnetic stirrer*, magnet, *hot plate*, lumpang, alu, botol vial plastik, pH meter, *Furnace*, *shaker memmert*, Spektrofotometer UV-Vis Orion AquaMate 8100, *Fourier Transform Infra Red* (FTIR).

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kulit lai, akuades, padatan *methylene blue*, *plastic wrap*, *aluminium foil*, larutan HCl 2M, padatan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, padatan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, larutan H_2SO_4 pekat, larutan NaOH 1M dan larutan NH_4OH 25%.

Prosedur Penelitian

Preparasi Sampel

Kulit lai [*Durio Kutejensis* (Hassk.) Becc.] dikeringkan di bawah sinar matahari. Kulit lai dipotong kecil-kecil dan dihaluskan. Kemudian kulit buah lai diayak menggunakan ayakan 60 *mesh*.

Pembuatan Arang Aktif Kulit Lai

Kulit lai dikarbonisasi menggunakan tanur pada suhu 450°C selama 1 jam hingga terbentuk arang. Arang aktif kulit lai didinginkan dan diayak menggunakan ayakan 60 *mesh*. Arang aktif kulit lai sebanyak 30 gram direndam dalam HCl 2M. Campuran diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 2 jam dan didiamkan selama 24 jam. Campuran diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 2 jam. Campuran disaring menggunakan corong *Buchner* dan pompa vakum. Residu dicuci dengan akuades hingga pH sama dengan pH akuades dan dikeringkan di dalam oven pada suhu 110°C selama 4 jam. Arang aktif kulit lai diayak menggunakan ayakan 60 *mesh*.

Pembuatan Komposit Fe_3O_4 -Arang Aktif Kulit Lai

Padatan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 3 gram dilarutkan dalam 100 mL akuades. Sebanyak 2,898 gram $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dimasukkan ke dalam gelas kimia 250 mL dan dilarutkan dalam 50 mL akuades panas, ditambahkan beberapa tetes H_2SO_4 pekat hingga agak bening (jika kecoklatan ditambah lagi beberapa tetes H_2SO_4 pekat). Larutan FeCl_3 dan larutan FeSO_4 dicampur sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Pada wadah lain arang aktif kulit lai sebanyak 10 gram ditambahkan 100 mL akuades, diaduk menggunakan *magnetic stirrer* sambil dipanaskan pada suhu 70°C . Kemudian ditambahkan campuran FeCl_3 dan FeSO_4 , dan NH_4OH 25% sebanyak 100 mL tetes demi tetes menggunakan corong pisah (suhu dijaga 70°C selama 3 jam). Campuran disaring dan residu dicuci dengan akuades hingga pH sama dengan pH akuades dan dikeringkan di dalam oven pada suhu 100°C selama 3 jam. Komposit Fe_3O_4 -arang aktif kulit lai diayak menggunakan ayakan 60 *mesh* [6].

Karakterisasi

***Fourier Transform Infra Red* (FTIR)**

Komposit Fe_3O_4 -arang aktif kulit lai dianalisis menggunakan FTIR untuk mengetahui adanya gugus fungsi dari komposit Fe_3O_4 -arang aktif kulit lai.

Adsorpsi Terhadap Zat Warna *Methylene Blue*

Penentuan pH Optimum

Komposit Fe_3O_4 -arang aktif kulit lai sebanyak 0,01 gram dimasukkan ke dalam 25 mL larutan zat warna *methylene blue* 20 mg/L yang pH larutan telah diatur masing-masing 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 dan 10 dengan penambahan larutan NaOH dan larutan HCl. Campuran diaduk menggunakan *shaker* selama 30 menit. Campuran dipisahkan dengan menggunakan magnet eksternal dan filtrat ditentukan konsentrasi zat warna dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum.

Penentuan Waktu Optimum

Komposit Fe₃O₄-arang aktif kulit lai sebanyak 0,01 gram dimasukkan ke dalam 25 mL larutan zat warna *methylene blue* 20 mg/L, campuran diaduk menggunakan *shaker* selama masing-masing 5, 10, 15, 30, 45, 60, 75, 90 dan 120 menit dimana pH larutan diatur pada pH optimum. Campuran dipisahkan dengan menggunakan magnet eksternal dan filtrat ditentukan konsentrasi zat warna dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum.

Variasi Konsentrasi

Komposit Fe₃O₄-arang aktif kulit lai sebanyak 0,01 gram dimasukkan ke dalam 25 mL larutan zat warna *methylene blue* dengan konsentrasi 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200, 250, 350 dan 500 mg/L dimana pH larutan diatur pada pH optimum dan diaduk menggunakan *shaker* pada waktu optimum. Campuran dipisahkan dengan menggunakan magnet eksternal dan filtrat ditentukan konsentrasi zat warna dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum.

Analisis Data

Berdasarkan [7] rumus kapasitas adsorpsi adalah sebagai berikut:

$$qe = \frac{(C_0 - Ce)V}{m}$$

Keterangan:

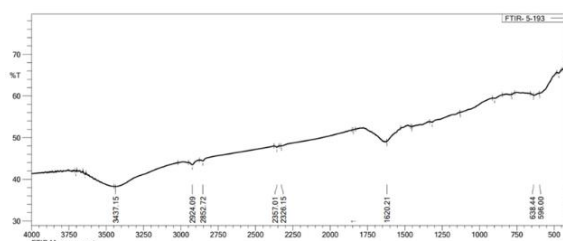
- V = volume larutan (L)
- m = massa adsorben (gr)
- C₀ = konsentrasi awal (mg/L)
- C_e = konsentrasi kesetimbangan (mg/L)
- q_e = kapasitas adsorpsi (mg/g)

Pada penentuan isoterm adsorpsi Langmuir, dapat dilakukan dengan membuat grafik antara 1/Q sebagai sumbu y dan 1/C_e sebagai sumbu x. Grafik yang diperoleh adalah garis linier dengan *intercept* = 1/(Qm×b) dan *slope* = 1/Qm. Untuk penentuan isoterm adsorpsi Freundlich dapat dilakukan dengan membuat grafik antara Log Q sebagai sumbu y dan Log C_e sebagai sumbu x. Grafik yang dihasilkan merupakan garis linier dimana 1/n adalah *slope* dan Log Q adalah *intercept*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa *Fourier Transform Infra Red (FTIR)* Komposit Fe₃O₄-Arang Aktif Kulit Lai

Komposit Fe₃O₄-arang aktif kulit lai dikarakterisasi dengan menggunakan FTIR bertujuan untuk menentukan gugus fungsi yang ada pada sampel dengan menggunakan bilangan gelombang yang sesuai. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 1.

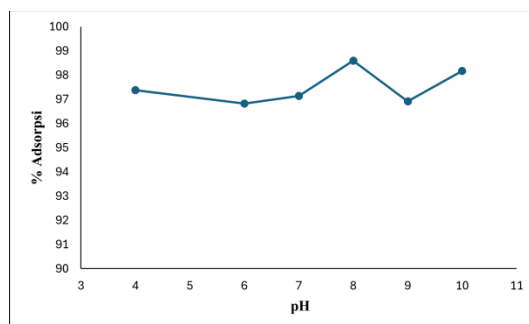


Gambar 1. Hasil spektra FTIR berdasarkan bilangan gelombang terhadap transmitansi komposit Fe₃O₄-arang aktif kulit lai

Berdasarkan uji karakterisasi menggunakan FTIR didapatkan hasil pada komposit Fe₃O₄-arang aktif kulit lai terdapat bilangan gelombang 596,00 cm⁻¹ yang menunjukkan dugaan adanya serapan logam oksigen berupa gugus Fe-O, bilangan gelombang 3437,15 cm⁻¹ menunjukkan adanya serapan dari gugus O-H, bilangan gelombang 2924,09 cm⁻¹ menunjukkan adanya serapan dari gugus C-H, bilangan gelombang 1128,36 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus C-O, dan bilangan gelombang 1620,21 cm⁻¹ menunjukkan adanya serapan dari gugus N-H.

Adsorpsi Terhadap Zat Warna *Methylene Blue* Penentuan pH Optimum

Pada penelitian ini dilakukan uji adsorpsi dengan variasi pH yang bertujuan untuk mengetahui pH optimum dari adsorben komposit Fe_3O_4 -arang aktif kulit lai dalam mengadsorpsi zat warna *methylene blue*. Berikut grafik pengaruh pH terhadap % adsorpsi zat warna *methylene blue* oleh komposit Fe_3O_4 -arang aktif kulit lai ditunjukkan pada Gambar 2.

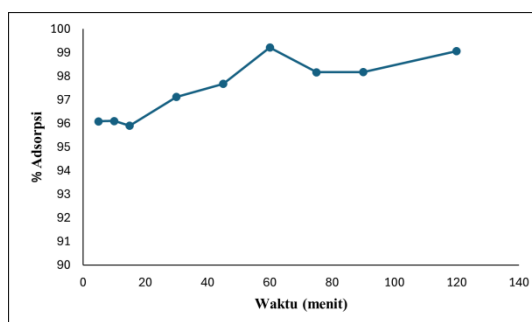


Gambar 2. Pengaruh variasi pH terhadap jumlah zat warna *methylene blue* teradsorpsi oleh komposit Fe_3O_4 -arang aktif kulit lai

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa pH optimum terjadi pada pH 8 dengan % adsorpsi terbaik sebesar 98,59%, hal ini menunjukkan bahwa komposit Fe_3O_4 -arang aktif kulit lai sebagai adsorben dapat bekerja dengan baik pada pH 8. Pada penentuan pH optimum zat warna *methylene blue* didapatkan pH optimum pada kondisi basa. Hal ini sesuai dengan penelitian [8] pada pH yang sangat asam, zat warna akan terprotonasi oleh ion H^+ sehingga akan menyebabkan perubahan struktur senyawa pada zat warna sehingga menjadi kurang berwarna. Sedangkan apabila dalam suasana yang sangat basa, zat warna akan berinteraksi dengan ion Na^+ dari basa untuk membentuk garam, dan juga pada kondisi basa akan mendorong adanya daya tarik elektrostatis antara zat warna dikationik yang bermuatan positif (*methylene blue*) dan permukaan adsorben yang bermuatan negatif sehingga interaksi antara adsorben dan adsorbat akan berkurang dan berakibat pada menurunnya persentase adsorpsi zat warna.

Penentuan Waktu Optimum

Pada penelitian ini dilakukan uji adsorpsi dengan variasi waktu yang bertujuan untuk mengetahui waktu optimum yang diperlukan adsorben komposit Fe_3O_4 -arang aktif kulit lai dalam mengadsorpsi zat warna *methylene blue*. Berikut grafik pengaruh waktu terhadap % adsorpsi zat warna *methylene blue* oleh komposit Fe_3O_4 -arang aktif kulit lai ditunjukkan pada Gambar 3.



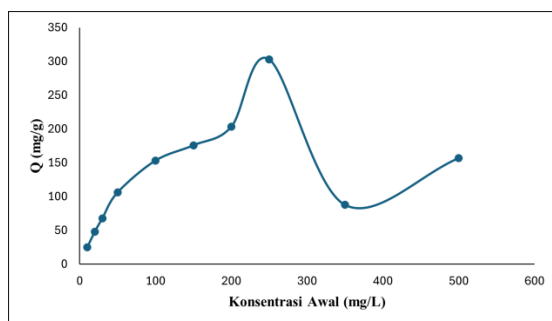
Gambar 3. Pengaruh variasi waktu terhadap jumlah zat warna *methylene blue* teradsorpsi oleh komposit Fe_3O_4 -arang aktif kulit lai

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa waktu optimum yang diperlukan untuk mengadsorpsi zat warna *methylene blue* oleh adsorben komposit Fe_3O_4 -arang aktif kulit lai terjadi pada waktu 60 menit dengan % adsorpsi sebesar 99,21%. Berdasarkan pada data tersebut semakin lama waktu kontak maka penyerapan juga akan meningkat sampai waktu tertentu

akan mencapai maksimum dan setelah itu akan turun kembali. Hal ini sesuai dengan penelitian [8] bahwa proses penyerapan akan semakin maksimal apabila waktu interaksi adsorben dengan adsorbat semakin lama. Hal ini disebabkan karena sisi aktif pada permukaan komposit Fe_3O_4 -arang aktif kulit lai masih banyak yang belum ditempati sehingga tersedia secara bebas untuk mengikat molekul zat warna *methylene blue*. Akan tetapi jika waktu yang dibutuhkan terlalu lama maka efisiensi penyerapan terhadap zat warna *methylene blue* akan menurun. Penyerapan mengalami penurunan pada waktu 75, 90 dan 120 menit, dikarenakan sisi aktif adsorben telah jenuh sehingga penyerapan *methylene blue* akan menurun. Hal ini diakibatkan jika terlalu lama akan mengakibatkan terjadinya peristiwa desorpsi yaitu lepas kembali zat warna yang telah terikat pada gugus adsorben.

Penentuan Kapasitas Adsorpsi dari Variasi Konsentrasi

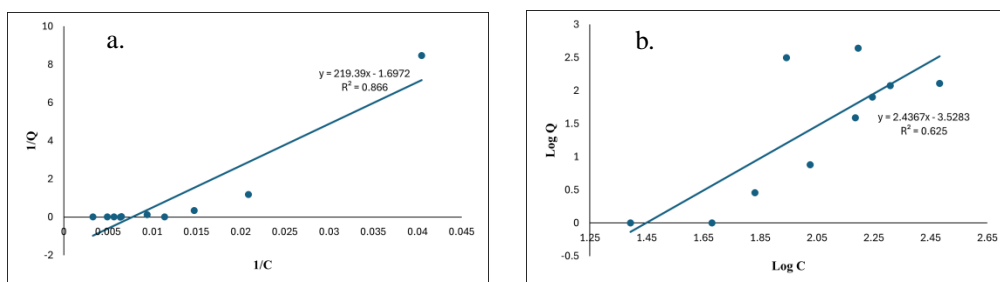
Pada penelitian ini dilakukan penentuan kapasitas adsorpsi maksimum larutan zat warna *methylene blue* dengan menggunakan variasi konsentrasi yang bertujuan untuk menunjukkan kemampuan adsorben komposit Fe_3O_4 -arang aktif kulit lai dalam mengadsorpsi zat *methylene blue*. Berikut grafik pengaruh konsentrasi terhadap jumlah zat warna *methylene blue* teradsorpsi oleh komposit Fe_3O_4 -arang aktif kulit lai ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh variasi konsentrasi terhadap jumlah zat warna *methylene blue* teradsorpsi oleh komposit Fe_3O_4 -arang aktif kulit lai

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada Gambar 4 dapat diketahui kenaikan kapasitas adsorpsi zat warna *methylene blue* yang teradsorpsi oleh adsorben komposit Fe_3O_4 -arang aktif kulit lai semakin meningkat seiring meningkatnya konsentrasi larutan zat warna *methylene blue*, dengan jumlah zat warna *methylene blue*, yang teradsorpsi tertinggi sebesar 303,0744 mg/g pada variasi konsentrasi 250 mg/L. Berdasarkan penelitian [9] peningkatan kapasitas adsorpsi *methylene blue* oleh adsorben dikarenakan semakin tingginya konsentrasi awal zat warna maka jumlah *methylene blue* dalam larutan juga semakin banyak. Sehingga apabila konsentrasi *methylene blue* dinaikan maka akan terjadi peningkatan jumlah *methylene blue* yang terikat pada adsorben, mengakibatkan semakin banyak molekul yang bertumbukan dan berinteraksi dengan adsorben sehingga meningkatkan nilai kapasitas adsorpsi. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan kapasitas adsorpsi maksimum zat warna *methylene blue* oleh adsorben komposit Fe_3O_4 -arang aktif kulit lai sebesar 197,8792 mg/g.

Isoterm adsorpsi yang digunakan adalah isoterm Langmuir dan Freundlich. Berikut merupakan kurva isoterm Langmuir dan Freundlich berdasarkan persamaan regresi pada adsorpsi zat warna *methylene blue* oleh komposit Fe_3O_4 -arang aktif kulit lai dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4. a. Isoterm Langmuir, b. Isoterm Freundlich

Berdasarkan Gambar 4 menunjukkan bahwa adsorpsi komposit Fe_3O_4 -arang aktif kulit lai terhadap zat warna *methylene blue* diperoleh hasil yaitu isoterm Langmuir memiliki nilai R^2 sebesar 0,866 dan isoterm Freundlich memiliki nilai R^2 sebesar 0,625. Berdasarkan hasil tersebut adsorpsi zat warna *methylene blue* oleh komposit Fe_3O_4 -arang aktif kulit lai mengikuti model isoterm Langmuir dikarenakan nilai R^2 yang diperoleh lebih besar atau mendekati nilai 1. Hal ini sesuai dengan penelitian [10] menyatakan bahwa zat warna *methylene blue* yang teradsorpsi terjadi secara kimia yaitu proses penyerapannya akan berlangsung secara terus menerus hingga mencapai lapisan tunggal dan akan terus teradsorpsi sampai tercapai lapisan *monolayer*.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian didapatkan hasil karakteristik komposit Fe_3O_4 -arang aktif kulit lai [*Durio kutejensis* (Hassk.) Becc] dengan menggunakan FTIR yaitu terdapat gugus Fe-O, O-H, C-H, C-O, dan N-H. Kondisi optimum yang diperoleh komposit Fe_3O_4 -arang aktif kulit lai yaitu terjadi terhadap zat warna *methylene blue* yaitu pada pH 8, waktu 60 menit, konsentrasi 250 mg/L, mengikuti isoterm Langmuir dengan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 197,8792 mg/g.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Septiana, R., Etika, S. R., & Nasra, E. (2020). Adsorpsi zat warna rhodamin b menggunakan senyawa c-sinamalkaliks resorsinarena (cskr) dengan metoda batch. *Periodic*, 9(1), 17-23.
- [2] Yulianti, Z. W., & Munasir. (2019). Nanopartikel $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ berbasis bahan alam sebagai material pengadsorpsi pewarna dalam air. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, 9(1), 1-4.
- [3] Safitri, D., Rahim, E. A., Prismawiryanti., & Sikanna, R. (2017). Sintesis karboksimetil selulosa (cmc) dari selulosa kulit durian (*durio zibethinus*). *Kovalen*, 3(1), 58-68.
- [4] Fisli, A., Safitri, R. D., Nurhasni., & Deswita. (2018). Analisis struktur dan porositas komposit Fe_3O_4 -karbon aktif dari limbah kertas sebagai adsorben magnetik. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 19(4), 179-187.
- [5] Prasetyowati, R., Widiawati, D., Swastika, P. E., Ariswan., & Warsono. (2021). Sintesis dan karakterisasi nanopartikel magnetit (Fe_3O_4) berbasis pasir besi pantai glagah kulon progo dengan metode kopresipitasi pada berbagai variasi konsentrasi NH_4OH . *Jurnal Sains Dasar*, 10(2), 57-61.
- [6] Sivaprakash S., Kumar P. S., Krishna S. K. (2017). Adsorpsi study of various dyes on activated carbon Fe_3O_4 magnetic nano composite. *International Journal of Applied Chemistry*. 13(2), 255-266.
- [7] Miri, N. S. S., & Narimo. (2022). Kajian persamaan isoterm Langmuir dan Freundlich pada adsorpsi logam berat Fe (II) dengan zeolit dan karbon aktif dari biomassa. *Jurnal Kimia dan Rekayasa*, 2(2), 58-71.
- [8] Kondo, Y., & Muhammad, A. (2018). Analisis kandungan lignin, sellulosa, dan hemisellulosa serat sabut kelapa akibat perlakuan alkali. *INTEK Jurnal Penelitian*, 5(2), 94-97.
- [9] Harmayani, R., Ali, A., Budi, O., & Desy, K. (2023). Adsorpsi zat warna methylene blue menggunakan karbon aktif kulit kelengkeng (*euphoria longan lour*) dengan metode batch. *Chemistry Journal of Universitas Negeri Padang*, 12(3), 75-77.
- [10] Amelia, H., Rizki, F., Sunardi. (2023). Kajian isoterm adsorpsi metilen biru pada biochar kulit sagu (*metroxyton sagu*). *Jurnal Sains dan Teknologi*, 6(1), 135-142.
- [11] Amanda, D., Arfi, F., & Nisah, K. (2021). Uji persamaan Langmuir dan Freundlich pada penyerapan ion logam Kobalt (II) oleh kitosan dari kulit udang windu (*penaeus monodon*). *Amina*, 3(3), 123-135.