

Pengaruh pH dan Konsentrasi Larutan terhadap Penyerapan Zat Warna *Methylene blue* Pada Tanah Napa dengan Metode *Batch*

The Effect of pH and Solution Concentration on the Absorption of Methylene blue Dye in Napa Soil Using the Batch Method

Firman & Mawardi*

Program Studi Non Kependidikan Kimia, Departemen Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Padang, Indonesia

Disubmit: 29 Oktober 2024; Direview: 30 Oktober 2024; Disetujui: 30 November 2024

*Corresponding Email: mawardianwar@fmipa.unp.ac.id

Abstrak

Industri tekstil di Indonesia mengalami perkembangan yang sangat pesat, setiap produksinya menghasilkan limbah berupa limbah zat warna. *Methylene blue* merupakan zat warna yang banyak dihasilkan. *Methylene blue* tergolong kedalam zat warna kationik dan berpotensi mencemari lingkungan perairan jika tidak dikelola dengan baik. Zat warna ini sulit terurai secara alami dan dapat menyebabkan kerusakan ekosistem serta ancaman bagi kesehatan manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi kandungan zat warna *Methylene blue* di perairan dengan proses adsorpsi menggunakan adsorben tanah napa dari Kabupaten Pesisir Selatan, Sumatera Barat yang telah diaktivasi dengan KOH 1M untuk meningkatkan kapasitas adsorpsinya. Adsorpsi dipilih sebagai metode pengolahan karena keunggulannya dalam efisiensi dan proses yang sederhana. Penelitian dilakukan untuk mendapatkan kondisi optimum dengan melihat kapasitas serapan zat warna berupa variasi pH dan Konsentrasi awal. Instrumen yang digunakan pada penelitian ini adalah UV-VIS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum adsorpsi diperoleh pada pH 6 dengan konsentrasi awal 500 mg/L, di mana kapasitas adsorpsi maksimum mencapai 59,35 mg/g dan efisiensi adsorpsi sebesar 98,89%.

Kata Kunci: Tanah Napa; Kapasitas Serapan; Adsorben; *Methylene blue*

Abstract

The textile industry in Indonesia is experiencing very rapid development, each production produces waste in the form of dye waste. *Methylene blue* is a dye that is widely produced. *Methylene blue* is classified as a cationic dye and has the potential to pollute the aquatic environment if not managed properly. This dye is difficult to decompose naturally and can cause damage to ecosystems and threats to human health. This study aims to reduce the content of *Methylene blue* dye in waters with an adsorption process using napa soil adsorbent from Pesisir Selatan Regency, West Sumatra which has been activated with 1M KOH to increase its adsorption capacity. Adsorption was chosen as a treatment method due to its advantages in efficiency and simple process. The research was conducted to obtain optimum conditions by looking at the dye uptake capacity in the form of variations in pH and initial concentration. The instrument used in this research is UV-VIS. The results showed that the optimum condition of adsorption was obtained at pH 6 with an initial concentration of 500 mg/L, where the maximum adsorption capacity reached 59.35 mg/g and adsorption efficiency of 98.89%.

Keywords: Tanah Napa; Adsorption Capacity; Adsorben; *Methylene blue*

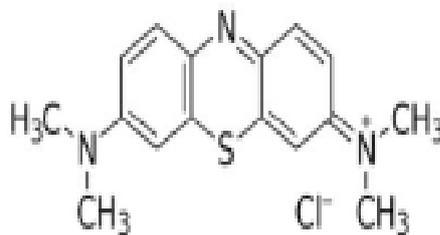
How to Cite: Firman & Mawardi. (2024). Pengaruh pH dan Konsentrasi Larutan terhadap Penyerapan Zat Warna *Methylene blue* Pada Tanah Napa dengan Metode *Batch*. *Journal of Natural Sciences*. 5 (3): 203-212



PENDAHULUAN

Perkembangan industri mengalami perkembangan yang cukup pesat dari waktu ke waktu. Hal ini tentunya memberikan efek positif bagi kehidupan manusia seperti terpenuhinya kebutuhan masyarakat, meningkatkan perekonomian dan mengurangi angka pengangguran. Selain memiliki efek positif bagi kehidupan, perkembangan industri dapat memberikan efek negatif terutama dalam bentuk peningkatan pencemaran lingkungan akibat pembuangan limbah industri yang tidak terkontrol (Huda & Yulitaningtyas, 2018). Salah satu industri yang berkembang pesat yaitu industri di bidang tekstil, makanan, minuman instan, produk kecantikan, dan lain sebagainya yang mana pada industri tersebut melibatkan zat warna dalam proses produksinya.

Zat warna *Methylene blue* merupakan zat warna sintetik yang tergolong ke dalam zat warna kationik (basa). Jenis kationik merupakan zat warna yang dianggap sebagai pewarna beracun dan dapat menyebabkan efek berbahaya seperti alergi pada kulit, iritasi kulit, mutasi gen dan kanker (Baunsele & Missa, 2020). Sehingga konsentrasi maksimum *Methylene blue* yang diperbolehkan di lingkungan yaitu berkisar antara 5-10 mg/L (Hikmawati, 2018).



Gambar 1. Struktur molekul *Methylene blue*
Sumber : (Rizki *et al.*, 2019)

Methylene blue memiliki struktur molekul $C_{16}H_{18}N_3SCl$. Zat warna ini sangat merusak lingkungan karena bersifat karsinogenik atau beracun sehingga banyak digunakan sebagai adsorbat pada penelitian. *Methylene blue* memiliki berat molekul 319,86 g/mol, titik lebur sebesar $105^{\circ}C$ serta daya larut $4,36 \times 10^4$ mg/L.

Banyak metode telah dikembangkan untuk menghilangkan zat warna dari air limbah. Diantaranya fotokatalisis, filtrasi membran, koagulasi, flokulasi, degradasi elektrokimia, presipitasi, dan pertukaran ion (Silva *et al.*, 2019). Namun metode-metode tersebut menghasilkan produk samping yang memerlukan identifikasi serta pemantauan

lebih lanjut. Metode adsorpsi dianggap efektif dalam mengolah limbah zat warna dalam air karena sederhana, pengoperasiannya mudah, ekonomis, mampu memisahkan berbagai senyawa kimia (Gupta *et al.*, 2010). Selain itu, adsorpsi memiliki efisiensi yang tinggi dan ramah lingkungan karena tidak menghasilkan pembentukan zat berbahaya (Gürses *et al.*, 2014).

Adsorpsi adalah proses di mana fluida, baik cair maupun gas, melekat pada zat penyerap dan membentuk lapisan tipis pada permukaannya. Aplikasi adsorpsi telah berkembang dengan memanfaatkan senyawa organik diantaranya limbah ampas teh, alga, sekam padi, eceng gondok dan serbuk gergaji. Selain itu, penggunaan senyawa anorganik seperti karbon aktif dan zeolit telah banyak digunakan sebagai adsorben. Namun, karbon aktif dan zeolit masih tersedia dalam jumlah terbatas dan sangat mahal. Oleh karena itu, dilakukan penelitian tentang potensi penggunaan adsorben lain, yaitu tanah napa.

Tanah napa adalah nama yang diberikan oleh penduduk asli provinsi Sumatera Barat untuk bahan alam ini, tanah ini berwarna putih keabuan. Digunakan sebagai obat sakit perut dan diare bila diminum. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa mineral tanah napa merupakan golongan mineral aluminosilikat, terutama berupa mineral kaolin (Mawardi *et al.*, 2021). Tanah napa merupakan suatu material alam yang mempunyai kandungan silika dan alumina yang cukup tinggi dengan persentase kandungan silika dan alumina sebesar 63,20% dan 16,55% dimana memiliki potensial sebagai adsorben untuk adsorpsi. Tanah ini juga mengandung TiO_2 , CaO , dan K_2O .

Ketersediaan tanah napa cukup banyak di Sumatera Barat, seperti Kabupaten 50 Kota, Kabupaten Solok, Kabupaten Pesisir Selatan, Kabupaten Tanah Datar, namun hingga saat ini pemanfaatannya belum maksimal. Oleh karena itu, penelitian dengan menggunakan tanah napa perlu dikembangkan agar bahan ini memiliki nilai komersial yang tinggi sebagai penopang ekonomi bagi masyarakat setempat. (Mawardi *et al.*, 2018). Penelitian pemanfaatan tanah napa juga sudah dilakukan untuk penyerapan zat warna dan menunjukkan bahwa tanah napa dapat digunakan sebagai adsorben untuk menyerap zat warna kongo merah dengan kapasitas penyerapan sebesar 0.271 mg/gram (Mawardi *et al.*, 2021). Namun, belum ditemukan penelitian yang memanfaatkan tanah napa sebagai adsorben untuk penyerapan zat warna *Methylene blue*. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menentukan kadar zat warna *Methylene blue* yang terserap



menggunakan tanah napa sebagai adsorben dengan harapan mampu menanggulangi pencemaran limbah zat warna baik dalam skala laboratorium maupun pada lingkungan

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Penelitian Kimia, Universitas Negeri Padang pada bulan Maret-Agustus 2024. Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu seperangkat gelas beker, erlenmeyer, batang pengaduk, gelas ukur, gelas piala, labu takar, pipet tetes, pipet takar, pipet gondok, neraca analitik, corong, cawan petri, cawan penguap, bola hisap, kertas saring, aluminium foil, suntik, corong, ayakan 75 μm , pH meter, oven, *magnetic stirrer*, FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) tipe perkin elmer universal ATL Sampling Accesori 735 B serta Spektrofotometer UV-Visibel. Bahan-bahan yang dibutuhkan antara lain tanah napa aktivasi, larutan standar *Methylene blue* 1000 mg/L, Aquadest, HNO_3 0,1 M, KOH 1 M, dan NH_3 0,1 M.

Prosedur Penelitian

- Preparasi Sampel

Tanah napa yang diperoleh dari perbukitan Kabupaten Pesisir Selatan dihancurkan, dihaluskan menggunakan lumpang dan alu, lalu disaring menggunakan ayakan 200 mesh. Selanjutnya, tanah dikalsinasi pada suhu 750°C selama 4 jam.

- Penentuan Panjang Gelombang Maksimum (λ) *Methylene blue*

Larutan *Methylene blue* dengan konsentrasi 10 ppm diukur menggunakan spektrofotometer pada rentang panjang gelombang 400–800 nm untuk menentukan λ maksimum. Kemudian, kurva standar dibuat menggunakan larutan standar *Methylene blue* dengan konsentrasi 1, 5, 10, 15, dan 20 ppm pada λ maksimum yang telah diperoleh.

- Pengaruh Variasi pH

Sebanyak 25 mL larutan *Methylene blue* dengan konsentrasi 100 mg/L diatur pada pH 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, dan 9, masing-masing dicampur dengan 0,2 gram tanah napa berukuran partikel 75 μm menggunakan metode batch. Larutan diaduk menggunakan shaker pada 200 rpm selama 30 menit, kemudian disaring. Filtrat yang diperoleh diukur absorbansinya pada panjang gelombang 664 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk menentukan pH optimum.



- Pengaruh Variasi Konsentrasi

Larutan *Methylene blue* dengan konsentrasi 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, dan 500 mg/L pada pH optimum dicampur dengan 0,2gram tanah napa. Campuran diaduk dengan shaker pada 200 rpm selama 30 menit, kemudian disaring. Filtrat yang dihasilkan dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk menentukan konsentrasi optimum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi dan karakterisasi adsorben tanah napa

Preparasi sampel adalah tahap awal dalam sebuah penelitian. Preparasi sampel dalam penelitian ini dilakukan secara bertahap yang pertama adalah tahap perajangan atau penghalusan, tujuan dari tahapan ini yaitu untuk memperkecil ukuran partikel pada adsorben. Ukuran partikel ini dapat meningkatkan daya penyerapan karena semakin kecil ukuran partikel adsorben maka semakin besar luas permukaannya (Hermawan *et al.*, 2022). Selanjutnya, tahap kedua yaitu pemanasan pada suhu tinggi tujuannya adalah pemanasan ini akan menguapkan air yang terperangkap pada pori-pori, sehingga luas permukaan pori-pori bertambah dan akan meningkatkan kapasitas penyerapan dari adsorben, kalsinasi juga tahapan yang bertujuan untuk menghilangkan senyawa pengotor pada adsorben (Darma Ramadhani, 2021).

Tahap kedua yaitu melakukan aktivasi, proses aktivasi ini dilakukan dengan menggunakan basa kuat yaitu KOH 1 M. Tujuan dari aktivasi ini yaitu untuk memperbesar volume dan diameter pori serta melarutkan zat pengotor yang terdapat pada permukaan adsorben. KOH digunakan sebagai *reagen activator* karena bersifat oksidator kuat yang dapat mengoksidasi adsorben.

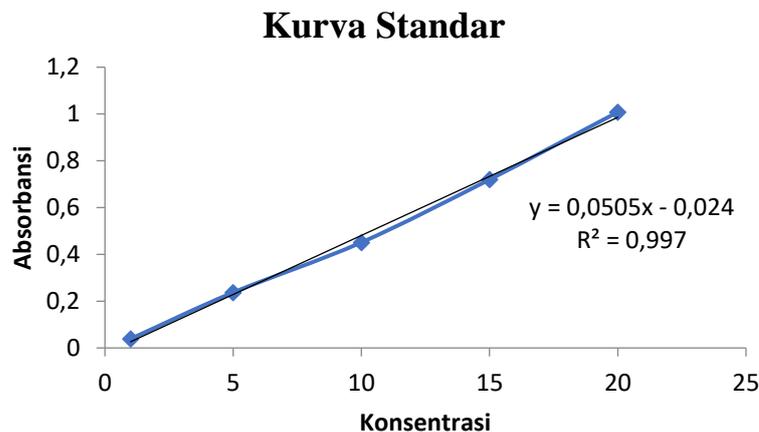
Penentuan panjang Gelombang Maksimum (λ maks) dan kurva standar

Penentuan panjang gelombang maksimum dilakukan dengan bantuan instrumen UV-Vis tujuan penentuan panjang gelombang ini untuk melihat daerah serapan dengan melihat nilai absorbansi tertinggi dari larutan zat warna *Methylene blue*, diukur pada panjang gelombang 200-800 nm dengan menggunakan larutan *Methylene blue* 10 ppm. Didapatkan hasil bahwa panjang gelombang (λ maks) *Methylene blue* didapatkan 664 nm.



Penentuan kurva standar

Kurva standar digunakan sebagai acuan dalam prose pengukuran analit. Kurva standar dapat digunakan apabila telah memenuhi syarat yaitu memiliki nilai korelasi (R^2) dalam rentang 0,998 (Sukmawati *et al.*, 2018). Berikut grafik Kurva Standar yang diperoleh dari larutan *Methylene blue*.



Gambar 2. Kurva Standar Larutan *Methylene blue*

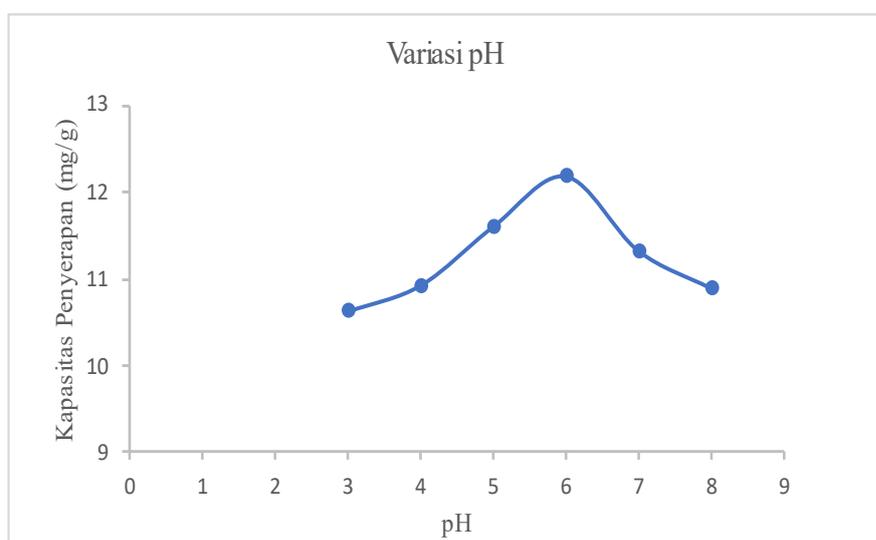
Nilai yang diperoleh dari kurva standar yaitu $y = 0,0505x - 0,024$ dengan nilai $R^2 = 0,997$. Kurva standar ini dapat digunakan karena nilai R^2 telah memenuhi syarat yaitu pada rentang 0,98.

1. Pengaruh variasi pH

Variasi pH memiliki peranan yang sangat penting dalam terjadinya adsorpsi, dan hal ini berdampak ada kapasitas penyerapan zat warna pada permukaan adsorben. Kapasitas penyerapan sangat dipengaruhi oleh tingkat pH dalam larutan karena variasi pH mengakibatkan derajat ionisasi zat warna dan jenis muatan yang dominan pada permukaan adsorben. Kehadiran ion hidroksil (OH^-) dan ion hidrogen (H^+) yang ada ketika pengaturan pH mempengaruhi interaksi yang terjadi antara adsorben dengan molekul adsorbat. oleh sebab itu, penting dalam mempelajari pengaruh pH pada kapasitas penyerapan *Methylene blue*.

Penentuan pH optimum dilakukan dengan mengatur pH larutan zat warna *Methylene blue*. Penyesuaian pH dilakukan dengan menambahkan HNO_3 dan NH_3 sehingga diperoleh variasi pH 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 dan 9 pada konsentrasi 100 mg/L. Ketika HNO_3 atau NH_3 ditambahkan ke dalam larutan, hal ini mengubah konsentrasi ion H^+ dan OH^- , sehingga pada kondisi asam ($\text{pH} < 7$) konsentrasi ion H^+ menjadi lebih banyak

dibandingkan dengan ion OH^- . Sebaliknya, dalam kondisi basa ($\text{pH} > 7$) konsentrasi ion OH^- menjadi lebih banyak dibandingkan dengan ion H^+ . Pengontakan adsorben tanah napa yang diaktivasi dengan zat warna *Methylene blue* dilakukan pada massa adsorben sebanyak 0,2 g, pada kecepatan *shacker* 200 rpm selama 30 menit dengan ukuran partikel 200 mesh. Grafik hubungan kapasitas penyerapan *Methylene blue* dengan pH larutan dapat dilihat Salah satu parameter yang mempengaruhi nilai kapasitas penyerapan zat warna yaitu pH pada larutan zat warna *Methylene blue*. Penyerapan terjadi saat gugus fungsi pada tanah napa mengikat zat warna dengan melibatkan pergantian proton sehingga nilai pH harus sesuai agar adsorpsi dapat berlangsung optimum. Pengaruh pH larutan terhadap zat warna dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini:



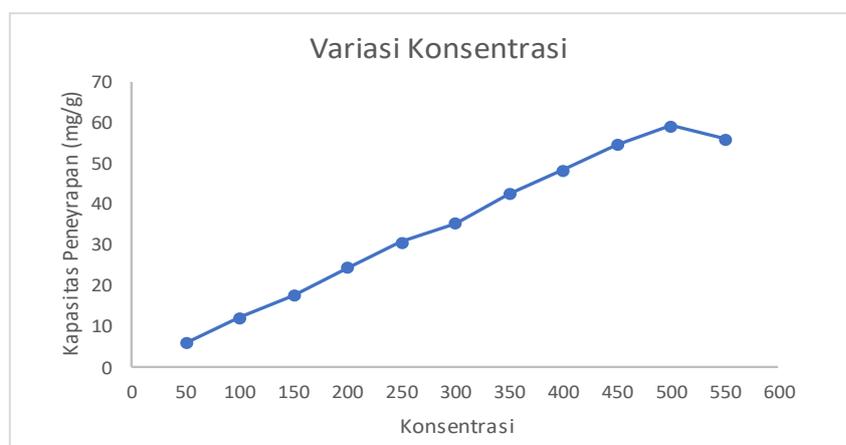
Gambar 3. Pengaruh pH larutan terhadap penyerapan zat warna *Methylene blue*

Berdasarkan grafik diatas, pH optimum didapatkan pada pH 6 dengan kapasitas penyerapan 12,18 mg/g. Pada pH 2 kapasitas penyerapan yang didapatkan lebih kecil. Hal ini disebabkan karena pengaruh H^+ dan adsorbat terikat pada gugus aktif dari silika tanah napa. Kandungan H^+ dan adsorbat mengakibatkan terjadi protonasi pada situs aktif bermuatan positif sehingga daya serap *Methylene blue* lebih kecil, dikarenakan adanya gaya tolak menolak antara situs aktif dan zat warna *Methylene blue* yang bermuatan positif. Pada pH yang terlalu asam (2-4) proses penyerapan molekul *Methylene blue* rendah. Hal ini dikarenakan permukaan adsorben pada pH asam dikelilingi oleh ion H^+ , dimana akan terjadi tolak-menolak pada permukaan adsorben dengan ion *Methylene blue*. Gugus OH^- dihasilkan dari NH_3 dan gugus H^+ dari HNO_3 yang ditambahkan ketika pengaturan pH, sehingga mempengaruhi konsentrasi larutan zat warna pada permukaan

adsorben. Sehingga terjadi persaingan antara molekul *Methylene blue* dengan ion H^+ untuk berikatan dengan permukaan tanah napa. Sehingga adsorpsi pun menjadi rendah. Adsorpsi *Methylene blue* terbaik terjadi pada pH 6 dimana terjadi kesetimbangan antara zat warna dengan ion H^+ didalam larutan, sehingga zat warna mampu menangkap ion H^+ yang ditambahkan. Pada pH 7 kapasitas penyerapan sebesar 11,32 mg/g. Hal ini terjadi karena banyaknya ion OH^- yang terdapat pada suasana yang lebih basa. Pada pH basa ion OH^- yang dihasilkan lebih banyak sehingga menyebabkan persaingan antara anion yang terdapat pada permukaan adsorben untuk dapat berikatan dengan kation dari zat warna (Darma Ramadhani, 2021) begitu juga sebaliknya. Jika dalam larutan terdapat ion H^+ yang berlebih maka akan dapat menyebabkan persaingan antara kation dari zat warna untuk dapat berikatan dengan anion pada permukaan adsorben. Sehingga proses adsorpsi tidak dapat berlangsung secara maksimal dan dapat menyebabkan terjadinya penurunan kapasitas penyerapan.

2. Pengaruh Variasi Konsentrasi

Pengaruh konsentrasi larutan *Methylene blue* merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi adsorpsi, konsentrasi awal besar kecilnya dari larutan zat warna yang digunakan dapat mempengaruhi kapasitas penyerapan, dengan mempelajari variasi dalam konsentrasi dari 50-550 mg/L. Secara teori semakin tinggi konsentrasi dari adsorbat yang digunakan maka semakin tinggi pula kapasitas penyerapan dari adsorben, sampai adsorben menjadi jenuh sehingga tidak akan menaikkan nilai kapasitas penyerapan (Fauzi *et al.*, 2021). Dari hasil penelitian pengaruh konsentrasi larutan zat warna *Methylene blue* dapat dilihat pada gambar 4 berikut.



Gambar 4. Pengaruh konsentrasi larutan terhadap penyerapan *Methylene blue* menggunakan tanah napa

Berdasarkan gambar 4 diatas, Konsentrasi optimum yang diperoleh adalah pada konsentrasi 500 mg/L dengan kapasitas penyerapan sebesar 59,35 mg/g dengan persen serapan sebesar 98,89%. Kapasitas penyerapan *Methylene blue* oleh adsorben tanah napa dari konsentrasi 50 hingga 500 masih mengalami peningkatan artinya pada permukaan adsorben masih mampu untuk mengikat zat warna lebih banyak lagi yang menandakan adsorben belum jenuh (Fauzi *et al.*, 2021). Pada konsentrasi diatas 500 mg/L nilai Q_e menurun karena adsorben pada konsentrasi ini tidak mampu lagi menyerap dan mengikat molekul zat warna karena banyak adsorbat tidak relatif terhadap banyaknya adsorben yang digunakan (Wong *et al.*, 2019). Konsentrasi yang tinggi dapat meningkatkan penyerapan tanah napa terhadap larutan *Methylene blue* hingga terjadinya kesetimbangan antara ion *Methylene blue* dengan situs aktif adsorben silika tanah napa, hal ini menandakan bahwa ion *Methylene blue* telah berikatan dengan silika tanah napa.

Konsentrasi awal zat warna memiliki pengaruh terhadap terisinya situs aktif pada adsorben. Dalam konsentrasi mula zat warna yang lebih rendah, terdapat cukup banyak situs aktif yang tersedia pada adsorben untuk menyerap beberapa molekul kecil zat warna. Namun, dalam konsentrasi awal zat warna yang tinggi, jumlah situs aktif yang tersedia pada adsorben tidak mampu meningkatkan penyerapan molekul zat warna, sehingga jumlah molekul zat warna yang tersisa dalam larutan meningkat, dan mengakibatkan pada turunnya penyerapan zat warna (Wong *et al.*, 2019).

Konsentrasi zat warna awal yang kecil, memungkinkan untuk pori-pori adsorben dapat menyerap banyak molekul zat warna. Namun jika konsentrasi awal dari larutan zat warna tinggi maka jumlah situs aktif dari adsorben sudah tidak sebanding dengan jumlah molekul zat warna sehingga tidak semua molekul zat warna terserap oleh adsorben, hal ini yang menyebabkan jumlah molekul zat warna dalam larutan meningkat dan terjadinya penurunan kapasitas penyerapan (Wong *et al.*, 2019). Ketika semua sisi aktif dari adsorben telah terisi penuh maka adsorben tidak mampu lagi untuk mengikat molekul dari zat warna dalam larutan. Hal ini terjadi karena adsorben yang digunakan sudah jenuh dan tidak mampu mengikat molekul zat warna (Kuang *et al.*, 2020).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diperoleh simpulan bahwa tanah napa dapat dimanfaatkan sebagai adsorben untuk menyerap zat warna *Methylene*



blue. Berdasarkan dari data yang diperoleh menunjukkan kapasitas penyerapan optimum untuk penyerapan zat warna *Methylene blue* menggunakan tanah napa dengan metode batch yaitu pada pH 6, konsentrasi 500 ppm dengan kecepatan pengadukan 200 rpm, dan massa 0,2-gram adalah 59,35 mg/g dengan persen serapan yaitu sebesar 98.89 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Baunsele, A. B., & Missa, H. (2020). Kajian Kinetika Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Adsorben Sabut Kelapa. *Akta Kimia Indonesia*, 5(2), 76. <https://doi.org/10.12962/j25493736.v5i2.7791>
- Darma Ramadhani, E., & Kurniawati, D. (2021). Effect of Contact Time and Agitation Speed on the Adsorption Process of *Methylene blue* Dyes Using Longan Shell (*Euphoria longan* L.) as Biosorbent. *American Journal of Sciences and Engineering Research E-ISSN*, 4(6), 2021. www.iajournals.com
- Fauzi, M. D. N., Nasra, E., Amran, A., & Khair, M. (2021). Pengaruh pH dan Konsentrasi Terhadap Penyerapan Zat Warna Rhodamin B Menggunakan Karbon Aktif Kulit Pisang Kepok (*Musa balbisiana* Colla). *Jurnal Periodic Jurusan Kimia UNP*, 10(2), 51. <https://doi.org/10.24036/p.v10i2.112375>
- Gupta, V. K., Jain, R., Shrivastava, M., & Nayak, A. (2010). Equilibrium and thermodynamic studies on the adsorption of the dye tartrazine onto waste "Coconut Husks" carbon and activated carbon. *Journal of Chemical and Engineering Data*, 55(11), 5083–5090. <https://doi.org/10.1021/je100649h>
- Gürses, A., Hassani, A., Kranşan, M., Açşlı, Ö., & Karaca, S. (2014). Removal of *Methylene blue* from aqueous solution using by untreated lignite as potential low-cost adsorbent: Kinetic, thermodynamic and equilibrium approach. *Journal of Water Process Engineering*, 2, 10–21. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2014.03.002>
- Hermawan, R., Nasra, E., Putra, A., & Etika, S. B. (2022). Optimasi pH dan Ukuran Partikel Karbon Aktif dari Kulit Pisang Kepok (*Musa balbisiana* Colla) Terhadap Penyerapan Zat Warna *Methylene blue*. *Jurnal Periodic Jurusan Kimia UNP*, 11(2), 70. <https://doi.org/10.24036/p.v11i2.109617>
- Hikmawati, D. I. (2018). Studi Perbandingan Kinerja Serbuk dan Arang Biji Salak Pondoh (*Salacca zalacca*) pada Adsorpsi Metilen Biru. *Chimica et Natura Acta*, 6(2), 85. <https://doi.org/10.24198/cna.v6.n2.18478>
- Huda, T., & Yulitaningtyas, T. K. (2018). Kajian Adsorpsi *Methylene blue* Menggunakan Selulosa dari Alang-Alang. *IJCA (Indonesian Journal of Chemical Analysis)*, 1(01), 9–19. <https://doi.org/10.20885/ijca.vol1.iss1.art2>
- Kuang, Y., Zhang, X., & Zhou, S. (2020). Adsorption of *Methylene blue* in water onto activated carbon by surfactant modification. *Water (Switzerland)*, 12(2), 1–19. <https://doi.org/10.3390/w12020587>
- Mawardi, M., Bahrizal, B., Isa, I. M., Aini, S., Putra, R. Z., & Mawardi, F. (2021). Absorption characteristics of napa soil as congo red dye adsorbent in solution with continuous system. *Rasayan Journal of Chemistry*, 14(4), 2371–2378. <https://doi.org/10.31788/RJC.2021.1446197>
- Mawardi, M., Deyundha, D., Zainul, R., & Zalmi, P. R. (2018). Characterization of PCC Cement by Addition of Napa Soil from Subdistrict Sarilamak 50 Kota District as Alternative Additional Material for Semen Padang. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 335(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/335/1/012034>
- Rizki, A., Syahputra, E., Pandia, S., & Halimatuddahlia. (2019). Pengaruh Waktu Kontak dan Massa Adsorben Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica*) dengan Aktivator H₃PO₄ terhadap Kapasitas Adsorpsi Zat Warna *Methylene blue*. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 8(2), 54–60. <https://doi.org/10.32734/jtk.v8i2.1881>
- Silva, F., Nascimento, L., Brito, M., da Silva, K., Paschoal, W., & Fujiyama, R. (2019). Biosorption of *Methylene blue* dye using natural biosorbents made from weeds. *Materials*, 12(15), 1–16. <https://doi.org/10.3390/ma12152486>
- Sukmawati, Sudewi, S., & Pontoh, J. (2018). Optimasi dan Validasi Metode Analisis Dalam Penentuan Kandungan Total Flavonoid Pada Ekstrak Daun Gedi Hijau (*Abelmoschus manihot* L.) Yang Diukur Dengan Spektrofotometer UV-VIS. *Pharmacon*, 7(3), 32–41.
- Wong, S., Tumari, H. H., Ngadi, N., Mohamed, N. B., Hassan, O., Mat, R., & Saidina Amin, N. A. (2019). Adsorption of anionic dyes on spent tea leaves modified with polyethyleneimine (PEI-STL). *Journal of Cleaner Production*, 206, 394–406. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.201>

