



DEKOLORISASI ZAT WARNA METILEN BIRU MENGUNAKAN BIOSORBEN KULIT TELUR

Linda Hevira¹, Gampito²

¹ Universitas Mohammad Natsir, Bukittinggi

² UIN Mahmud Yunus, Batusangkar

Email korespondensi : lindahevira@gmail.com

ABSTRAK

Keberadaan zat warna sintetis di perairan sangat berbahaya walaupun dalam konsentrasi yang kecil. Metoda adsorpsi dianggap paling cocok untuk mengelola limbah, apalagi memanfaatkan bahan terbuang untuk menyerap zat warna. Pada penelitian ini kulit dan membran telur ayam digunakan untuk menyerap zat warna metilen biru. Kinetika reaksi penyerapan dianalisa dari data waktu kontak optimal. Model kinetika yang cocok dengan penelitian adalah pseudo orde dua dengan $R^2 = 0,9971$. Mekanisme penyerapan menunjukkan bahwa kapasitas penyerapan sesuai dengan jumlah sisi aktif adsorben. Dari segi ekonomi, kulit dan membran telur ayam dapat direkomendasikan sebagai penyerap zat warna yang ramah lingkungan, efisiensi tinggi, mudah diperoleh sekaligus mengurangi sampah padat organik.

Kata kunci : adsorpsi; metilen biru; zat warna; kinetika reaksi

DECOLORIZATION OF METHYLENE BLUE USING EGG SHELL BIOSORBEN

ABSTRACT

The presence of synthetic dyes in waters is very dangerous even in small concentrations. The adsorption method is considered the most suitable for managing waste, especially using wasted material to absorb dyes. In this study, chicken egg shells and membranes were used to absorb methylene blue dye. The absorption reaction kinetics were analyzed from the optimal contact time data. The kinetic model that fits the research is pseudo second order with $R^2 = 0.9971$. The adsorption mechanism shows that the adsorption capacity corresponds to the number of active sites of the adsorbent. From an economic point of view, chicken egg shells and membranes can be recommended as dye adsorbents that are environmentally friendly, high efficiency, easy to obtain while reducing organic solid waste.

Keywords : adsorption; methylene blue; dyes; reaction kinetics

PENDAHULUAN

Bertambahnya jumlah penduduk dan pertumbuhan industri yang cepat, maka jumlah limbah yang masuk ke lingkungan juga semakin tak terbendung. Salah satu limbah tersebut adalah limbah tekstil berupa zat warna sintetis yang merusak kesehatan manusia dan lingkungan. Metilen Biru atau MB merupakan pewarna dengan rumus molekul ($C_{16}H_{18}N_3SCl$) dengan berat molekul 319,85 g/mol. Berdasarkan strukturnya MB merupakan pewarna thiazine kationik yang merupakan senyawa heterosiklik aromatik.

Pada awalnya MB ditemukan sebagai obat, aktivitas pelumuran MB diteliti oleh Paul Ehrlich sebagai dasar pengembangan kemoterapi modern, selanjutnya pada abad 19 -20 MB digunakan sebagai obat malaria pada manusia. Selain itu digunakan juga sebagai penanda secara medis dan laboratorium, dan sebagai obat jamur pada kulit ikan. Namun demikian penggunaan zat warna MB telah banyak diaplikasikan pada industri tekstil. Limbah yang dihasilkan dalam kadar yang tinggi bahkan merusak tumbuhan, manusia dan hewan. Pada tumbuhan air adanya zat warna di dalam perairan dapat mengganggu proses fotosintesis sehingga juga mempengaruhi ketersediaan oksigen bagi biota air lainnya. Sementara dosis MB dapat berakibat buruk bagi kesehatan manusia.

Tabel 1. Hubungan dosis MB dengan dampaknya terhadap tubuh (Miclescu & Wiklund, 2010)

No.	Dosis MB	Dampak
1	2-4 mg/kg	Hemolitik amonia, Kerusakan kulit pada bayi
2	7 mg/kg	Mual, Muntah, Gangguan pencernaan, nyeri pada dada, demam, perusakan hemoglobin
3	7,5 mg/kg	Hiperpyrexia, Pusing
4	20 mg/kg	Hipotensi
5	80 mg/kg	Sianosis, Pembiruan kulit

Pengolahan limbah cair zat warna telah banyak dilaporkan, seperti: koagulasi kimia, lumpur aktif, biodegradasi, dan nanofiltrasi (Abid et al., 2012). Namun metoda tersebut masih mahal dan proses yang lama. Dewasa ini pemerintah sedang menggalakkan dan mendukung pemanfaatan sampah dengan memberikan manfaat lain untuk menyerap

limbah dengan teknologi hijau. Sementara itu dari tinjauan ekonomi, pemanfaatan kulit telur dapat digunakan untuk menyerap zat warna berbahaya dengan biaya pengolahan limbah yang rendah dan juga berpotensi untuk dikembangkan di Indonesia.

Kulit telur ayam sering tidak dimanfaatkan bahkan menjadi sampah yang dikirim ke tempat pembuangan dengan biaya manajemen tinggi. Padahal kulit telur ayam sebagian besar mengandung kalsium karbonat yang bisa digunakan sebagai suplemen kalsium dan juga pupuk. Membran dari kulit telur juga bisa digunakan sebagai bahan kosmetik karena mengandung kolagen (Faridi & Arabhosseini, 2018). Sementara putih telur sendiri sudah pernah digunakan sebagai modifier untuk menyerap zat warna (Zein et al., 2022). Kemampuan kulit telur untuk menyerap polutan, disebabkan oleh banyaknya pori-pori dan gugus fungsi yang ada dari sisi aktif adsorben. Interaksi antara gugus fungsi dari adsorben dan zat warna inilah yang nantinya dapat mengikat kation atau senyawa anion sehingga terjadi dekolorisasi. Penggunaan kulit telur ayam merupakan adsorben yang berbiaya rendah (Carvalho et al., 2011) dapat dimanfaatkan dalam menyerap zat warna di industri tekstil. Disamping itu membran dari kulit telur memiliki asam amino dan gugus fungsi seperti $-OH$, $-SH$, $-COOH$, $-NH_3$ dan $-CONH_2$ yang dapat berinteraksi dengan zat warna (Hevira, Zein, & Ramadhani, 2019).

Penggunaan kulit telur beserta membrannya mempunyai kapasitas penyerapan yang bagus. Oleh sebab itu, kali ini penulis akan melihat kinetika penyerapannya yang diuji dengan persamaan pseudo orde satu, pseudo orde dua, dan difusi intra partikel.

METODE

2.1. Persiapan adsorben

Adsorben kulit telur dengan membrannya (KTM) dikumpulkan dan dicuci dengan air mengalir, dikeringkan lalu diblender. Kemudian diayak dengan ukuran partikel $\leq 36 \mu m$.

2.2. Aktivasi adsorben

Sebanyak 25 g KTM direndam dalam 75 mL HNO_3 0,01 N selama 2 jam. Hal ini bertujuan untuk membuka pori-pori KTM dan mengaktifkan sisi aktif adsorben (Sopiah et al., 2017). Setelah itu dibilas dengan aquadest sampai pH normal kembali, kemudian dikeringkan dan siap digunakan (Hevira, Zein, & Munaf, 2019).

2.3. Penentuan waktu kontak optimum penyerapan

Sebanyak 0,1 g KTM dimasukkan ke dalam 25 mL metilen biru dengan konsentrasi 10 mg / L pada pH optimum yang telah didapatkan sebelumnya. Penambahan asam

nitrat dan basa digunakan untuk mengatur pH larutan. Waktu agitasi dilakukan mulai dari 15 - 60 menit pada 100 rpm. Setelah itu adsorben disaring dan kemudian konsentrasi larutan metilen biru ditentukan dengan Spektrofotometer UV-vis.

Kapasitas adsorpsi KTM terhadap metilen biru dihitung dengan persamaan:

$$q_e = \frac{(C_o - C_e)V}{m} \quad \text{(Persamaan 1)}$$

di mana C_o dan C_e adalah konsentrasi zat warna awal dan konsentrasi pada saat setimbang (mg / L), m adalah massa KTM (g), dan V adalah volume larutan zat warna metilen biru (L).

2.4. Kinetika reaksi

Analisa kinetika reaksi digunakan untuk memprediksi kecepatan perpindahan adsorbat dari larutan ke adsorben. Pada penelitian ini kinetika reaksi dapat dilihat kinetika reaksi dari zat warna metilen biru pada KTM. Model kinetika adsorpsi ditentukan dengan menggunakan persamaan pseudo orde satu (Lagergren) dan pseudo orde dua (Ho & Mc Kay).

$$-\ln (q_e - q_t) = k_1 \cdot t - \ln q_e \quad \text{(Persamaan 2)}$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e} \quad \text{(Persamaan 3)}$$

Dari persamaan kinetika pseudo orde satu dan pseudo orde dua diatas akan didapatkan nilai k_1 , k_2 , q_e dan R^2 dari masing-masing model.

Dimana:

q_e = kapasitas penyerapan pada saat setimbang (mg/g)

q_t = kapasitas penyerapan pada waktu t (mg/g)

k_1 = konstanta laju reaksi pseudo orde satu (menit⁻¹)

k_2 = konstanta laju reaksi pseudo orde dua (g/mg.menit)

Mekanisme adsorpsi juga dapat dijelaskan dengan menggunakan model difusi intra partikel. Difusi intra partikel dinyatakan dengan persamaan Weber dan Morris seperti ditunjukkan pada persamaan 4.

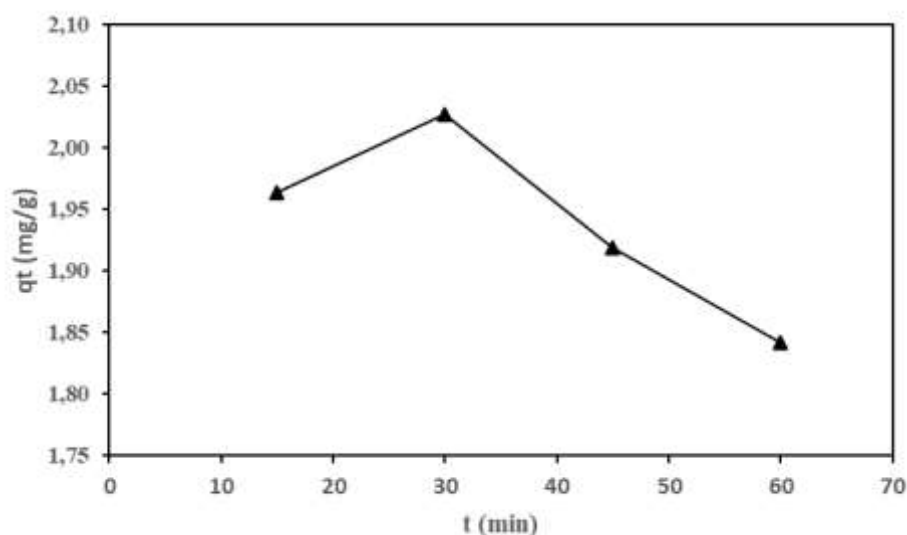
$$q_t = Kip \times t^{0.5} + C \quad \text{(Persamaan 4)}$$

Dimana Kip ($\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1/2}$) adalah konstanta laju difusi intrapartikel dan C ($\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$) adalah ketebalan lapisan batas. Dengan memplot q_t versus $t^{0.5}$ maka didapatkan kemiringan dan perpotongan garis lurus dalam bentuk Kip dan C .

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1. Pengaruh waktu kontak

Pengaruh waktu kontak sangat mempengaruhi lama atau tidaknya penyerapan terjadi. Pada Gambar 1 dapat kita lihat bahwa semakin bertambah waktu kontak reaksi antara zat warna dengan adsorben, maka semakin berkurang kapasitas penyerapan. Walaupun pengurangan sangat sedikit, namun kapasitas penyerapan KTM terhadap metilen biru optimum terjadi pada waktu kontak 15 menit.



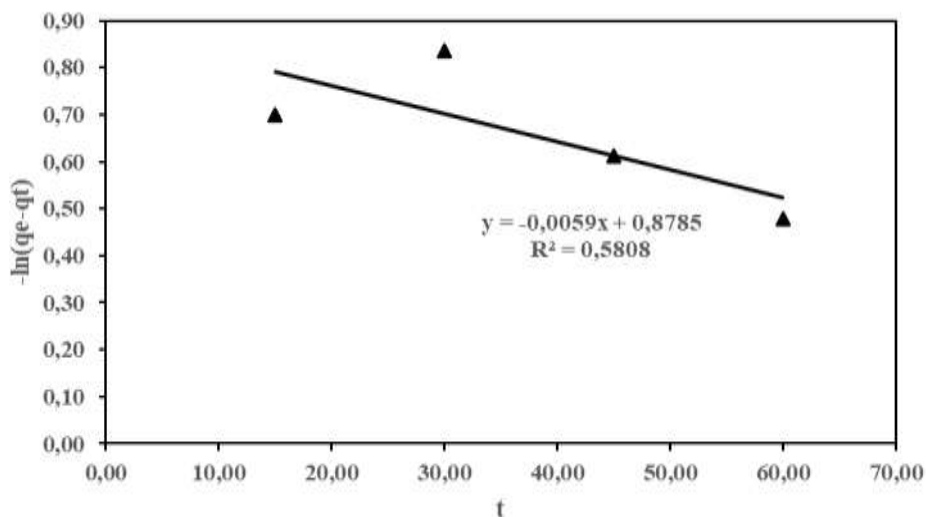
Gambar 1. Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi KTM untuk menyerap metilen biru.

Waktu yang cepat itu dimungkinkan karena metilen biru merupakan zat warna kationik yang akan cepat berinteraksi dengan kulit telur. Hal yang sama juga terjadi pada penyerapan MB oleh limbah daun ketapang (Yully et al., 2015). Sementara itu jika waktu kontak antara adsorbat dan adsorben terus ditambah setelah mencapai kapasitas optimum, maka akan dapat menghambat penyerapan adsorbat bahkan dapat melepaskan ikatan yang telah terjadi antara adsorbat dan adsorben, sehingga kapasitas penyerapan menjadi turun.

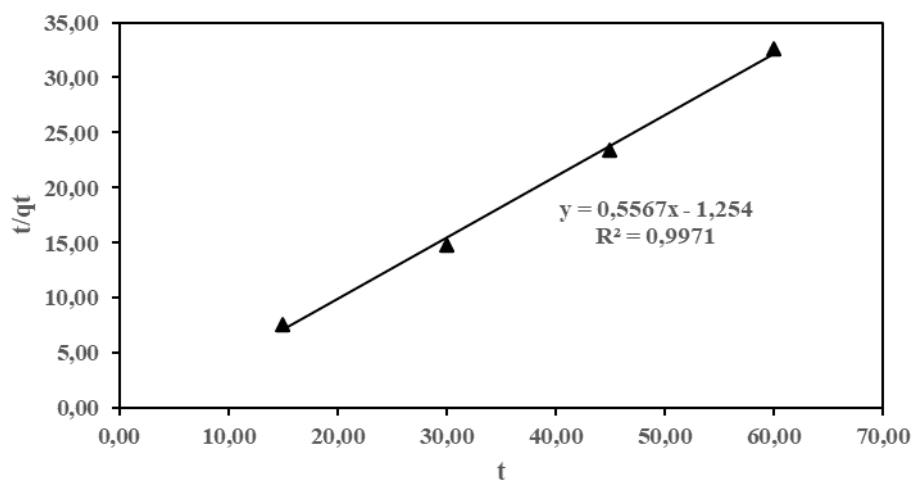
3.2. Kinetika reaksi

Model kinetika pseudo orde satu diturunkan berdasarkan persamaan laju reaksi Lagergren untuk adsorpsi cair-padat berdasarkan kapasitas padatan. Sedangkan model kinetika pseudo orde dua diasumsikan bahwa kapasitas penyerapan sebanding dengan jumlah situs aktif pada adsorben (Liu et al., 2016).

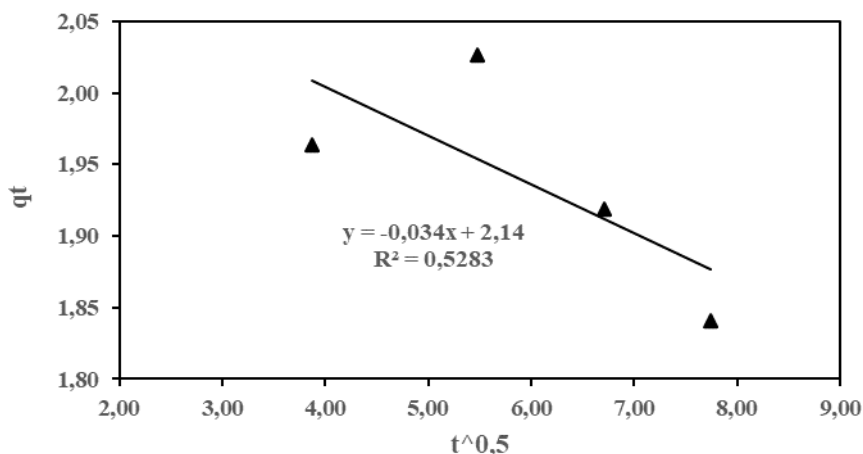
Pada Gambar 2 didapatkan bahwa nilai R^2 dari persamaan pseudo orde satu adalah 0,5808. Sedangkan pada Gambar 3 nilai koefisien determinasi dari model pseudo orde dua adalah 0,9971. Itu berarti bahwa model kinetika pseudo orde dua lebih cocok untuk menjelaskan laju reaksi zat warna metilen biru pada KTM. Penelitian tentang pemanfaatan limbah jamur kancing untuk menyerap zat warna MB juga mendapatkan hasil yang sama (Ahmed & Ebrahim, 2020).



Gambar 2. Kinetika penyerapan zat warna metilen biru menggunakan model kinetika pseudo orde satu.



Gambar 3. Kinetika penyerapan zat warna metilen biru menggunakan model kinetika pseudo orde dua.



Gambar 4. Penyerapan zat warna metilen biru menggunakan model difusi intra partikel.

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa mekanisme penyerapan pada persamaan difusi intra partikel dimulai dari pergerakan partikel dari luar adsorben ke permukaan adsorben, setelah itu terjadinya difusi molekul ke dalam pori. Nilai koefisien determinasi (R^2) untuk penyerapan zat warna metilen biru oleh KTM adalah 0,5283. Hal ini menunjukkan bahwa model difusi intra-partikel menunjukkan satu-satunya yang membatasi laju penyerapan (Guarín et al., 2018).

Tabel 2. Parameter model kinetika reaksi untuk penyerapan metilen biru oleh KTM

Model	Parameter	KTM+metilen biru
Data Percobaan	q_e (exp) (mg / g)	2,0267
Pseudo-orde-satu	k_1 (min^{-1})	0,0059
	q_e (calc) (mg / g)	0,4154
	R^2	0,5808
Pseudo-orde-dua	k_2 ($\text{g mg}^{-1} \text{ menit}^{-1}$)	0,2471
	q_e (calc) (mg / g)	1,7963
	R^2	0,9971
Difusi intra-partikel	C	2,140
	K_{diff} ($\text{mg / g min}^{0,5}$)	0,034
	R^2	0,5283

Pada Tabel 2 dapat dilihat juga nilai q_e pada perlakuan dan nilai q_e pada persamaan pseudo orde dua lebih berdekatan, yaitu 2,0267 dengan 1,7963. Nilai ini dikonfirmasi dengan nilai $R^2 = 0,9971$. Sementara itu nilai q_e yang didapatkan dalam percobaan dan q_e pada persamaan pseudo orde satu agak lebih jauh yaitu 2,0267 dengan 0,4154 dimana nilai R^2 yang didapatkan juga rendah yaitu yaitu 0,5808. Hal ini menunjukkan bahwa kinetika reaksi penyerapan MB oleh KTM lebih cocok menggunakan model pseudo orde dua daripada pseudo orde satu. Model kinetika pseudo orde dua dapat menjelaskan bahwa kapasitas penyerapan dipengaruhi oleh jumlah sisi aktif adsorben. Hasil yang sama juga terjadi pada penyerapan Metilen biru menggunakan kulit pisang (Fitriani et al., 2015).

Analisa Biaya Penyerapan/Dekolorisasi

Pengolahan limbah zat warna biasanya membutuhkan biaya yang besar. Analisa biaya pengolahan limbah dilakukan untuk melihat potensi penggunaan kulit telur dari segi ekonomi. Penggunaan karbon aktif sering memberikan kapasitas penyerapan yang tinggi, namun biaya pengolahan menjadi karbon aktif membutuhkan biaya dan waktu yang lebih lama. Sementara penggunaan kulit telur setelah diaktivasi bisa langsung digunakan. Harga 1 kg karbon aktif adalah Rp 20.000, sementara 1 kg cangkang telur bisa didapatkan secara gratis. Perbandingan harga ini sangat signifikan dalam pengolahan limbah tekstil yang cukup banyak. Hal ini juga dibuktikan oleh Misfadhila dkk bahwa penggunaan kulit telur dalam penyerapan zat warna atau dekolourisasi juga memberikan kapasitas adsorpsi yang lebih baik dibandingkan dengan karbon aktif (Misfadhila, Azizah, Diane, & Chaniago, 2018).

SIMPULAN

Dari hasil analisa data penelitian dapat disimpulkan bahwa KTM (kulit telur dan membran telur ayam) terbukti dapat menyerap zat warna metilen biru. Mekanisme penyerapan dapat dilihat dari model kinetika rekasi. Model kinetika pseudo orde dua menunjukkan bahwa kapasitas penyerapan sesuai dengan jumlah sisi aktif adsorben. Dari segi ekonomi, KTM berpotensi untuk direkomendasikan sebagai penyerap zat warna dalam mengurangi limbah industri tekstil.

DAFTAR PUSTAKA

- Abid, M. F., Zablouk, M. A., & Abid-Alameer, A. M. (2012). Experimental study of dye removal from industrial wastewater by membrane technologies of reverse osmosis and nanofiltration. *Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 9(17), 1. <https://doi.org/10.1186/1735-2746-9-17>
- Ahmed, H. A. B., & Ebrahim, S. E. (2020). Removal of methylene blue and congo red dyes by pretreated fungus biomass-equilibrium and kinetic studies. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 66(2), 84–100.
- Carvalho, J., Araujo, J., & Castro, F. (2011). Alternative low-cost adsorbent for water and wastewater decontamination derived from eggshell waste: An overview. *Waste and Biomass Valorization*, 2(2), 157–167. <https://doi.org/10.1007/s12649-010-9058-y>
- Faridi, H., & Arabhosseini, A. (2018). Application of eggshell wastes as valuable and utilizable products: A review. *Research in Agricultural Engineering*, 64(2), 104–114. <https://doi.org/10.17221/6/2017-RAE>
- Fitriani, D., Oktiani, D., & Lusiana. (2015). Pemanfaatan Kulit Pisang Sebagai Adsorben Zat Warna Methylene Blue. *Jurnal Gradien*, 11(2), 1091–1095.
- Guarín, J. R., Moreno-Pirajan, J. C., & Giraldo, L. (2018). Kinetic Study of the Bioadsorption of Methylene Blue on the Surface of the Biomass Obtained from the Algae *D. antarctica*. *Journal of Chemistry*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/2124845>
- Hevira, L., Zein, R., & Munaf, E. (2019). Efisiensi Penyerapan ION Logam Terhadap pH dan Waktu Kontak Menggunakan Cangkang Ketapang. *Jurnal Katalisator*, 4(1), 42–52.
- Hevira, L., Zein, R., & Ramadhani, P. (2019). Review Metoda Adsorpsi pada penyerapan ion logam dan zat warna dalam limbah cair. *Jurnal Sains Dan Terapan Kimia*, 13(1), 39–58.
- Liu, J., Li, E., You, X., Hu, C., & Huang, Q. (2016). Adsorption of methylene blue on an agro-waste oiltea shell with and without fungal treatment. *Nature Publishing Group*, November, 1–11. <https://doi.org/10.1038/srep38450>
- Miclescu, A., & Wiklund, L. (2010). *Methylene blue, an old drug with new indications?* 17(1), 35–41.
- Sopiah, N., Prasetyo, D., & Aviantara, D. B. (2017). Pengaruh aktivasi karbon aktif dari tandan kosong kelapa sawit terhadap adsorpsi kadmium terlarut. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Dan Pencemaran Industri*, 8(2), 55–66.
- Yully, A., Muhdarina, & Nurhayati. (2015). Bioarang Limbah Daun Ketapang (*Terminalia catappa* L.) sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru dalam Larutan Berair. *Jom Fmipa*, 2(2), 246–252. <https://doi.org/10.1002/ejic.201402692>
- Zein, R., Hevira, L., Zilfa, Rahmayeni, Fauzia, S., & Ighalo, J. O. (2022). The

improvement of indigo carmine dye adsorption by Terminalia catappa shell modified with broiler egg white. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s13399-021-02290-3>