

Isoterm Adsorpsi Karbon Aktif Tulang Ikan Dalam Penurunan Konsentrasi Metilen Biru

Iul Zakiyah Rahmatika¹, Tarikh Azis Ramadani², dan Denny Dermawan^{1*}

¹Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

²Program Studi Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: denny.dermawan@ppns.ac.id

Abstrak

Metilen biru merupakan zat warna kationik yang bersifat toksik dan karsinogenik. Keberadaannya di lingkungan akibat dari kegiatan industri dapat membahayakan lingkungan dan makhluk hidup, sehingga konsentrasinya harus rendah. Adsorpsi adalah teknologi pengolahan limbah cair yang dapat diaplikasikan untuk menurunkan polutan metilen biru. Tulang ikan mengandung senyawa hidroksiapatit (HAp) yang stabil dengan berbagai karakteristik permukaan yang menguntungkan, sehingga berpotensi untuk dijadikan sebagai karbon aktif pada proses adsorpsi. Penelitian ini memanfaatkan limbah tulang ikan yang dijadikan sebagai karbon aktif untuk menurunkan konsentrasi metilen biru. Model isoterm Langmuir dan Freundlich dilakukan analisis untuk memperkirakan kapasitas adsorpsi karbon aktif tulang ikan. Tulang ikan dilakukan kalsinasi pada suhu 600°C selama 2 jam dan dilakukan aktivasi dengan NaOH 3,0 M selama 24 jam. Pengujian adsorpsi dilakukan secara *batch* dengan variasi konsentrasi awal metilen biru (100-400 mg/L) pada waktu kontak 180 menit, dosis adsorben 0,025 g, dan pH 7. Hasil penelitian dapat disimpulkan, bahwa pengujian adsorpsi mengikuti model isoterm Langmuir dengan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 303,03 mg/g. Model isoterm ini menunjukkan adsorpsi metilen biru dengan karbon aktif tulang ikan terjadi mekanisme secara kimia.

Keywords: Adsorpsi, Isoterm, Metilen Biru, Tulang ikan

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan data timbulan sampah KLHK (2021), sampah sisa makanan memiliki persentase tertinggi (43,2%) dari total timbulan sampah yang mencapai 20 juta ton per tahun. Sampah yang melimpah dan tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan masalah baru bagi lingkungan. Tulang ikan merupakan salah satu jenis sampah sisa makanan yang mengandung senyawa hidroksiapatit (HAp). Senyawa HAp merupakan komponen penyusun utama tulang. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Mutmainnah *et al.*, (2017) menyatakan bahwa, senyawa anorganik pada tulang ikan mengandung HAp sebesar 91,15% dari hasil kalsinasi. HAp memiliki sifat yang stabil dan memiliki karakteristik permukaan, seperti gugus fungsi permukaan, hidrofilisitas, dan porositas yang menguntungkan untuk dijadikan sebagai karbon aktif pada proses adsorpsi (Diba *et al.*, 2019; Marinah *et al.*, 2017). Penelitian yang dilakukan oleh Kakame, D. Y. N., *et al.*, (2019) menggunakan HAp dari tulang ikan sebagai adsorben dan dikompositkan dengan Ag untuk menghilangkan kandungan metilen biru menunjukkan efisiensi penyerapan mencapai 77% di bawah sinar UV. Hidroksiapatit tulang ikan kakap merah hasil kalsinasi digunakan sebagai adsorben oleh Wuntu, A. D., *et al.*, (2020) untuk menghilangkan polutan metilen biru menghasilkan mekanisme adsorpsi secara fisik dengan kapasitas 1,63 mg/g dan energi adsorpsi sebesar 0,84 – 1,14 kJ/mol.

Adsorpsi merupakan teknologi pengolahan air limbah dengan proses pemisahan komponen dari pelarut dengan menggunakan suatu padatan berpori yang semakin besar luas permukaannya dapat meningkatkan kemampuan pada proses adsorpsi. Proses adsorpsi dapat diaplikasikan untuk menghilangkan polutan zat warna, salah satunya metilen biru. Zat warna ini sering digunakan dalam kegiatan industri, karena biaya yang murah dan daya ikatnya tinggi (Sridhar *et al.*, 2022). Penggunaan zat warna di industri berpotensi menghasilkan limbah zat warna yang dapat mencemari lingkungan. Metilen biru termasuk jenis zat warna kationik yang bersifat toksik dan karsinogenik yang keberadaannya di lingkungan dapat menjadi racun bagi ekosistem air dan manusia (Falini *et al.*, 2022).

Penelitian ini dilakukan pengujian adsorpsi metilen biru dengan karbon aktif dari tulang ikan. Beberapa teknik diterapkan untuk meningkatkan kemampuan adsorben dalam proses adsorpsi, seperti kalsinasi dengan *furnace* pada suhu 600°C dan aktivasi adsorben dengan NaOH, untuk meningkatkan kapasitas penyerapan

metilen biru. Pengujian adsorpsi dilakukan secara *batch* dengan variasi konsentrasi awal metilen biru (100-400 mg/L) pada waktu kontak 180 menit, dosis adsorben 0,025 g, dan pH 7. Model isoterm Langmuir dan Freundlich dilakukan analisis untuk memperkirakan kapasitas adsorpsi karbon aktif dari tulang ikan dalam menyerap metilen biru.

2. METODOLOGI

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *glassware*, neraca digital, *hotplate*, *magnetic stirrer*, kuvet, *stopwatch*, oven, *furnace*, ayakan 100 mesh, dan spektrovotometer UV-Vis. Bahan yang digunakan adalah tulang ikan patin, Metilen Biru (SAP), kertas saring, aquades, dan NaOH 98% (SAP).

2.2 Kalsinasi Tulang Ikan

Sebelum dilakukan kalsinasi, limbah tulang ikan dibersihkan dari daging dan kotoran yang masing menempel dengan direbus. Tulang ikan yang sudah bersih dikeringkan dengan oven pada suhu 105°C. Kemudian tulang ikan dipotong dengan ukuran kecil, lalu direndam pada larutan NaOH 0,1 M dan diaduk pada suhu 60°C selama 2 jam. Hasil perendaman ini dikeringkan pada oven dengan suhu 105°C, selanjutnya dihaluskan. Tulang ikan yang telah halus dilakukan kalsinasi dengan *furnace* pada suhu 600°C selama 2 jam. Hasil kalsinasi dilakukan pendinginan hingga suhu ruang dan diayak dengan ayakan berukuran 100 mesh.

2.3 Aktivasi Adsorben

Proses aktivasi dilakukan dengan merendam adsorben tulang ikan 100 mesh pada larutan NaOH 3,0 M selama 24 jam pada suhu ruang. Perbandingan adsorben dan larutan NaOH adalah 1:3 (b/v). Setelah waktu aktivasi tercapai, karbon aktif disaring dan dicuci dengan aquades hingga pH filtrat netral. Kemudian, karbon aktif dikeringkan pada oven dengan suhu 105°C.

2.4 Pengujian Adsorpsi Pengaruh Konsentrasi Awal Metilen Biru dan Waktu Kontak

Pengujian adsorpsi dilakukan untuk mengetahui konsentrasi maksimum yang dicapai karbon aktif untuk menurunkan konsentrasi metilen biru. Variasi konsentrasi awal metilen biru dilakukan pada konsentrasi awal metilen biru 100 mg/L, 200 mg/L, 300 mg/L, dan 400 mg/. Proses adsorpsi dilakukan pada waktu kontak 180 menit, volume larutan metilen biru 50 mL, dosis adsorben 0,025 g, pH 7, suhu ruang, dan pengadukan 110 rpm. Selanjutnya filtrat hasil adsorpsi dilakukan pembacaan absorbansi dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 665 nm.

2.5 Analisis Isoterm

Analisis isoterm menggambarkan kesetimbangan antara adsorben-adsorbat, yang dilakukan untuk menentukan jumlah adsorbat yang dapat teradsorpsi. Model isoterm Langmuir dan Freundlich dilakukan analisis untuk memperkirakan kapasitas adsorpsi karbon aktif tulang ikan untuk menyerap metilen biru. Konstanta dalam isoterm Langmuir ditentukan dengan memplot $C_e/(x/m)$ versus C_e dalam bentuk linear, sedangkan konstanta dalam isoterm Freundlich ditentukan dengan memplot $\log(x/m)$ versus $\log C_e$ dalam bentuk linear. Persamaan isoterm Langmuir dan Freundlich dinyatakan masing-masing pada persamaan (1) dan (2):

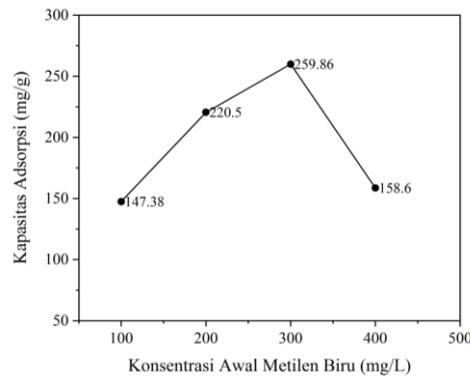
$$C_e/q_e = 1/(k_L q_m) + (C_e/q_m) \quad (1)$$

$$\log q_e = (1/n)(\log C_e) + \log K_F \quad (2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian adsorpsi dilakukan pada variasi konsentrasi awal metilen biru 100 mg/L, 200 mg/L, 300 mg/L, dan 400 mg/L dengan dosis adsorben 0,025 g dan volume larutan 50 mL selama 180 menit. Hasil pengujian adsorpsi pengaruh konsentrasi awal metilen biru terhadap kapasitas adsorpsi dengan karbon aktif dari tulang ikan disajikan pada **Gambar 1**. Hasil pengujian ini menunjukkan kapasitas adsorpsi yang meningkat pada konsentrasi awal 100 mg/L hingga 300 mg/L. Peningkatan kapasitas adsorpsi ini disebabkan adanya situs aktif adsorben yang masih kosong. Peningkatan nilai kapasitas adsorpsi ini juga dipengaruhi oleh adanya gaya Van der Waals. Gaya ini terjadi karena adanya fluktuasi sementara dalam distribusi elektron di sekitar molekul adsorbat yang

dapat menghasilkan momen dipol, sehingga menciptakan gaya tarik menarik antar molekul yang berdekatan. Pada konsentrasi awal metilen biru 400 mg/L terjadi penurunan nilai kapasitas adsorpsi. Menurut Kumar Biswal et al. (2022) penurunan kemampuan penyerapan metilen biru oleh adsorben disebabkan penurunan polaritas pelarut larutan yang dapat meningkatkan interaksi hidrofobik antara molekul pewarna.



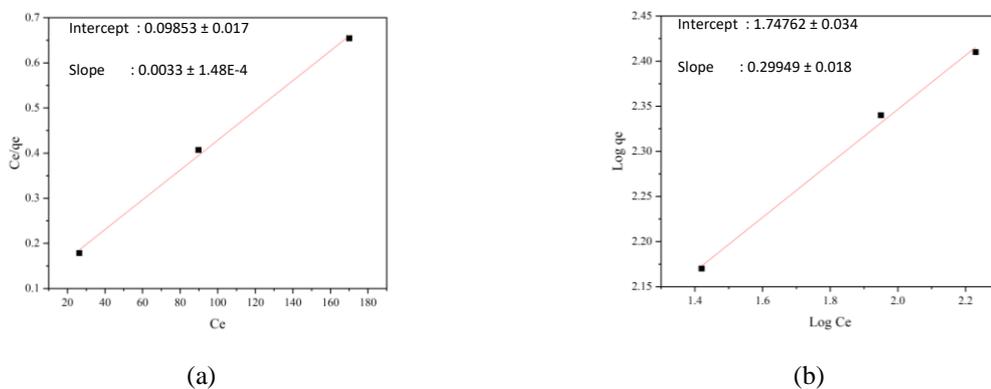
Gambar 6 Pengaruh Konsentrasi Awal Metilen Biru Terhadap Kapasitas Adsorpsi

Analisis isoterm Langmuir dan Freundlich dilakukan pada variasi konsentrasi awal metilen biru 100, 200, dan 300 mg/L. Model isoterm adsorpsi ditentukan berdasarkan grafik dengan linieritas yang paling baik, yaitu grafik yang memiliki koefisien determinasi R^2 yang mendekati 1. Grafik model isoterm Langmuir dan Freundlich disajikan pada **Gambar 3**, dan hasil analisis isoterm disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 11 Data Parameter Model Isoterm Langmuir dan Freundlich

Isoterm Langmuir			Isoterm Freundlich		
Q_{max} (mg/g)	K_L (L/mg)	R^2	1/n	K_f (L/mg)	R^2
303,0303	0,0335	0,9980	0,3072	54,3375	0,9966

Berdasarkan **Tabel 1**, dapat diketahui bahwa linearitas terbaik ditunjukkan oleh isoterm Langmuir, sehingga tipe Langmuir lebih cocok digunakan untuk mencirikan mekanisme adsorpsi metilen biru dengan karbon aktif tulang ikan. Model isoterm Langmuir mengasumsikan mekanisme adsorpsi secara kimia (*chemisorption*). Adsorpsi kimia terjadi perpindahan elektron antara metilen biru (kationik) dengan permukaan adsorben teraktivasi (anionik) Menurut Masruhin *et al.* (2018), ikatan yang terjadi pada adsorpsi secara kimia bersifat ireversibel, dimana terjadi ikatan yang sangat kuat yang tidak mudah lepas. Pada mekanisme ini terdapat satu lapisan adsorbat pada permukaan adsorben (*monolayer*) dan bersifat homogen, serta energi aktivasi adsorpsi dan entalpi konstan dimiliki oleh masing-masing molekul. Hasil analisis isoterm pada penelitian ini diperoleh kapasitas maksimum (Q_{max}) adsorpsi sebesar 303,03 mg/g dan konstanta Langmuir (K_L) 0,0335.



Gambar 7 Model Isoterm (a) Langmuir dan (b) Freundlich

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa proses penyisihan metilen biru oleh adsorben tulang ikan teraktivasi pada variasi konsentrasi awal metilen biru mengikuti model isoterm Langmuir. Hasil analisis isoterm pada penelitian ini diperoleh kapasitas maksimum (Q_{\max}) sebesar 303,03 mg/g, sehingga mekanisme adsorpsi pada penelitian ini terjadi secara kimia,

5. DAFTAR NOTASI

C_e = konsentrasi akhir metilen biru saat kesetimbangan [mg/L]

q_e = kapasitas adsorpsi saat kesetimbangan [mg/g]

k_L = konstanta kesetimbangan adsorpsi [L/mg]

q_m = kapasitas maksimum adsorpsi [mg/g]

n = faktor heterogenitas

K_F = konstanta Freundlich

6. DAFTAR PUSTAKA

- Diba, R. F., Amalia, V., Hadisantoso, E. P., & Rohmatulloh, Y. (2019). Adsorpsi Ion Logam Tembaga(II) dalam Air Dengan Serbuk Tulang Ikan Gurame (*Osphronemus gourami* Lac). *al-Kimiya*, 4(2), 105–112. <https://doi.org/10.15575/ak.v4i2.5091>
- Falini, G., Basile, M. L., Gandolfi, S., Carella, F., Guarini, G., Esposti, L. D., Iafisco, M., & Adamiano, A. (2022). Natural calcium phosphates from circular economy as adsorbent phases for the remediation of textile industry waste-waters. *Ceramics International*, 49(1), 243–252. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2022.08.337>
- Kakame, D. Y. N., & Wuntu, A. D. (2019). Degradasi dan Adsorpsi Zat Warna Methylene Blue Menggunakan Komposit Ag-Tulang Ikan Terkalsinasi. *Chemistry Progress*, 11(2), 58–62.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021). *Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional*. <https://sipsn.menlhk.go.id/>
- Kumar Biswal, A., Sahoo, M., Kumar Suna, P., Panda, L., Lenka, C., & Kumari Misra, P. (2022). Exploring the adsorption efficiency of a novel cellulosic material for removal of food dye from water. *Journal of Molecular Liquids*, 350, 118577. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2022.118577>
- Marinah, M. A., Yatim, N. I., & Hamzah, S. (2017). Sintesis dan pencirian hidroksiapatit dari kulit kerang dan potensi sebagai penjerap ion plumbum. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 21(3), 571–584. <https://doi.org/10.17576/mjas-2017-2103-07>
- Masruhin, M., Rasyid, R., & Yani, S. (2018). PENJERAPAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DENGAN MENGGUNAKAN LIGNIN HASIL ISOLASI JERAMI PADI. *Journal Of Chemical Process Engineering*, 3(1), 6. <https://doi.org/10.33536/jcpe.v3i1.188>
- Mutmainnah, M., Chadijah, S., & Rustiah, W. O. (2017). Hidroksiapatit dari Tulang Ikan Tuna Sirip Kuning (*Tunnus albacores*) dengan Metode Presipitasi. *Al-Kimia*, 5(2), 119–126. <https://doi.org/10.24252/al-kimia.v5i2.3422>
- Sridhar, A., Ponnuchamy, M., Kapoor, A., & Prabhakar, S. (2022). Valorization of food waste as adsorbents for toxic dye removal from contaminated waters: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 424(PB), 127432. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127432>