

POTENSI BAMBU TABAH DAN MODIFIKASINYA SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA INDIGO

R. A. Suwito, M. Manurung*, I. A. G. Widihati

Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Udayana, Jimbaran, Badung, Bali, Indonesia

**Email: manuntun_manurung@unud.ac.id*

ABSTRAK

Pewarna alami indigo, juga disebut sebagai "King of Dye", digunakan secara luas dalam pembuatan pakaian tradisional Bali. Meningkatnya penggunaan zat warna indigo menyebabkan volume limbah bertambah besar yang dapat mencemari lingkungan perairan. Penanganan limbah ini penting, untuk meminimalisir dampak negatifnya bagi lingkungan dan metode adsorpsi menjadi salah satu pilihan. Dalam penelitian ini, dipelajari efisiensi adsorpsi zat warna indigo menggunakan serbuk bambu (B_0) dan serbuk arang bambu berukuran mikron (AB_0) untuk mengadsorpsi zat warna indigo. Hasil penelitian menunjukkan bahwa B_0 dan AB_0 memiliki waktu adsorpsi, pH larutan yang sama yaitu 30 menit, dan $pH = 2$, massa adsorben sebesar 0,20 g dan 0,10 g untuk B_0 dan AB_0 . Kapasitas adsorpsi B_0 dan AB_0 masing-masing sebesar 105,897 mg/g dan 236,056 mg/g. Isoterm adsorpsi B_0 dan AB_0 mengikuti model Freundlich.

Kata kunci: Adsorben, indigo, bambu tabah, adsorpsi

ABSTRACT

The natural indigo dye, also known as the "King of Dye," is widely used in the production of traditional Balinese clothing. Increasing use of indigo dye results in large volumes of waste and can pollute aquatic environments. Managing this waste is crucial to minimize the negative impacts, and an adsorption method is an effective option. This study compares the adsorption efficiency of indigo dye using bamboo powder (B_0) and micron-sized bamboo charcoal powder (AB_0). The results showed that the optimum adsorption conditions for B_0 and AB_0 were 30 minutes, $pH = 2$, adsorbent mass for B_0 of 0.20 g, and AB_0 of 0.10 g. The adsorption capacities for B_0 and AB_0 were 105.897 mg/g and 236.056 mg/g, respectively. The adsorption isotherms for B_0 and AB_0 followed the Freundlich model.

Keywords: Adsorbent, indigo, Tabah bamboo, adsorption

PENDAHULUAN

Limbah industri tekstil dapat mencemari lingkungan perairan dan mengganggu organisme perairan (Dewata dan Tarmizi, 2015). Indigo merupakan salah satu pewarna alami yang dijuluki sebagai "*King of Dye*" (Kurniawan, 2020). Adanya peraturan Gubernur Bali Nomor 79 tahun 2018 yang mewajibkan menggunakan pakaian tradisional Bali juga meningkatkan penggunaan zat warna dalam memproduksi pakaian tradisional Bali. Sekitar 10-15% pewarna biasanya tidak terserap kedalam serat kain, dan menjadi limbah (Herawati dkk., 2018). Limbah cair ini bersifat toksik sebab mengandung sisa zat warna dan logam berat yang berbahaya bagi lingkungan, jika dibuang kelingkungan tanpa penanganan yang memadai. Penanganan limbah ini dapat dilakukan dengan beberapa metode,

diantaranya adsorpsi, fotodegradasi, elektroforesis, lumpur aktif, dan sebagainya (Metcalf and Edy, 2003).

Adsorpsi merupakan salah satu teknik yang disarankan dalam pengolahan limbah zat warna, sebab dapat menghilangkan hampir semua tipe dari zat warna, pelaksanaannya mudah, dapat diregenerasi (Katheresan dkk., 2018). Bahan yang digunakan dalam metode adsorpsi umumnya menggunakan karbon aktif, kitosan, zeolit, dan mineral tanah sebagai pembuatan adsorben untuk penjernihan air (Yu and Xuena, 2015). Karbon aktif atau arang aktif cocok digunakan dalam penanganan limbah dalam industri tekstil skala mikro dikarenakan relatif murah, dan memiliki daya adsorpsi yang cukup tinggi, dan mudah diregenerasikan (Krismayanti dkk., 2019). Okoya and Diisu (2021), melaporkan efisiensi adsorben dari karbon aktif dari serbuk gergaji, karbon aktif

dari cangkang kerang, dan karbon aktif komersial dalam menyerap zat warna indigo. Efisiensi dari adsorben terjadi pada 250 mg/L zat warna indigo, dengan persentase efisiensi adsorpsi 93,8 % pada karbon aktif dari cangkang kerang, 93,1% pada karbon aktif serbuk gergaji, dan 89,8% pada karbon aktif komersial. Sumalatha dkk. (2014) juga melakukan penelitian dalam penyerapan zat warna indigo karmin, bahwa waktu kontak, temperatur, dosis adsorben, pH, dan ukuran partikel berpengaruh terhadap kapasitas adsorpsi.

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan daya adsorpsi serbuk bambu (B₀), dan serbuk arang bambu (AB₀) dengan ukuran mikron terhadap zat warna Indigo dari larutan. Agar mendapatkan kapasitas adsorpsi terbaik, maka terlebih dahulu mengoptimasi beberapa parameter adsorpsi antara lain waktu kontak, massa adsorben, pH, dan suhu. Selain itu model Isoterm adsorpsi juga turut ditentukan.

MATERI DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan yaitu batang bambu Tabah (*Gigantochloa nigrociliata*) yang diambil dari daerah Banjar, Kab. Buleleng, Bali. Bahan kimia yang digunakan meliputi serbuk zat warna indigo USP *Grade Beaute* Lab, serbuk KBr, NaOH 0,10 M, dan HCl 0,10 M.

Peralatan

Alat yang digunakan yaitu neraca analitik, penyaring *stainless* 100 mesh dan 200 mesh, kaca arloji, kertas saring Watman No.42, cawan porselin, oven, desikator, mortar, pengaduk magnetik, pH meter, alat-alat gelas, *stopwatch*, tanur, *Particle Size Analyzer Malvern Instruments*, FT-IR Shimadzu Prestige-1, Jeol-JSM6510 LA-SEM, *Planetary Ball Mill Retsch Tipe PM 400*, dan spektrofotometer UV-Vis Shimadzu UV1800.

Cara Kerja

Preparasi sampel bambu Tabah

Batang bambu Tabah dicuci dengan air untuk membersihkan kotoran yang menempel. Batang bambu yang sudah bersih dipotong dengan gergaji, agar ukurannya lebih kecil dan lebih halus. Serbuk hasil pemotongan, digerus dan diayak dengan ayakan 100 mesh dan 200

mesh. Serbuk bambu yang lolos 100 mesh dan tidak lolos 200 mesh dikumpulkan sebagai adsorben (B₀). Serbuk bambu dibilas dengan aquades, dan kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110 °C hingga bobot yang diperoleh konstan.

Karbonisasi bambu Tabah

Bambu tabah kering berukuran kira-kira 1 cm ditimbang sebanyak 916,28 g dikarbonisasi pada suhu 650 °C selama 90 menit. Sebanyak 20 g arang dimasukkan ke dalam alat *Planetary Ball Mill* dengan kecepatan 350 rpm dengan jumlah bola sebanyak 40 buah selama 12 jam. Hasil yang diperoleh diberi kode AB₀.

Karakterisasi Adsorben

Penentuan Gugus fungsi

Gugus fungsi adsorben B₀ dan AB₀ ditentukan dengan metode KBr. Adsorben ditimbang masing-masing sebanyak 0,3 g, lalu ditambahkan serbuk KBr. Campuran dimampatkan dalam cetakan menggunakan pompa hidrolik sehingga membentuk pellet. Pellet dianalisis dengan FTIR yang serapannya diukur pada bilangan gelombang 400-4000 cm⁻¹.

Karakterisasi dengan SEM-EDX

Analisis SEM-EDX bertujuan untuk mengetahui morfologi permukaan dan komposisi kimia adsorben. Adsorben B₀ dan AB₀ dianalisis pada 1 titik dengan pembesaran 1.000x, 3.000x, 5.000x, dan 10.000x.

Penentuan Waktu kontak

Ke dalam 6 buah Erlenmeyer 100 mL masing-masing ditambahkan 25 mL larutan indigo 100 mg/L lalu ditambahkan arang B₀ sebanyak 0,10 g. Campuran diaduk dengan pengaduk magnetik dengan variasi waktu 30, 60, 90, 120, 150 menit, disaring dan filtrat yang dihasilkan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang (λ) = 698 nm. Konsentrasi indigo yang tersisa dalam larutan dapat ditentukan dan jumlah zat yang teradsorpsi tiap satuan waktu dihitung dengan persamaan (2). Masing-masing sampel dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Efisiensi adsorpsi (%) ditentukan dengan persamaan 3 (Manurung dkk., 2023).

$$Q_e = \frac{(C_0 - C_e)}{W} \times V \quad (1)$$

$$Q_t = \frac{(C_0 - C_t)}{W} \times V \quad (2)$$

$$E_f = \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

Q_t , Q_e beturut-turut menyatakan jumlah zat warna teradsorpsi tiap satuan waktu dan waktu setimbang (mg/g). C_0 , C_t , C_e beturut-turut menyatakan konsentrasi awal, tiap satuan waktu, dan setimbang (mg/L). W adalah massa adsorben (g), V adalah volume larutan (L). E_f adalah efisiensi adsorpsi (%).

Penentuan massa adsorben optimum

Erlenmeyer 100 mL sebanyak 5 buah disiapkan. Penentuan massa optimum dilakukan mengikuti (penentuan waktu optimum) kecuali massa adsorben divariasi dari 0,10 g; 0,20 g; 0,30 g; 0,40 g; dan 0,50 g ke dalam masing-masing larutan, dengan waktu kontak optimum. Selanjutnya dihitung massa zat yang teradsorpsi dan efisiensi sesuai dengan persamaan 1 dan 3.

Penentuan pH optimum

Penentuan pH optimum dilakukan

$$Q_e = \frac{Q_m \cdot K_L \cdot C_e}{1 + K_L \cdot C_e} \rightarrow \frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{Q_m \cdot K_L} + \frac{C_e}{Q_m} \quad (4)$$

$$Q_e = K_F \cdot C_e^{1/n} \rightarrow \ln K_F + \frac{1}{n} \ln C_e \quad (5)$$

Keterangan:

Q_m , Q_e beturut-turut menyatakan jumlah zat warna teradsorpsi per gram adsorben maksimum dan kesetimbangan (mg/g). C_e adalah konsentrasi zat warna dalam larutan (mg/L) pada kesetimbangan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Serbuk bambu tabah yang lolos 100 mesh dan tidak lolos 200 mesh berwarna coklat dikumpulkan sebagai B_0 (Gambar 1.a). Karbonisasi 916,28 g bambu tabah menghasilkan 223,98 arang dengan rendemen 24,44 %. Arang digerus dengan mortar dan dilanjutkan *ball milling* diperoleh arang berukuran mikron diberi kode AB_0 (Gambar

mengikuti (penentuan waktu optimum) kecuali pH diatur dengan menambahkan HCl 0,10 M atau NaOH 0,10 M, sehingga diperoleh pH 2, 4, 6, 8, 10, dan 12 dengan kondisi optimum. Selanjutnya dihitung massa yang teradsorpsi dan efisiensi adsorpsi mengikuti persamaan 1 dan 3.

Penentuan suhu optimum

Penentuan suhu optimum dilakukan mengikuti (penentuan waktu optimum) kecuali suhu diatur menggunakan *hot plate* pada suhu 30 °C; 45 °C; dan 60 °C pada kondisi optimum.

Penentuan kapasitas adsorpsi

Disiapkan sebanyak 7 buah Erlenmeyer 100 mL, masing-masing ditambahkan larutan indigo secara berturut-turut variasi konsentrasi 50 mg/L, 100 mg/L, 150 mg/L, 200 mg/L, 300 mg/L, 500 mg/L, dan 1.000 mg/L pada kondisi optimum. Perlakuan selanjutnya mengikuti penentuan waktu optimum. Pola isoterm adsorpsi diuji terhadap dua model, yaitu isoterm Langmuir dan Freundlich sesuai persamaan 4 dan 5 (Manurung dkk., 2023).

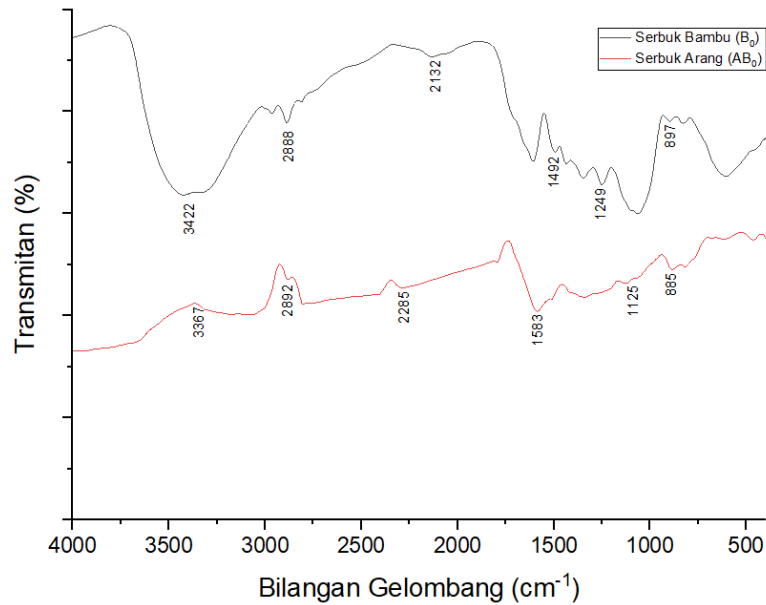


Gambar 1 Serbuk bambu tabah (B_0)(a) dan arang bambu tabah ukuran mikron (AB_0)

Karakterisasi Adsorben

Identifikasi Gugus Fungsi

Identifikasi gugus fungsi menggunakan FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang oleh kedua adsorben B_0 dan AB_0 seperti Gambar 2.



Gambar 2. Spektra inframerah B₀ dan AB₀

Gambar 2 menunjukkan bahwa B₀ memiliki serapan yang kuat di daerah 3422 cm⁻¹ dan 2888 cm⁻¹ yang berasal dari gugus -OH dan C-H alifatik. Pada AB₀ serapan di 3422 cm⁻¹ sangat lemah artinya gugus -OH telah hilang saat karbonisasi, sedangkan C-H alifatik tetap (Fernianti, 2018). Serapan di sekitar 1600-1795 cm⁻¹ ditemukan pada kedua adsorben yang diduga berasal dari C-N atau N-H, atau C=O (Sulistiyani dan Huga, 2017). Adanya serapan N-H diperkirakan berasal dari gas N₂ yang digunakan saat karbonisasi pada suhu tinggi. Serapan didaerah 1600-1400 cm⁻¹ diduga berasal dari C=C aromatik yang terbentuk saat karbonisasi. Gugus lain seperti C-O eter diperkirakan dimiliki ke

dua adsorben. Adanya serapan sekitar 2400-2100 cm⁻¹ pada kedua adsorben diduga berasal dari gugus Si-H, CO₂ yang terbentuk saat karbonisasi. Hal ini diperkuat karena adanya serapan pada panjang gelombang 850-950 cm⁻¹ (Silverstein dkk., 2011).

Analisis ukuran partikel

Analisis ukuran partikel pada adsorben AB₀ menggunakan instrumen *particle size analyzer* (PSA). Hasil analisis PSA disajikan pada Tabel 1.

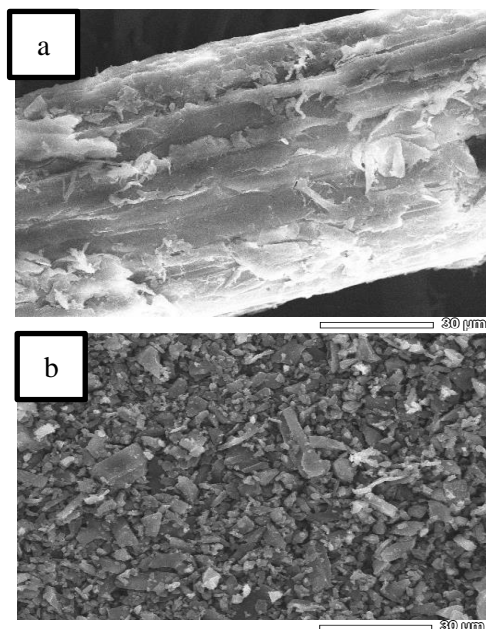
Hasil analisis PSA pada sampel AB₀ menunjukkan bahwa sampel AB₀ memiliki ukuran berkisar antara 1,62 μm – 24,01 μm, dengan ukuran yang dominan berada di sekitar 10,08 μm.

Tabel 1. Hasil analisis unsur PSA sampel AB₀

Record Number	Sample Name	Dx (10) (μm)	Dx (50) (μm)	Dx (90) (μm)	Dx (100) (μm)
36	Serbuk arang	1,62	4,369	103,139	24,033
37	Serbuk arang	1,619	4,361	10,069	23,995
38	Serbuk arang	1,619	4,358	10,044	23,968
39	Serbuk arang	1,618	4,359	10,07	24,013
40	Serbuk arang	1,618	4,362	10,097	24,026
41	Serbuk arang	1,621	4,65	10,088	24,021
Mean		1,619	4,362	10,085	24,009
1xStd Dev		0,001	0,004	0,032	0,024
1xRSD (%)		0,075	0,097	0,32	0,1

Analisis SEM-EDX

Analisis SEM-EDX dilakukan untuk melihat morfologi permukaan adsorben dan komposisi unsur yang terkandung dalam adsorben B₀ dan AB₀. Hasil analisis SEM-EDX dapat dilihat pada Gambar 3, dan komposisi unsur atau oksidanya disajikan di Tabel 2.



Gambar 3. Adsorben B₀(a), Adsorben AB₀(b)

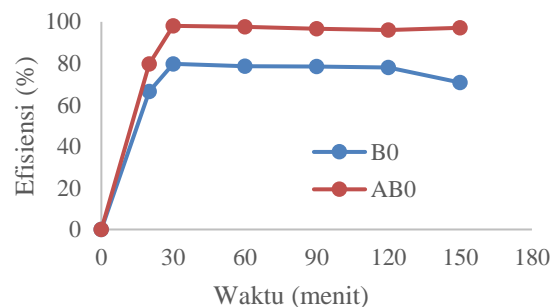
Tabel 2. Hasil analisis unsur menggunakan SEM-EDX

Unsur	Senyawa	Persentase (%)	
		B ₀	AB ₀
C		97,9	93,73
Mg	MgO		0,17
Si	SiO ₂		2,73
P	P ₂ O ₅		0,53
K	K ₂ O	0,89	1,82
Cu	CuO	1,2	0,65
Zn	ZnO		0,37

Hasil analisis SEM-EDX menunjukkan terjadi penurunan kadar karbon pada sampel AB₀, dari semula pada B₀ 97,9 % menjadi 93,73 %. Pada sampel bambu (B₀) seharusnya terdapat beberapa unsur seperti Mg, Si, dan P (Nongdam dan Tikendra, 2014). Beberapa unsur seperti Mg, Si, dan P ini tidak ditemukan pada sampel B₀ diduga dikarenakan unsur tersebut berada tidak dalam bentuk oksida, sehingga tidak teridentifikasi. Unsur tersebut diduga muncul akibat proses pembakaran.

Waktu Kontak Optimum

Penentuan waktu kontak optimum diperlukan untuk mengetahui waktu minimum yang dibutuhkan oleh adsorben untuk mengadsorpsi adsorbat hingga jenuh. Pengaruh waktu kontak terhadap efisiensi adsorpsi indigo terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh waktu kontak terhadap efisiensi adsorpsi indigo

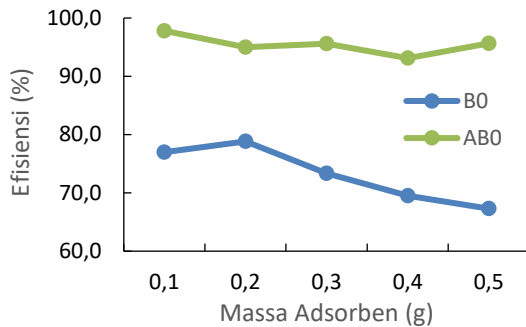
Adsorben B₀ dan AB₀ memiliki waktu optimum yang sama menyerap zat warna indigo yaitu 30 menit, dengan efisiensi adsorpsi masing-masing sebesar 79,78% dan 98,07%. Menurut Syafrianda dkk. (2017) ketika mencapai kesetimbangan, adsorben cenderung melepas atau mengalami desorpsi sehingga persentase adsorpsi menjadi berkurang, yang menandakan adsorben mengalami waktu jenuh. Adsorben AB₀ memiliki efisiensi yang lebih baik dari B₀ akibat proses karbonisasi dan perubahan ukuran arang berpengaruh terhadap luas permukaan adsorben AB₀ sehingga meningkatkan daya adsorpsi, meskipun memiliki pola yang mirip (Fitriansyah dkk., 2021).

Massa Optimum

Massa adsorben merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi adsorpsi. Pengaruh massa adsorben terhadap efisiensi adsorpsi indigo dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5 menunjukkan efisiensi terbaik untuk B₀ terjadi pada massa 0,20 g (78,80 %) dan penambahan selanjutnya mengalami penurunan. Pada massa 0,10 g efisiensi belum optimal karena pusat aktif lebih sedikit dari pada jumlah adsorbat yang ada dalam larutan. Sebaliknya terjadi pada massa adsorben 0,30-0,50 g efisiensi cenderung turun, sebab pusat aktif yang jauh lebih banyak dari jumlah adsorbat sehingga terjadi interaksi sesama

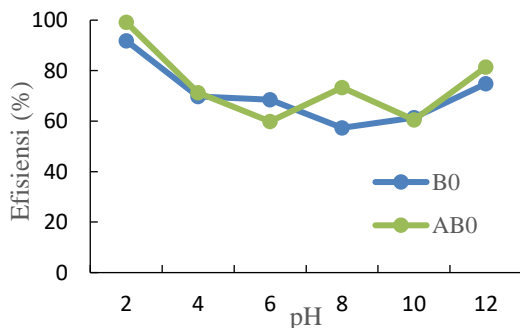
adsorbat dan adsorpsi turun, akibatnya efisiensi berkurang. Hal yang sama terjadi untuk AB₀ namun efisiensi optimum terjadi pada massa adsorben 0,10 g. Pendapat yang sama dikemukakan oleh Nurhasni pada adsorpsi metilen biru dengan kulit kacang tanah (Nurhasni dkk., 2018).



Gambar 5. Pengaruh massa adsorben terhadap efisiensi adsorpsi indigo

pH Optimum

pH larutan juga salah satu faktor yang mempengaruhi adsorpsi, sebab dapat berpengaruh terhadap muatan permukaan adsorben. Pengaruh pH terhadap efisiensi adsorpsi indigo dapat dilihat pada Gambar 6.



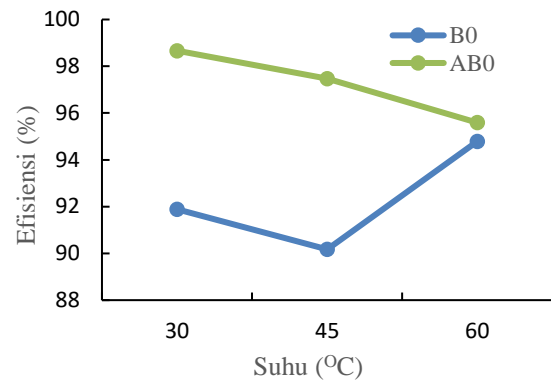
Gambar 6. Pengaruh pH terhadap efisiensi adsorpsi indigo

Secara umum untuk kedua adsorben B₀ dan AB₀ perubahan pH larutan dari 2 hingga 12 memberikan pola yang sama yaitu dari pH 2 sampai dengan 10 cenderung turun dan naik kembali pada pH >10. Efisiensi terbaik untuk B₀ dari AB₀ terjadi pada pH 2 dengan efisiensi berturut-turut 91,88 % dan 99,18 %. Pada pH rendah permukaan adsorben cenderung terprotonasi sehingga mudah berinteraksi dengan zat warna indigo yang cenderung netral melalui interaksi Van der Waals atau ikatan hidrogen. Pada pH basa indigo cenderung bermuatan negatif, dan bisa berinteraksi dengan

situs asam/ basa yang dimiliki adsorben. Pendapat ini sesuai dengan Okoya dan Diisu (2021) yang mengatakan bahwa perubahan pH berpengaruh terhadap ionisasi gugus fungsi indigo. Hal senada juga dikemukakan Putri dkk. (2019) perubahan sifat pewarna indigo dipengaruhi kondisi pH larutan.

Suhu Optimum

Suhu larutan juga berpengaruh terhadap adsorpsi. Gambar 7 menunjukkan pengaruh suhu terhadap zat warna indigo yang terserap oleh B₀ dan AB₀. Semakin tinggi suhu, efisiensi adsorpsi zat warna indigo oleh AB₀ semakin kecil, namun untuk B₀ terjadi peningkatan efisiensi pada suhu 60 °C.

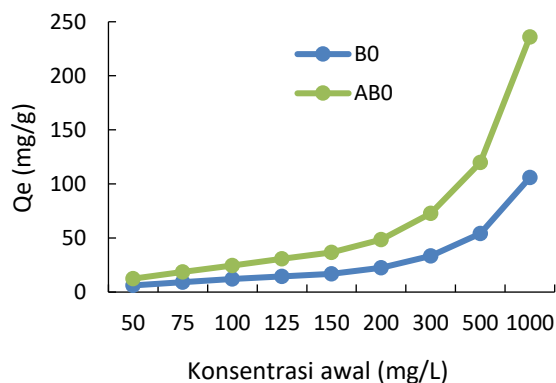


Gambar 7. Pengaruh suhu terhadap efisiensi adsorpsi indigo

Pada AB₀ tidak terlalu mengalami perubahan yang signifikan antara suhu 30 °C – 60 °C. Penurunan efisiensi akibat penambahan suhu dapat dijelaskan karena proses adsorpsi yang terjadi melibatkan interaksi lemah yaitu gaya Van der Waals dan ikatan hidrogen, sehingga mudah di putuskan dengan kenaikan suhu (Alam dkk., 2022). Pada B₀ adanya peningkatan kembali pada suhu 60 °C ini diduga adanya perbedaan sifat adsorben B₀, dengan suhu yang lebih tinggi interaksi antara adsorben dan adsorbat meningkat, namun tidak diamati pada suhu yang lebih tinggi.

Kapasitas Adsorpsi

Kapasitas adsorpsi B₀ dan AB₀ dalam mengadsorpsi zat warna indigo dilakukan dengan memvariasi konsentrasi awal zat warna indigo, selain itu data yang diperoleh dapat digunakan untuk menentukan isoterm adsorpsi. Pengaruh konsentrasi awal terhadap kapasitas adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Pengaruh konsentrasi awal indigo terhadap kapasitas adsorpsi

Gambar 8 menunjukkan pola adsorpsi yang sama adsorben B₀ dan AB₀ seiring meningkatnya konsentrasi awal. Hal ini dapat disimpulkan meningkatnya konsentrasi awal meningkatkan pula kapasitas adsorpsi. Gambar

8 menunjukkan adsorben B₀ dan AB₀ berturut-turut memiliki daya adsorpsi berturut-turut sebesar 105,89 dan 236,05 mg/g adsorbat pada konsentrasi awal 1.000 mg/L. Perubahan daya adsorpsi akibat perlakuan dari serbuk bambu menjadi arang berukuran mikron, meningkat sebesar 123 %, dan juga mengurangi penggunaan massa adsorben 100%. Pada konsentrasi yang tinggi *driving force* (gaya dorong) molekul adsorbat ke permukaan adsorben lebih tinggi, sehingga jumlah molekul yang teradsorpsi lebih banyak (Laribi and Sahmoune, 2016). Berdasarkan Gambar 8 menguatkan pendapat pengaruh luas permukaan terhadap daya adsorpsi (Fitri dkk., 2021).

Uji isoterm adsorpsi pada B₀ dan AB₀ dilakukan terhadap model isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Isoterm Langmuir dan Freundlich

Langmuir				
Sampel	R ²	Qe eksperimen (mg/g)	K _L (L/mg)	qmax (mg/g)
B ₀	0,6443	105,8974	0,0174	125,6261
AB ₀	0,8286	236,0556	0,048	300,1097
Freundlich				
Sampel	R ²	K _F (mg/g)	n	
B ₀	0,9236	6,6708	2,1	
AB ₀	0,9916	19,4966	1,68	

Pola isoterm adsorpsi adsorben B₀ dan AB₀ menunjukkan pola isoterm adsorpsi Freundlich, dilihat dari nilai koefisien determinasi (R²) yang lebih mendekati nilai 1. Pola isoterm Freundlich ini menandakan bahwa adsorpsi terjadi secara *multilayer* (nilai n >1) artinya interaksi aktif terjadi dan bersifat heterogen.

SIMPULAN

Perlakuan terhadap adsorben bambu tabah memberikan dampak positif terhadap efisiensi dalam menyerap zat warna indigo. Arang bambu tabah berukuran mikron (AB₀) memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih baik dengan daya adsorpsi pada eksperimen pada konsentrasi awal 1.000 mg/L sebesar 236,05 mg/g dan serbuk bambu (B₀) sebesar 105,89 mg/g. Kapasitas adsorpsi teoritis berturut-turut 125,63 mg/g dan 300,11 mg/g untuk adsorben

B₀ dan AB₀. Waktu kontak dan pH yang sama yaitu 30 menit dan pH 2. Massa adsorben dan suhu optimum B₀ dan AB₀ berbeda, masing-masing sebesar 0,20 g dan 0,10 g, dengan suhu 60 °C dan 30 °C. Isoterm adsorpsi kedua adsorben mengikuti model Freundlich.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, M., Bari, M., and Kawsari, S. 2022. Statistical optimization of Methylene Blue dye removal from a synthetic textile wastewater using indigenous adsorbents. *Environment and sustainability Indicators*. 14
- Dewata, Indang dan Tarmizi. 2015. *Kimia Lingkungan*. UNP Press Padang, Padang
- Fernianti, Dewi. 2018. Karbonisasi Ampas Teh yang Sudah Diseduh dan Aktifasi Menggunakan Asam Sulfat (H₂SO₄).

- Distilasi*. 3(2): 10-15
- Fitri, R.F., S., Edward H., dan Daud, S. 2021. Pengaruh Kecepatan Pengadukan dan Ukuran Partikel Adsorben Tanah Gambut dalam Penyisihan Zat Organik, Besi (Fe) dan pH pada Air Gambut. *JOM FTEKNIK*. 8(2): 1-7
- Fitriansyah, A., Amir, H., dan Elvinawati. 2021. Karakterisasi Adsorben Karbon Aktif dari Sabut Pinang (*Areca catechu*) terhadap Kapasitas Adsorpsi Zat Warna Indigosol Blue 04-B. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia*. 5(1): 42-54
- Herawati, D., Santoso, S. D., dan Amalina, I. 2018. Kondisi Optimum Adsorpsi Fluidisasi Zat Warna Limbah Tekstil Menggunakan Adsorben Jantung Pisang. *Jurnal SainHealth*, 2(1): 1-7
- Katheresan, Vanitha, Kannedom, Jibrail, and Lau, Sie Yon. 2018. The efficiency of various recent wastewater dye removal methods: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 6: 4676-4697
- Krismayanti, N.P.A., Manurung, M., dan Suastuti, N.G.A. 2019. Sintesis Arang Aktif dari Limbah Batang Bambu dengan Aktivator NaOH sebagai Adsorben Ion Krom (III) dan Timbal (II). *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*. 7(2):189-197
- Kurniawan, Cepi. 2020. Ekstraksi Indigo dari Daun *Strobilanthes cusia* dan Kajian Pembentukan Kompleks dengan Ion Ni²⁺. *Jurnal Kimia dan Kemasan*. 42(2): 93-99
- Laribi, K. L. And Sahmoune, M. N. 2016. Equilibrium Studied of Auramine O adsorption on modified Globe Artichoke Leaves. *Research Journal of Chemical and Environmental Sciences*. 4(5): 44-52
- Manurung, M., Suprihatin, I.E., and Ratnayani, O. 2023. Preparation and Characterization of Activated Charcoal from Bamboo Waste with Phosphoric Acid as a Biosorbent for Rhemazol Brilliant Blue. *Rasayan J. Chem*. 16(3): 1369-1377
- Metcalf and Edy. 2003. *Waste Water Engineering*. MC Graw Hill Internasional. New York
- Nongdam, P. and Tikendra, L. 2014. The Nutritional Facts of Bamboo Shoots and Their Usage as Important Traditional Foods of Northeast India. *Hindawi*. 1-18
- Nurhasni, N., Mar'af, R., dan Hendrawati, H. 2018. Pemanfaatan Kulit Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) sebagai Adsorben Zat Warna Methylene blue. *Jurnal Kimia VALENSI*. 4(2): 156-167
- Okoya, Aderonke A. and Diisu, Doyinsola. 2021. Adsorption of Indigo-dye from Textile Wastewater onto Activated Carbon Prepared from Sawdust and Periwinkle Shell. *Trends in Applied Science Research*. 16(1): 1-9
- Putri, P.G., Warsiki, E., and Sugiarto. 2019. The Stability of Extract *Indigofera tinctoria* for Color Indicator. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 347: 1-5
- Silverstein, R.M., Webster, F.X., and Kiemle, D.J. 2011. *Spectrometric Identification of Organic Compounds*. John Wiley & Sons, Inc. New York
- Sulistiyani, M dan Huda, N. 2017. Optimasi Pengukuran Spektrum Vibrasi Sampel Protein Menggunakan Spektrofotometer Fourier Transform Infrared (FT-IR). *Indonesian Journal of Chemical Science*. 6(2): 173-180
- Sumalatha, B., Kumar, Y.P., Kumar, K.K., Babu, D.J., Narayana, A.V., Das, K.M., and Venkateswarulu, T.C. 2014. Removal of Indigo Carmine from Aqueous Solution by Using Activated Carbon. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical*. 5(2): 912-922
- Syafrianda, I., Yenye, E., dan Daud, S. 2017. Pengaruh Waktu Kontak dan Laju Pengadukan Terhadap Adsorpsi Zat Warna Pada Air Gambut Menggunakan Adsorben Limbah Biosolid Land Application Industri Minyak Kelapa Sawit. *Jom FTEKNIK*. 4(2): 1-6
- Yu, Chunguang and Han, Xuena. 2015. Adsorbent Material Used In Water Treatment-A Review. *2nd International Workshop on Materials Engineering and Computer Sciences*. 290-293.