

## Studi Kinetika Adsorpsi Zat Warna *Methylene Blue* dengan Menggunakan Komposit Hidroksiapatit Tulang Ikan-Karbon Aktif Ampas Tebu

Nabila Antarisna<sup>1</sup>, Novi Eka Mayangsari<sup>\*</sup>, dan Ayu Nindyapuspa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

\*E-mail: [noviekam@ppns.ac.id](mailto:noviekam@ppns.ac.id)

### Abstrak

*Methylene blue* merupakan salah satu limbah industri tekstil yang sulit diuraikan sehingga menimbulkan pencemaran lingkungan. Salah satu metode yang digunakan untuk menurunkan kandungan zat warna *methylene blue* adalah adsorpsi. Pada penelitian ini, adsorpsi zat warna *methylene blue* dilakukan dengan menggunakan adsorben komposit berupa hidroksiapatit tulang ikan dan karbon aktif ampas tebu. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi penurunan *methylene blue* dan mendapatkan persamaan kinetika pada proses adsorpsi zat warna *methylene blue* dengan menggunakan komposit hidroksiapatit tulang ikan-karbon aktif ampas tebu dalam rasio massa 1:2, waktu kontak (30, 60, 90, dan 120 menit) pada pH 4. Adsorpsi zat warna *methylene blue* dilakukan dengan konsentrasi larutan sebesar 50 mg/L dan dianalisis dengan menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi terbaik dalam penurunan *methylene blue* sebesar 68,16 % dan persamaan kinetika adsorpsi yang sesuai untuk adsorpsi komposit hidroksiapatit tulang ikan-karbon aktif ampas tebu yaitu persamaan orde nol ( $y = 4E-07x + 6E-05$ ) dengan nilai konstanta laju reaksi (K) sebesar  $4 \times 10^{-7} \text{ menit}^{-1}$  dan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) = 0,9866.

**Keywords:** adsorpsi, hidroksiapatit tulang ikan, karbon aktif ampas tebu, kinetika, *methylene blue*.

### 1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri tekstil di Indonesia telah mengalami pertumbuhan produksi yang sangat pesat. Dampak positif dan negatif perkembangan tersebut dapat berpengaruh pada lingkungan maupun manusia. Dampak negatif ditimbulkan adanya limbah zat warna yang dihasilkan. Limbah zat warna yang dihasilkan dari produksi industri tekstil umumnya merupakan senyawa organik yang sulit diuraikan, sehingga menimbulkan pencemaran lingkungan (Wijaya dkk., 2016). *Methylene blue* merupakan salah satu zat warna kationik yang secara luas digunakan pada industri tekstil. Zat warna ini sering digunakan dalam proses pewarnaan kulit, kain katun, mori, dan tanin. Penggunaan dosis tinggi pada *methylene blue* dapat menimbulkan sianosis jika terhirup, iritasi saluran pencernaan jika tertelan, dan iritasi pada kulit jika tersentuh kulit. Adsorpsi merupakan salah satu metode penyerapan zat cair, dimana zat yang diserap (adsorbat) mengikat zat penyerap (adsorben) pada permukaannya (Atikah, 2019). Metode ini paling banyak digunakan karena bahan yang dapat digunakan berasal dari bahan alam yang dapat menghilangkan senyawa organik sehingga tidak memerlukan biaya yang terlalu besar (Aminin dkk., 2021).

Tulang ikan merupakan salah satu bentuk bagian tubuh ikan yang mengandung kalsium dan fosfor yang merupakan unsur utama pembentuk hidroksiapatit sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku dalam sintesis hidroksiapatit dan berpotensi untuk dimanfaatkan menjadi adsorben (Amalia dkk., 2017). Upaya peningkatan daya serap hidroksiapatit tulang ikan sebagai adsorben dapat dilakukan dengan mengkompositkan hidroksiapatit tulang ikan dengan karbon aktif dari ampas tebu. Ampas tebu merupakan limbah padat yang dihasilkan dari suatu proses penggilingan tanaman tebu dan memiliki kandungan yang terdiri dari selulosa sebesar 52,7%; hemiselulosa sebesar 20%; pentosan sebesar 20%; lignin sebesar 37,5% yang merupakan bahan baku pembuatan karbon aktif sebagai adsorben (Hidayati dkk., 2016). Hidroksiapatit tulang ikan dan karbon aktif ampas tebu pada penelitian ini digabungkan sebagai komposit adsorben yang diharapkan dapat menurunkan *methylene blue* secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi penurunan *methylene blue* dan menentukan model kinetika yang sesuai dengan proses adsorpsi *methylene blue* pada komposit hidroksiapatit tulang ikan-karbon aktif ampas tebu dalam rasio massa 1:2, waktu kontak (30, 60, 90, dan 120 menit) pada pH 4.

## 2. METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *methylene blue* (Merck), tulang ikan, ampas tebu, HCL (Merck 37 %), dan NaOH (Merck). Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *furnace* dan Spektrofotometer Uv-vis.

### 2.1 Pembuatan Hidroksiapatit Tulang Ikan

Tulang ikan dicuci dengan akuades panas dan dibersihkan dari daging yang menempel, kemudian dioven dengan suhu 120 ° C. Tulang ikan dihaluskan diayak dengan ukuran 100 mesh. Selanjutnya serbuk tulang ikan diaktivasi dengan direndam dalam larutan NaOH 0,1 M dengan perbandingan 1:10 (w/v) dan diaduk pada kecepatan 350 rpm dengan suhu 60 ° C selama 2 jam, lalu disaring dan dikeringkan pada suhu 80 ° C selama 24 jam (Amalia dkk., 2017).

### 2.2 Pembuatan Karbon Aktif Ampas Tebu

Ampas tebu dipotong dengan ukuran kecil-kecil dan dicuci dengan air mengalir, kemudian di oven pada suhu 105 ° C selama 3 jam. Ampas tebu dikarbonisasi dalam *furnace* pada suhu 500 ° C selama 2 jam. Karbon aktif ampas tebu dihaluskan dan diayak dengan ayakan 100 mesh. Selanjutnya karbon aktif ampas tebu diaktivasi dengan cara di rendam dengan larutan HCl 2M selama 24 jam, kemudian dibilas dengan akuades hingga pH filtrat netral, lalu disaring dan dikeringkan pada suhu 105 ° C selama 24 jam (Hardiyati dkk., 2022)

### 2.3 Pembuatan Komposit Hidroksiapatit Tulang Ikan-Karbon Aktif Ampas Tebu

Adsorben hidroksiapatit tulang ikan dan karbon aktif ampas tebu dicampurkan dengan variasi rasio massa adsorben campuran hidroksiapatit tulang ikan : karbon aktif ampas tebu yaitu 1:2 (w/w). Campuran hidroksiapatit tulang ikan dan karbon aktif ampas tebu dimasukkan ke dalam gelas beaker 100 mL, kemudian ditambahkan 6 ml etanol dengan konsentrasi 96%. Campuran kedua adsorben dengan etanol diaduk hingga homogen selama 5 jam pada suhu ruang. Campuran hidroksiapatit tulang ikan dan karbon aktif ampas tebu yang telah diaduk dikeringkan hingga kering (Rayendra dkk., 2014).

### 2.4 Pengukuran Adsorpsi *Methylene Blue* dengan Variasi Waktu Kontak

Pengukuran efisiensi adsorpsi *methylene blue* dilakukan dengan menyiapkan gelas beker 100 mL, kemudian diisi dengan komposit hidroksiapatit tulang ikan-karbon aktif ampas tebu yang teraktivasi dalam rasio massa 1:2 dengan menambahkan 50 mL larutan *methylene blue* dengan konsentrasi 50 ppm di pH 4. Campuran tersebut diaduk selama 30, 60, 90, dan 120 menit pada suhu kamar. Setelah selesai proses adsorpsi filtratnya disaring dan dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mendapatkan data absorbansi. Presentase efisiensi adsorpsi *methylene blue* dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Efisiensi adsorpsi} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100 \% \quad (1)$$

### 2.5 Analisis Kinetika Adsorpsi

Untuk mengevaluasi kemampuan komposit hidroksiapatit tulang ikan-karbon aktif ampas tebu dalam menyerap *methylene blue* dilakukan dengan mendapatkan data kinetika adsorpsi yang diperoleh dari percobaan. Analisis kinetika adsorpsi didasarkan pada kinetika orde nol dan orde satu.

#### ▪ Orde nol

Suatu proses adsorpsi dikatakan mempunyai orde nol jika laju adsorpsinya tidak bergantung pada konsentrasi adsorbat di larutan. Persamaan linear orde nol dinyatakan dalam rumus sebagai berikut (Tahad dan Sanjaya, 2018).

$$C_t = C_0 - kt \quad (2)$$

#### ▪ Orde Satu

Suatu proses adsorpsi dikatakan mempunyai orde satu jika laju adsorpsinya berbanding lurus dengan konsentrasi adsorbat di larutan. Persamaan linear orde reaksi satu dinyatakan dalam rumus sebagai berikut (Tahad dan Sanjaya, 2018).

$$\ln C_t = -kt + \ln C_0 \quad (3)$$

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Analisis Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Efisiensi Penurunan Methylene Blue**

Penentuan pengaruh waktu kontak komposit hidroksiapatit tulang ikan-karbon aktif ampas tebu terhadap efisiensi penurunan *methylene blue* dilakukan dengan rasio massa adsorben yaitu 1:2 yang dikontakkan dengan limbah artifisial *methylene blue* 50 ppm dengan pH 4 sebanyak 50 mL selama 30, 60, 90, dan 120 menit. Hasil pengujian pengaruh waktu kontak terhadap efisiensi penurunan *methylene blue* dapat dilihat pada Tabel 1.

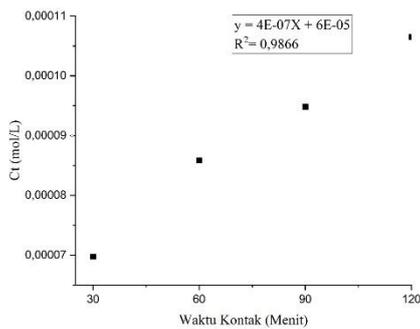
**Tabel 3. Efisiensi Penurunan Methylene Blue**

Waktu Kontak (menit)	Konsentrasi awal (mg/L)	Konsentrasi akhir (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)
30	50	27,6920	44,62
60	50	22,5416	54,92
90	50	19,6774	60,65
120	50	15,9224	68,16

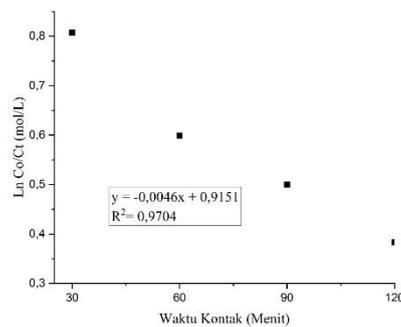
Tabel 1 menunjukkan efisiensi penurunan *methylene blue* dengan rasio massa adsorben 1:2 pada pH 4. Tabel tersebut menunjukkan bahwa efisiensi penurunan *methylene blue* meningkat secara linear seiring dengan lamanya waktu kontak dan mencapai efisiensi penurunan tertinggi pada waktu kontak 120 menit. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu kontak menyebabkan interaksi antara adsorben dengan adsorbat semakin besar, sehingga semakin banyak adsorbat yang teradsorpsi (Widwastuti dkk., 2019). Efisiensi tertinggi pada waktu kontak 120 menit dengan efisiensi penurunan *methylene blue* sebesar 68,16 %.

**3.2 Analisis Model Kinetika Adsorpsi**

Kinetika adsorpsi merupakan bagian dari adsorpsi yang membahas tentang kecepatan reaksi dari suatu adsorben terhadap adsorbat. Kinetika adsorpsi digunakan untuk mengetahui tingkat kecepatan adsorben dalam menyerap adsorbatnya (Andreas dkk., 2015). Kinetika adsorpsi ditentukan dengan menganalisis penurunan *methylene blue* konsentrasi 50 ppm pada waktu kontak yang berbeda. Waktu kontak dilakukan berbagai selang waktu yaitu 30, 60, 90, dan 120 menit. Pada penelitian ini, kinetika adsorpsi yang dianalisis menggunakan model kinetika orde nol dan orde satu. Kurva regresi linear menghubungkan antara perbandingan waktu dan konsentrasi akhir (Ct). Berikut merupakan model kinetika adsorpsi *methylene blue* yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



**Gambar 2.** Model kinetika orde nol



**Gambar 3.** Model kinetika orde satu

**Tabel 2.** Kinetika Adsorpsi

Keterangan	Orde Nol	Orde Satu
R <sup>2</sup>	0,9866	0,9704
Nilai konstanta laju reaksi (menit <sup>-1</sup> )	4 x 10 <sup>-7</sup>	0,0046
Persamaan kinetika	y = 4E-07x + 6E-05	y = - 0,0046x + 0,9151

Berdasarkan Tabel 2 didapatkan bahwa persamaan kinetika yang paling cocok untuk adsorpsi zat warna *methylene blue* menggunakan adsorben komposit adsorben hidroksiapatit tulang ikan-karbon aktif ampas tebu yaitu persamaan kinetika orde nol dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) paling mendekati 1 dan nilai  $K = 4 \times 10^{-7}$  menit<sup>-1</sup>. Nilai  $K$  merupakan parameter kinetika adsorpsi yang memaknai tentang cepat atau lambat suatu proses adsorpsi itu berlangsung. Semakin kecil nilai  $K$ , makin cepat proses adsorpsi berlangsung (Andreas dkk., 2015). Proses adsorpsi dengan model kinetika orde nol dapat diartikan bahwa penyerapan *methylene blue* dalam komposit hidroksiapatit tulang ikan-karbon aktif ampas tebu terjadi secara konstan seiring berjalannya waktu dan tidak tergantung pada konsentrasi awal *methylene blue*.

#### 4. KESIMPULAN

Pengaruh waktu kontak terhadap efisiensi penurunan *methylene blue* memiliki efisiensi penurunan sebesar 68,16 % pada waktu kontak 120 menit. Kinetika adsorpsi yang dianalisis menunjukkan bahwa adsorpsi *methylene blue* menggunakan adsorben komposit adsorben hidroksiapatit tulang ikan-karbon aktif ampas tebu yang terjadi sesuai dengan persamaan kinetika orde nol ( $y = 4E-07x + 6E-05$ ) dengan nilai konstanta laju reaksi sebesar  $4 \times 10^{-7}$  menit<sup>-1</sup> dengan  $R^2 = 0,9866$ .

#### 5. DAFTAR NOTASI

$C_0$  = Konsentrasi awal  
(mol/L)  $C_t$  = Konsentrasi  
akhir (mol/L)  
 $K$  = Kontanta kinetika  
(menit<sup>-1</sup>)  
 $t$  = Waktu (menit)

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, V., Hadisantoso, E. P., Hidayat, D., Diba, R. F., Dermawan, M. F., & Tsaniyah, S. W. (2017). Isolasi dan karakterisasi hidroksiapatit dari limbah tulang hewan. *ALCHEMY: Journal of Chemistry*, 5(4), 114-119.
- Aminin, D., Oktasari, A. dan Wijayanti, F. (2021) "Pemanfaatan Cangkang Buah Karet (Hevea brasiliensis) sebagai Adsorben Logam Berat Timbal (Pb)," *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, 9(1), hal. 10–17.
- Andreas, A., Putranto, A., dan Sabatini, T. C. (2015). Sintesis Karbon Aktif dari Kulit Salak Aktivasi Kimia- Senyawa KOH sebagai Adsorben Proses Adosprsi Zat Warna Metilen Biru. *Jurnal Teknik Kimia*, 1–7.
- Atikah (2019) "Pengaruh Waktu Dan Berat Adsorben Bentonit Pada Proses Dehidrasi Bioetanol," *Jurnal Redoks*, 4(2), hal. 25–31.
- Hardiyati, R. Sylvia, N. dan Muhammad. (2022) "Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Karbon Aktif Dari AmpasTebu," hal. 879–888.
- Hidayati, A. D. S. N., Kurniawan, S., Restu, N. W., & Ismuyanto, B. (2016). Potential Of Sugar Cane As An Alternative Raw Material For Making Activated Carbons. *Natural B, Journal Of Health And Environmental Sciences*, 3(4), 318-322.
- Rayendra, A. F., Wardhani, S., & Tjahjanto, R. T. (2014). *Pengaruh Komposisi Tio2-bentonit terhadap Degradasi Metilen Biru* (Doctoral dissertation, Brawijaya University).
- Tahad, A., & Sanjaya, A. S. (2018). Isoterm Freundlich, Model Kinetika, dan Penentuan Laju Reaksi Adsorpsi Besi dengan Arang Aktif dari Ampas Kopi. *Jurnal Chemurgy*, 1(2), 13-21.
- Widwastuti, H., Bisri, C., & Rumhayati, B. (2019). Pengaruh Massa Adsorben dan Waktu Kontak terhadap Adsorpsi Fosfat menggunakan Kitin Hasil Isolasi dari Cangkang Udang. *Prosiding SENIATI*, 5(3), 93-98.
- Wijaya, K. Sugiharto, E. Fatimah, I. Kurniaysih, D. (2016) "Utilisasi Tio 2 -Zeolit Dan Sinar Uv Untuk Fotodegradasi Zat Warna," *Berkala MIPA*, 16(3), hal. 27–36.