

Pengaruh pH terhadap Kemampuan Komposit Adsorben Hidroksiapatit Tulang Ikan-Biochar Kulit Pisang Kepok untuk Menurunkan Limbah Pewarna Industri Tekstil

Dyah Isna Nurhidayati¹, Nora Amelia Novitrie^{2*}, Denny Dermawan¹

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

²Program Studi Teknik Keselamatan dan kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: noranovitrie@ppns.ac.id

Abstrak

Industri tekstil yang ada di Indonesia sebanyak 1.540 industri. Produksi tekstil di Indonesia telah mengalami pertumbuhan yang melebihi pertumbuhan ekonomi sebesar 5,02% pada periode yang sama. Industri tekstil berpotensi pencemaran dikarenakan menghasilkan zat pewarna seperti *methylene blue*. Kulit pisang kepok mempunyai kandungan lignin sebesar 20,21% sehingga berpotensi untuk dijadikan sebagai biochar. Proses karbonisasi menggunakan plasma dengan power 1,2kW, gas 9 SLM, dan waktu 5 menit. Selain itu, tulang ikan memiliki kandungan kalsium sebesar 60% untuk pembuatan hidroksiapatit. Kemampuan hidroksiapatit untuk menganalisis pengaruh variasi pH. Biochar dan hidroksiapatit dikompositkan untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Konsentrasi yang digunakan 500 ppm dengan variasi pH 2, 4, 6, 8, 10, dan 12, serta menggunakan massa adsorben 1 g/l. Efisiensi penyisihan *methylene blue* tertinggi terjadi pada massa adsorben 0,5 g/L dengan konsentrasi 500 ppm pada pH 12 dalam 180 menit yaitu sebesar 99,89% dengan kapasitas adsorpsi sebesar 288,527 mg/g. Adsorben dalam pengujian adsorpsi konsentrasi *methylene blue* sebesar 500 ppm di uji menggunakan spektrofotometri Uv-Vis. Ini menyiratkan bahwa kondisi optimal pH untuk adsorpsi *methylene blue* menggunakan adsorben komposit adalah pada pH basa, khususnya pH 12. Pada penelitian ini menggunakan uji statistika ANOVA.

Keywords: Biochar, Hidroksiapatit, Komposit, *Methylene Blue*, Adsorpsi

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan yang pesat telah mendorong peningkatan jumlah jenis usaha atau industri yang mempermudah kehidupan manusia. Menurut data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia dan Trademan, volume ekspor tekstil Indonesia mencapai 160.854 ton pada tahun 2021. Bahan kimia mengandung padatan tersuspensi serta zat organik dan anorganik yang mengandung logam berat, menjadikannya beracun. Salah satu pewarna sintesis yang paling umum digunakan dalam industri tekstil adalah metilen biru (*methylene blue*) (Badriyah dan Putri, 2018). Konsentrasi tinggi *methylene blue* dalam air dapat mengakibatkan iritasi mata, masalah kulit, penurunan aliran darah ke ginjal, keracunan, reaksi alergi, penurunan curah jantung, dan muntah (Ahmad et al., 2020). Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia pada tahun 2021, produksi pisang nasional meningkat rata-rata sebesar 5,2% setiap tahun. Pada tahun yang sama, konsumsi pisang di Indonesia mencapai 33,81%, setara dengan 7,39 juta ton. Secara global, konsumsi pisang mencapai 145 juta ton per tahun. Kulit pisang dapat dimanfaatkan sebagai biochar adsorben. Menurut data dari Badan Pusat Statistik Kota Surabaya, produksi ikan pada tahun 2018 mencapai 2,6 juta ton per tahun. Tulang ikan dapat digunakan sebagai hidroksiapatit. Teknik adsorpsi diterapkan dalam pengolahan limbah cair karena kemampuannya yang baik dalam menyerap bahan berbahaya secara sederhana dan efektif dari air limbah (Widayatno et al., 2017).

Penelitian ini akan memanfaatkan kulit pisang kepok sebagai biochar dan tulang ikan untuk hidroksiapatit yang akan dikompositkan menjadi adsorben. Komponen utama kulit pisang terdiri dari selulosa sebesar 75%, lignin sebesar 20,21%, dan serat sebesar 5,1% (Handayani et al., 2018). Sedangkan, Tulang ikan memiliki beberapa komponen, yaitu 60% bahan organik yang meliputi kalsium (Ca), fosfor (P), magnesium (Mg), kalium (K), dan lainnya; 30% terdiri dari kolagen tipe I dan protein non-kolagen (NNCPs); serta 10% air (Boskey, 2013). Kandungan yang dimiliki dua bahan tersebut dapat digunakan sebagai adsorben. Penelitian ini akan meremoval *methylene blue* dengan bahan komposit biochar kulit pisang kepok – hidroksiapatit dari tulang ikan.

2. METODE

Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Pengolahan Limbah Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Bahan yang digunakan pada penelitian ini ialah kulit pisang kepok, tulang ikan, HCl, H₃PO₄, NaOH, etanol, larutan *methylene blue*, dan aquades. Alat yang digunakan ialah plasma, oven, hot plate, *magnetic stirrer*, *glassware*, spektrofotometri uv-vis, pH meter, neraca analitik, vacum filter, dan furnace.

2.1. Pembuatan Biochar

Pembuatan biochar dari kulit pisang kepok menggunakan plasma pirolisis dengan cara potong kulit pisang 2-3 cm lalu keringkan dengan menggunakan oven. Haluskan kulit pisang dan ayak dengan menggunakan ayakan 80 mesh. Masukkan biomasa pada plasma dengan gelombang mikro 9 L/menit, waktu 5 menit, dan gelombang daya 1,2 kW. Setelah dimasukkan selama 5 menit dan plasma dinyalakan, keluarkan sampel dari plasma yang telah menjadi biochar.

2.2. Pembuatan Hidroksiapatit

Pembuatan hidroksiapatit (HAp) dari tulang ikan dimulai dengan merendam tulang ikan dalam larutan NaOH 5% dengan rasio 1:14 (b/v) pada suhu 70°C dan kecepatan 400 rpm selama 5 jam. Setelah itu, endapan putih disaring, dicuci dengan air distilasi, dan dikeringkan pada suhu 100°C selama 1 jam. Endapan tersebut kemudian diproses dengan NaOH 50% dalam rasio 1:6 (b/v) pada suhu 100°C selama 1 jam. Proses filtrasi dilakukan beberapa kali, diikuti dengan pembilasan menggunakan air suling untuk memastikan kejernihan larutan. Endapan putih yang telah disaring kemudian dilarutkan dalam 200 mL air suling, dan pH larutan diatur menjadi pH 7 menggunakan H₃PO₄ (85%, Bendosen) dengan molaritas 0,1 M. Larutan diaduk terus-menerus selama 1 jam dan kemudian dikeringkan pada suhu 100°C selama 2 jam untuk menghasilkan adsorben HAp (Selimin, M.A., 2022).

2.3. Pembuatan Komposit Biochar-Hidroksiapatit

Kombinasi biochar kulit pisang kepok dan hidroksiapatit (HAp) dari tulang ikan dibuat dengan rasio 1:1 (HAp: Biochar). Tambahkan ethanol 96% sambil diaduk menggunakan pengaduk magnet selama 5 jam. Setelah proses pengadukan, produk komposit dikeringkan di oven pada suhu 120°C selama 5 jam. Setelah kering, komposit digerus hingga halus menggunakan mortar dan di ayak dengan ayakan 100 mesh. Selanjutnya, komposit dikalsinasi pada suhu 500°C selama 5 jam (Rayendra dkk., 2015).

2.4. Pengaruh pH

Penentuan pengaruh pH terhadap daya adsorpsi *methylene blue* dilakukan dengan menambahkan 0,05 g/L adsorben komposit ke dalam 100 ml larutan *methylene blue* konsentrasi 500 ppm selama 180 menit dengan variasi pH 2, 4, 6, 8, 10, dan 12.

2.5. Perhitungan Efisiensi Penyisihan

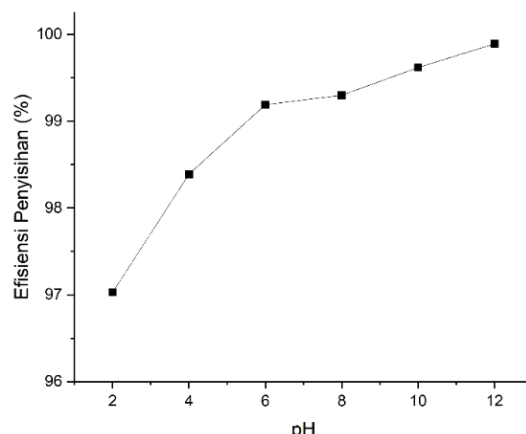
Efisiensi penyisihan yang dinyatakan dalam bentuk persentase, dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\text{Efisiensi Penyisihan (\%)} = \frac{Ca - Ce}{Ca} \times 100\% \quad (1)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.3 Analisis Pengaruh pH

Parameter pH terhadap penyerapan *methylene blue* dapat dinilai dengan menambahkan 0,05 g adsorben ke dalam 100 mL larutan *methylene blue* 500 ppm, lalu mengaduk campuran tersebut selama 180 menit sambil menyesuaikan pH sesuai dengan variasi yang digunakan. Variasi pH yang digunakan ialah pH 2, 4, 6, 8, 10, dan 12. Hasil penelitian pengaruh pH terhadap daya adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh pH terhadap Efisiensi Penyisihan *Methylene Blue*

Gambar 1 menunjukkan Hasil perhitungan menunjukkan bahwa efisiensi penghilangan methylene blue pada pH 2 adalah 97,03% dengan kapasitas adsorpsi sebesar 280,79 mg/g. Efisiensi penghilangan meningkat seiring dengan kenaikan pH, mencapai 99,89% pada pH 12 dengan kapasitas adsorpsi 288,527 mg/g. Ini menunjukkan bahwa kondisi pH optimal untuk adsorpsi methylene blue dengan menggunakan adsorben komposit adalah pada pH basa, khususnya pada pH 12. Di lingkungan basa, adsorben mengalami peningkatan jumlah ion hidroksida (-OH), yang mengaktifkan sisi aktif adsorben dan cenderung menghasilkan situs negatif. Hal ini memungkinkan ikatan dengan spesies bermuatan positif dari methylene blue, sehingga menghasilkan interaksi elektrostatis yang kuat antara adsorben dan *methylene blue*. Penelitian oleh An et al. (2022) mengenai adsorpsi untuk menghilangkan zat warna menunjukkan bahwa deprotonasi permukaan adsorben menghasilkan muatan negatif yang signifikan.

3.4 Analisis Uji Statistika

Uji statistik dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi pH terhadap efisiensi penyisihan. Uji pengaruh menggunakan uji ANOVA (*Analysis of Variance*) *One ways*. Sebelum melakukan uji ANOVA perlu adanya uji normalitas dan homogenitas untuk mengetahui data telah berdistribusi normal dan homogen. Hasil uji statistik dapat dilihat pada Tabel 2 hingga Tabel 4.

Tabel 1. Hasil Uji Normalitas

Variabel Bebas	Variasi	Uji Kolmogorov-Smirnov		
		Nilai Sig. (<i>p value</i>)	$\alpha = 0,05$	Keputusan
pH	2	0,2	Sig.> α	Data berdistribusi normal
	4	0,26	Sig.> α	Data berdistribusi normal
	6	0,072	Sig.> α	Data berdistribusi normal
	8	0,055	Sig.> α	Data berdistribusi normal
	10	0,061	Sig.> α	Data berdistribusi normal
	12	0,145	Sig.> α	Data berdistribusi normal

Uji normalitas dilakukan untuk menentukan apakah distribusi data mengikuti distribusi normal atau tidak. Variabel dianggap normal jika nilai signifikan lebih besar dari 0,05. Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa data terdistribusi normal dengan nilai Sig lebih dari 0,05. Metode yang digunakan untuk uji normalitas ini adalah metode Shapiro-Wilk.

Tabel 2. Hasil Uji Homogenitas

Variabel Bebas	Uji Levene		
	Nilai Sig. (<i>p value</i>)	$\alpha = 0,05$	Keputusan
pH	0,69	Sig.> α	Data berdistribusi homogen

Uji homogenitas dilakukan untuk menentukan apakah data yang diperoleh bersifat homogen. Jika nilai signifikansi lebih besar dari 0,05, maka data berasal dari populasi dengan varian yang sama (Istaiana dkk., 2020). Hasil uji homogenitas menunjukkan bahwa data dapat dianggap homogen karena nilai Sig lebih dari 0,05. Metode Levene digunakan untuk menguji kesamaan variansi di berbagai populasi, dan cocok untuk uji homogenitas.

Tabel 3. Hasil Uji ANOVA

Variabel Bebas	Uji One Way ANOVA		
	Nilai Sig. (<i>p value</i>)	$\alpha = 0,05$	Keputusan
pH	0,004	Sig.< α	H ₁ diterima (Variasi berpengaruh dalam penelitian)

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini diperoleh kesimpulan bahwa pengaruh variasi pH terhadap proses adsorpsi *methylene blue* menunjukkan efisiensi penghilangan sebesar 99,89% setelah 180 menit. Uji adsorpsi yang digunakan pada penelitian ini ialah uji statistika ANOVA. Pada penelitian ini mekanisme adsorpsi menunjukkan bahwa mekanisme yang dominan adalah mekanisme kimia dan fisik.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis penelitian ini mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Pengolahan Limbah Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

6. DAFTAR NOTASI

Ca = Konsentrasi awal

Ce = Konsentrasi akhir

k = Konstanta kinetika (menit⁻¹)

t = Waktu (menit)

7. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., Khan, N., Giri, B. S., Chowdhary, P., & Chaturvedi, P. (2020). Removal Of Methylene Blue Dye Using Rice Husk, Cow Dung And Sludge Biochar: Characterization, Application, And Kinetic Studies. *Bioresource Technology*, 306. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123202>
- An, Q., Jin, N., Deng, S., Zhao, B., Liu, M., Ran, B., & Zhang, L. (2022). Ni(II), Cr(VI), Cu(II) and Nitrate Removal by The Co-System of Pseudomonas hibiscicola strain L1 Immobilized On Peanut Shell Biochar. *Science of The Total Environment*, 814, 152635. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152635>
- Bushra, A., Subhani, A., & Islam, N. (2023). A Comprehensive Review On Biological And Environmental Applications Of Chitosan-Hydroxyapatite Biocomposites. *Composites Part C: Open Access*, 100402.
- Chen, Q., *Et Al.*, (2021). Synergetic Effect On Methylene Blue Adsorption To Biochar With Gentian Violet In Dyeing And Printing Wastewater Under Competitive Adsorption Mechanism. *Case Studies In Thermal Engineering*, 26, 101099.
- Dermawan, D., *Et Al.*, (2023). A Novel Magnetic Fe₃O₄ Carbon-Shell (MFC) Functionalization With Lanthanum As An Adsorbent For Phosphate Removal From Aqueous Solution. *International Journal Of Environmental Science And Technology*, 20(4), 3861-3874.
- Dwijayanti, U., Gunawan, G., Setyo Widodo, D., Haris, A., Suyati, L., & Ariadi Lusiana, R. (2020). Adsorpsi Methylene Blue (MB) Menggunakan Abu Layang Batubara Teraktivasi Larutan NaOH. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 5(01), 01–14. <https://doi.org/10.23960/aec.v5.i1.2020.p01-14>
- Handayani, S., Harahap, A. E., Saleh, D. E., Negeri, I., Kasim, S., Raja, R., Haji, A., Soebrantas, J. H. R., & 15 Pekanbaru, K. M. (2018). *Kandungan Fraksi Serat Silase Kulit Pisang Kepok (Musa Paradisiaca) Dengan Penambahan Level Dedak Dan Lama Pemeraman Yang Berbeda* (Vol. 15).
- Hoslett, J., Ghazal, H., Mohamad, N., & Jouhara, H. (2020). Removal Of Methylene Blue From Aqueous Solutions By Biochar Prepared From The Pyrolysis Of Mixed Municipal Discarded Material. *Science Of The Total Environment*, 714, 136832.
- Rayendra, A.F., Wardhani, S., Tjahjanto, R.T., 2014. Pengaruh Komposisi TiO₂- Bentonit Terhadap Degradasi Metilen Biru. *Kimia.Studentjournal* 2, Halaman 555– 561.
- Selimin, M.A., dkk. 2022. Adsorption efficiency of hydroxyapatite synthesised from black tilapia fish scales for chromium (VI) removal. *Materials Today: Proceedings* 57. 1142–1146
- Setiawan, A., Dianti, L. R., Mayangsari, N. E., Widiana, D. R., & Dermawan, D. (2023). Removal Of

- Methylene Blue Using Heterogeneous Fenton Process With Fe Impregnated Kepok Banana (*Musa Acuminata* L.) Peel Activated Carbon As Catalyst. *Inorganic Chemistry Communications*, 152. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2023.110715>
- Widayatno, T., Yuliawati, T., & Susilo, A. A. (2017). Adsorpsi Logam Berat (Pb) Dari Limbah Cair Dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 1(1).
- Yang, S., dkk. (2019). Generation of high-efficient biochar for dye adsorption using frass of yellow mealworms (Larvae of *Tenebrio molitor* Linnaeus) fed with wheat straw for insect biomass production. *J. Clean. Prod.* Vol. 227, Halaman 33–47