

Studi Efisiensi dan Isoterm Adsorpsi Remazol Black B Menggunakan Karbon dari Tempurung Kelapa yang Diaktivasi Secara Pirolisis.

I Dewa Ketut Sastrawidana*

Jurusan Kimia, Universitas Pendidikan Ganesha, Jl. Udayana No. 11 Singaraja 81116, Bali.

*Corresponding author: ketut.sastrawidana@undiksha.ac.id

Diterima : Februari 2022 | Disetujui 30 Maret 2022 | Diterbitkan 13 April 2022

Abstrak

Air limbah tekstil dengan intensitas warna tinggi bersumber dari zat warna sintetik yang bersifat toksik dan rekalsitran dapat menimbulkan permasalahan serius terhadap lingkungan jika tidak ditangani dengan baik. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji efisiensi adsorpsi, kondisi lingkungan optimum dan pola isoterm adsorpsi dari larutan zat warna Remazol Black B menggunakan karbon dari tempurung kelapa yang tidak diaktivasi dan diaktivasi secara pirolisis pada suhu 900°C. Proses adsorpsi dilakukan menggunakan teknik *batch* dengan parameter operasional yang diamati meliputi pengaruh pH, konsentrasi zat warna dan lama waktu kontak. Pola isoterm adsorpsi dianalisis menggunakan model isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi adsorpsi Remazol Black B menggunakan karbon dari tempurung kelapa tanpa diaktivasi dan diaktivasi suhu 900°C adalah 32,16% dan 90,68% yang berlangsung pada kondisi pH 5, konsentrasi zat warna 200 mg/L dengan lama waktu kontak 60 menit. Model isoterm adsorpsi lebih mengikuti model isoterm adsorpsi Langmuir dibandingkan isoterm adsorpsi Freundlich. Dengan demikian, karbon dari tempurung kelapa yang diaktivasi suhu 900°C prospektif dikembangkan sebagai adsorben untuk pengolahan air limbah tekstil.

Kata-kata kunci: karbon tempurung kelapa; pirolisis; remazol black B; efisiensi adsorpsi; isoterm adsorpsi

Abstract

Textile wastewater with high color intensity from toxic and mutagenic synthetic dyes used in the dyeing process can cause serious environmental problems if not handled properly. The study aimed to examine the adsorption efficiency, optimum environmental conditions, and adsorption isotherm model of Remazol Black B dye solution using unactivated and activated carbon from coconut shell. The carbon was physically activated through pyrolysis at 900°C for 7 h. The adsorption process was carried out in batch technique with the operational parameters observed including the effect of initial pH, dye concentration, and contact time. The adsorption isotherm was confirmed using the Langmuir and Freundlich adsorption isotherm model. The results showed that the adsorption efficiency of Remazol Black B using unactivated and activated carbon from coconut shell was 32.16% and 90.68% in optimal environmental conditions achieved at pH 5, dye concentration 200 mg/L with a contact time of 60 min. The adsorption isotherm model is more fit with the Langmuir adsorption isotherm than Freundlich. Therefore, activated carbon from coconut shell was prospectively developed as an adsorbent for textile wastewater treatment.

Keywords: coconut shell carbon; pyrolysis; remazol black B; adsorption efficiency; isotherm adsorption

Pendahuluan

Berkembangnya industri telah menghasilkan variasi dan jumlah limbah yang terbuang ke lingkungan semakin meningkat. Dari perspektif lingkungan, air limbah industri tekstil dengan karakteristik nilai *biological oxygen demand* (BOD), *chemical oxygen demand* (COD) dan *total suspended solid* (TSS) yang tinggi disertai warna pekat dapat mengancam kehidupan akuatik maupun kesehatan manusia (Yassen and Scholz., 2016). Beberapa hasil penelitian menyatakan bahwa nilai

BOD, COD, TSS dan warna pada air limbah tekstil berada pada kisaran 80-6000 mg/L, 150-12.00 mg/L, 15 -8000 mg/L dan 50-2500 Pt-Co (Al-Kdasi, *dkk.*, 2005; Upadhye dan Joshi, 2012; Hussein, 2013; Ghaly, 2014).

Zat warna tekstil golongan azo termasuk senyawa yang rekalsitran, toksik, mutagenik dan berbahaya serta diperkirakan sebanyak 5-15 % dari zat warna yang digunakan untuk pewarnaan kain terlepas dan terbuang sebagai air limbah (Ozmen, *dkk.*, 2008; Parmar dan Shukla, 2018). Disamping itu, warna pada air berkontribusi terhadap penurunan kandungan oksigen dalam air karena terhambatnya penetrasi sinar matahari ke perairan sehingga memicu aktivitas mikroorganisme anaerob yang menghasilkan produk berbau tak sedap. Seperti yang dinyatakan dalam EPA (2014) tentang baku mutu kualitas air limbah, bahwa intensitas warna, nilai BOD, COD dan TSS yang masih diperkenankan dalam efluen industri pencelupan kain adalah 550 TCU, 30 mg/L, 160 mg/L dan 30 mg/L. Disamping itu, dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 32 tahun 2017 juga dinyatakan bahwa batas maksimum intensitas warna yang masih ditoleransi untuk air sanitasi adalah 50 TCU. Dengan demikian, air limbah yang dihasilkan oleh industri pencelupan tekstil harus diolah terlebih dahulu agar memenuhi persyaratan baku mutu air limbah untuk bisa dibuang ke lingkungan.

Kajian teknologi perombakan warna pada air limbah tekstil sudah banyak dilakukan, baik menggunakan cara biologi seperti lumpur aktif (Simpfiwe, *dkk.*, 2012; Mirbolooki, *dkk.*, 2017), enzim ligninolitik dari jamur pendegradasi kayu (Sudiana, *dkk.*, 2018), cara kimia seperti advanced oxidation process (Dantas, *dkk.*, 2006; Patil and Raut, 2014; Ilhan, *dkk.*, 2019), oksidasi secara elektrokimia (Sastrawidana, *dkk.*, 2018; Afanga, *dkk.*, 2020), maupun menggunakan gabungan fisika-kimia seperti fotokatalis (Hussein dan Abass, 2010; Khan dan Ishtique, 2016; Agustina, *dkk.*, 2020) dan adsorpsi (Rahman dan Akter, 2016; Patel, 2018; Syamani, 2020).

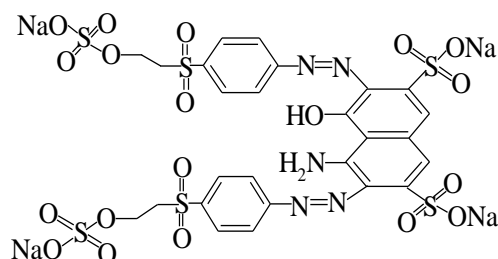
Dengan mempertimbangkan beberapa kelebihan yang terdapat pada adsorpsi seperti operasionalnya lebih mudah, *low cost* dan relatif mudah diregenerasi (Ali, *dkk.*, 2018; Lima dan Carmalin, 2018), metode adsorpsi menjadi menarik perhatian untuk dikembangkan sebagai salah satu penyediaan *green technology* untuk menanggulangi permasalahan air limbah tekstil. Secara umum, prinsip dasar adsorpsi adalah interaksi bahan pencemar pada fase cair dengan situs-situs aktif dari adsorben melalui proses kimia atau fisika. Sifat-sifat adsorben seperti porositas, luas permukaan serta faktor lingkungan seperti pH, waktu kontak dan konsentrasi adsorbat merupakan faktor penting yang mempengaruhi kapasitas adsorpsi (Tanthapanichakoon, *dkk.*, 2005). Beberapa jenis adsorben yang telah digunakan untuk mengadsorpsi warna pada air limbah tekstil diantaranya zeolite (Hammood, *dkk.*, 2021), komposit pati/PVA (Xia, *dkk.*, 2020), lempung alam (Patanjali, *dkk.*, 2021) dan karbon aktif (Rahman, *dkk.*, 2011; Lin dan Ho, 2022). Karbon aktif dapat diperoleh dari biomasa tropis yang mengandung karbon seperti sekam padi (Rahman, *dkk.*, 2011), serbuk gergaji kayu (Adeyi, *dkk.*, 2014; Eletta, *dkk.*, 2018), bambu (Sucipta, *dkk.*, 2021), dan batang jagung (Meko, 2021). Untuk meningkatkan kapasitas adsorpsinya, adsorben dapat diaktivasi melalui proses kimia seperti menggunakan asam Posfat (H_3PO_4), Natrium Hidroksida (NaOH), Kalium Karbonat (K_2CO_3), dan Zink Klorida ($ZnCl_2$) maupun fisika yang melibatkan proses pirolisis (Heidarinejad, *dkk.*, 2020).

Penelitian ini mengkaji efisiensi adsorpsi, kondisi lingkungan optimal dan isoterm adsorpsi dari zat warna Remazol Black B menggunakan karbon dari tempurung kelapa yang tidak diaktivasi dan diaktivasi pada suhu 900°C. Zat warna Remazol Black B merupakan salah satu zat warna tekstil sintetik golongan azo yang banyak digunakan untuk pencelupan kain. Dipilihnya karbon dari tempurung kelapa dengan pertimbangan densitasnya relatif tinggi dan mudah diperoleh. Bubuk arang tempurung kelapa diaktivasi melalui pirolisis pada suhu 900°C menggunakan furnace vakum selama 7 jam. Karbon yang diaktivasi dan tidak diaktivasi dikarakterisasi meliputi penentuan bilangan iodium, kandungan air, ukuran partikel dan analisis gugus aktif, selanjutnya digunakan mengadsorpsi warna tekstil menggunakan teknik *batch* dengan variabel operasional yang dikaji meliputi pengaruh pH, konsentrasi zat warna dan lama waktu kontak terhadap efisiensi adsorpsi serta pola isoterm adsorpsinya.

Metode

Peralatan dan Bahan

Zat warna tekstil yang digunakan adalah Remazol Black B, diproduksi oleh Sigma-Aldrich dengan nomor CAS 17095-24-8. Struktur kimia dari zat warna Remazol Black B disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur kimia zat warna remazol black B.

Spektrofotometer UV-1800 digunakan untuk mengukur absorbansi zat warna sebelum dan setelah perombakan, sedangkan Fourier Transform Infrared (FTIR) type IRPrestige 21 digunakan untuk mengidentifikasi gugus aktif yang terdapat pada arang tempurung kelapa.

Preparasi dan Aktivasi Karbon dari Tempurung Kelapa

Bubuk karbon dari tempurung kelapa dibuat dengan cara membakar tempurung kelapa dalam drum yang agak tertutup selama 2 jam, kemudian karbonnya dihancurkan menjadi bubuk menggunakan mesin pembubuk. Bubuk karbon yang diperoleh, di *ball mailing* selama 24 jam sehingga diperoleh bubuk halus. Oksida logam yang kemungkinan terdapat karbon dihilangkan dengan melarutkannya dalam larutan 0,5 M HCl, selanjutnya dinetralkan kembali dengan menggunakan larutan NaOH. Bubuk karbon dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C hingga mencapai berat konstan kemudian diayak menggunakan ayakan 200 mesh. Bubuk karbon dibagi dua bagian dimana satu bagian tidak diaktivasi sedangkan satu bagian lagi diaktivasi secara fisika dengan pirolisis menggunakan *furnace* vakum pada suhu 900°C selama 7 jam.

Karakterisasi Bubuk Karbon Tempurung Kelapa

Bubuk karbon tempurung kelapa yang diaktivasi dan yang tidak diaktivasi suhu 900°C dikarakterisasi meliputi penentuan bilangan iodin menggunakan titrasi iodometri, penentuan kadar air menggunakan gravimetri, ukuran partikel menggunakan ayakan ukuran 200 mesh dan penentuan gugus aktif menggunakan FTIR. Data karakteristik bubuk arang tempurung kelapa disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik arang tempurung kelapa

No	Parameter	Tanpa aktivasi	Aktivasi suhu 900°C
1	Bilangan iodin (mg/g)	752,5	936,7
2	Kadar air (% , g/g)	22.52	9,42
3	Ukuran partikel (mesh)	≤ 200	≤ 200

Adsorpsi Zat Warna dengan Teknik Batch

Adsorpsi zat warna Remazol Black B menggunakan bubuk karbon tanpa aktivasi dan diaktivasi dengan pirolisis suhu 900°C dilakukan dengan teknik *batch*. Sebanyak 10 g adsorben ditambahkan ke

dalam Erlenmeyer ukuran 100 mL yang sudah berisikan 25 mL larutan zat warna Remazol Black B dengan konsentrasi 100 mg/L. Campuran didiamkan selama 2 jam sambil dihomogenisasi menggunakan *shaker* otomatis pada kecepatan putar 150 rpm. Selanjutnya, campuran disaring, filtratnya disentrifugasi pada 3000 rpm selama 10 menit. Beberapa parameter yaitu pengaruh pH awal (3-9), konsentrasi zat warna (100-500 mg/L), dan lama waktu kontak (15-90 menit) diteliti untuk menentukan kondisi optimum perombakan. Absorbansi sampel sebelum dan setelah perlakuan diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 600,5 nm. Efisiensi adsorpsi dihitung menggunakan persamaan 1.

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

dimana, C_o dan C_t adalah konsentrasi zat warna (mg/L) sebelum dan setelah perombakan.

Studi Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich digunakan untuk menjelaskan isoterm adsorpsi dari zat warna Remazol Black B pada arang tempurung kelapa. Model Langmuir berlaku untuk adsorpsi monolayer ke permukaan yang mengandung satu set situs aktif dan tidak memiliki interaksi antara molekul teradsorpsi (Somasundaram, *dkk.*, 2013). Persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dituliskan sebagai berikut.

$$\frac{1}{qe} = \frac{1}{qm} + \frac{1}{k qm Ce} \quad (2)$$

dimana, q_e merupakan jumlah adsorbat pada permukaan adsorben pada keadaan kestimbangan, q_m adalah kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g), k merupakan konstanta isoterm adsorpsi Langmuir (L/mg) dan C_e adalah konsentrasi adsorbat pada kestimbangan (mg/L). Isoterm adsorpsi Freundlich dengan asumsi serapan fisiko-kimia pada permukaan adsorben heterogen. Persamaan isoterm adsorpsi Freundlich dapat dituliskan:

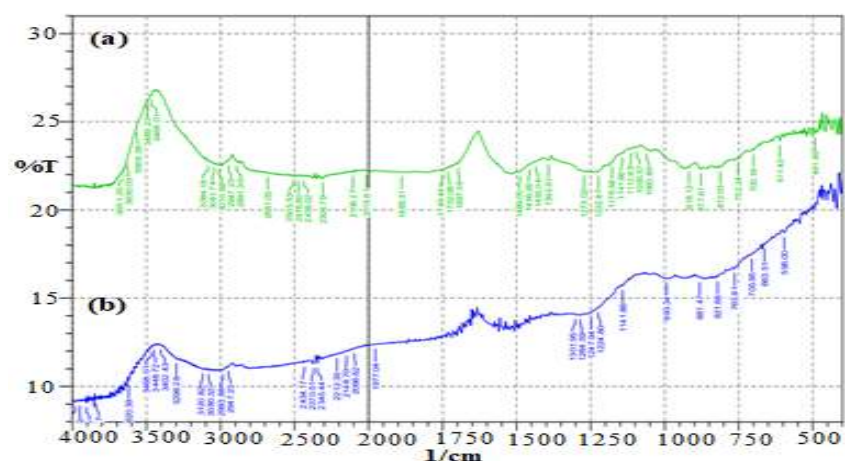
$$\ln q_e = \ln k + \frac{1}{n} \ln C_e \quad (3)$$

Kesesuaian pola isoterm adsorpsi ini dievaluasi berdasarkan nilai koefisien korelasi (R^2) yang lebih besar diperoleh dari persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich.

Hasil dan Pembahasan

Spektra FTIR dari Karbon Tempurung Kelapa

Gugus fungsional aktif dari adsorben yang berperan penting pada proses adsorpsi diidentifikasi menggunakan spektroskopi FTIR pada jangkauan spektrum 4000-500 cm^{-1} . Spektrum FTIR karbon dari tempurung kelapa tanpa diaktivasi dan diaktivasi pada suhu 900°C disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Spektrum FTIR karbon tempurung kelapa (a) diaktivasi suhu 900°C, (b) tanpa diaktivasi

Tabel 2. Pita serapan FTIR dari karbon tempurung kelapa

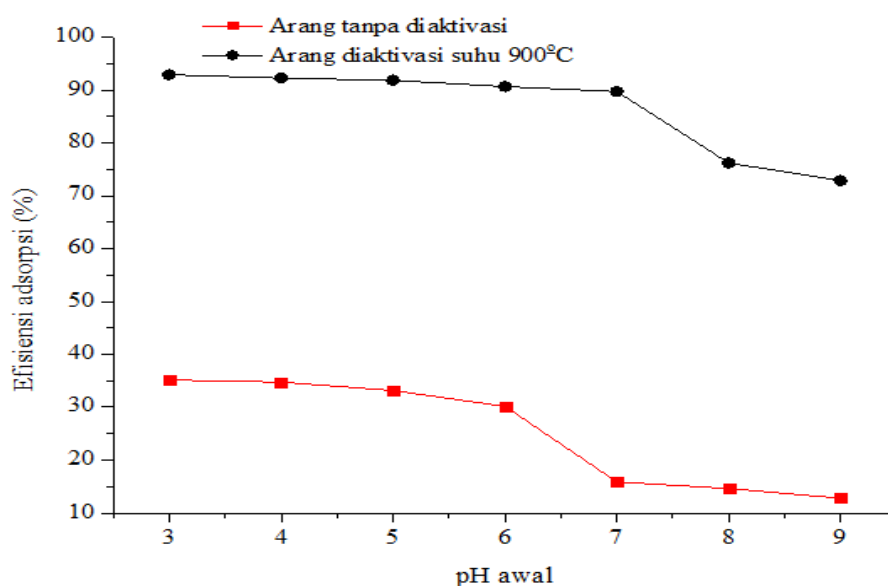
Wave number (cm ⁻¹)		Functional group
Arang tanpa aktivasi	Arang diaktivasi suhu 900°C	
3298-3468	3468-3489	O-H stretching
2947-2983	2891-2947	C-H stretching
2345-2370 dan 1977	2308 and 1888	C=O ester
1697	1435-1489	C=C aromatik
1301-821	1392-812	C-O
763-996	752-491	C-H aromatik

Seperti yang terlihat pada Gambar 1 dan Tabel 2, pita serapan pada kisaran 3200-3500 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus hidroksil (O-H). Puncak serapan pada kisaran 2947-2983 dari arang tanpa diaktivasi sedangkan pada kisaran 2891-2947 menunjukkan adanya vibrasi C-H stretching. Berdasarkan Gambar 1 dan Tabel 2, gugus aktif pada karbon yang diaktivasi suhu 900°C relatif mirip dengan arang tanpa diaktivasi, Namun intensitas puncak-puncak situs aktif pada karbon diaktivasi menjadi lebih tinggi. Hal ini kemungkinan akan memberikan efek terhadap peningkatan kemampuan adsorpsi. Adanya gugus aktif seperti karboksil dan fenolik dapat berinteraksi dengan gugus-NH₂, -S=O dan -O-H dari Remazol Black B melalui ikatan hidrogen maupun gaya van der Waals (Ip, dkk., 2010).

Adsorpsi Zat Warna Remazol Black B

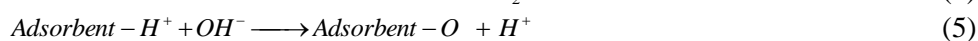
Pengaruh pH Awal

Penentuan pH optimum dilakukan secara *batch experiments* menggunakan konsentrasi zat warna Remazol Black B 200 mg/L dengan waktu pendiaman 90 menit sambil dilakukan pengadukan dengan kecepatan putaran 150 rpm. Efisiensi adsorpsi zat warna pada kisaran pH 3-9 menggunakan karbon tempurung kelapa tanpa diaktivasi dan diaktivasi suhu 900°C disajikan pada Gambar 2. Seperti yang tersaji pada Gambar 2, secara jelas terungkap efisiensi adsorpsi zat warna oleh karbon dari tempurung kelapa dipengaruhi oleh kondisi pH awal medium. Adsorpsi zat warna Remazol Black B menggunakan kedua adsorben menunjukkan efisiensi lebih tinggi pada pH asam dibandingkan pada pH netral dan basa. Namun, kemampuan adsorpsi karbon tempurung kelapa yang diaktivasi suhu 900°C jauh lebih tinggi dibandingkan dengan karbon tanpa diaktivasi.



Gambar 2. Pengaruh pH awal terhadap efisiensi adsorpsi

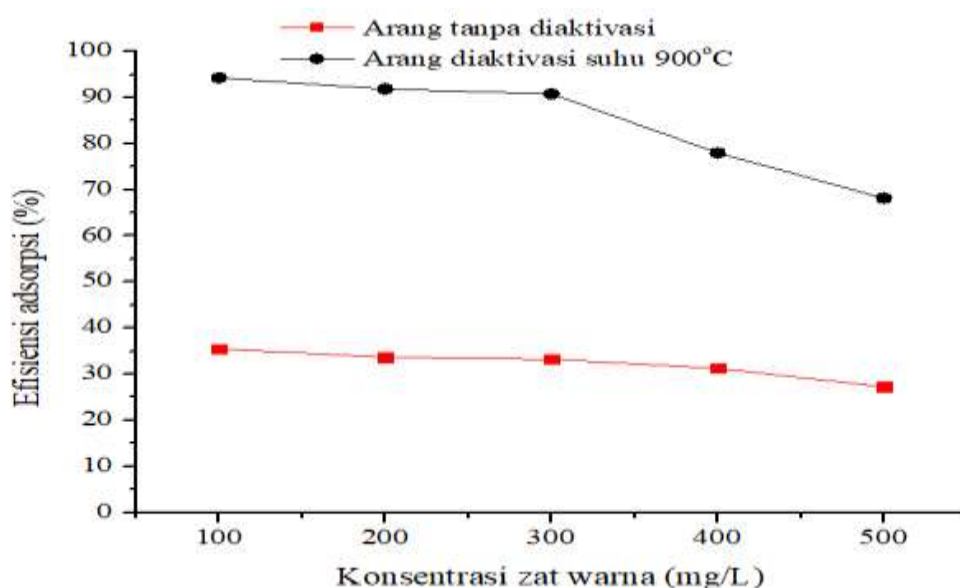
Untuk proses adsorpsi zat warna menggunakan karbon yang diaktivasi suhu 900°C pada kondisi pH 3 menghasilkan efisiensi adsorpsi sebesar 92,60% selanjutnya turun sedikit menjadi 92,25% dan 91,85% ketika dilangsungkan pada pH 4 dan 5. Namun efisiensi adsorpsi secara drastis mengalami penurunan pada 8 dan 9 yaitu menjadi 76,18% dan 72,85%. Pengaruh pH terhadap besarnya efisiensi adsorpsi zat warna Remazol Black B dapat dijelaskan berdasarkan sifat adsorbat dan adsorben yang dikaitkan dengan muatannya. Zat warna Remazol Black B merupakan zat warna anionik (bermuatan negatif) yang dapat berinteraksi kuat dengan permukaan karbon yang bermuatan positif pada perlakuan asam. Ekspresi muatan permukaan adsorben pada kondisi asam dan basa dijelaskan oleh Ko, *et. al.*, 2003 adalah sebagai berikut.



Berdasarkan persamaan 4 dan 5, pada kondisi asam kerapatan muatan positif pada permukaan karbon semakin meningkat sehingga menyebabkan gaya tarik adsorben terhadap adsorbat semakin kuat, sedangkan pada kondisi basa, jumlah situs dengan muatan negatif meningkat sehingga memperlemah ikatan zat warna anionik dengan permukaan adsorben (Gupta, *et. al.*, 2011). Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Khaled *et.al.*, (2009) yang menggunakan karbon aktif dari kulit jeruk sebagai adsorben untuk merombak warna dari zat warna Direct N Blue-106. Berdasarkan hasil penelitiannya, dilaporkan bahwa efisiensi perombakan warna meningkat dengan menurunnya pH larutan sampel.

Pengaruh Konsentrasi Zat Warna

Evaluasi efisiensi adsorpsi zat warna Remazol Black B oleh karbon tempurung kelapa tanpa diaktivasi dan diaktivasi suhu 900°C dilakukan dengan mengadsorpsi zat warna (100-500 mg/L) pada pH 5 dengan lama waktu kontak 90 menit sambil dikocok 150 rpm menggunakan *automatic shaker*. Seperti yang terlihat pada Gambar 3, secara umum, peningkatan konsentrasi zat warna Remazol Black B dari 100 mg/L sampai 500 mg/L menyebabkan penurunan efisiensi adsorpsi dari 94,25% menjadi 68,15% untuk karbon yang diaktivasi suhu 900°C dan dari 35,5% menjadi 27,25% untuk karbon tempurung kelapa tanpa diaktivasi. Penurunan efisiensi adsorpsi disebabkan oleh situs-situs aktif pada adsorben menjadi jenuh dengan meningkatnya konsentrasi adsorbat (Rashtbari, *et.al.* 2020).

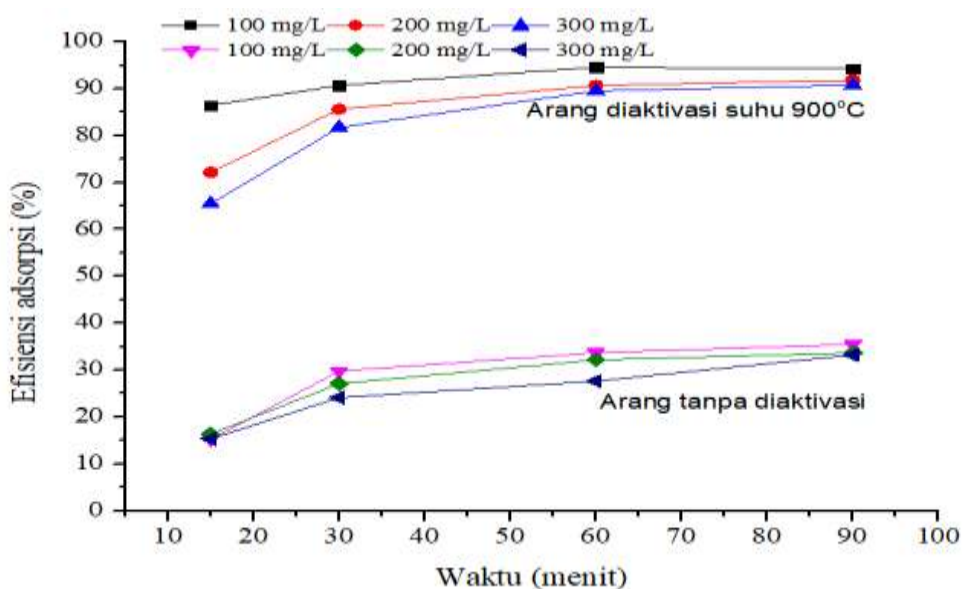


Gambar 3. Pengaruh konsentrasi zat warna terhadap efisiensi adsorpsi

Temuan ini juga konsisten dengan Foroutan, *dkk.*, 2021 yang menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi menyebabkan menurunnya efisiensi adsorpsi karena situs-situs aktif dari adsorben mengalami kejenuhan.

Pengaruh Waktu Kontak

Waktu kontak juga merupakan faktor yang mempengaruhi efisiensi adsorpsi. Pengujian efisiensi adsorpsi dilakukan eksperimen pada kisaran lama waktu kontak 15-90 menit dengan konsentrasi zat warna 100-300 mg/L. Hasil efisiensi adsorpsi zat warna Remazol Black B diberbagai waktu kontak disajikan pada Gambar 4.



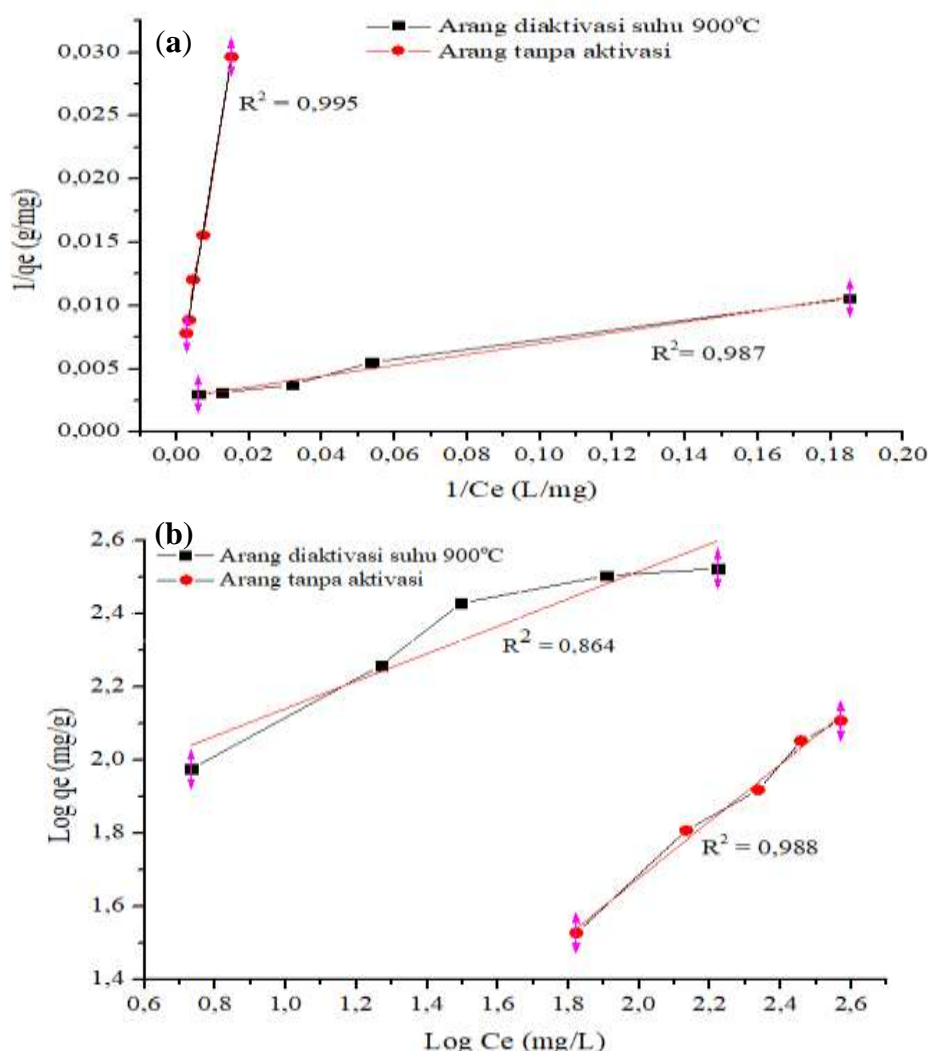
Gambar 4. Pengaruh lama waktu kontak terhadap efisiensi adsorpsi

Seperti yang teramati pada Gambar 4, efisiensi adsorpsi meningkat dengan meningkatnya lama waktu kontak dari 15-90 menit. Pada awal adsorpsi yaitu 0-30 menit proses adsorpsi berlangsung

cepat selanjutnya setelah 60 menit laju adsorpsi menjadi lambat dan mencapai kestimbangan. Berdasarkan hasil ini, waktu kontak optimum yang diperoleh adalah 60 menit. Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian yang dilakukan Chen, *dkk.*, 2022 dalam penelitiannya tentang adsorpsi ion Cu^{2+} menggunakan tiga jenis adsorben yaitu karbon aktif (AC), karbon aktif yang dioksidasi dengan asam nitrat (OAC) dan grafit yang diaktivasi dengan *iminodiacetic acid* (IDA-OAC) pada variasi waktu kontak 10-300 menit. Hasilnya, dalam waktu 60 menit adsorpsi cenderung melambat dan setelah 120 menit, ketiga adsorben sudah mencapai keseimbangan.

Isoterm Adsorpsi

Kapasitas adsorpsi diprediksi melalui kestimbangan isoterm adsorpsi. Pada penelitian ini, dua model kestimbangan adsorpsi yang digunakan yaitu isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich. Isoterm Langmuir mengasumsikan bahwa permukaan adsorben mengandung sejumlah situs aktif tempat adsorbat menempel (*monolayer*) sedangkan isoterm adsorpsi Freundlich mengasumsikan permukaan heterogen. Pola isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich dari zat warna Remazol Black B pada arang tempurung kelapa disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pola isoterm adsorpsi dari (a) Langmuir, dan (b) Freundlich untuk adsorpsi zat warna Remazol Black B oleh karbon tempurung kelapa.

Gambar 5 menunjukkan plot $1/q_e$ terhadap $1/C_e$ (isoterm adsorpsi Langmuir) dan plot $\text{Log } q_e$ terhadap $\text{Log } C_e$ (isoterm adsorpsi Freundlich). Koefisien regresi isoterm adsorpsi Langmuir (R^2) =

0,995 untuk karbon tempurung kelapa yang tidak diaktivasi dan $R^2 = 0,987$ untuk karbon tempurung kelapa yang diaktivasi suhu 900°C pada proses adsorpsi zat warna Remazol Black B. Pada isoterm adsorpsi Freundlich menunjukkan nilai R^2 sebesar 0,988 untuk karbon tempurung kelapa tanpa diaktivasi dan $R^2 = 0,864$ untuk karbon yang diaktivasi suhu 900°C . Hal ini mengindikasikan bahwa isoterm adsorpsi zat warna Remazol Black B menggunakan karbon tempurung kelapa yang tidak diaktivasi dan yang diaktivasi suhu 900°C lebih cenderung mengikuti pola isoterm adsorpsi Langmuir dibandingkan dengan isoterm adsorpsi Freundlich. Temuan ini sejalan juga dengan Chen, dkk., 2022 yang melaporkan adsorpsi ion logam Cu^{2+} menggunakan arang aktif lebih mengikuti pola isotherm adsorpsi dibandingkan dengan Freundlich ditinjau dari harga koefisien regresinya (R^2).

Penutup

Karbon dari tempurung kelapa yang diaktivasi secara fisika melalui pirolisis suhu 900°C mempunyai efisiensi adsorpsi terhadap zat warna Remazol Black B yang lebih tinggi dibandingkan dengan karbon tanpa diaktivasi. Efisiensi adsorpsi zat warna Remazol Black B sebesar 90,68% menggunakan karbon yang diaktivasi suhu 900°C dengan proses adsorpsi berlangsung pada pH 5, konsentrasi zat warna 200 mg/L dan waktu kontak 60 menit. Adsorpsi Remazol Black B menggunakan karbon tanpa diaktivasi dan yang diaktivasi mengikuti pola isoterm adsorpsi Langmuir. Dengan demikian, karbon tempurung kelapa yang diaktivasi menggunakan pirolisis suhu 900°C prospektif dikembangkan untuk menggalangi permasalahan limbah tekstil.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada Universitas Pendidikan Ganesha, khususnya FMIPA atas ijin penggunaan fasilitas laboratorium untuk pengambilan data penelitian.

Daftar Pustaka

- Adeyi, A.A., Mohammed, I.A., Yusuff, A.S., Olateju, I.I., Popoola, L.T. (2014). Textile waste water treatment and colour removal using chemically activated sawdust. *J. Bioprocess. Chem. Eng.* **1**, 1-6.
- Afanga, H., Zazou, H., Titchou, F. E., Rakhila, Y., Akbour, R. A., Elmchaouri, A., Ghanbaja, J., Hamdani, M. (2020). Integrated electrochemical processes for textile industry wastewater treatment: system performances and sludge settling characteristics. *Sustain. Environ. Res.* **30**, 1-11.
- Agustina, T. E., Melwita, E., Bahrin, D., Gayatri, R., Purwaningtyas, I.F. (2020). Synthesis of nanophotocatalyst ZnO-natural zeolite to degrade procion red. *Int. J. Technol.* **11**, 472-481.
- Al-Kdasi, A., Idris, A., Saed, K., Guan, C. T. (2005). Treatment of textile wastewater by advanced oxidation processes: A review. *Glob. Nest. Int. J.* **6**, 222-230.
- Ali, N., Awais, Kamal, T., Ul-Islam, M., Khan, A., Shah, S. J., Zada, A. (2018). Chitosan-coated cotton cloth supported copper nanoparticles for toxic dye reduction. *Int. J. Biol. Macromol.* **111**, 832-838.
- Chen, W.S., Chen, Y.C., Lee, C.H. (2022). Modified activated carbon for copper ion removal from aqueous solution. *Processes.* **10**, 1-16.
- Dantas, T. L. P., Mendonca, V. P., Jose, H. J., Rodrigues, A. E., Moreira, R. F. P. M. (2006). Treatment of textile wastewater by heterogeneous Fenton process using a new composite $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{carbon}$. *Chem. Eng. J.* **118**, 77.
- Elleta, O.A.A., Mustapha, S.I., Ajayi, O.A., Ahmed, A.T. (2018). Optimization of dye removal from textile wastewater using activated carbon from sawdust. *Niger. J. Technol. Develop.* **15**, 26-32.
- Environmental Protection Agency order Huan-Shu-Shui-Tzu No. 1030005842. 2014.
- Foroutan, R., Peighambardoust, S.J., Peighambardoust, S.H., Pateiro, M., Lorenzo, J.M. (2021). Adsorption of crystal violet dye using activated carbon of lemon wood and activated carbon/ Fe_3O_4

- magnetic nanocomposite from aqueous solutions: A kinetic, equilibrium and thermodynamic study. *Molecules*. **26**, 1-19.
- Ghaly, A.E., Ananthashankar, R., Alhattab, M., Ramakrishnan, V. (2014). Production, characterization and treatment textile effluent: A critical review. *J. Chem. Eng. Proc. Technol.* **5**, 1-18.
- Gupta, V.K., Gupta, B., Rastogi, A., Agarwal, S., Nayak, A. (2011). A comparative investigation on adsorption performances of mesoporous activated carbon prepared from waste rubber tire and activated carbon for a hazardous azo dye—Acid Blue 113. *J. Hazard. Mater.* **186**, 891–901.
- Hammood, Z.A., Chyad, T.F., Al-Saedi, L. (2021). Adsorption performance of dyes over zeolite for textile wastewater treatment. *Ecol. Chem. Eng.* **28**, 329-337.
- Heidarinejad, Z., Dehghani, M.H., Heidari, M., Javedan, G., Ali, I., Sillanpää, M. (2020). Methods for preparation and activation of activated carbon: A review. *Environ. Chem. Lett.* **18**, 393-415.
- Hussein, F.H. (2013). Chemical properties of treated textile dyeing wastewater. *Asian. J. Chem.* **25**, 9393-9400.
- Hussein, F. H., Abass, T. A. (2010). Solar photolysis and photocatalytic treatment of textile industrial wastewater. *Int. J. Chem. Sci.* **8**, 1409-1420.
- Ilhan, F., Ulucan-Altuntas, K., Dogan, C., Kurt, U. (2019). Treatability of raw textile wastewater using Fenton process and its comparison with chemical coagulation. *Desalin. Water. Treat.* **162**, 142-148.
- Ip, A.W.M., Barford, J.P., McKay, G. (2010). A comparative study on the kinetics and mechanisms of removal of Reactive Black 5 by adsorption onto activated carbons and bone char. *Chem. Eng. J.* **157**, 434-442.
- Khaled, A., El Nemr, A., El-Sikaily, A., Abdelwahab, O. (2009). Removal of Direct N Blue-106 from artificial textile dye effluent using activated carbon from orange peel: adsorption isotherm and kinetic studies. *J. Hazard. Mater.* **165**,100–110.
- Khan, W. Z., Najeeb, I., Ishtique, S. (2016). Photocatalytic degradation of a real textile wastewater using titanium dioxide, zinc oxide and hydrogen peroxide. *Int. J. Eng. Sci.* **5**, 61-70.
- Lima, E. C., Carmalin, S. (2018). Removal of emerging contaminants from the environment by adsorption. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* **150**, 1-17.
- Lin, Y.H., Ho, B.H. (2022). Kinetics and performance of biological activated carbon reactor for advanced treatment of textile dye wastewater. *Processes.* **2**, 1-20.
- Meko, R.L. (2021). Adsorption of reactive dyes from textile wastewater using corn stalk activated carbon. *J. Adv. Chem. Eng.* **11**, 1-3.
- Mirbolooki, M., Amirnezhad, R., Pendashteh, A. R. (2017). Treatment of high saline textile wastewater by activated sludge microorganism. *J. Appl. Res. Technol.* **15**, 167-172.
- Ozmen, E.Y., Sezgin, M., Yilmaz, A., Yilmaz, M. (2008). Synthesis of β -cyclodextrin and starch based polymers for sorption of azo dyes from aqueous solutions. *Bioresour. Technol.* **99**, 526-531.
- Parmar, N. D., Shukla, S.R. (2018). Decolourization of dye wastewater by microbial methods: A review. *Indian. J. Chem. Technol.* **25**, 315-323.
- Patanjali, P., Chopra, I., Mandal, A., Singh, R. (2021). Kinetics and isotherm studies for adsorptive removal of methylene blue from aqueous solutions using organoclay. *Indian. J. Chem. Technol.* **28**, 86-93.
- Patel H. (2018). Charcoal as an adsorbent for textile wastewater treatment. *Separ. Sci. Tech.* **53**, 2797-2812.
- Patil, A. D., Raut, P. D. (2014). Treatment of textile wastewater by Fenton’s process as an advanced oxidation process. *J. Environ. Sci. Toxicol. Food. Technol.* **8**, 29-32.
- Rahman, F. B. A., Akter, M. (2016). Removal of dyes form textile wastewater by adsorption using shrimp shell. *Int. J. Waste. Resour.* **6**, 1-5.
- Rahman, M.M., Bari, Q.H., Yousuf, M.A. (2011). Treatment of textile wastewater with activated carbon produced from rice husk. *J. Eng. Sci.* **2**, 73-79.
- Rashtbari, Y., Afshin, S., Hamzezhadeh, A., Abazari, M., Poureshgh, Y., Fazlzadeh, M. (2020). Application of powdered activated carbon coated with zinc oxide nanoparticles prepared using a

- green synthesis in removal of Reactive Blue 19 and Reactive Black-5: adsorption isotherm and kinetic models. *Desalin. Water Treat.* **179**,354–367.
- Sastrawidana, D. K., Rachmawati, D. O., Sudiana, K. (2018). Color removal of textile wastewater using indirect electrochemical oxidation with multi carbon electrodes. *EnvironmentAsia*, **11**, 170-181.
- Simphiwe, P., Buthelezi, Ademola, O., Olaniran, Pillay, B. (2012). Textile dye removal from wastewater effluents using biofloculants produced by indigenous bacterial isolates. *Molecules*, **17**, 14260-14274.
- Somasundaram, S., Sekar, K., Gupta, V.K., Ganesan, S.(2013). Synthesis and characterization of mesoporous activated carbon from rice husk for adsorption of glycine from alcohol-aqueous mixture. *J.Mol.Liq.* **177**, 416-425.
- Sucipta, M., Negara, D.N.K.P., Nindhia, T.G.T., Surata, I.W. (2021). Morphology and surface characteristics of bamboo activated carbon chemically activated under different immersion time. *Int. J. Global Energy Issues.* **43**, 135-146.
- Sudiana, K., Sastrawidana, I. D. K., Sukarta, N. (2018). Decolorization study of remazol black B textile dye using local fungi of *Ganoderma* sp. and their ligninolytic enzymes. *J. Environ. Sci. Technol.* **11**, 16-22.
- Syamani, F. A. (2020). Cellulose-based membrane for adsorption of dye in batik industry wastewater. *J. Hydrol.* **4**, 281-283.
- Tanthapanichakoon, W., Ariyadejwanich, P., Japthong, P., Nakagawa, K., Mukai, S. R., Tamon, H. (2005). Adsorption–desorption characteristics of phenol and reactive dyes from aqueous solution on mesoporous activated carbon prepared from waste tires. *Water. Res.* **39**, 1347-1353..
- Upadhye, V. B., Joshi, S.S. (2012). Advances in wastewater treatment: A review. (2012). *Int. J. Chem. Sci. Appl.* **3**, 264-268.
- Xia, K., Liu, X., Wang, W., Yang, X., Zhang, X. (2020). Synthesis of modified starch/polyvinyl alcohol composite for treating textile wastewater. *Polymers.* **12**, 1-13.
- Yaseen, D.A., Scholz, M.(2016). Shallow pond systems planted with *Lemna* minor treating azo dyes. 2016. *Ecol.Eng.* **94**, 295-305.