MASALIQ
Jurnal Pendidikan dan Sains

e-ISSN: 2808-8115
p-ISSN: 2809-1051

Terindeks: Sinta 5, Copernicus, Dimensions, Scilit, Lens, Crossref, Garuda, Google Scholar, Base, etc

https://doi.org/10.58578/masaliq.v5i4.6784

PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG KERANG DARAH SEBAGAI ADSORBEN UNTUK ADSORPSI ZAT WARNA *METHYL ORANGE*

Utilization of Blood Clam Shell Waste as an Adsorbent for Methyl Orange Dye Adsorption

Cindy Aprilianti & Romy Dwipa Yamesa Away
Universitas Negeri Padang
aprilianticindy64@gmail.com

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Jun 9, 2025	Jul 4, 2025	Jul 16, 2025	Jul 21, 2025

Abstract

Methyl orange is a toxic, carcinogenic, and mutagenic dye commonly found in textile industry wastewater, posing a serious threat to the environment. This study aims to determine the optimal conditions for the adsorption of methyl orange using a natural adsorbent derived from blood clam (*Anadara granosa*) shell waste, which remains underutilized despite being abundant and rich in calcium oxide (CaO). The methodology consisted of three main stages: adsorbent preparation, adsorption process, and concentration analysis using UV-Vis spectrophotometry. The variables investigated included adsorbent mass (7, 9, 11, and 13 grams), contact time (20, 40, 60, and 100 minutes), and solution pH (1, 3, 5, and 7). In addition, CaO content was analyzed using X-Ray Fluorescence (XRF) after the calcination process. The results indicated that the optimal adsorption condition was achieved with 11 grams of adsorbent, 60 minutes of contact time, and a solution pH of 1, resulting in an adsorption efficiency of 85.35%. XRF analysis revealed that the blood clam shell contained 97.704% CaO, which significantly contributed to its adsorption performance. These findings demonstrate that blood clam shell waste has strong

Masaliq Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

potential as a low-cost, efficient, and environmentally friendly alternative adsorbent for treating textile dye wastewater.

Keywords: Blood Clam Shell; Calcium Oxide; Adsorption; Methyl Orange; UV-Vis Spectrophotometry

Abstrak: *Methyl orange* merupakan salah satu zat warna limbah industri tekstil yang bersifat toksik, karsinogenik, dan mutagenik, sehingga berpotensi mencemari lingkungan secara serius. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi optimum dalam proses adsorpsi *methyl orange* menggunakan adsorben alami dari limbah cangkang kerang darah yang masih terbatas pemanfaatannya, namun mudah diperoleh dan kaya akan kalsium oksida (CaO). Metode yang digunakan meliputi tiga tahapan utama: preparasi adsorben, proses adsorpsi, dan analisis konsentrasi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Variabel yang diteliti meliputi massa adsorben (7, 9, 11, dan 13 gram), waktu kontak (20, 40, 60, dan 100 menit), serta pH larutan (1, 3, 5, dan 7). Selain itu, analisis kandungan CaO dilakukan menggunakan instrumen X-Ray Fluorescence (XRF) setelah proses kalsinasi. Hasil menunjukkan bahwa kondisi optimum adsorpsi tercapai pada massa adsorben 11 gram, waktu kontak 60 menit, dan pH 1, dengan efisiensi adsorpsi sebesar 85,35%. Analisis XRF mengungkapkan bahwa cangkang kerang darah mengandung CaO sebesar 97,704%, yang berkontribusi signifikan terhadap efektivitas adsorpsi. Temuan ini membuktikan bahwa cangkang kerang darah berpotensi sebagai alternatif adsorben yang murah, efisien, dan ramah lingkungan untuk pengolahan limbah zat warna tekstil.

Kata Kunci: Cangkang Kerang Darah; Kalsium Oksida; Adsorpsi; *Methyl Orange*; Spektrofotometer UV-Vis

PENDAHULUAN

Perkembangan industri tekstil di Indonesia saat ini tengah mengalami peningkatan produksi yang sangat signifikan. Meski memberikan banyak manfaat bagi kehidupan manusia, pertumbuhan ini juga menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Hal ini disebabkan oleh limbah yang dihasilkan, salah satunya adalah limbah tekstil akibat dari proses pewarnaan yang tidak diimbangi dengan pengolahan limbah zat warna yang belum dikelola secara optimal. Limbah pewarna cair dari industri tekstil berpotensi besar menjadi sumber pencemaran lingkungan (Kahoul et al., 2019).

Limbah dari industri tekstil yang dibuang perairan dapat menyebabkan peningkatan intensitas warna pada air serta mendorong kenaikan nilai *Biochemical Oxygen Demand* (BOD). Senyawa azo adalah senyawa yang paling banyak terdapat dalam limbah tekstil, yaitu sekitar 60-70%. Limbah pewarna sintesis yang dilepaskan ke dalam perairan akan berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan, karena bersifat toksik dan karsinogenik, sehingga sulit terurai secara biologis oleh mikroorganisme (Lv et al., 2019).

Zat warna tekstil merupakan senyawa kimia yang umumnya memiliki struktur kompleks berupa cincin aromatik dan heteroatom, seperti azo, diazo, benzidine, dan antraquinon. Struktur yang stabil ini menyebabkan komponen tersebut sulit terurai secara alami dan bersifat toksik (Raliya et al., 2017). Salah satu jenis zat warna yang umum digunakan dalam industri tekstil yaitu *methyl orange*. *Methyl orange* termasuk ke dalam golongan zat warna asam (anionik) dengan rumus molekul $C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$. Zat warna ini mengandung gugus kromofor azo (-N=N-) yang berikatan dengan cincin aromatik, serta memiliki kelarutan rendah dalam air (Du et al., 2017). Kehadiran gugus azo ini memungkinkan *methyl orange* menghasilkan warna cerah pada serat tekstil, sehingga tidak mudah luntur.

Upaya penanganan limbah tekstil hingga saat ini telah banyak dilakukan. Pengolahan limbah cair dapat dilakukan melalui proses yaitu kimia, fisika, biologi, atau kombinasi dari ketiganya. Beberapa metode yang telah dikembangkan meliputi adsorpsi, ultrafiltrasi, koagulasi, dan elektrokimia. Di antara metode-metode tersebut, adsorpsi dipilih sebagai metode yang paling potensial dilakukan karena pengoperasiannya yang sederhana, efisiensi tinggi, dan biaya yang rendah, serta tidak menimbulkan efek samping yang berbahaya (Fu et al., 2016). Adsorpsi merupakan proses penyerapan molekul (adsorbat) pada permukaan zat lain (adsorben) disebabkan adanya gaya tarik menarik antara kedua zat tersebut. Salah satu pendekatan alternatif untuk menghilangkan *methyl orange* dari air tercemar adalah proses adsorpsi dengan memanfaatkan adsorben yang ekonomis dan mudah didapatkan, seperti cangkang kerang darah.

Produksi kerang di Indonesia mengalami kenaikan produksi sebesar 12% per tahun, yakni pada tahun 2020 sekitar 87.000 ton dan diperkirakan pada tahun 2024 mencapai 137.000 ton (BPS, 2023). Secara umum, hanya 11-16% bagian tubuh kerang darah yang dapat dikonsumsi dan diolah, sedangkan sisanya merupakan limbah cangkang kerang darah (Agusnia et al., 2021). Cangkang kerang darah mengandung kalsium karbonat ($CaCO_3$) sekitar 89-99%. Sedangkan abu cangkang kerang darah terdiri dari senyawa, yaitu CaO 66,70%, MgO 22,28%, SiO_2 7,88%, Al_2O_3 1,25%, dan Fe_2O_3 0,03%. Kandungan CaO yang cukup tinggi pada abu cangkang kerang darah menunjukkan potensi yang baik sebagai adsorben. Kalsium oksida bersifat sebagai *dehydrator* karena kemampuannya dalam mengikat air pada etanol, sehingga meningkatkan potensinya sebagai adsorben.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Nurlaili et al., (2017), tentang pemanfaatan limbah cangkang telur ayam sebagai adsorben zat warna warna *methyl orange* dalam larutan.

Dari hasil penelitian menunjukkan kondisi optimum adsorpsi terjadi pada massa adsorben 11 gram, waktu kontak 60 menit, dan pH 1, dengan efisiensi adsorpsi sebesar 41,46%. Sementara Pratiwi et al., (2020), juga telah melakukan penelitian tentang adsorpsi zat warna azo jenis *methyl orange* dengan menggunakan adsorben nata de coco, dan didapatkan kondisi optimum waktu kontak 60 menit dan massa adsorben 0,15 gram dengan efisiensi adsorpsi sebesar 44,66%. Berdasarkan penelitian Haqiqi, (2018), tentang studi awal kemampuan adsorpsi komposit kulit telur ayam dengan sekam padi sebagai adsorben metil orange dengan memvariasikan rasio kulit telur ayam dengan sekam padi, didapatkan variasi rasio optimum pada 1:3 dengan efisiensi adsorpsi sebesar 55,90%.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan adsorpsi zat warna *methyl orange* dengan memanfaatkan cangkang kerang darah sebagai sumber adsorben. Meskipun cangkang kerang darah memiliki kandungan kalsium yang tinggi dan berpotensi besar sebagai bahan adsorben, namun pemanfaatannya dalam bidang pengolahan limbah masih terbatas dan belum diteliti secara mendalam. Sebagian besar penelitian sebelumnya berfokus pada limbah biomassa seperti cangkang telur atau limbah pertanian, sementara pemanfaatan limbah laut seperti cangkang kerang darah masih kurang mendapat perhatian. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan cangkang kerang darah sebagai adsorben dalam proses adsorpsi *methyl orange,* dengan parameter proses meliputi variasi massa adsorben, waktu kontak, dan pH larutan.

METODE

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi oven, furnace, magnetic stirrer, neraca analitik, ayakan 200 mesh, cawan porselen, erlenmeyer, batang pengaduk, pipet tetes, dan shaker, gelas kimia 100 mL dan 250 mL, gelas ukur, kaca arloji, corong kaca, dan botol semprot. Instrumen karakterisasi yang digunakan adalah XRF (X-Ray Fluorescence) untuk analisis kandungan unsur cangkang kerang darah setelah kalsinasi. Analisa hasil adsorpsi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkang kerang darah, *methyl orange*, asam sulfat 0,1 M, NaOH 0,5 M, aquade, kertas saring, dan aluminium foil.

Preparasi Adsorben

Cangkang kerang darah dibersihkan untuk menghilangkan kotoran dan sisa-sisa material yang menempel, selanjutnya cangkang kerang darah dibilas dengan aquades untuk

memastikan kotoran yang tersisa dapat terbilas sepenuhnya. Cangkang kerang darah dijemur di bawah sinar matahari selama 12 jam, lalu diteruskan dengan pengeringan menggunakan oven pada suhu 105℃ selama 24 jam. Cangkang kerang darah yang telah kering dihaluskan dan disaring dengan ayakan 200 mesh. Kemudian, serbuk tersebut di kalsinasi dalam furnace dengan temperatur 900℃ selama 2 jam, sehingga didapatkan bubuk kalsium oksida (CaO). Serbuk hasil kalsinasi kemudian di karakterisasi menggunakan XRF.

$$\%\text{Yield} = \frac{\text{massa abu cangkang kerang darah}}{\text{massa awal cangkang kerang darah}} \times 100\% \text{ (Mtavangu et al., 2022)}$$

Pembuatan Larutan Induk *Methyl Orange*

Sebanyak 0,25 gram *methyl orange* ditimbang dan dilarutkan menggunakan aquades dalam labu ukur 250 mL. Selanjutnya, 20 mL larutan *methyl orange* dengan konsentrasi 1000 ppm dipipet dan diencerkan dalam labu ukur 1000 mL untuk memperoleh larutan *methyl orange* dengan konsentrasi akhir 20 ppm.

Penentuan Panjang Gelombang untuk Penyerapan *Methyl Orange*

Larutan *methyl orange* dengan konsentrasi 6 ppm diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis, dengan rentang panjang gelombang pada 400-700 nm. Selanjutnya, data yang diperoleh digunakan untuk membuat kurva yang menggambarkan hubungan antara panjang gelombang dan absrobansi.

Pembuatan Kurva Kalibrasi *Methyl Orange*

Larutan *methyl orange* dengan konsentrasi 0, 2, 4, 6, 8, 10 ppm disiapkan dengan cara memipet larutan induk masing-masing 0; 0,02; 0,04; 0,06; 0,08; dan 0,1 mL, lalu diencerkan dengan aquades dalam labu ukur 10 mL. Selanjutnya, absorbansi pada setiap konsentrasi diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum.

Penentuan Massa Adsorben Optimum

Adsorben cangkang kerang darah dengan variasi massa 7; 9; 11; dan 13 gram, ditambahkan dalam 50 mL larutan *methyl orange* dengan konsentrasi 20 ppm. Kemudian, larutan di shaker dengan kecepatan pengadukan 200 rpm selama 60 menit. Selanjutnya, larutan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum yang diperoleh.

Penentuan Waktu Kontak Optimum

Massa adsorben optimum yang diperoleh ditambahkan dalam 50 mL larutan *methyl orange* dengan konsentrasi 20 ppm. Kemudian, larutan di shaker dengan kecepatan pengadukan 200 rpm dan variasi waktu kontak 20; 40; 60; dan 100 menit. Selanjutnya, larutan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum yang diperoleh.

Penentuan pH Optimum

Massa adsorben optimum yang diperoleh ditambahkan dalam 50 mL larutan *methyl orange* dengan konsentrasi 20 ppm dengan variasi pH larutan 1; 3; 5; dan 7. Kemudian, larutan di shaker dengan kecepatan pengadukan 200 rpm selama waktu kontak optimum. Selanjutnya, larutan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum yang diperoleh.

HASIL

Preparasi Adsorben CaO dari Cangkang Kerang Darah

Cangkang kerang darah dicuci, dijemur selama 12 jam, dan dikeringkan dalam oven 105 selama 24 jam. Setelah itu, dihaluskan dengan mesin penggiling dan disaring dengan ayakan 200 mesh. Serbuk yang diperoleh dikalsinasi pada suhu 900℃ selama 2 jam hingga menghasilkan serbuk putih kekuningan sebagai adsorben.



Gambar 1. Serbuk Cangkang Kerang Darah Setelah Kalsinasi

Adapun hasil penimbangan yang didapatkan dari sampel cangkang kerang darah setelah dan sebelum kalsinasi, sebagai berikut :

Berat sebelum kalsinasi : 170 gram

Berat setelah kalsinasi : 87,45 gram

Serbuk cangkang kerang darah setelah kalsinasi yang mengandung CaO selanjutnya dikarakterisasi dengan XRF (*X-Ray Fluorescence*) untuk mengetahui kandungan unsur cangkang kerang darah setelah kalsinasi.

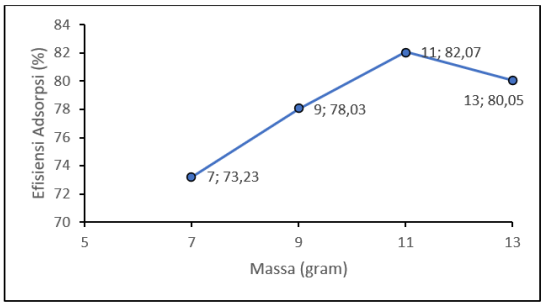
Tabel 1. Hasil Analisa XRF Kalsium Oksida

Unsur	Kadar (%)	Senyawa Oksida	Kadar (%)
Al	0,229	Al_2O_3	0,364
P	0,371	P_2O_5	0,805
Cl	0,061	CaO	97,704
Ca	98,082	TiO_2	0,002
Ti	0,001	MnO	0,006
Mn	0,008	Fe_2O_3	0,488
Fe	0,523	ZnO	0,005
Zn	0,006	SrO	0,301
Sr	0,391	ZrO_2	0,002
Zr	0,002	Ag_2O	0,259
Ag	0,304	BaO	0,013
Ba	0,019	Cl	0,05
Re	0,001	Re	0,001

Hasil analisa menunjukkan bahwa kandungan CaO mendominasi sebesar 97,704%, sementara unsur-unsur lainnya seperti Al, P, Sr, dan Fe terdeteksi dalam jumlah yang sangat kecil.

Penentuan Massa Adsorben Optimum

Pengaruh massa adsorben merupakan faktor penting dalam menentukan efisiensi serapan maksimum pada berbagai tingkat massa yaitu 7, 9, 11, dan 13 gram. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini:



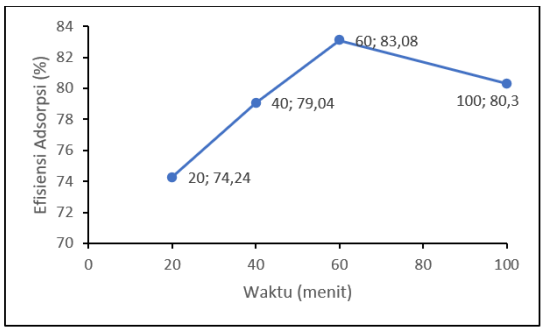
Gambar 2. Pengaruh Massa Adsorben Terhadap Efisiensi Adsorpsi

Berdasarkan Gambar 2, terlihat bahwa konsentrasi *methyl orange* yang teradsorpsi meningkat seiring dengan bertambahnya massa adsorben dari 7 hingga 11 gram. Massa adsorben sebesar 11 gram merupakan titik optimum, dengan efisiensi adsorpsi mencapai

82,07%. Namun, ketika massa adsorben ditingkatkan menjadi 13 gram, efisiensi adsorpsi justru menurun menjadi 80,05%.

Pengaruh Waktu Kontak Optimum

Pengaruh waktu kontak merupakan faktor penting dalam menentukan efisiensi serapan maksimum, karena berperan dalam mengetahui durasi waktu yang diperlukan untuk mencapai kesetimbangan adsorpsi *methyl orange* oleh adsorben dari cangkang kerang darah. Pengujian dilakukan pada variasi waktu kontak yaitu 20, 40, 60, dan 100 menit. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini:

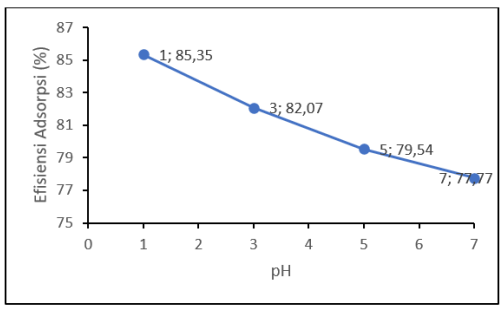


Gambar 3. Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Efisiensi Adsorpsi

Pada gambar 3, terlihat bahwa adanya penambahan waktu kontak mempengaruhi efisiensi adsorpsi *methyl orange*. Efisiensi meningkat dari 20 hingga 60 menit, menunjukkan proses adsorpsi yang masih berlangsung aktif. Namun, setelah mencapai titik optimum pada waktu kontak 60 menit, efisiensi adsorpsi menurun sebesar 80,3% pada 100 menit.

Pengaruh pH Optimum

Pengaruh pH larutan merupakan faktor penting untuk mempengaruhi sifat kimia dari permukaan adsorben seta kelarutan adsorbat. Pengujian dilakukan pada variasi pH yaitu 1, 3, 5, dan 7. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini:



Gambar 4. Pengaruh pH Terhadap Efisiensi Adsorpsi

Pada gambar 4, terlihat bahwa efisiensi adsorpsi mengalami peningkatan seiring dengan penurunan pH dari 7 hingga 1. Di mana, pH 1 merupakan kondisi terbaik untuk penyerapan dengan efisiensi adsorpsi mencapai 85,35%. Pada pH ini, kondisi asam mempengaruhi muatan permukaan adsorben dan adsorbat.

PEMBAHASAN

Adsorben CaO dari Cangkang Kerang Darah

Proses kalsinasi cangkang kerang darah menyebabkan kalsium karbonat yang terkandung di dalam cangkang kerang darah terdekomposisi menjadi kalsium oksida melalui reaksi sebagai berikut :

$$CaCO_{3(s)} \rightarrow CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$$ (Patel et al., 2019)

Pada saat kalsinasi, cangkang kerang darah mengalami penurunan massa sebesar 82,55 gram dan perubahan warna dari putih kecoklatan menjadi warna putih. Efisiensi senyawa CaO yang dihasilkan sebesar 51,44%. Penurunan massa cangkang kerang darah selama proses kalsinasi menunjukkan adanya pelepasan senyawa karbon, baik dalam bentuk gas karbon dioksida (CO_2) yang berasal dari dekomposisi kalsium karbonat serta penguraian senyawa organik yang terkandung dalam cangkang kerang darah. Komponen organik pada cangkang kerang darah yang hilang selama proses kalsinasi dapat berasal dari glikoprotein, kitin, polisakarida asam, dan kolagen, serta asam organik seperti asam suksinat, asam sitrat dan asam glikolat. Sedangkan perubahan warna yang terjadi diakibatkan karena komponen organik yang terdapat dalam cangkang kerang darah telah terurai secara sempurna (Fatimah et al., 2024).

Analisis lebih lanjut menggunakan instrumen XRD pada CaO menunjukkan kandungan CaO sebesar 97,704%, sementara unsur lainnya terdeteksi dalam jumlah yang sangat kecil. Hal ini menunjukkan bahwa proses kalsinasi berlangsung secara efisien dan menghasilkan CaO dengan kemurnian yang cukup tinggi, sehingga cocok digunakan sebagai bahan dasar adsroben.

Penentuan Massa Adsorben Optimum

Pengaruh massa adsorben merupakan faktor penting dalam menentukan efisiensi serapan maksimum selama proses penyerapan. Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan pada variasi massa adsorben yaitu 7, 9, 11, dan 13 gram. Dari hasil penelitian memperlihatkan

bahwa jumlah *methyl orange* yang teradsorpsi meningkat seiring dengan bertambahnya massa adsorben. Peningkatan ini menunjukkan bahwa penambahan massa adsorben dapat meningkatkan jumlah situs aktif pada permukaan adsorben yang tersedia untuk mengikat molekul *methyl orange*. Semakin banyak situs aktif, semakin besar peluang terjadinya interaksi antara adsorbat dan adsorben, sehingga efisiensi adsorpsi juga meningkat (Abdel et al., 2023).

Namun, setelah mencapai titik optimum, peningkatan massa adsorben justru menyebabkan penurunan efisiensi adsorpsi. Hal ini ditunjukkan ketika massa adsorben dinaikkan menjadi 13 gram, efisiensi adsorpsi menurun menjadi 80,05%. Penurunan ini disebabkan oleh kejenuhan pada permukaan adsorben, di mana jumlah molekul *methyl orange* dalam larutan tidak lagi mencukupi untuk berikatan dengan seluruh situs aktif yang tersedia. Akibatnya, sebagian situs aktif tetap tidak terisi, sehingga peningkatan massa adsorben tidak diikuti oleh peningkatan efisiensi adsorpsi yang signifikan (Dong et al., 2024). Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun jumlah situs aktif bertambah, efisiensi adsorpsi dapat menurun apabila tidak diimbangi dengan jumlah adsorbat yang memadai. Massa adsorben sebesar 11 gram merupakan titik optimum dengan efisiensi adsorpsi tertinggi, yaitu sebesar 82,07%. Pada kondisi ini, terjadi keseimbangan antara jumlah *methyl orange* yang teradsorpsi dan yang tersisa dalam larutan, menandakan bahwa adsorpsi telah berlangsung secara maksimal oleh adsorben dari cangkang kerang darah.

Penentuan Waktu Kontak Optimum

Penentuan waktu kontak optimum bertujuan untuk mengetahui waktu yang diperlukan dalam mencapai kesetimbangan adsorpsi *methyl orange* oleh adsorben cangkang kerang darah. Menurut teori tumbukan, kecepatan reaksi tergantung pada jumlah tumbukan persatuan waktu. Makin banyak tumbukan yang terjadi maka reaksi semakin cepat berlangsung sampai terjadi kondisi setimbang. Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan pada variasi waktu kontak yaitu 20, 40, 60, dan 100 menit. Dari hasil penelitian memperlihatkan bahwa adanya penambahan waktu kontak mempengaruhi efisiensi adsorpsi *methyl orange*. Pada waktu kontak 20 menit hingga 60 menit penyerapan zat warna *methyl orange* semakin meningkat yang ditunjukkan oleh efisiensi adsorpsi yang mengalami kenaikan. Hal ini disebabkan semakin lama waktu tumbukan antara adsorben cangkang kerang darah dengan zat warna *methyl orange*, maka semakin banyak *methyl orange* yang terserap oleh adsorben cangkang kerang darah karena semakin banyak situs aktif pada serbuk cangkang kerang darah yang berikatan dengan *methyl orange* (Windarti et al., 2024).

Setelah mencapai titik optimum, adsorben mengalami kejenuhan pada waktu kontak 100 menit. Hal ini ditunjukkan dengan efisiensi adsorpsi yang awalnya naik hingga menit 60 kemudian mengalami penurunan pada menit 100. Hal ini terjadi karena adanya gaya Van Der Waals pada adsorpsi fisika, di mana adsorbat tidak terikat kuat pada permukaan adsorben sehingga setelah mencapai adsorpsi optimum, semakin lama waktu kontak dan adanya faktor mekanik (pengadukan) maka adsorben cangkang kerang darah cenderung melepaskan partikel zat warna *methyl orange* yang sudah tidak mampu bertahan pada permukaan adsorben, yang mengakibatkan daya adsorpsi menurun (Wijayanti & Kurniawati, 2019).

Penentuan pH Optimum

Perubahan pH dapat memengaruhi sifat kimia dan permukaan dari adsorben, kelarutan adsorbat, serta kompetisi ion dalam proses penyerapan (X. Wang et al., 2015). Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan pada variasi pH yaitu 1, 3, 5, dan 7. Dari hasil penelitian memperlihatkan bahwa efisiensi adsorpsi *methyl orange* meningkat seiring penurunan pH dari 7 hingga 1. Di mana, pH optimum tercapai pada pH 1, dengan efisiensi adsorpsi sebesar 85,35%. Peningkatan ini disebabkan oleh kondisi asam yang memengaruhi muatan permukaan adsorben dan adsorbat melalui proses protonasi dan deprotonasi gugus fungsional (Nurhasni, M.Si et al., 2018).

Pada pH rendah, penambahan asam sulfat menyebabkan pelepasan ion H^+ dan HSO_4^- dalam larutan. Konsentrasi H^+ yang tinggi memicu terbentuknya muatan positif pada permukaan adsorben, sehingga memperkuat interaksi elektrostatik dengan molekul *methyl orange* yang bermuatan negatif. Sebaliknya, pada pH yang lebih tinggi, keberadaan ion H^+ menurun, sehingga muatan positif pada adsorben berkurang dan interaksi dengan molekul *methyl orange* menjadi lemah (J. Wang et al., 2021). Cangkang kerang darah yang dikalsinasi sebagai adsorben mengandung komponen utama yaitu kalsium oksida (CaO). Ketika dilarutkan dalam air, CaO akan membentuk $Ca(OH)_2$, yang terdisosiasi menjadi ion Ca^{2+} dan OH^-. Dalam kondisi asam, ion H^+ bereaksi dengan OH^- membentuk air, mendorong pelepasan ion Ca^{2+} lebih lanjut ke dalam larutan. Ion Ca^{2+} berperan dalam meningkatkan daya tarik elektrostatik terhadap gugus sulfonat bermuatan negatif pada *methyl orange*, sehingga efisiensi adsorpsi meningkat. Kesetimbangan adsorpsi tercapai ketika semua pertukaran *methyl orange* dan anion pada permukaan luar dan dalam adsorben telah tercapai (Nurlaili et al., 2017).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini dapat diketahui bahwa kadar CaO pada cangkang kerang darah yang telah dikalsinasi mencapai 97,704%. Berdasarkan perbandingan antara massa abu (CaO) hasil kalsinasi dengan massa awal cangkang kerang darah, didapatkan %Yield sebesar 51,44, yang menandakan bahwa proses kalsinasi berlangsung efisien dan menghasilkan kadar jumlah CaO yang cukup tinggi. Selanjutnya, kondisi optimum untuk penyerapan zat warna methyl orange diperoleh pada massa adsorben 11 gram, waktu kontak selama 60 menit, dan pada pH 1 dengan efisiensi adsorpsi maksimumnya sebesar 85,35%. Hasil ini menunjukkan bahwa variasi massa adsorben, waktu kontak, dan pH memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kinerja adsorpsi *methyl orange* oleh adsorben cangkang kerang darah.

DAFTAR PUSTAKA

Abdel, O. A. O., Faisal, S. A., Naaser, A. Y. A., Haifa, M. A. K., & Waseem, S. S. (2023). Adsorption Kinetics of Methyl Orange from Model Polluted Water onto N-Doped Activated Carbons Prepared from N-Containing Polymers. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 15, 2-18. https://doi.org/10.3390/polym15091983

Agusnia, H., Fatmawati, K., & Suhandana, M. (2021). Efek Penambahan Ekstrak Rumput Laut (Eucheuma cottonii) pada Pembuatan Es Batu Terhadap Kemunduran Mutu Kerang Lokan (Geloina erosa) dan Kerang Darah (Anadara granosa). *Marinade*, *4*(01), 51–62. https://doi.org/10.31629/marinade.v4i01.3417

Badan Pusat Statistik. (2023). Statistik Sumber Daya Laut dan Pesisir 2023. Direktorat Statistik Ketahanan Sosial

Du, X. D., Wang, C. C., Liu, J. G., Zhao, X. D., Zhong, J., Li, Y. X., Li, J., & Wang, P. (2017). Extensive and Selective Adsorption of ZIF-67 Towards Organic Dyes: Performance and Mechanism. *Journal of Colloid and Interface Science*, *506*, 437–441. https://doi.org/10.1016/j.jcis.2017.07.073

Dong, Y., Liang, J., Zhengyang, E., Jiayu, S., Changjie, L., Zhe, D., Wei, W., & Wentao, Z. (2024). Preparation of Biochar/Iron Mineral Composites and Their Adsorpstion of Methyl Orange. *Royal Society of Chemistry*, 14, 33977-33986. https://doi.org/10.1039/d4ra05529b

Fatimah, I., Rahmania, A., Gani, P., Habibi, H., Suresh, S., Won, C. O., & Ruey, D. (2024). In-Situ Synthesis of Hydroxyapatite-Supported Ag_3PO_4 Using Cockle (Anadara granosa) Shell as Photocatalyst in Rhodamine B Photodegradation and Antibacterial Agent. *Case Studies in Chemical and Enviromental Engineering*, 10. https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100797

Fu, J., Xin, Q., Wu, X., Chen, Z., Yan, Y., Liu, S., Wang, M., & Xu, Q. (2016). Selective Adsorption and Separation of Organic Dyes from Aqueous Solution on Polydopamine Microspheres. *Journal of Colloid and Interface Science*, *461*, 292–304. https://doi.org/10.1016/j.jcis.2015.09.017

Haqiqi, E. R. (2018). Studi Awal Kemampuan Adsorpsi Komposit Kulit Telur Ayam dengan Sekam Padi sebagai Adsorben Metil Orange. *CHEESA: Chemical Engineering Research Articles*, *1*(1), 15. https://doi.org/10.25273/cheesa.v1i1.2623

Kahoul, I., Bougdah, N., Djazi, F., Djilani, C., Magri, P., & Medjram, M. S. (2019). Removal of Methylene Blue by Adsorption Onto Activated Carbons Produced from Agricultural Wastes by Microwave Induced KOH Activation. *Chemistry and Chemical Technology*, *13*(3), 365–371. https://doi.org/10.23939/chcht13.03.365

Lv, S. W., Liu, J. M., Ma, H., Wang, Z. H., Li, C. Y., Zhao, N., & Wang, S. (2019). Simultaneous Adsorption of Methyl Orange and Methylene Blue from Aqueous Solution Using Amino Functionalized Zr-based MOFs. *Microporous and Mesoporous Materials*, *282*(94), 179–187. https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2019.03.017

Mtavangu, S. G., Mahene, W., Machunda, R. L., van der Bruggen, B., & Njau, K. N. (2022). Cockle (Anadara granosa) Shells-based Hydroxyapatite and its Potential for Defluoridation of Drinking Water. *Results in Engineering*, *13*(March), 100379. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100379

Nurhasni, M.Si, N., Mar'af, R., & Hendrawati, H. (2018). Pemanfaatan Kulit Kacang Tanah (Arachis hipogaea L.) sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru. *Jurnal Kimia VALENSI*, *4*(2), 156–167. https://doi.org/10.15408/jkv.v4i2.8895

Nurlaili, T., Kurniasari, L. & Ratnani, R.D. (2017). Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam sebagai Adsorben Zat Warna Methyl Orange dalam Larutan. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 2(2):11-14. https://doi.org/10.31942/inteka.v2i2.1938

Patel, D. K., Kim, M. H., & Lim, K. T. (2019). Synthesis and Characterization of Eggshell-Derived Hydroxyapatite Bioceramics. *Journal of Biosystems Engineering*, *44*(2), 128–133. https://doi.org/10.1007/s42853-019-00017-x

Pratiwi, S. W., Sari, S. N., Nurmalasari, R., & Indriani, M. (2020). Utilization of Nata De Coco as Adsorben in Methyl Orange Adsorption. *EduChemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)*, *5*(2), 187. https://doi.org/10.30870/educhemia.v5i2.7977

Raliya, R., Avery, C., Chakrabarti, S., & Biswas, P. (2017). Photocatalytic Degradation of Methyl Orange Dye by Pristine Titanium Dioxide, Zinc Oxide, and Graphene Oxide Nanostructures and Their Composites Under Visible Light Irradiation. *Applied Nanoscience (Switzerland)*, *7*(5), 253–259. https://doi.org/10.1007/s13204-017-0565-z

Wang, J., Chen, W., Zhang, M., Zhou, R., Li, J., Zhao, W., & Wang, L. (2021). Optimize the Preparation of Fe3O4-Modified Magnetic Mesoporous Biochar and its Removal of Methyl Orange in Wastewater. *Environmental Monitoring and Assessment*, *193*(4), 1–20. https://doi.org/10.1007/s10661-021-08971-w

Wang, X., Shao, D., Hou, G., Wang, X., Alsaedi, A., & Ahmad, B. (2015). Uptake of Pb(II) and U(VI) Ions from Aqueous Solutions by the ZSM-5 zeolite. *Journal of Molecular Liquids*, *207*, 338–342. https://doi.org/10.1016/j.molliq.2015.04.029

Wijayanti, I. E., & Kurniawati, E. A. (2019). Studi Kinetika Adsorpsi Isoterm Persamaan Langmuir dan Freundlich pada Abu Gosok sebagai Adsorben. *EduChemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)*, *4*(2), 175. https://doi.org/10.30870/educhemia.v4i2.6119

Windarti, T., Setiadi, A. S., Fibriani, F., Azis, I. M. A., & Putri, S. A. (2024). Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit dengan Metode Sol-Gel Sebagai Bahan Dasar Adsorben. *Greensphere: Journal of Environmental Chemistry*, *3*(2), 14–17. https://doi.org/10.14710/gjec.2023.21071