

Adsorpsi Zat Warna *Methylene Blue* menggunakan Cangkang Biji Kelapa Sawit sebagai Adsorben

Adsorption of *Methylene Blue* Dyes using Palm Kernel Shells as Adsorbent

Muhammad. W. E. Permady*, Z. Mustakim.

Universitas Muhammadiyah Gresik, Gresik – Indonesia

*Email: muhammadwahyuekapermady@gmail.com

Artikel histori:

Diterim 08 Januari 2024

Diterima dalam revisi 12 Januari 2024

Diterima 12 Februari 2024

Online 29 Februari 2024

ABSTRAK: Dalam penelitian ini, dilakukan penurunan zat *methylene blue* menggunakan limbah dari cangkang biji kelapa sawit. Hasil optimum pada variasi konsentrasi dengan pengadukan 200 rpm terjadi pada menit ke 90 pada konsentrasi 1, 2, dan 3 mg/L. Hasil penurunan adsorpsi sebesar 0,019; 0,022; dan 0,025 mg/L. Pada variasi kecepatan pengadukan dengan konsentrasi *methylene blue* 1 mg/L, nilai optimum terjadi pada waktu 90 menit. Hasil penurunan adsorpsi pada kecepatan pengadukan 100, 200, 300, 400, dan 500 rpm adalah 0,006; 0,022; 0,053; 0,072; dan 0,083 mg/L. Pada percobaan Pengaruh Konsentrasi terhadap Persen Removal Waktu optimum adsorpsi *methylene blue* terjadi di menit 90. Persen removal adsorpsi dengan variasi konsentrasi 1, 2, dan 3 mg/L adalah 0,14715; 0,2967; dan 0,44625 mg/g. Efisiensi penyerapan berkisar antara 98,1% hingga 99,17%. Pada percobaan Pengaruh Kecepatan Pengadukan terhadap Persen Removal Waktu optimum adsorpsi *methylene blue* terjadi di menit 90. Persen removal maksimal dengan variasi kecepatan pengadukan 100, 200, 300, 400, dan 500 rpm adalah 0,1491; 0,1467; 0,14205; 0,1392; dan 0,13755 mg/g. Persentase penyisihan adsorpsi berkisar antara 99,4% hingga 91,7%. Berdasarkan kinetika adsorpsi *methylene blue* bahwa Laju pengadukan yang terlalu lambat atau terlalu cepat dapat mempengaruhi efisiensi proses adsorpsi.

Kata kunci: adsorpsi; *methylene blue*; cangkang biji kelapa sawit

ABSTRACT: In this research, *methylene blue* was reduced using waste from palm kernel shells. Optimum results for varying concentrations with stirring at 200 rpm occurred at 90 minutes at concentrations of 1, 2 and 3 mg/L. The results of the decrease in adsorption were 0.019, 0.022, and 0.025 mg/L. When varying the stirring speed with a *methylene blue* concentration of 1 mg/L, the optimum value occurred at 90 minutes. The results of decreasing adsorption at stirring speeds of 100, 200, 300, 400, and 500 rpm were 0.006, 0.022, 0.053, 0.072, and 0.083 mg/L. In the experiment, the effect of concentration on percent removal. The optimum time for *methylene blue* adsorption occurred at 90 minutes. The percent removal of adsorption with varying concentrations of 1, 2, and 3 mg/L was 0.14715, 0.2967, and 0.44625 mg/g. Absorption efficiency ranges from 98.1% to 99.17%. In the experiment, the effect of stirring speed on the percent removal. The optimum time for *methylene blue* adsorption occurred at 90 minutes. The maximum removal percent with variations in stirring speed of 100, 200, 300, 400, and 500 rpm was 0.1491, 0.1467, 0.14205, 0.1392, and 0.13755 mg/g. . The adsorption removal percentage ranged from 99.4% to 91.7%. Based on the kinetics of *methylene blue* adsorption, a stirring rate that is too slow or too fast can affect the efficiency of the adsorption process.

Keywords: adsorption; *methylene blue*; palm kernel shell

1. PENDAHULUAN

Indonesia pada tahun 2020 menjadi negara dengan areal Perkebunan kelapa sawit terluas di dunia yaitu mencapai 14,59 juta hektar, luas areal perkebunan kelapa sawit masih didominasi oleh perkebunan besar swasta. Sebesar 8,04 juta hektar atau 55%, diikuti perkebunan rakyat yang menguasai 6,03 juta hektar atau 41,24% Perkebunan kelapa sawit, serta sisanya 0,55 juta hektar atau 3,76% dikuasai oleh Perkebunan besar negara. Indonesia tercatat menjadi negara produsen minyak sawit yang menghasilkan 45,12 juta ton *Crude Palm Oil* (CPO) pada tahun 2021. Indonesia juga termasuk salah satu produsen minyak kelapa sawit terbesar di dunia. Perkembangan produksi minyak sawit di Indonesia meningkat dari 31,48 juta ton menjadi 45,12 juta ton pada periode 2016 – 2021. Kenaikan produksi minyak sawit sebanding dengan meningkatnya jumlah limbah yang dihasilkan (Badan Pusat Statistik, 2021).

Limbah yang dihasilkan pada pabrik kelapa sawit meliputi dari limbah padat, cair, dan gas. Jumlah sampah yang dihasilkan mencapai 6 juta ton setiap tahunnya atau setara dengan 26% produksi dalam negeri. Setiap ton minyak sawit dihasilkan 2,1 ton limbah padat dengan berat abu 0,315 ton yang diperoleh dari sisa pembakaran boiler (Riski Irawan dkk., 2018). Beberapa komponen yang terdapat didalam abu sawit yaitu SiO_2 sebesar 19,189%, Fe_2O_3 sebesar 1,78%, Kalsium oksida (CaO) sebesar 68,894% serta beberapa elemen lainnya (Regna Tri Jayanti dkk., 2023)

Abu sawit merupakan residu yang dihasilkan selama pembakaran dan terdiri dari partikel-partikel halus. Sampai saat ini pemanfaatan abu sawit sebagai bahan campuran beton masih terbatas. Abu kelapa sawit juga dapat digunakan sebagai adsorben. Pemanfaatan abu sawit sebagai adsorben merupakan salah satu contoh pemanfaatan yang efektif, hemat biaya dan ramah lingkungan, selain itu adsorben ini juga dapat digunakan untuk mengolah limbah berbentuk gas dan cair khususnya limbah pewarna tekstil. Abu sawit dapat digunakan sebagai alternatif pengganti karbon aktif dan zeolit. Abu sawit ini juga memiliki keunggulan seperti memiliki kualitas yang setara dengan karbon aktif, serta berpotensi meningkatkan nilai ekonomi dari abu sawit sehingga memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai alternatif yang menjanjikan dimasa depan. Abu sawit secara langsung dapat dijadikan sebagai adsorben atau dapat mengalami perlakuan kimia dan fisik tertentu sebelum menjadi adsorben. Salah satu pemanfaatan adsorben berbasis abu sawit adalah penggunaan adsorben untuk mengurangi zat warna dalam limbah (Querol dkk., 2002). Selain itu masih banyak limbah disekitar kita yang dapat dijadikan adsorben atau karbon aktif untuk mengurangi limbah zat warna yang terdapat dalam air seperti sabut kulit pisang, tempurung kelapa, tanda kelapa

sawit, cangkang biji kelapa sawit dan lainnya (Najmia dkk., 2021)

Pewarna merupakan zat yang tidak dapat dipisahkan dari proses industri. Zat pewarna yang sering dijumpai adalah *Methylene Blue*. Metilen biru (MB) adalah zat pewarna yang sering digunakan dalam industri tekstil dan lainnya. Kehadirannya dalam limbah industri dapat menjadi masalah lingkungan karena sifatnya yang sulit terurai dan cenderung bertahan dalam lingkungan air. Meskipun metilen biru dapat terurai dengan bantuan cahaya matahari (fotodegradasi), proses ini berlangsung lambat, dan kecepatannya tidak sebanding dengan laju pembentukan dan akumulasi metilen biru dalam air. Sehingga, konsentrasinya tetap tinggi dalam lingkungan. Selain itu, zat warna memiliki struktur aromatik yang menyebabkan ukuran molekulnya akan menjadi lebih besar sehingga sulit mengalami biodegradasi (Anwar & Mulyadi, 2015). Selain itu metilen biru juga memiliki dampak negatif pada tubuh manusia dan menyebabkan beberapa masalah kesehatan. misalnya sianosis, kematian dini sel pada jaringan, mual dan muntah, sakit kuning, pembekuan sel darah merah, dan peningkatan detak jantung (Oladoye dkk., 2022). Zat warna selain berbahaya dan beracun juga dapat menyebabkan kerusakan pada lingkungan (Lellis dkk., 2019). Karena mempunyai sifat yang sulit terdegradasi sehingga konsisten di lingkungan perairan dan akan menurunkan kualitas air (Teixeira dkk., 2022). Oleh karena itu, penghilangan pewarna dari air limbah merupakan masalah lingkungan yang sangat penting untuk dipecahkan. Di antara beberapa metode pengolahan zat warna, ada satu metode yang lebih unggul dibandingkan metode lainnya, yaitu adsorpsi. (Cui, 2008). Hal ini dikarenakan adsorpsi merupakan metode pemisahan yang sederhana untuk pengolahan pewarna yang mudah digunakan, terjangkau, dan tidak menghasilkan produk beracun (Gupta dkk., 2009).

Penyerapan molekul adsorbat pada permukaan adsorben yang disebabkan karena adanya gaya Tarik menarik antara permukaan adsorben dengan molekul adsorbat disebut sebagai proses adsorpsi (Widyasari dkk., 2021).

Adsorpsi fisika terutama disebabkan oleh gaya van der Waals, yang mencakup gaya dispersi London, gaya dipol-dipol, dan gaya dipol-induksi. Proses ini bersifat *reversibel*, artinya molekul dapat teradsorpsi pada permukaan adsorben dan kemudian dapat terlepas kembali ke larutan. Jika gaya tarik-menarik antara zat terlarut dan adsorben lebih kuat dibandingkan dengan gaya antara zat terlarut dan pelarut, maka terjadi adsorpsi pada permukaan adsorben. Kemisorpsi terjadi antara zat padat dan zat terlarut yang diserap, dan reaksi ini biasanya bersifat ireversibel (tidak dapat dibalik) Kemisorpsi jarang digunakan dalam teknik lingkungan, sedangkan fisisorpsi banyak digunakan (Reynold, 1982).

Pada percobaan sebelumnya telah dilakukan reduksi zat warna *methylene blue* menggunakan ampas tebu dengan berat adsorben yang berbeda yaitu 0,8; 1,6; 2,4; dan 3,2 gram serta variabel waktu kontak yaitu 30, 60, 90, dan 120 gram (Yenti, 2011). Perbandingannya beberapa menit konsentrasi 50 ppm dan 100 ppm. Hasil kapasitas serapan sebesar 98,87% diukur pada konsentrasi *methylene blue* 100 ppm dan berat adsorben 3,2 gram selama 120 menit. (Artinya kapasitas penyerapan sebesar 97,47% selama 90 menit pada konsentrasi 50 ppm *methylene blue* dan adsorben 3,2 gram (Yenti, 2011).

Pada percobaan sebelumnya juga pernah dilakukan oleh (Sari dkk, 2010), yang menyimpulkan bahwa waktu kesetimbangan zeolit berkarbon adalah 180 menit sedangkan waktu kesetimbangan terak adalah 720 menit. Penelitian ini menyelidiki kapasitas adsorpsi abu dasar dan zeolit karbon dengan cara menentukan waktu kesetimbangan dan menentukan konsentrasi awal dan ph optimum. Variasi konsentrasi awal *methylene blue* (25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 80, 100, 120, dan 140 ppm, waktu pengadukan 12 jam, kecepatan pengadukan 400 rpm) kajian adsorben 0,5 gram (Sari dkk, 2010).

Pada penelitian ini penurunan zat *methylene blue* menggunakan limbah dari cangkang biji kelapa sawit dengan variabel konsentrasi 1, 2, dan 3 mg/L dengan kecepatan pengadukan 200 rpm. Serta variabel laju kecepatan pengadukan 100, 200, 300, 400, dan 500 rpm dengan konsentrasi *methylene blue* 1 mg/L. Penelitian ini akan dilakukan menggunakan perhitungan konstanta kecepatan ekstraksi menggunakan basis perhitungan neraca massa dan koefisien partisi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini terdiri atas 6 tahap yaitu Preparasi adsorben dari cangkang biji kelapa sawit, aktivasi adsorben cangkang biji kelapa sawit, preparasi larutan uji, penentuan panjang gelombang maksimal larutan *methylene blue*, pembuatan kurva kalibrasi larutan *methylene blue*, adsorpsi *methylene blue*, dan penentuan laju kapasitas adsorpsi.

2.1. Bahan

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini yaitu adsorben cangkang biji kelapa sawit dan *methylene blue*. Bahan analisis dan pembantu yang digunakan pada penelitian adalah NaOH dan Aquadest

2.2. Alat

Alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu gelas kimia, kaca arloji, spatula, pipet, ball viler, labu ukut, neraca analitik, pompa vacuum, hot plate & magnetic stirrer, oven, spectrophotometer UV – Vis.

2.3. Prosedur Penelitian

2.3.1. Preparasi Adsorben Dari Cangkang Biji Kelapa Sawit

Cangkang biji kelapa sawit dibersihkan terlebih dahulu menggunakan air bersih, bahan yang telah dicuci bersih kemudian di oven dengan suhu 150 °C sampai kering, cangkang biji kelapa sawit yang telah dioven kemudian di tumbuk menggunakan mortar dan alu agar menjadi halus, cangkang biji kelapa sawit yang sudah halus, kemudian di ayak dengan ukuran 100 Mesh untuk menselaraskan ukuran partikel adsorben.

2.3.2. Aktivasi Adsorben

Adsorben cangkang biji kelapa sawit berukuran 100 Mesh diaktivasi secara kimia dengan NaOH 2 N dan dipanaskan pada suhu 100 °C selama 1 jam sambil diaduk dalam gelas kimia, kemudian cangkang biji kelapa sawit dicuci dengan aquadest sampai pH mendekati 7, kemudian disaring menggunakan rangkaian alat vacum dan dikeringkan dalam oven pada suhu 110 °C selama 2 jam.

2.3.3. Preparasi Larutan Uji

Pembuatan larutan induk MB 5 mg/L dilakukan dengan pengenceran larutan MB dengan konsentrasi 5000 ppm. Dengan rumus pengenceran larutan.

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

Untuk preparasi larutan 1 ml *methylene blue* ke dalam labu ukur 1000 mL dan tambahkan akuades hingga tanda batas. Pengukuran standar dilakukan menggunakan larutan *methylene blue* 5 mg/L dengan mengencerkan larutan induk.

2.3.4. Penentuan Panjang Gelombang Maksimal Larutan Methylene Blue

Absorbansi dari larutan *methylene blue* 1 mg/L diukur dengan panjang gelombang 600 hingga 700 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis, sehingga didapatkan hasil panjang gelombang maksimum sebesar 675 nm.

2.3.5. Penentuan Kurva Kalibrasi Larutan Standar Methylene Blue

Absorbansi Larutan *methylene blue* pada konsentrasi 1, 2, 3, 4, 5 ppm, diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 675 nm.

2.3.6. Adsorpsi Methylene Blue

a. Variasi Konsentrasi Methylene Blue

Pada percobaan ini menggunakan 300 mL larutan *methylene blue* 1, 2, 3 mg/L dimasukkan kedalam 3 gelas kimia 600 mL. kemudian dimasukkan 2 gram cangkang biji kelapa sawit

teraktivasi kedalam gelas kimia tersebut. Setelah itu diaduk dengan pengaduk magnet 200 rpm. Kemudian filtratnya di pipet sebanyak 5 mL untuk di analisis dengan spektrofotometer UV-Vis

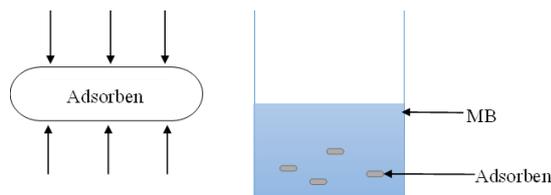
b. Variasi Kecepatan Pengadukan *Methylene Blue*

Pada percobaan ini menggunakan 300 mL larutan *methylene blue* 1 mg/L dimasukkan kedalam 3 gelas kimia 600 mL, kemudian dimasukkan 2 gram cangkang biji kelapa sawit teraktivasi kedalam gelas kimia tersebut. Setelah itu diaduk dengan pengaduk magnet dengan variasi 100, 200, 300, 400, 500 rpm. Kemudian filtratnya di pipet sebanyak 5 mL untuk di analisis dengan spektrofotometer UV-Vis.

2.3.7. Kinetika Adsorpsi

Studi kinetika bertujuan untuk mengetahui seberapa cepat adsorpsi berlangsung untuk mencapai suatu kesetimbangan.

Analisis



Gambar 1. Uji Adsorpsi *Methylene Blue* (Mustikaningrum, M., 2021)

Permodelan Matematis

Asumsi :

Butiran adsorben kecil, sehingga difusi *methylene blue* dari permukaan adsorben ke dalam adsorben cepat, serta konsentrasi *methylene blue* didalam pori pori dianggap seragam.

Neraca Massa *Methylene Blue* Di Cairan :

Rate of Mass in – Rate of Mass Out = Rate of Mass Accumulation

$$0 - k_c a(C_A - C_A^*)m = \frac{d}{dt}(VC_A) \quad (1)$$

$$\frac{dC_A}{dt} = -\frac{k_c a m}{V}(C_A - C_A^*) \quad (2)$$

Neraca Massa *Methylene Blue* di padatan :

Rate of Mass in – Rate of Mass Out = Rate of Mass Accumulation

$$k_c a(C_A - C_A^*)m - 0 = \frac{d}{dt}(m \cdot X_A) \quad (3)$$

$$\frac{dX_A}{dt} = k_c a(C_A - C_A^*) \quad (4)$$

C_A^* Merupakan bilangan yang tidak dapat diukur, oleh karena nya nilai C_A^* akan disubstitusikan dengan beberapa *basic* persamaan kesetimbangan. Berikut beberapa persamaan yang akan digunakan (Mustikaningrum dkk., 2022).

Koefisien Distribusi

$$X_A = K_d \times C_A^* \quad (5)$$

2.3.8. Penentuan Laju Penyisihan Adsorpsi

Laju penyisihan adsorpsi dapat dihitung dengan persamaan (6) :

$$\%p = \left(\frac{C_0 - C_a}{C_0}\right) \times 100 \quad (6)$$

2.3.9. Penentuan Kapasitas adsorpsi.

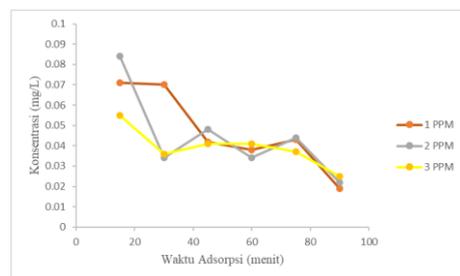
Kapasitas adsorpsi dapat dihitung dengan persamaan (7) :

$$Q = \frac{Q(C_0 - C_a)}{M} \quad (7)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Penentuan Pengaruh Variasi Konsentrasi *Methylene Blue*

Tujuan dari percobaan yang dilakukan pada penelitian ini adalah untuk memperoleh informasi penyerapan optimal zat warna *methylene blue* oleh karbon aktif cangkang biji kelapa sawit. Hasil adsorpsi *Methylene Blue* dengan variasi konsentrasi ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Kurva Penurunan Konsentrasi *Methylene Blue* Setelah Adsorpsi (mg/L).

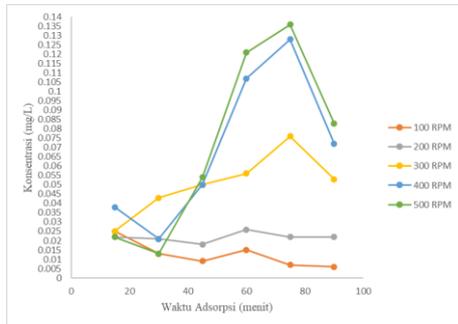
Pada penelitian ini kemampuan penyerapan *Methylene Blue* meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi *Methylene Blue*. Kemampuan daya serap *Methylene Blue* dapat dilihat dari grafik kurva penurunan konsentrasi *Methylene Blue* setelah adsorpsi pada Gambar 2.

Pada percobaan sebelumnya juga menjelaskan bahwa semakin tinggi konsentrasi *methylene blue* maka konsentrasi adsorpsinya juga semakin besar. Hasil optimum pada percobaan ini tingkat penurunan paling efektif terdapat pada menit

ke 90 dimana dengan hasil penurunan adsorpsi yaitu 0,019; 0,022; dan 0,025 mg/L. Hal ini terjadi bila konsentrasi *methylene blue* meningkat bersamaan dengan adanya senyawa *methylene blue* juga semakin besar, sehingga semakin banyak adsorbat yang teradsorpsi pada adsorben. (Huda dkk., 2018)

3.2. Penentuan Pengaruh Waktu Kontak Dengan Variasi Kecepatan Pengadukan Terhadap Penurunan Konsentrasi Adsorpsi Methylene Blue

Pengaruh waktu kontak dan variasi kecepatan pengadukan terhadap kapasitas adsorpsi karbon aktif cangkang biji kelapa sawit terhadap *Methylene Blue* dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3 Grafik kurva pengaruh waktu kontak dan variasi kecepatan pengadukan.

Pada penelitian ini menunjukkan bahwa kandungan MB dalam larutan cenderung menurun seiring meningkatnya waktu kontak dan kecepatan pengadukan. Penurunan terbesar terdapat pada kecepatan pengadukan 100 rpm dengan waktu pengadukan 90 menit. Dari gambar diatas menunjukkan banyaknya MB yang terserap cenderung berkurang dibandingkan dengan variasi pengadukan lainnya. Namun pada penelitian ini terlihat dari **Gambar 3** yang Kembali naik pada waktu 60 dan 75 menit pada semua varian kecepatan pengadukan. Di samping itu terlalu cepatnya pengadukan membuat arang aktif tidak sempat membentuk ikatan yang kuat dengan partikel MB akibatnya hanya sedikit MB yang mampu terserap oleh adsorben. Dapat dikatakan bahwa kecepatan pengadukan 100 rpm adalah kecepatan paling efektif untuk adsorpsi *methylene blue*.

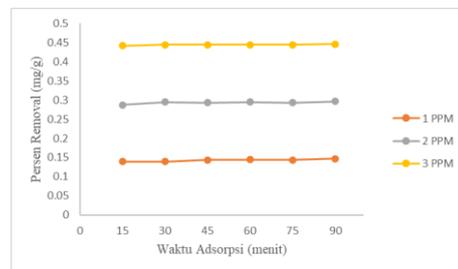
Pada hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi optimal adsorpsi *methylene blue* dengan adsorben karbon aktif dari cangkang biji kelapa sawit, mengalami penurunan pada menit ke 90 dengan variabel kecepatan pengadukan 100, 200, 300, 400, dan 500 rpm yaitu sebesar 0,006; 0,022; 0,053; 0,072; dan 0,083 mg/L.

Temuan penelitian menunjukkan bahwa durasi kontak yang diperlukan untuk mengurangi konsentrasi adsorpsi mengikuti pola yang konsisten di berbagai tingkat kecepatan pengadukan.

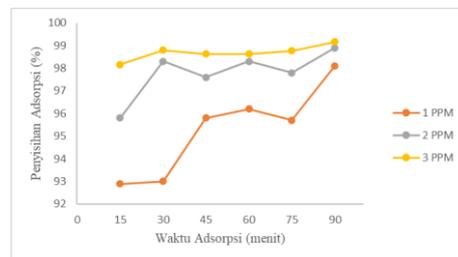
Penurunan konsentrasi adsorpsi menjadi semakin jelas seiring dengan bertambahnya waktu kontak pada kecepatan putaran yang berbeda. Kapasitas adsorpsi maksimum terdapat pada durasi 90 menit. Perilaku ini disebabkan oleh fase awal proses adsorpsi, dimana pori-pori permukaan adsorben belum sepenuhnya jenuh dengan partikel Methylene Blue. Sepanjang jangka waktu ini, terdapat kemungkinan besar partikel Methylene Blue berasimilasi ke dalam pori-pori adsorben, sehingga menghasilkan proses penyerapan yang optimal (Safrianti dkk., 2012). Akan tetapi pada penelitian ini proses penyerapan pada larutan Methylene Blue menggunakan adsorben karbon aktif dari cangkang biji kelapa sawit ini kurang optimum dikarenakan mudah melepasnya ikatan adsorpsi yang telah terikat pada adsorben biji cangkang kelapa sawit tersebut sehingga menyebabkan kurang stabilnya daya serap pada larutan Methylene Blue.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, daya serap adsorpsi bergantung pada karakteristik karbon aktif seperti kadar karbon, kadar air, luas permukaan dan rendemennya. Faktor utama dalam adsorpsi adalah luas permukaan karbon aktif karena mekanisme adsorpsi berkaitan dengan jumlah pori – porinya. Akan tetapi semakin lama waktu aktivasi, seharusnya semakin banyak pori – pori yang terbentuk sehingga daya serap semakin besar pula. (Hartanto, S., & Ratnawati, R. 2010)

3.3. Pengaruh Konsentrasi Methylene Blue Terhadap Persen Removal



Gambar 4. Grafik Kurva Pengaruh Konsentrasi *Methylene Blue* Terhadap Persen Removal.

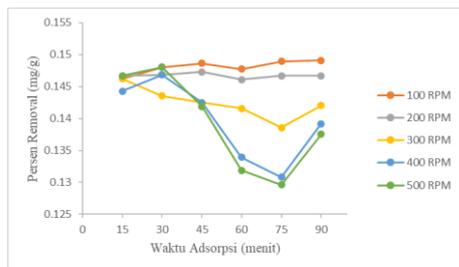


Gambar 5. Grafik Kurva Pengaruh Konsentrasi *Methylene Blue* Efisiensi Presentase Penyisihan Adsorpsi.

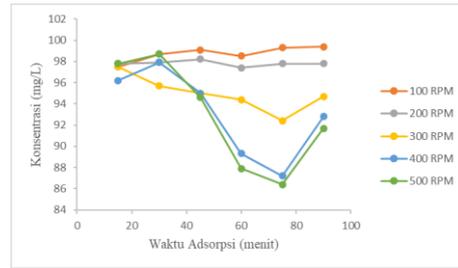
Pada penelitian ini persen removal adsorpsi maksimal pada variasi konsentrasi 1, 2, dan 3 mg/L adalah 0,14715; 0,2967; dan 0,44625 mg/g (berjalan pada menit ke 90 pada kecepatan pengadukan 200 rpm) yang artinya seiring meningkatnya konsentrasi larutan *methylene blue* beriringan dengan meningkatnya jumlah persen removal adsorpsi yang dihasilkan. Begitu juga pada presentase penyisihan adsorpsi hasil maksimal yang didapat ada pada menit ke 90 dengan hasil 98,1; 98,9; dan 99,2 %. Dimana hasil persen removal dan penyisihan adsorpsi berjalan baik dengan menunjukkan hasil yang maksimal dengan meningkatnya konsentrasi *methylene blue*. Namun pada penelitian ini ada ketidakstabilan dalam proses penyerapan oleh adsorben yang mana pada saat proses adsorpsi terdapat naik turunnya hasil persen removal dan penyisihan adsorpsi yang kemungkinan disebabkan oleh lepasnya molekul adsorbat yang sudah terjerap oleh adsorben. Hasil Penelitian dapat dilihat pada **Gambar 4 dan 5**.

Hal yang sama juga dijelaskan oleh (M. Faisal 2015) dan (Makinde dkk., 2007) yang menyatakan bahwa lamanya waktu kontak antar adsorbat dengan adsorben dapat mempengaruhi kapasitas penyerapan. Semakin lama waktu kontak maka daya serap akan semakin meningkat sampai terjadinya kesetimbangan. (Faisal, 2015) dan pengaruh waktu kontak terjadi ketika proses adsorpsi belum mencapai titik kesetimbangan. Begitu juga sebaliknya pada saat setimbang waktu kontak tidak berpengaruh pada kapasitas penyerapan (Makinde dkk., 2007)

3.4. Pengaruh Variasi Kecepatan Pengadukan Terhadap Persen Removal



Gambar 6. Grafik Kurva Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Persen Removal



Gambar 7. Grafik Kurva Pengaruh Kecepatan Pengadukan.

Pada Percobaan, kecepatan pengadukan divariasikan 100, 200, 300, 400, dan 500 rpm diperoleh persen removal maksimal sebesar 0,1491; 0,1467; 0,14205; 0,1392; dan 0,13755 mg/g, sedangkan hasil maksimal persentase penyisihan adsorpsi diperoleh sebesar 99,4; 97,8; 94,7; 92,8; dan 91,7 % (berjalan pada menit ke 90 dengan 1 mg/L *methylene blue*), hasil penelitian dapat dilihat pada **Gambar 6 dan 7**

Pada **Gambar 6 dan 7** dijelaskan penurunan konsentrasi pada variasi pengadukan pada 100, 200, 300, 400, dan 500 rpm. Semakin besar kecepatan pengadukan yang dilakukan maka semakin kecil konsentrasi yang dihasilkan, kecepatan pengadukan juga mempengaruhi kadar color removal pada proses adsorpsi. Semakin tinggi kecepatan pengadukan yang dilakukan semakin besar colour removal yang dihasilkan.

Adanya pengadukan juga dapat membantu penyebaran (mobilitas) dari adsorben kedalam larutan. Sehingga semakin besar kecepatan pengadukan yang dilakukan dapat mempengaruhi pada meningkatnya presentase colour removal pada *methylene blue*. Selain itu semakin besar kecepatan pengadukan yang dilakukan dapat menyebabkan resistansi atau hambatan dari adsorbat untuk terikat pada adsorben yang mengakibatkan semakin kecil presentase adsorben untuk menyerap adsorbat tersebut. Karena dua alasan inilah yang menyebabkan semakin tinggi kecepatan pengadukan yang dilakukan semakin kecil juga konsentrasi yang dihasilkan sehingga persen colour removal pada proses adsorpsi semakin besar. Namun dalam hal ini faktor kecepatan pengadukan tidak begitu berpengaruh drastis pada proses adsorpsi.

3.5. Hasil Studi Kinetika

Untuk mengetahui nilai kecepatan adsorpsi (k) dan sifat adsorpsi dilakukan perhitungan dengan menggunakan permodelan yang sudah dibuat dengan mengganti nilai konsentrasi setimbang dengan model Henry. Hasil perhitungan dapat dilihat pada **Table 1**.

Tabel 1. Hasil Studi Kinetika Berbasis Neraca Massa

Kecepatan Pengadukan 200 rpm			
MB	k	K	SSE
1 mg/L	0,066908109	0,668394381	10,13057957
2 mg/L	0,077748546	0,776747932	42,63342457
3 mg/L	5,747568304	0,827365041	97,68766916
Konsentrasi MB 1 mg/L			
RPM	k	K	SSE
100 RPM	0,082812843	0,826743836	10,86775929
200 RPM	0,066691236	0,778381982	10,66182729
300 RPM	10,06564799	0,655832516	10,05560014
400 RPM	0,053718466	0,591521726	9,711194571
500 RPM	10,19616684	0,584784275	9,696844143

Berdasarkan **Table 1.** Jika kecepatan pengadukan terlalu lambat maka proses adsorpsi juga akan lambat. Namun sebaliknya jika kecepatan pengadukan terlalu tinggi maka struktur adsorben akan cepat rusak dan proses adsorpsi tidak dapat berjalan maksimal.

Model kinetika menunjukkan nilai k optimal pada kecepatan pengadukan 200 rpm. Pada berbagai variasi konsentrasi nilai k optimal terdapat pada konsentrasi *methylene blue* 1 mg/L dan diperoleh hasil sebesar 0,066908109. Nilai k optimal pada berbagai variasi kecepatan pengadukan (rpm) juga terlihat optimal pada kecepatan pengadukan 200 rpm dengan hasil 0,066691236.

Nilai k adalah parameter kinetika adsorpsi yang menunjukkan cepat atau lambatnya suatu proses adsorpsi terjadi. Semakin kecil nilai k maka semakin cepat proses adsorpsi terjadi. (Liem dkk., 2015).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan waktu kontak dengan pengaruh konsentrasi *methylene blue* maupun kecepatan pengadukan pada penelitian ini sangat baik. Akan tetapi adsorben memiliki titik setimbang yang cukup kecil sehingga mudah terurai kembali hasil serapan dari adsorben sehingga menyebabkan kurang stabilnya proses adsorpsi.

Berdasarkan kinetika adsorpsi *methylene blue* pada penelitian ini jika kecepatan pengadukan terlalu lambat maka proses adsorpsi juga akan lambat. Namun sebaliknya jika kecepatan pengadukan terlalu tinggi maka struktur adsorben akan cepat rusak dan proses adsorpsi tidak dapat berjalan maksimal. Namun pada penelitian ini laju kecepatan optimum adsorpsi terdapat pada kecepatan 200 rpm yang dimana dengan berbagai variasi kecepatan maupun variasi konsentrasi

didapat nilai optimum pada kecepatan pengadukan 200 rpm.

NOMENKLATUR

- %p = Persentase adsorpsi
- a = Luas Permukaan adsorben (m^2/gram)
- C_A = Konsentrasi adsorbat pada cairan (mol/liter)
- C_0 = Konsentrasi awal larutan (mg/L)
- C_a = Konsentrasi akhir larutan (mg/L)
- C_A^* = Konsentrasi adsorbat fasa cair, pada keadaan setimbang (mol/liter)
- $\frac{dC_A}{dt}$ = Distribusi konsentrasi adsorbat di cairan (mol/liter)
- $\frac{dX_A}{dt}$ = Distribusi konsentrasi adsorbat yang berada pada adsorben (mol/menit)
- k_c = Konstanta Kecepatan adsorpsi (liter/menit $\times m^2$)
- K_d = Konstanta kesetimbangan adsorpsi
- M_1 = Konsentrasi awal larutan (mg/L)
- M_2 = Konsentrasi akhir larutan (mg/L)
- m = Massa adsorben yang digunakan (gram)
- Q = Kapasitas adsorpsi per bobot adsorben (mg/g)
- V_1 = Volume larutan awal (ml)
- V_2 = Volume akhir larutan (ml)
- V = Volume larutan (L)
- X_A = Konsentrasi adsorbat yang teradsorpsi di permukaan dinding pori adsorben pada keadaan setimbang (mol/liter)

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, D. I., & Mulyadi, D. (2015). Synthesis of Fe-TiO₂ Composite as a Photocatalyst for Degradation of Methylene Blue. *Procedia Chemistry*, 17, 49–54. <https://doi.org/10.1016/j.proche.2015.12.131>
- Badan Pusat Statistik. (2021). Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2021. Rilis pada 30 November 2022, dari <https://www.bps.go.id/id/publication/2022/11/30/254ee6bd32104c00437a4a61/statistik-kelapa-sawit-indonesia-2021.html>(diakses 17.01.2024)
- Faisal, M. (2015). EFISIENSI PENYERAPAN LOGAM Pb²⁺ DENGAN MENGGUNAKAN CAMPURAN BENTONIT DAN ENCENG GONDOK. In *Jurnal Teknik Kimia USU* (Vol. 4, Issue 1).
- Gupta, V. K., & Suhas. (2009). Application of low-cost adsorbents for dye removal – A review.

- Journal of Environmental Management*, 90(8), 2313–2342. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2008.11.017>
- Hartanto, S., & Ratnawati, R. (2010). Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Sawit dengan Metode Aktivasi Kimia (Jurnal Sains Materi Indonesia) 12(1), 12 - 16. <https://doi.org/10.17146/jsmi.2010.12.1.4588>
- Huda, T., & Yulitaningtyas, T. K. (2018). Kajian Adsorpsi Methylene Blue Menggunakan Selulosa dari Alang-Alang. *IJCA (Indonesian Journal of Chemical Analysis)*, 1(01). <https://doi.org/10.20885/ijca.vol1.iss1.art2>
- L. Cui, C. Liu & G. Wu (2008) Performance And Mechanism Of Methylene Blue Biosorption On Orange Peel, *Environmental Technology*, 29:9, 1021-1030. <https://doi.org/10.1080/00207210802166872>
- Lellis, B., Fávoro-Polonio, C. Z., Pamphile, J. A., & Polonio, J. C. (2019). Effects of textile dyes on health and the environment and bioremediation potential of living organisms. *Biotechnology Research and Innovation*, 3(2), 275–290. <https://doi.org/10.1016/j.biori.2019.09.001>
- Liem, V., Putranto, A., & Andreas, A. (n.d.). *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” Sintesis Karbon Aktif dari Kulit Salak Aktivasi Kimia-Senyawa KOH sebagai Adsorben Proses Adosprsi Zat Warna Metilen Biru*.
- Mustikaningrum, M. (2021). Peningkatan Fungsi Limbah Batang Kelapa Sawit Untuk Biosorben Sebagai Dye Removal Dengan Variasi Konsentrasi NaOH Pada Alkaline Treatment Dan Waktu Sonikasi. Diajukan oleh Gadjah Mada, Universitas. <http://etd.repository.ugm.ac.id/>
- Mustikaningrum, M., Cahyono, R. B., & Yuliansyah, A. T. (2022). Adsorption of Methylene Blue on Nano-Crystal Cellulose of Oil Palm Trunk: Kinetic and Thermodynamic Studies. *Indonesian Journal of Chemistry*, 22(4), 953–964.
- Najmia, H., Sri Mahreda, E., Putri Mahyudin, R., & Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan, J. (2021). *Pemanfaatan Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit Teraktivasi H3PO4 untuk Penurunan Kadar Besi (Fe), Mangan (Mn) dan Kondisi pH pada Air Asam Tambang Utilization of Activated Carbon of Palm Shell Activated H3PO4 for Decreased Iron (Fe), Manganese (Mn) and pH Conditions in Acid Mine Drainage*. 17(1).
- Oladoye, P. O., Ajiboye, T. O., Omotola, E. O., & Oyewola, O. J. (2022). Methylene blue dye: Toxicity and potential elimination technology from wastewater. In *Results in Engineering* (Vol. 16). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100678>
- Querol, X., Moreno, N., Umaa, J. C., Alastuey, A., Hernández, E., López-Soler, A., & Plana, F. (2002). Synthesis of zeolites from coal fly ash: an overview. *International Journal of Coal Geology*, 50(1–4), 413–423. [https://doi.org/10.1016/S0166-5162\(02\)00124-6](https://doi.org/10.1016/S0166-5162(02)00124-6)
- Regna Tri Jayanti, Jerry, & Miftahurrahmah. (2023). Ekstraksi Silika dari Fly Ash Pabrik Kelapa Sawit Menggunakan Variasi Pelarut Karbonat. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 12(1), 9–17. <https://doi.org/10.32734/jtk.v12i1.9850>
- Reynolds, T. D., & Richards, P. A. (1982). Unit Operation And Process In Environmental Engineering. Woods Worths Inc : Texas.
- Riski Irawan, R., Saputra, E., Andrio, D., Program, M., Lingkungan, S. T., Dosen,), Lingkungan, T., Pengendalian, L., Pencemaran, P., Program, L., Teknik, S., S1, L., Universitas, T., Kampus, R., Widya, B., Soebrantas Km, J. H., & Baru, S. (2018). ADSORPSI ZAT WARNA METHYLENE BLUE DENGAN MENGGUNAKAN ABU SAWIT SEBAGAI ADSORBEN. In *Jom FTEKNIK* (Vol. 5).
- Safrianti, I., Wahyuni, N., Anita Zaharah, T., & Hadari Nawawi, J. H. (2012). *ADSORPSI TIMBAL (II) OLEH SELULOSA LIMBAH JERAMI PADI TERAKTIVASI ASAM NITRAT: PENGARUH pH DAN WAKTU KONTAK*. 1(1), 1–7.
- Teixeira, Y. N., de Paula Filho, F. J., Bacurau, V. P., Menezes, J. M. C., Zhong Fan, A., & Melo, R. P. F. (2022). Removal of Methylene Blue from a synthetic effluent by ionic flocculation. *Heliyon*, 8(10). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10868>
- Widyasari, E., & Said, I. (2021). Adsorption Capacity of Activated Charcoal Made of Rice Husk on Cd(II) Metal Ions. *Jurnal Akademika Kimia*, 10(4), 213–217. <https://doi.org/10.22487/j24775185.2021.v10.i4.pp213-217>
- Yenti, S. R. (2011). Penyerapan Zat Warna Metilen Biru Dengan Memanfaatkan Bagas Tebu. *Pilar Sains*, 11(1), 1–01.