

AKTIVASI MASSA ABU CANGKANG DAN SABUT KELAPA SAWIT UNTUK ADSORPSI ZAT WARNA METILEN BIRU

Annisa Aurellia^{1*}, Sunarti², Nazudin³

^{1,2,3}Program Studi Pendidikan Kimia, FKIP, Universitas Pattimura

Submitted: April 26, 2025

Revised: May 28, 2025

Accepted: June 18, 2025

*Corresponding author. Email: annisaar11859@gmail.com

Abstrak

Metilen biru adalah limbah pewarna cair yang banyak dihasilkan oleh pabrik atau industri tekstil, limbah cair tersebut mengandung bahan-bahan berbahaya dan beracun yang menimbulkan iritasi pada saluran pencernaan dan iritasi pada kulit sehingga perlu dilakukan pengolahan limbah metilen biru dengan cara adsorpsi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas dan efisiensi adsorpsi abu cangkang dan sabut kelapa sawit teraktivasi dan tanpa aktivasi terhadap zat warna metilen biru berdasarkan variasi massa adsorben. Proses aktivasi dilakukan dengan perendaman abu cangkang dan sabut kelapa sawit dalam H₂SO₄ 2% disertai pemanasan pada suhu 100°C. Proses adsorpsi dilakukan dengan variasi massa adsorben 0.5; 1.0; 1.5; 2.0; dan 2.5 gram dan konsentrasi metilen biru dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh massa abu cangkang dan sabut kelapa sawit teraktivasi dan tanpa aktivasi adalah sama, dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0.4559 mg/g, dan efisiensi adsorpsi 91.18% untuk abu teraktivasi, sedangkan untuk abu tanpa aktivasi sebesar 0.453 mg/g dan 90.62%.

Kata Kunci: Abu Cangkang dan Sabut Kelapa Sawit; Adsorpsi; Aktivasi; Metilen Biru; Spektrofotometer UV-Vis.

Abstract

Methylene blue is liquid dye waste that has been produced by factory and textile industry. The liquid waste contains a hazardous and toxic material that causes irritation to the digestive tract and irritation to the skin. Therefore, it is necessary to treat the methylene blue waste by means of adsorption. This study aims to determine the adsorption capacity and efficiency of activated palm kernel shell ash and coir without activation towards the methylene blue dye based on the mass variations of the adsorbent. The activation was processed by soaking the palm kernel shell ash and coir in 2% H₂SO₄ and heating temperature of 100°C. The implementation of adsorption process takes the mass variation of adsorbent 0.5; 1.0; 1.5; 2.0; and 2.5 g and the methylene blue dye concentration was analyzed by using a UV-Vis spectrophotometer. Based on the results of the study, the mass of palm kernel shell ash and coir activated and without activation were the same, with an adsorption capacity was 0.4559 mg/g, and an adsorption efficiency was 91.18% and for the ash without activation was 0.453 mg/g and 90.62%.

Keyword: Adsorption; Kernel Shell Ash; Methylene Blue; Palm Coir; UV-Vis Spectrophotometer.



1. Pendahuluan

Tanaman kelapa sawit merupakan tumbuhan tropis golongan palma yang termasuk tanaman tahunan. Industri minyak sawit merupakan kontributor penting dalam produksi di Indonesia dan memiliki prospek pengembangan yang cerah (Yohansyah, 2014). Kelapa sawit merupakan komoditas perkebunan unggulan dan sumber bahan baku industri bahan pangan, kosmetik bahkan bahan baku sumber energi alternatif. Peningkatan produksi kelapa sawit akan memicu peningkatan limbah.

Jenis limbah kelapa sawit adalah berupa limbah padat, yang terdiri dari tandan kosong, pelepah, cangkang dan lain-lain, sedangkan limbah cairnya terdiri pada in house keeping pada pengelolah CPO (*Crude Palm Oil*) (Kamal, 2015). Limbah cair mengandung (N = 675mg/l, P= 90-110 mg/l, K= 1.000-1.875 mg/l dan Mg= 250-320 mg/l) yang dapat dimanfaatkan proses budidaya pertanian. Sedangkan limbah padat kelapa sawit berupa cangkang sawit dimanfaatkan sebagai bahan pengeras jalan, bahan baku arang, bahan bakar boiler, dan abu yang bermanfaat sebagai tambahan pengganti semen, bahan filler, stabilisasi campuran lempung (Sarifah, 2017).

Berdasarkan penelitian Sofyanto (2021), cangkang kelapa sawit yang diambil dari PT Nusa Ina Group dan diabukan pada suhu 700 °C selama 6 jam serta diaktivasikan dengan HCl 3% memiliki kandungan silika 70%. Sedangkan Reubun (2021), melakukan aktivasi abu cangkang kelapa sawit yang diambil langsung dari pabrik pengolahan kelapa sawit PT Nusa Ina Group menggunakan HCl 3 M, dan diperoleh komposisi SO₂ sebesar 76%.

Abu cangkang kelapa sawit memiliki kandungan utama silikon dioksida (SiO₂) yang memiliki sifat reaktif dan aktivitas pozzolanik yang baik yang dapat bereaksi menjadi bahan yang keras dan kaku. Abu dari Cangkang kelapa sawit dan sabut kelapa sawit berpotensi untuk dijadikan sebagai adsorben dikarenakan memiliki senyawa aktif berupa senyawa silikon dioksida (SiO₂). Senyawa yang terkandung dalam abu memiliki gugus silanol (≡Si-OH) dan siloksan (≡Si-O-Si≡) yang merupakan situs aktif dan mampu bertindak sebagai adsorben karena memiliki atom oksigen (O) yang cukup reaktif (Pujiana, 2014).

Metilen biru merupakan senyawa kimia aromatik heterosiklik dengan rumus molekul C₁₆H₁₈N₃Cl (MW= 319,65 g/mol). dengan titik lebur 105 derajat Celsius dan daya larut sebesar 4,36 x 10⁴ mg/L (Endang Palupi, 2006). Zat warna metilen biru merupakan zat warna dasar yang penting dalam proses pewarna kulit, kain, mori, dan kain katun. Penggunaan metilen biru dapat menimbulkan beberapa efek, seperti iritasi saluran pencernaan jika tertelan, menimbulkan sianosis jika terhirup, dan iritasi pada kulit jika tersentu oleh kulit (Hamdaoui, 2006).

Menurut keputusan Menteri Lingkungan Hidup yaitu Kep51/MENLH/10/1995 tentang baku mutu limbah cair, konsentrasi maksimum metilen biru yang diperbolehkan yaitu 5-10 mg/L (Handayani, 2015). Berdasarkan efek yang ditimbulkan maka perlu dilakukan upaya meminimalisir konsentrasi metilen biru dalam suatu limbah, salah satunya cara yang mudah dan efektif untuk menurunkan kandungan metilen biru adalah dengan cara adsorpsi.

Beberapa penelitian telah mengadsorpsi metilen biru dalam limbah cair. Falahiyah (2015) telah mengadsorpsi metilen biru menggunakan abu dari sabut dan tempurung kelapa teraktivasi asam sulfat. Dalam penelitiannya yang dijelaskan bahwa kandungan silika pada abu sabut dan tempurung kelapa sebesar 20.19%, dan diperoleh kapasitas dan efisiensi adsorpsi sebesar 98.59 % untuk abu tanpa teraktivasi, dan 98.94% untuk abu yang teraktivasi, sehingga abu sabut kelapa dan tempurung kelapa pada penelitian tersebut dapat digunakan sebagai adsorben. Putra (2015) mengadsorpsi zat warna metilen biru menggunakan abu terbang batubara, pada penelitiannya diperoleh efisiensi adsorpsi zat warna metilen biru sebesar 99.947 %.

Pada penelitian ini telah dilakukan adsorpsi terhadap zat warna metilen biru menggunakan abu cangkang dan sabut kelapa sawit teraktivasi H₂SO₄ 2% dan abu tanpa aktivasi dengan mengoptimasi massa adsorben dan penentuan konsentrasi metilen biru menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 665 nm.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan dari bulan September sampai bulan Desember 2022 di Laboratorium Pendidikan Kimia Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Pattimura Ambon, untuk preparasi sampel dan analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis di Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL).

2.1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Seperangkat alat gelas, kertas saring, mortar, neraca analitik, Oven, Erlenmeyer, Aluminium Foil, Shaker, Spatula, Seperangkat spektrofotometer UV-Vis (merk *varian carry*). Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Abu cangkang dan sabut kelapa sawit, *Aquades*, H_2SO_4 (p.a), dan Metilen biru.

2.2. Prosedur Kerja

a. Preparasi Abu Cangkang dan Sabut Kelapa Sawit

Abu cangkang dan sabut kelapa sawit dicuci dengan aquades untuk menghilangkan kotoran-kotorannya, kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu $110^\circ C$ selama 3 jam. Padatan yang dihasilkan dihaluskan menggunakan mortar, selanjutnya diayak dengan ayakan 100 mesh.

b. Aktivasi dengan Penambahan Larutan H_2SO_4

Sebanyak 100 ml larutan H_2SO_4 2% ditambahkan ke dalam 100 gram Abu cangkang dan sabut kelapa sawit dalam gelas kimia. Abu direndam selama 24 jam, kemudian disaring menggunakan kertas saring. Residu yang didapat dikeringkan dalam oven pada temperatur $60^\circ C$ dengan waktu pemanasan selama 24 jam. Residu dicuci sampai filtratnya mempunyai netral (pH 7). Setelah dicuci abu dikeringkan dalam oven pada suhu $105^\circ C$ selama 24 jam.

c. Pembuatan Larutan Standar Metilen Biru 1000 ppm

Pembuatan larutan standar, metilen biru ditimbang sebanyak 1000mg dimasukan kedalam gelas kimia dan dilarutan dengan 1000ml aquades, larutan tersebut dimasukan kedalam labu ukur 1 liter, dan ditambahkan aquades sampai tanda batas.

d. Pembuatan Larutan Standar Metilen Biru 100 ppm

Pembuatan larutan standar, metilen biru 100 ppm dilakukan dengan memipet 50 mL larutan standar metilen biru 1000 ppm dan dimasukan dalam labu takar 100 mL, selanjutnya diencerkan dengan aquades sampai tanda batas.

e. Pembuatan Seri Larutan Standar Metilen Biru

Seri larutan standar dibuat dengan memipet sebanyak 0.5 mL, 1 mL, 1.5 mL, 2 mL, 2.5 mL, dan 3 mL kemudian dimasukan dalam labu takar 50 mL, selanjutnya diencerkan sampai tanda batas, sehingga diperoleh larutan standar metilen biru dengan konsentrasi 1,2,3,4,5 dan 6 ppm, dan ditepatkan pada pH 5 kemudian diukur adsorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 665 nm.

f. Variasi Massa Adsorben Adsorpsi Metilen Biru

Disiapkan larutan 50 mL metilen biru 5 ppm dengan pH 5, kemudian dimasukkan ke dalam masing-masing erlenmeyer yang berisi 0.5; 1.0; 1.5; 2.0; dan 2.5 gram abu yang teraktivasi dan tanpa aktivasi. Campuran ditutup dengan aluminium foil, dan sampel dikocok menggunakan shaker dengan kecepatan 100 rpm selama 75 menit. Selanjutnya dilakukan penyaringan dan konsentrasi metilen biru sisa, diukur adsorbansinya dengan metode spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 665 nm.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Preparasi dan Aktivasi Abu Cangkang dan Sabut Kelapa Sawit

Pada tahapan pertama abu dipreparasi dengan cara ditimbang sebanyak 120.9 g kemudian

sampel dicuci menggunakan aquades untuk menghilangkan zat pengotor yang menempel pada abu cangkang dan sabut kelapa sawit. Langkah selanjutnya dikeringkan dalam oven selama 3 jam dengan suhu 110 °C untuk menguapkan kandungan air pada pori-pori abu. Abu yang telah kering kemudian dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh agar ukuran abu cangkang dan sabut kelapa sawit menjadi homogen.

3.2. Aktivasi Abu Cangkang dan Sabut Kelapa Sawit

Tahap awal dari proses aktivasi abu cangkang dan sabut kelapa sawit yang telah dipreparasi ini adalah tahap perendaman abu menggunakan larutan asam sulfat. Tujuan utama dari proses aktivasi adalah menambah atau mengembangkan volume pori dan memperbesar diameter pori yang telah terbentuk untuk membuat beberapa pori baru (Amirudin, 2020). Asam sulfat digunakan sebagai pengaktif untuk mengaktivasi abu, dengan tujuan menukar kation yang ada didalam abu cangkang dan sabut kelapa sawit menjadi ion H^+ dan melarutkan kotoran mineral seperti ion Al, Fe, Mg, dan pengotor-pengotor lainnya (Widihati, 2008).

Perlakuan aktivasi dengan menggunakan larutan asam dapat melarutkan pengotor pada material abu tersebut sehingga permukaan pori menjadi lebih terbuka, selain itu situs aktifnya juga mengalami peningkatan karena situs yang tersembunyi menjadi terbuka dan kemungkinan juga akan memunculkan situs aktif baru akibat reaksi pelarutan yang menukar kation yang ada didalam abu cangkang dan sabut kelapa sawit menjadi ion H^+ dari larutan asam (Siska, 2008).

Perendaman abu dilakukan selama 24 jam untuk memaksimalkan proses pengaktifasi abu oleh larutan asam. Abu yang telah diinteraksikan dengan senyawa aktivator asam sulfat selanjutnya disaring menggunakan kertas saring, dan residu yang dihasilkan dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C selama 24 jam. PH larutan mempunyai pengaruh dalam proses adsorpsi karena akan mempengaruhi muatan permukaan adsorben (Lestari, 2020). Selanjutnya abu dicuci dengan aquades sampai pH netral, kemudian residu di keringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 24 jam. Hal ini dilakukan untuk menguapkan kandungan air selama proses perendaman, sehingga diperoleh abu cangkang dan sabut kelapa sawit bebas air, dan siap digunakan untuk adsorpsi zat warna metilen biru.

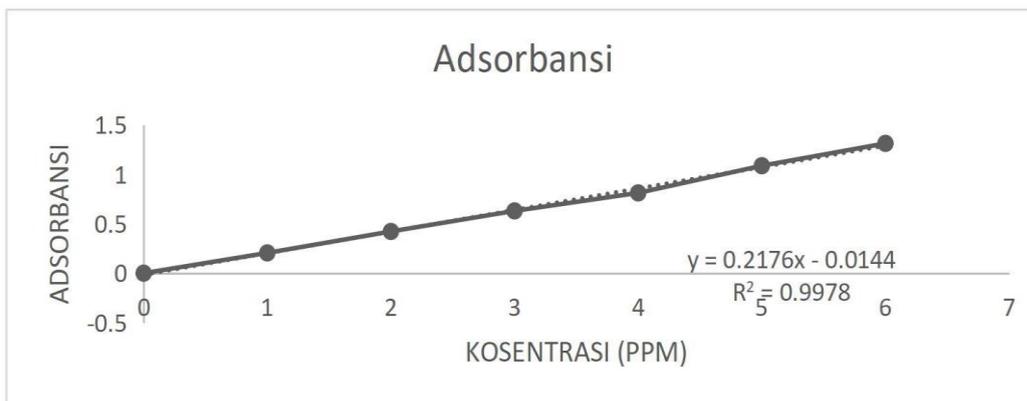
3.3. Penentuan Kurva Standar Metilen Biru

Kurva kalibrasi adalah metode statistik yang digunakan untuk mengetahui perbandingan pengaruh kadar analit dengan respon alat instrumen. (Lusiana, 2012). Pembuatan kurva kalibrasi dilakukan dengan menggunakan variasi konsentrasi 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 ppm. Seri larutan standar tersebut kemudian diukur adsorbansinya pada panjang gelombang 665 nm. Nilai adsorbansi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Kurva Kalibrasi Standar Metilen Biru

Konsentrasi	Adsorbansi
0 ppm	0.000
1 ppm	0.205
2 ppm	0.422
3 ppm	0.630
4 ppm	0.812
5 ppm	1.087
6 ppm	1.313

Dapat dilihat pada di atas, bahwa semakin besar konsentrasi larutan metilen biru yang digunakan, semakin meningkat pula nilai adsorbansinya. Hal ini sesuai dengan hukum Lambert- Beer di mana intensitas yang diteruskan oleh larutan zat penyerap berbanding lurus dengan konsentrasi larutan. Kurva standar metilen biru disajikan pada gambar 1.



Gambar 1. Kurva Kalibrasi Standar Metilen Biru

Dari gambar 1 terlihat bahwa persamaan regresi linear yang diperoleh yaitu $y = 0,2176x - 0,0144$ dengan $R^2 = 0,9978$. Berdasarkan nilai koefisien regresi R^2 yang hampir mendekati 1, maka hubungan antara adsorbansi dengan konsentrasi menjadi sangat linear.

3.4. Penentuan Kapasitas dan Efisiensi Adsorpsi

Massa merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi banyaknya adsorbat yang akan diserap. Variasi massa adsorben bertujuan untuk mengetahui massa optimum dari adsorben dalam mengadsorpsi larutan zat warna metilen biru. Pada penelitian ini digunakan nya variasi massa adsorben abu cangkang dan sabut kelapa sawit teraktivasi dan abu tanpa aktivasi yaitu 0.5 g; 1.0 g; 1.5 g; 2.0 g; dan 2.5 g. Adsorpsi zat warna metilen biru ini dilakukan dengan konsentrasi awal 5 ppm pada kecepatan pengadukan 100 dengan waktu kontak 75 menit. Pada penelitiannya Falahiya (2015) daya serap yang dibutuhkan untuk mengadsorpsi zat warna metilen biru berada pada waktu kontak 75 menit, semakin lama waktu kontak dapat memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung dengan lebih baik. Data adsorbansi massa dapat disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Data Massa Adsorben Abu Cangkang Dan Sabut Kelapa Sawit

Konsentrasi Massa Awal (g)	Konsentrasi Awal (ppm)	Adsorbansi		Konsentrasi akhir	
		Abu teraktivasi	Abu tanpa aktivasi	Abu teraktivasi	Abu tanpa aktivasi
0.5	5	0,082	0,088	0,441	0,469
1.0	5	0,103	0,129	0,540	0,658
1.5	5	0,121	0,211	0,621	1,037
2.0	5	0,126	0,264	0,645	1,279
2.5	5	0,171	0,233	0,850	1,138

Pada tabel di atas dapat dilihat bahwa massa adsorben 0.5 g menghasilkan konsentrasi metilen biru yang tersisa dalam larutan paling kecil. Baik pada abu teraktivasi maupun tanpa aktivasi dengan kata lain, semakin besar massa adsorben yang diinteraksikan konsentrasi metilen biru semakin besar. Pada massa 0.5 g konsentrasi akhir pada abu teraktivasi lebih kecil dari abu tanpa aktivasi, dimana semakin kecil konsentrasi pada larutan maka semakin besar konsentrasi metilen biru yang diserap oleh abu cangkang dan sabut kelapa sawit. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar massa adsorben yang diinteraksikan terjadi penurunan penyerapan metilen biru oleh abu cangkang dan sabut kelapa sawit.

Nilai konsentrasi awal dan konsentrasi setelah proses adsorpsi dari metilen biru selanjutnya digunakan untuk menentukan kapasitas dan efisiensi metilen biru oleh adsorben abu cangkang dan sabut kelapa sawit. Data kapasitas dan efisiensi adsorpsi dijelaskan sebagai berikut.

3.5. Kapasitas Abu Cangkang dan sabut Kelapa Sawit

Penentuan kapasitas adsorpsi bertujuan untuk mengetahui banyaknya zat warna metilen biru yang diserap oleh setiap gram adsorben abu cangkang dan sabut kelapa sawit. Data hasil kapasitas adsorpsi zat warna metilen biru disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Data Kapasitas Adsorpsi Abu Cangkang Dan Sabut Kelapa Sawit Teraktivasi Dan Tanpa Aktivasi

Massa adsorben (g)	Kapasitas (mg/g)	
	Abu teraktivasi	Abu tanpa aktivasi
0.5	0,455	0,453
1.0	0,223	0,217
1.5	0,145	0,132
2.0	0,108	0,093
2.5	0,083	0,077

Berdasarkan tabel di atas terlihat bahwa nilai kapasitas adsorpsi tertinggi dicapai pada massa adsorben 0.5 g sebesar 0.455 mg/g untuk abu teraktivasi dan 0.453 mg/g untuk abu tanpa aktivasi. Semakin besar massa adsorben yang digunakan maka kapasitas adsorpsi semakin menurun, hal ini dikarenakan pada massa adsorben 0.5 g ketersediaan situs aktif pada adsorben sebanding dengan banyaknya adsorbat yang akan terserap (Utubira dkk. 2022). Menurut Puspitasari (2010), Kapasitas adsorpsi terhadap larutan warna pada variasi massa adsorben akan mengalami penurunan dengan semakin besarnya massa adsorben yang diberikan. Hal ini dikarenakan daya adsorpsi untuk zat warna terbatas akibat dari permukaan adsorben yang saling tumpah tindih dan saling menutupi. Molekul-molekul zat warna harus bersaing satu sama lain dalam menempati jumlah situs pengikatan yang terdapat pada permukaan abu cangkang dan sabut kelapa sawit, sehingga mengakibatkan jumlah molekul zat warna tidak ikut teradsorpsi dan tersisa pada larutan.

3.6. Efisiensi Abu Cangkang dan Sabut Kelapa Sawit

Efisiensi penyerapan bertujuan untuk mengetahui kemampuan abu cangkang dan sabut kelapa sawit sebagai adsorben terhadap Metilen biru. Data efisiensi metilen biru disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Data Efisiensi Adsorpsi Abu Cangkang Dan Sabut Kelapa Sawit Teraktivasi Dan Tanpa Aktivasi

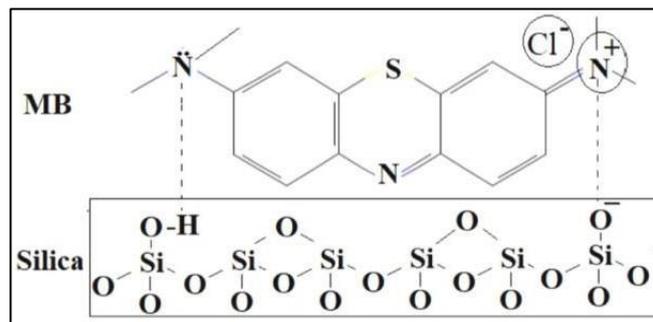
Massa adsorben (g)	Efisiensi (%)	
	Abu teraktivasi	Abu tanpa aktivasi
0.5	91,18	90,62
1.0	89,2	86,84
1.5	87,58	79,26
2.0	87,1	75,42
2.5	83	77,24

Pada tabel di atas dapat dilihat bahwa efisiensi tertinggi berada pada massa 0.5 gram dengan efisiensi sebesar 91.18% untuk abu teraktivasi dan 90.62% untuk abu tanpa aktivasi, namun pada massa adsorben 2.5 g adsorben tidak dapat lagi berikatan terhadap adsorbat akibat terjadi kejenuhan pada adsorben yang ditandai dengan penurunan efisiensi adsorpsi, sehingga adsorbat yang terikat pada adsorben akan terlepas kembali (Takarani, dkk, 2019).

Berdasarkan data kapasitas dan efisiensi yang telah diuraikan terlihat bahwa kemampuan adsorpsi abu cangkang dan sabut kelapa sawit teraktivasi lebih tinggi dari abu tanpa aktivasi. Hal ini menunjukkan bahwa proses aktivasi dengan H₂SO₄ berhasil melarutkan pengotor yang menutupi permukaan abu cangkang dan sabut kelapa sawit, sehingga meningkatkan kemampuan adsorpsinya terhadap metilen biru.

3.7. Struktur Adsorpsi Abu Cangkang dan Sabut Kelapa Sawit

Proses adsorpsi dapat berlangsung jika padatan atau satu molekul gas atau cair dikontakan dengan molekul-molekul adsorbat, sehingga di dalamnya terjadi gaya kohesif atau gaya hidrostatis dan gaya ikatan hidrogen yang bekerja diantara molekul seluruh material (Ginting, 2008). Mekanisme reaksi metilen biru dan silika disajikan pada gambar 2



Gambar 2. Struktur Metilen Biru Dengan Silika (Ulfa, 2022)

Pada gambar 2 dapat dilihat bahwa Silanol (Si-OH) berinteraksi dengan atom nitrogen pada metilen biru. Interaksi tersebut melalui ikatan hidrogen antara gugus amina pada metilen biru yang bermuatan positif dengan Si-OH pada permukaan silanol. Selain itu dengan banyaknya hidrogen di sekeliling struktur metilen biru maka interaksi antara hidrogen dapat terjadi antara metilen biru dengan senyawa lain yang memiliki aktivitas interaksi ikatan hidrogen. Silanol memiliki struktur dengan banyaknya atom oksigen yang terikat dalam susunan strukturnya mengakibatkan interaksi yang paling kuat terjadi adalah ikatan hidrogen.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian adsorpsi metilen biru menggunakan abu dari cangkang dan sabut kelapa sawit teraktivasi H₂SO₄ dapat disimpulkan bahwa.

- Massa optimum abu cangkang dan sabut kelapa sawit teraktivasi dan abu tanpa aktivasi dalam menyerap metilen biru adalah sama (0.5 g).
- Kapasitas adsorpsi optimum terhadap metilen biru untuk abu teraktivasi (0.455) mg/g lebih tinggi dibandingkan abu tanpa teraktivasi (0.453) mg/g, dan efisiensi adsorpsi abu teraktivasi lebih tinggi (91.18%) dibandingkan abu tanpa aktivasi (90.62%).

Daftar Pustaka

- Lestari, D. W., Atika, V., Isnaini, I., Haerudin, A., & Arta, T. K. (2020). Pengaruh pH Ekstraksi pada Pewarnaan Batik Sutera Menggunakan Pewarna Alami Kulit Kayu Mahoni (Switenia Mahagoni). *Jurnal Rekayasa Proses*, 14(1), 74-81.
- Lusiana, U. (2012). Application of Calibration Curve, Accuracy and Precision Chart as Internal Quality Control at COD Testing in Wastewater. *Biopropal Industri*, 3(1).
- Pranata, R.H. (2019). Pemanfaatan Limbah Kebun Pelepah Kelapa Sawit (Elaeis Guinesis Jacq) Sebagai Alternatif Pekan Ternak Bernilai Gizi Tinggi *Biologica Samudra* Vol.1(1) 17-24.
- Putra, F.P., Aman, Drastinawati. Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Abu Terbang Batu Bara (*Fly Ash*) Dengan Variasi Ukuran Adsorben Dari Kecepatan Pengadukan.
- Puspitasari, R. Y. 2012. Pengaruh Massa Adsorben, Waktu adsorpsi dan Konsentrasi pewarna terhadap daya Adsorpsi Betonit pada Pewarna *Direct Red* Teknis. *Skripsi: Universitas Negri Yogyakarta*.
- Takarani, P., & Novita, S. F. (2019,). Pengaruh massa dan waktu adsorben Selulosa Dari Kulit Jagung Terhadap Konsentrasi Penyerapan. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi, Inovasi Dan Aplikasi Di Lingkungan Tropis* (Vol. 2, No. 1, pp. 117-121).
- Ulfa Maria, Prasetyoko Didik, Trisunaryati W, Bahruji Hasliza, Fadila Z A, Sholeha N A, 2022. *The Effect of Gelatin as Pore Expander in Green Synthesis Mesoporous Silika for Methylene Blue Adsorption*. 151/71.
- Wahyudi, H., Kasry, A., & Purwaningsih, I. S. (2011). Pemanfaatan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Untuk Memenuhi Kebutuhan Unsur Hara Dalam Budidaya Tanaman Jagung. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 5(2), 94-102.