

Daya Adsorpsi Sabut Kelapa dan Serbuk Gergaji Terhadap Timbal dan *Methylene Blue*

Siti Maftukhah¹, Dine Augustine², Ryan Andry Saputra³, Mutia Amyranti⁴,
Lily Arlianti⁵, dan Ismi Nurlatifah⁶

^{1,2,3,4,5,6} Teknik Kimia, Universitas Islam Syekh Yusuf, Tangerang, Indonesia)

¹sitimaftukhah@unis.ac.id, ²dine@unis.ac.id, ³204010004@students.unis.ac.id, ⁴mutiaamyranti@unis.ac.id,
⁵larlianti@unis.ac.id, ⁶isminurlatifah@unis.ac.id

Article History:

Received 30 Jun 2026

Revised 20 Jul 2026

Accepted 29 Jul 2026

Available online 30 Jul 2026

Abstrak

Pengolahan limbah industri kimia, kertas dan tekstil masih menjadi masalah dalam ekosistem perairan terutama kesulitan dalam pemanfaatan dan pembuangannya. Salah satu limbah yang sulit untuk didegradasi oleh alam diantaranya logam timbal dan zat warna *methylene blue*. Sabut kelapa dan serbuk gergaji merupakan limbah kegiatan manusia yang berpotensi sebagai bioadsorben. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan sabut kelapa dan serbuk gergaji sebagai bioadsorben timbal dan *methylene blue*. Metode penelitiannya adalah persiapan sampel, karbonisasi, aktivasi bioadsorben, pembuatan larutan limbah *artificial*, aplikasi dan analisa. Hasil yang diperoleh sabut kelapa dan serbuk gergaji dalam mengadsorb timbal dan *methylene blue* dengan penyerapan tertinggi pada komposisi 25 % : 75 %; 50% ; 50% pada timbal dengan kadar timbal 1,13 mg/L dan daya serap 96,70 % serta komposisi 50 % : 50 % pada *methylene blue* dengan kadar *methylene blue* 1,15 mg/L dan daya serap 89,95 %. Pemodelan matematis untuk mengetahui kemampuan adsorpsi yang paling mendekati adalah adsorpsi *isotherm langmuir* dengan $y = 0,0658x + 0,0956$ nilai R^2 sebesar 0,7952 untuk timbal dan adsorpsi *freundlich* dengan $y = 0,0052x + 0,0806$ dengan nilai R^2 sebesar 0,7966 untuk *methylene blue*. Hasil penelitian menyatakan sabut kelapa dan serbuk gergaji berpotensi sebagai bioadsorben timbal dan *methylene blue*.

Kata Kunci : bioadsorben, *methylene blue*, sabut kelapa, serbuk gergaji, timbal (Pb)

Abstract

Waste processing of chemical, paper and textil industria is still a problem in aquatic ecosystems, especially difficulties in utilization and disposal. One of the wastes that is difficult to be degraded by nature is lead and methylene blue dye. Coconut fiber and sawdust are waste from human activities that have the potential as bioadsorbents for lead and methylene blue waste. The purpose of this study was to determine the ability of coconut fiber and sawdust as bioadsorbents for lead and methylene blue. The methods in this study were sample preparation, carbonization, bioadsorbent activation, artificial waste solution creation, application, and analysis. The results obtained by coconut fiber and sawdust in adsorbing lead and methylene blue with the highest absorption in the composition of 25%: 75%; 50% ; 50% on lead with a lead content of 1.13 mg/L and an absorption capacity of 96.70% and a composition of 50%: 50% on methylene blue with a methylene blue content of 1.15 mg/L and an absorption capacity of 89.95%. The mathematical modeling to determine the closest adsorption capacity is Langmuir adsorption isotherm with linear regression line equation of $y = 0.0658x + 0.0956$ with an R^2 value of 0.7952 for lead and freundlich adsorption with $y = 0.0052x + 0.0806$ and an R^2 value of 0.7966 for methylene blue. The results of this study indicate that coconut fiber and sawdust have the potential as bioabsorbents for lead and methylene blue.

Keywords : bioadsorbent, coconut fiber, lead (Pb), methylene blue, sawdust

1. Pendahuluan

Fenomena umum perkembangan industri di Indonesia khususnya industri tekstil mengalami peningkatan dan seiring dengan peningkatan tersebut juga memiliki dampak negatif seperti masalah lingkungan yaitu munculnya limbah cair industri sisa hasil dari proses produksi dan pewarnaan (Baunsele & Missa, 2020; Halim et al., 2021; Lestari et al, 2021). Limbah dari proses pewarnaan pada industri tekstil tentunya sulit untuk terurai (Nurlatifah et al., 2025). Limbah tekstil lainnya yang dihasilkan diantaranya ialah timbal (Pb) sebesar 0,038 mg/L (Silalahi et al., 2023) dari industri kertas, kimia dan tekstil serta *methylene blue* dari industri tekstil. Metilen biru yang marak digunakan dalam industripun berpotensi menghasilkan limbah yang berdampak pada lingkungan misalnya pada perairan yang akan menjadi polutan (Arman et al., 2025). Limbah timbal dan *methylene blue* akan menyebabkan pencemaran yang serius terhadap lingkungan apabila kandungannya melebihi baku mutu yang ditentukan (Halim et al., 2021). Baku mutu air untuk logam berat max 0,03 mg/L dan *methylene blue* max 1 mg/L. Nilai ini didasarkan pada pedoman kualitas air yang bertujuan melindungi kesehatan manusia dan lingkungan (VI et al., 2021).

Logam berat termasuk pada kategori polutan yang memiliki potensi bahaya signifikan terhadap ekosistem dan kesehatan manusia disebabkan oleh karakteristiknya yang beracun dan kecenderungannya untuk terakumulasi dalam rantai makanan. Logam berat tersebut di antaranya seperti tembaga (Cu), chromium (Cr), merkuri (Hg), cadmium (Cd) serta Timbal (Pb) (Halim et al., 2021; Rokhati et al., 2021). Timbal ini tidak dapat terurai secara alami sehingga akan terakumulasi dalam ekosistem perairan dan membentuk endapan. Kontaminasi timbal dapat terakumulasi dalam tubuh organisme air dan apabila dikonsumsi oleh manusia akan menyebabkan gangguan sistem syaraf, ginjal, dan reproduksi bahkan menyebabkan kematian (Razi et al., 2023). Limbah cair yang dihasilkan oleh industri tekstil mengandung sisa pewarna sintetis yang tidak dapat terurai secara alami sehingga berpotensi mengotori lingkungan apabila dibuang ke badan air tanpa proses pengolahan yang memadai (Saputra et al., 2022). Beragam senyawa pewarna sering diterapkan dalam proses pewarnaan tekstil, seperti rodamin B, *methylene blue*, *allura red*, *sunset yellow*, serta *tartrazine*. Di antara senyawa tersebut, *methylene blue* merupakan sebuah pewarna dasar yang banyak dimanfaatkan dalam industri tekstil yang memiliki struktur kimia berupa senyawa aromatik heterosiklik (Baunsele & Missa, 2020; Razi et al., 2023). Paparan akut terhadap *methylene blue* pada individu dapat mengakibatkan peningkatan frekuensi denyut jantung, mual, muntah, serta kondisi sianosis (Baunsele & Missa, 2020). Dampak lingkungan yang disebabkan oleh *methylene blue* menyebabkan tingginya BOD, COD, karsinogenik serta mutagenik. Degradasi zat pewarna sangat sulit dikarenakan strukturnya yang kompleks, kelarutannya pada air, serta sifat sintetisnya (Lestari et al, 2021).

Solusi dari permasalahan yang ada akibat dari penggunaan timbal dan *methylene blue* sehingga mencemari lingkungan dapat diatasi dengan penggunaan bioadsorben dikarenakan memiliki daya serap yang tinggi (Asnawati et al., 2017; Kusumawardani et al., 2018). Bioadsorben merupakan adsorben yang di peroleh dari alam, dipilih bioadsorben karena adsorben konvensional seperti karbon aktif, alumina, zeolit dan silika gel memerlukan biaya operasional dan regenerasi yang mahal (Salim et al., 2021). Luas lahan perkebunan kelapa di Indonesia mencapai 97,4% dengan rata-rata produksi kelapa sebesar 15,5 miliar butir per tahun. Dari jumlah tersebut kandungan serat sabut kelapa tercatat sekitar 75% yang setara dengan 525 gram per butir kelapa. Hal ini menghasilkan total 1,8 juta ton serat sabut kelapa setiap tahunnya (Kardiman et al., 2020; Santhi et al., 2022). Serbuk gergaji merupakan produk sampingan yang didapat dari proses industri pengolahan kayu. Di Indonesia, volume limbah serbuk gergaji kayu tercatat mencapai sekitar 0,78 juta m³/tahun (Arini & Aminah, 2020).

Arini & Aminah (2020) melakukan penelitian memanfaatkan serbuk gergaji kayu jati (*Tectona grandis L.F*) menjadi bioadsorben logam Cu (II) diperoleh daya serap sebesar 91,25 %. Baunsele et al. (2024) memanfaatkan serbuk gergaji kayu jati sebagai bioadsorben *methylene blue* diperoleh daya serap sebesar 99,3%. Ifa et al. (2020) memanfaatkan sabut kepala sebagai biosorben timbal dengan memvariasikan pH di peroleh daya serap sebesar 96,25%. Arrizal et al. (2024) melakukan penelitian memanfaatkan cangkang telur ayam sebagai biosorben logam mangan pada air Sungai Cisadane dan mempunyai daya serap sebesar 98,41%.

Salah satu pemodelan matematis yang digunakan untuk mengetahui daya serap bioadsorben air limbah yaitu menggunakan permodelan metode *isoterm Langmuir* dan *isoterm Freundlich* (Firmanto et

al., 2021). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan sabut kelapa dan serbuk gergaji sebagai bioadsorben logam timbal dan zat warna *methylene blue* dengan memvariasikan konsentrasi bioadsorben.

2. Bahan dan Metode

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sabut kelapa, serbuk gergaji kayu durian, aquades, air limbah artificial $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, *methylene blue*, dan HNO_3 1 M. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *magnetic stirrer*, *oven*, *jar test*, *furnace*, spektrofotometer UV – VIS dan *Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)*.

Metode

Pembuatan adsorben sabut kelapa dan serbuk gergaji

Sabut kelapa yang dihasilkan dari tempat usaha es kelapa muda dan kelapa parut yang berada di Desa Kramatwatu, Kec. Kramatwatu, Kab. Serang, Prov. Banten dan serbuk gergaji kayu durian yang dikumpulkan dari industri pengolahan kayu pohon durian berada di Desa Karangantu, Kec. Kasemen, Kab. Serang Prov. Banten seperti pada **Gambar 1**. Sabut kelapa di timbang sebanyak ± 7 kg, dicuci, kemudian diangin – anginkan, dikeringkan di bawah sinar matahari selama 8 jam dan selanjutnya di kecilkan ukurannya dan diayak dengan ukuran 300 μm (Halim et al., 2021; Ifa, Pakala, Jaya, et al., 2020).



Gambar 1. Sabut kelapa dan serbuk gergaji

Proses karbonisasi

Serbuk sabut kelapa dan serbuk gergaji kayu durian dikeringkan ke dalam oven yang bersuhu 105 °C selama 30 menit, kemudian dilakukan proses karbonisasi menggunakan *furnace* yang bersuhu 300 °C selama 180 menit selanjutnya diayak kembali dengan ayakan atau *shieve shaker* ukuran 212 μm (Halim et al., 2021; Ifa, Pakala, Jaya, et al., 2020), seperti pada **Gambar 2**. Serbuk serat kelapa dan serbuk gergaji kayu durian yang telah diayak selanjutnya dimasukkan dalam botol (Ifa, Pakala, Burhan, et al., 2020).



Gambar 2. Arang aktif dari sabut kelapa dan serbuk gergaji

Proses aktivasi

Serbuk sabut kelapa dan serbuk gergaji kayu durian yang telah dihaluskan diaktivasi melalui proses perendaman dengan 250 mL HNO_3 1 M selama 24 jam (Kardiman et al., 2020) seperti pada **Gambar 3**. Dilanjutkan proses pengeringan menggunakan oven bersuhu 110 °C selama 180 menit (Halim et al., 2021).



Gambar 3. Kegiatan aktivasi dengan HNO_3 1M

Pembuatan larutan timbal

Limbah *artificial* dibuat dari $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ pada konsentrasi 100 mg/L yaitu dengan cara melarutkan 1,5987 g $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ke dalam 100 mL aquades yang terdapat dalam *beaker glass* 150 mL kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur yang berukuran 100 mL (Lestari et al, 2021).

Pembuatan larutan methylene blue

Limbah *artificial* dibuat dari *methylene blue* pada konsentrasi 100 mg/L yaitu dengan cara melarutkan 1 g *methylene blue* ke dalam 100 mL aquades selanjutnya dimasukkan ke 100 mL labu ukur (Lestari et al, 2021).

Pembuatan larutan standard methylene blue

Larutan induk 100 mg/L diencerkan kembali menjadi konsentrasi yang lebih kecil yaitu 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10 ppm dalam 50 mL labu takar (Ernawati et al., 2021; Lestari et al, 2021). Dari larutan standar tersebut dibuat kurva standar dengan membuat persamaan regresi linear $y = ax + b$ (Baunsele & Missa, 2020).

Penentuan panjang gelombang optimum methylene blue

Larutan *methylene blue* dengan konsentrasi 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10 mg/L diukur panjang gelombangnya dengan menggunakan spektrofotometer UV-VIS pada kisaran panjang gelombang 500 – 700 nm. Dari berbagai konsentrasi tersebut diperoleh panjang gelombang optimum (Lestari et al, 2021).

Uji adsorpsi

Serbuk sabut kelapa dan gergaji kayu durian yang telah teraktivasi dilakukan penimbangan dengan variasi persentase komposisi massa pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Variasi komposisi massa (Lestari et al, 2021)

Item	Sabut Kelapa	Serbuk Gergaji Kayu Durian
Timbal (Pb)	0 % (0 gram)	100 % (2,00 gram)
	25 % (0,25 gram)	75 % (1,75 gram)
	50 % (1,00 gram)	50 % (1,00 gram)
	75 % (1,75 gram)	25 % (0,25 gram)
	100 % (2,00 gram)	0 % (0 gram)
Methylene Blue	0 % (0 gram)	100 % (2,00 gram)
	25 % (0,25 gram)	75 % (1,75 gram)
	50 % (1,00 gram)	50 % (1,00 gram)
	75 % (1,75 gram)	25 % (0,25 gram)
	100 % (2,00 gram)	0 % (0 gram)

Dengan total massa adsorben (sabut kelapa dan serbuk gergaji kayu durian) ditimbang sebanyak 2 gram, kemudian ditambah 250 mL sampel air limbah yang mengandung limbah *artificial* (Lestari et al, 2021). Dilakukan pengadukan dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 4 jam pada kecepatan 200 rpm (Ifa, Pakala, Burhan, et al., 2020) seperti pada **Gambar 4**. Selanjutnya dilakukan penyaringan dan pemisahan antara residu dan filtrat. Filtrat hasil perlakuan seperti pada **Gambar 5** diuji kadar timbal menggunakan instrumen *atomic absorption spectrophotometer* (AAS) serta diuji kadar *methylene blue* menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Arini & Aminah, 2020; Halim et al., 2021; Ifa, Pakala, Burhan, et al., 2020).



Gambar 4. Proses adsorpsi



Gambar 5. Filtrat hasil uji adsorpsi

Perhitungan daya adsorpsi *isoterm freundlich* dan *isoterm langmuir*

Pengukuran absorbansi menggunakan AAS dan spektrofotometer UV–VIS dilakukan untuk mengevaluasi keefektifan serta daya adsorpsi dari kombinasi sabut kelapa serta serbuk gergaji kayu durian sebagai bioadsorben (Lestari et al, 2021). Pengaruh proses adsorpsi pada pengurangan tingkat konsentrasi limbah dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Daya adsorpsi} : \% D = \frac{(C_i - C_e)}{C_1} \times 100 \% \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan

C_i = Nilai konsentrasi limbah awal (mg/L)

C_e = Nilai konsentrasi limbah akhir (mg/L)

Pemodelan adsorpsi *isoterm langmuir* adalah sebagai berikut :

$$C_0 - C = C_i - C_e$$

$$q_e = V \times \frac{(C_i - C_e)}{m} \dots\dots\dots(2)$$

Persamaan model isoterm adsorpsi *langmuir* dapat dilinearsasikan sehingga data penelitian dapat di plot

$$\frac{C}{q_e} = \frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m K_L} + \frac{1}{q_m} C_e \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan

q_e = kapasitas adsorpsi (mg/g)

m = massa adsorben (g)

V = volume larutan timbal (Pb) dan *methylene blue* (L)

C_i = konsentrasi larutan timbal (Pb) dan *methylene blue* sebelum adsorpsi (mg/L)

C_e = konsentrasi larutan timbal (Pb) dan *methylene blue* setelah adsorpsi (mg/L)

q_m = kapasitas adsorpsi maksimum lapisan tunggal (mg/g)

K_L = konstanta kesetimbangan *langmuir* yang berkaitan dengan energi adsorpsi (L/mg)

Persamaan model isoterm adsorpsi *freundlich* dapat dilinearsasikan sehingga data penelitian dapat di plot untuk menentukan konstanta K_f dan nilai $1/n$

$$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan

K_f = konstanta kapasitas adsorpsi *Freundlich* (mg/g)

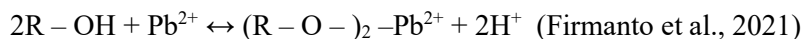
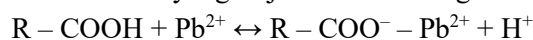
$\frac{1}{n}$ = faktor intensitas *Freundlich*

Persamaan model isoterm *langmuir* adalah sebagai berikut :

(Firmanto et al., 2021; Halim et al., 2021; Kardiman et al., 2020).

3. Hasil dan Pembahasan

Kemampuan sabut kelapa dan serbuk gergaji sebagai bioadsorben logam timbal dan zat warna *methylene blue* dengan memvariasikan konsentrasi bioadsorben dapat dilihat pada **Tabel 2**. Berdasarkan **Tabel 2 dan Tabel 3**, hasil penelitian dapat diketahui bahwa bioadsorben sabut kelapa dan serbuk gergaji kayu durian dengan variasi komposisi massa pada limbah *artificial* timbal dan *methylene blue* dapat dilihat dari hasil analisa kadar dan daya serapnya. Hasil pengujian akhir dari timbal dengan biosorben sabut kelapa dan serbuk gergaji kayu durian adalah 1,13 - 2,04 ppm dengan daya serap sebesar 94,04 – 96,70 %. Hasil pengujian akhir dari *methylene blue* dengan biosorben sabut kelapa dan serbuk gergaji kayu durian adalah 1,15 – 1,16 mg/L dengan daya serap sebesar 85,20 - 89,95%. Berdasarkan hasil analisa tersebut penggunaan variasi massa bioadsorben mempunyai pengaruh terhadap penurunan kadar timbal dan *methylene blue* pada limbah *artificial*. Hasil analisa dari penelitian ini masih jauh dari baku mutu akan tetapi apabila dilihat dari daya serap biosorbennya adalah relatif besar. Variasi komposisi massa bioadsorben memiliki pengaruh terhadap kapasitas adsorpsi dan efisiensi penyerapan dimana komposisi massa bioadsorben yang kecil akan menghasilkan konsentrasi logam dan zat warna yang tinggi sehingga lebih sedikit zat yang dapat teradsorpsi dan menghasilkan efisiensi penyerapan yang rendah dikarenakan jumlah sisi aktif yang terbatas dan tidak cukup untuk menangkap logam atau zat warna akan tetapi kapasitas adsorpsi akan semakin meningkat, sedangkan komposisi massa bioadsorben yang besar akan meningkatkan luas permukaan dan jumlah sisi aktif sehingga lebih banyak zat yang dapat teradsorpsi dan menghasilkan efisiensi penyerapan yang tinggi dikarenakan lebih banyaknya interaksi antara adsorbat dengan sisi aktif adsorben akan tetapi kapasitas adsorpsi akan semakin kecil dikarenakan keterbatasan jumlah adsorbat (Firmanto et al., 2021; Skoog et al., 2021). Hal ini serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Salim et al. (2021) yang mengkombinasikan rumput laut dan abu sekam padi untuk meningkatkan kualitas air di industri minuman ringan. Sabut kelapa dan serbuk gergaji kayu durian mengandung gugus -OH dan -COOH sehingga gugus fungsi ini yang menyebabkan adanya interaksi antara adsorben dengan ion logam secara kimia. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Gugus aktif seperti -OH dan -COOH akan berikatan dengan Pb^{2+} melalui mekanisme donor pasangan elektron yang menyebabkan adanya ikatan ionik. Pb^{2+} yang sudah teradsorpsi tidak akan mudah terlepas dengan proses pencucian biasa. Ikatan ionik akan mudah terjadi apabila adsorben bermuatan negatif seperti gugus COO^- dan ion logam bermuatan positif seperti Pb^{2+} (Firmanto et al., 2021; Ifa, Pakala, Burhan, et al., 2020; Skoog et al., 2021).

Tabel 2. Hasil uji adsorpsi Pb menggunakan AAS

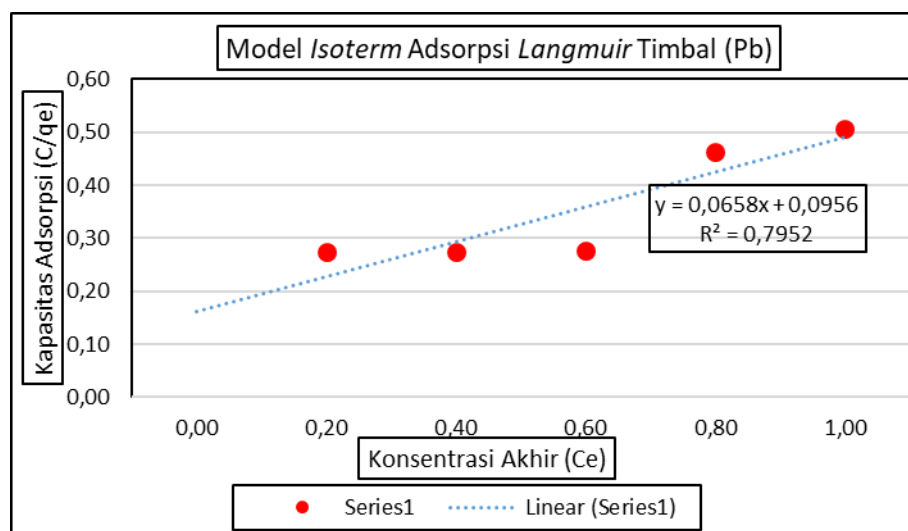
Run	Variabel Konsentrasi		Kadar Timbal (mg/l)	Daya Serap (%)
	Serbuk Gergaji (%)	Sabut Kelapa (%)		
1	0 %	100 %	1,14	96,67
2	25 %	75 %	1,13	96,70
3	50 %	50 %	1,13	96,70
4	75 %	25 %	1,87	94,53
5	100 %	0 %	2,04	94,04
Rata-rata				95,73
Min				94,04
Max				96,70

Tabel 3. Hasil uji adsorpsi *methylene blue* menggunakan spektrofotometer UV-Vis

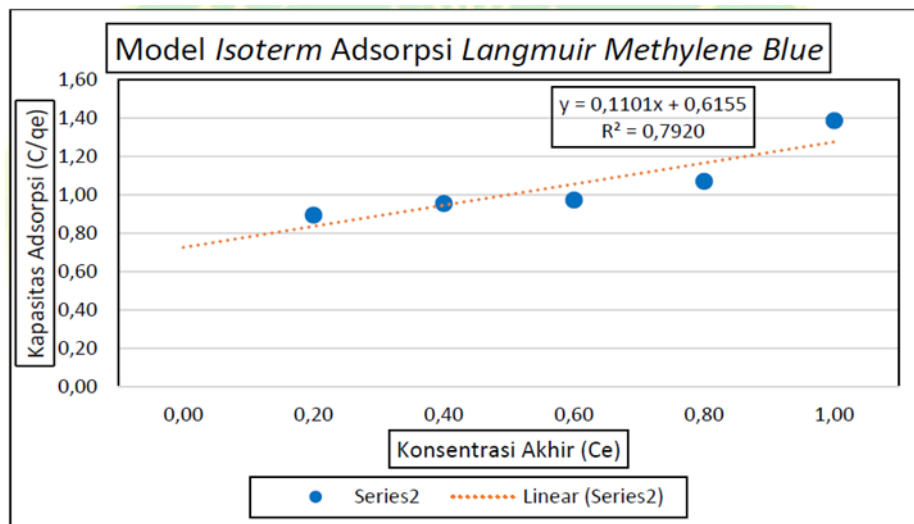
Run	Variabel Konsentrasi		Kadar MB (mg/l)	Daya Serap (%)
	Serbuk Gergaji (%)	Sabut Kelapa (%)		
1	0 %	100 %	1,69	85,23
2	25 %	75 %	1,35	88,20
3	50 %	50 %	1,15	89,95
4	75 %	25 %	1,22	89,34
5	100 %	0 %	1,24	89,16
Rata-rata				88,38
Min				85,23
Max				89,95

Penambahan perlakuan pada bioadsorben yaitu aktivasi sabut kelapa dan serbuk gergaji kayu durian menggunakan HNO_3 1M dapat memaksimalkan daya serapnya. Aktivasi dengan proses perendaman menggunakan HNO_3 1M selama 24 jam, membuat pori – pori pada biosorben menjadi terbuka sehingga luas permukaannya besar dan membantu dalam proses adsorpsi. Menurut Firmanto et al. (2021), waktu perendaman adsorben ke dalam larutan aktivasi memegang peranan penting dalam proses aktivasi. Jika waktu yang dibutuhkan terlalu sedikit, adsorbat tidak akan terlepas sempurna dari adsorben (Firmanto et al., 2021). Hal ini serupa dengan penelitian Rizki et al. (2019) yang melakukan penelitian memanfaatkan biji asam jawa (*Tamarindus indica*) yang diaktivasi menggunakan H_3PO_4 diperoleh daya serap sebesar 92,28 % pada *methylene blue*.

Untuk mengetahui mekanisme adsorpsi maka digunakan kesetimbangan model persamaan adsorpsi *isoterm langmuir* dan *isoterm freundlich*. Tujuan penggunaan kesetimbangan model persamaan adsorpsi isoterm ini adalah untuk mendapatkan persamaan kesetimbangan pada proses adsorpsi yang dapat digunakan untuk mengetahui dan memodelkan bagaimana zat teradsorpsi dan berinteraksi dengan permukaan bioadsorben terhadap kandungan logam berat timbal (Pb) dan *methylene blue* (Firmanto et al., 2021; Halim et al., 2021). Kemudian akan dipilih persamaan yang akan menghasilkan garis regresi yang paling linear dengan nilai konstanta regresi linear (R^2) yang terbesar atau yang mendekati nilai 1 (Firmanto et al., 2021). Grafik uji regresi linear sederhana berdasarkan model isoterm adsorpsi *langmuir* untuk bioadsorben sabut kelapa : serbuk gergaji terhadap timbal dan *methylene blue* seperti pada **Gambar 6** dan **7**.

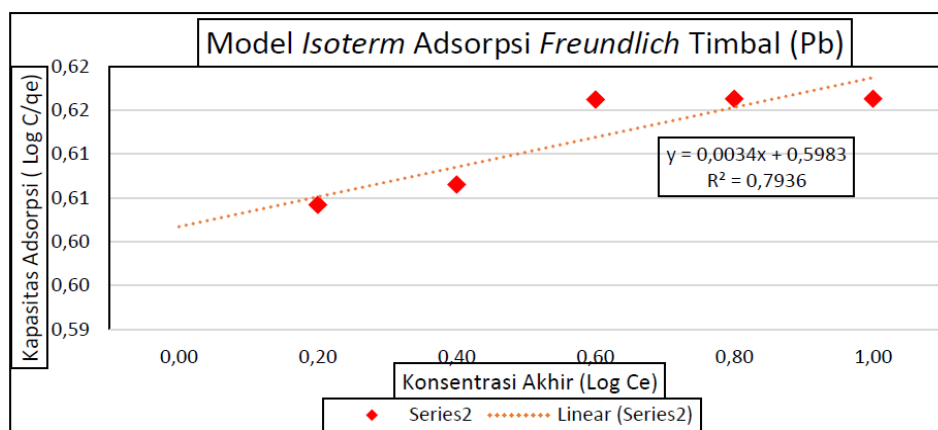


Gambar 6. Kurva grafik model *isoterm adsorpsi langmuir* pada timbal
(Sumber : Data Primer)

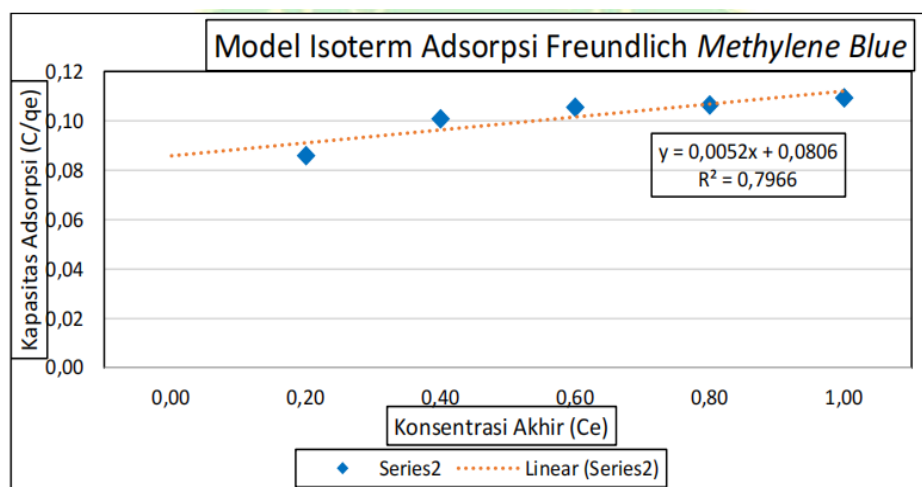


Gambar 7. Kurva grafik model isoterm adsorpsi langmuir pada methylene blue

Grafik uji regresi linear berdasarkan model isoterm adsorpsi *freundlich* untuk bioadsorben sabut kelapa : serbuk gergaji terhadap timbal (Pb) dan *methylene blue* dapat dilihat pada Gambar 8 dan 9.



Gambar 8. Kurva grafik model isoterm adsorpsi *freundlich* pada timbal (Sumber : Data Primer)



Gambar 9. Gambar kurva grafik model isoterm adsorpsi *freundlich* pada methylene blue (Sumber : Data Primer)

Limbah *artificial* timbal pada kurva pola permodelan *isotherm* adsorpsi *Langmuir* diperoleh persamaan regresi *linear* $y = 0,0658x + 0,0956$ dengan nilai R^2 sebesar 0,7952, sedangkan pada limbah *artificial methylene blue* diperoleh persamaan garis regresi *linear* $y = 0,1101x + 0,6155$ dengan nilai R^2 sebesar 0,7920. Kurva pola permodelan *isotherm* adsorpsi *Freundlich* pada timbal diperoleh persamaan dengan garis regresi *linear* $y = 0,0034x + 0,5983$ dengan nilai R^2 sebesar 0,7936, sedangkan pada limbah *artificial methylene blue* diperoleh persamaan garis regresi *linear* $y = 0,0052x + 0,0806$ dengan nilai R^2 sebesar 0,7966. Nilai regresi R^2 pada limbah *artificial* timbal yang paling mendekati nilai 1 adalah *isotherm* adsorpsi *Langmuir* yaitu sebesar 0,7952 dan nilai regresi R^2 untuk limbah *artificial methylene blue* adalah *isotherm* adsorpsi *freundlich* yaitu sebesar 0,7966 ini membuktikan bahwa mekanisme adsorpsi untuk timbal adalah *monolayer* dan untuk *methylene blue* adalah *multilayer* (Firmanto et al., 2021; Halim et al., 2021). Adsorpsi *monolayer* berlangsung dengan mekanisme kimia dan menghasilkan energi adsorpsi yang kecil (Firmanto et al., 2021; Ifa, Pakala, Burhan, et al., 2020). Proses adsorpsi kimia merupakan proses adsorpsi yang terjadi pada permukaan bioadsorben sabut kelapa dan serbuk gergaji kayu durian sehingga molekul senyawa limbah *artificial* timbal (Pb) dan *methylene blue* sudah dapat teradsorpsi semua hanya dengan membentuk satu lapisan tunggal (*monolayer*) (Firmanto et al., 2021; Maftukhah et al., 2022). Proses adsorpsi *monolayer* dapat terjadi ketika adsorbat dalam fase cair bergerak menuju permukaan adsorben, molekul akan menempel pada sisi aktif di permukaan sehingga akan membentuk satu lapisan dan tidak ada adsorpsi selanjutnya di atas lapisan tersebut (Assegaf et al., 2023; Firmanto et al., 2021; Saef et al., 2022). Hal ini serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Wijayanti & Kurniawati (2019) yang menggunakan persamaan *langmuir* dan *freundlich* pada abu gosok sebagai adsorben dan hasilnya adalah bahwa persamaan *langmuir* adalah persamaan yang tepat untuk menurunkan kandungan NaOH. Proses adsorpsi *multilayer* ada lebih dari satu lapisan permukaan dan sisi bersifat heterogen, sehingga terjadi perbedaan energi ikatan pada tiap-tiap sisi (Wijayanti & Kurniawati (2019). Hal ini serupa dengan penelitian Assegaf, et al (2023) yang meneliti tentang adsorpsi logam berat Fe (II) menggunakan Abu POFA teraktivasi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa bioadsorben dari sabut kelapa dan serbuk gergaji kayu durian memiliki kemampuan sebagai bioadsorben timbal dan *methylene blue* pada air limbah *artificial* dengan variasi persentase massa adsorben. Hasil yang diperoleh sabut kelapa dan serbuk gergaji kayu durian dalam mengadsorb timbal dan *methylene blue* dengan penyerapan tertinggi pada komposisi 25 % : 75 %; 50% ; 50% pada timbal dengan kadar timbal 1,13 mg/l dan daya serap 96,70 % serta komposisi 50 % : 50 % pada *methylene blue* dengan kadar *methylene blue* 1,15 mg/l dan daya serap 89,95 %. Pemodelan matematis untuk mengetahui kemampuan adsorpsi yang paling mendekati konstanta regresi sebesar 1 adalah adsorpsi *isotherm langmuir* dengan persamaan garis regresi *linear* $y = 0,0658x + 0,0956$ nilai R^2 sebesar 0,7952 untuk timbal dan adsorpsi *isotherm freundlich* dengan persamaan garis regresi *linear* $y = 0,0052x + 0,0806$ dengan nilai R^2 sebesar 0,7966 untuk *methylene blue*. Hasil penelitian menyatakan sabut kelapa dan serbuk gergaji berpotensi sebagai bioadsorben timbal dan *methylene blue*.

Daftar Pustaka

- Arini, G. A., & Aminah, S. (2020). Pemanfaatan Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona Grandis* L.F) Sebagai Adsorben Logam Cu (II). *Kaos GL Dergisi*, 8(75), 147–154.
- Arman, E., Siahaan, L. A. B., Febrianti, E., Sari, A. T., & Reagan, M. A. (2025). Studi Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Adsorben Ampas Tebu. *Jurnal Redoks: Jurnal Pendidikan Kimia Dan Ilmu Kimia*, 8(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.33627/re.v8i2.3442>
- Arrizal, H., Maftukhah, S., & Agustine, D. (2024). Potensi Limbah Cangkang Telur Ayam Sebagai Biosorben Logam Mangan (Mn) dan Perbandingannya dengan Koagulan Kimia. *Jurnal Teknik & Teknologi Terapan*, 2(2), 32–37.
- Asnawati, Kharismaningrum, R. R., & Andarini, N. (2017). Penentuan Kapasitas Adsorpsi Selulosa terhadap Rhodamin B dalam Sistem Dinamis. *Jurnal Kimia Riset*, 2(1), 23–29.
- Assegaf, M. H., Rosyani, & Alamsyah, Z. (2023). Studi Isotherm Langmuir dan Freundlich pada Adsorpsi Logam Berat Fe (II) Menggunakan Abu POFA Teraktivasi. *Jurnal Pembangunan*

Berkelanjutan, 6(2), 69–79.

- Baunsele, A. B., Boelan, E. G., Kopon, A. M., Leba, M. A. U., Missa, H., Rahayu, Nitsae, M., & Siswanta, D. (2024). Kinetika Adsorpsi Metilen Biru Memanfaatkan Serbuk Gergaji Kayu Jati Teraktivasi Asam Sulfat. *Inovasi Teknik Kimia*, 9(4), 284–294.
- Baunsele, A. B., & Missa, H. (2020). Kajian Kinetika Adsorpsi Methylene Blue Menggunakan Adsorben Sabut Kelapa. *Akta Kimia Indonesia*, 5(2), 76. <https://doi.org/10.12962/j25493736.v5i2.7791>
- Ernawati, Maflihah, I., Ubang, I., Natali Podung, P., Nurbaiti, W., & Lestari, S. (2021). Adsorpsi Methylene Blue Dengan Menggunakan Arang Aktif Dari Ampas Kopi. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*, 173–179.
- Firmanto, R. P., Setyowati, R. D. N., & Suprayogi, D. (2021). 07.-Rafli-Puji-Halaman-197-206. *Journal of Research and Technology*, Vol. 7 No.(2), 195–206.
- Halim, A., Romadon, J., & Achyar, M. (2021). Pembuatan Adsorben Dari Sekam Padi Sebagai Penyerap Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) Dalam Air Limbah. *Sustainable Environmental and Optimizing Industry Journal*, 3(2), 66–74. <https://doi.org/10.36441/seoi.v3i2.448>
- Ifa, L., Pakala, F. R., Burhan, R. W., Jaya, F., & Majid, R. A. (2020). Pemanfaatan Sabut Kelapa Sebagai Bioadsorben Logam Berat Pb(II) Pada Air Limbah Industri. *Journal of Chemical Process Engineering*, 5(1), 2655–2967.
- Ifa, L., Pakala, F. R., Jaya, F., & Majid, R. A. (2020). Pemanfaatan Sabut Kelapa Sebagai Bioadsorben Logam Berat Pb(II) Pada Air Limbah Industri. *Journal of Chemical Process Engineering*, 5(1), 54–60. <https://doi.org/10.33536/jcpe.v5i1.476>
- Kardiman, K., La Ifa, L. I., & Rasyid, R. (2020). Pembuatan Adsorben Dari Sabut Kelapa Sebagai Penyerap Logam Berat Pb (II). *ILTEK: Jurnal Teknologi*, 14(2), 2083–2087. <https://doi.org/10.47398/iltek.v14i2.421>
- Kusumawardani, R., Zaharah, T. A., & Destiarti, L. (2018). Adsorpsi Kadmium(II) Menggunakan Adsorben Selulosa Ampas Tebu Teraktivasi Asam Nitrat. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 7(3), 75–83.
- Lestari et al. (2021). Pemanfaatan Cangkang Telur Dan Sekam Padi Sebagai Bioadsorben Methylene Blue Pada Limbah Tekstil. *Jurnal Riset Kimia*, 12(1), 36–43. <https://doi.org/10.25077/jrk.v12i1.396>
- Maftukhah, S., Agustine, D., Heri, S. M., & Arrizal, H. (2022). Application of Golden Snail Shell Powder as a River Water Purifier. *The 1st International Conference on Social, Science, and Technology*.
- Nurlatifah, I., Arlianti, L., Riyadi, G. K., Amyranti, M., Kurniasari, R., & Maftukhah, S. (2025). Karakterisasi Hidrogel sebagai Absorben Metanil Yellow dari Kulit Pisang Kepok. *UNISTEK: Jurnal Pendidikan Dan Aplikasi Industri*, 12(1), 53–62.
- Razi, N. M., Fildzah, F., Dhani, D. N., Nasir, M., Rizki, A., & Firdus, F. (2023). Literatur Review: Pencemaran Logam Berat di Pelabuhan Indonesia. *Jurnal Laot Ilmu Kelautan*, 5(1), 48. <https://doi.org/10.35308/jlik.v5i1.7175>
- Rizki, A., Syahputra, E., & Setiaty Pandia, H. (2019). Pengaruh Waktu Kontak dan Massa Adsorben Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica*) dengan Aktivator H₃PO₄ terhadap Kapasitas Adsorpsi Zat Warna Methylene Blue. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 8(2), 54–60.
- Rokhati, N., Prasetyaningrum, A., Hamada, N. 'Aini, Utomo, A. L. C., Kurniawan, H. B., & Nugroho, I. H. (2021). Pemanfaatan Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Limbah Logam Berat. *Inovasi Teknik Kimia*, 6(2), 89–94.
- Saef, S. K., Amalia, V., & Supriatna, A. M. (2022). Adsorpsi Ion Logam Cd(II) oleh Selulosa Limbah Sabut Kelapa sebagai Adsorben Berbiaya Murah. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*, 60–68.
- Salim, A., Aras, N. R. M., & Sitanggang, B. C. (2021). Modifikasi Bioadsorben Rumput Laut (*Eucheuma Cottonii*)-Abu Sekam Padi Sebagai Bioadsorben Limbah Cair Industri Minuman Ringan. *Journal of Chemical Process Engineering*, 6(2), 2655–2967.
- Santhi, M., Arnata, I. W., & Wrasati, L. P. (2022). Isolasi Selulosa Dari Serat Sabut Kelapa (*Cocos Nucifera* L.) Pada Variasi Suhu Dan Waktu Proses Bleaching Dengan Asam Perasetat. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 10(3), 248. <https://doi.org/10.24843/jrma.2022.v10.i03.p02>

- Saputra, A., Tiandho, Y., & Afriani, F. (2022). Studi Kinetika Pada Proses Elektrokoagulasi Zat Warna Methylene Blue. *Jurnal Riset Fisika Indonesia*, 3(1), 1–11. <https://doi.org/10.33019/jrfi.v3i1.3230>
- Silalahi, F. R. W., Zainuri, M., & Wulandari, S. Y. (2023). Studi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Seng (Zn) di Perairan Muara Sungai Cisadane Kabupaten Tangerang. *Indonesian Journal of Oceanography (IJOCE)*, 5(1), 01–06.
- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2021). *Fundamentals of Analytical Chemistry*. Cengage.
- VI, L., Indonesia, P. P. R., 2021, N. 22 T., Tentang, Dan, P. P., & Hidup, P. L. (2021). *Baku Mutu Air Nasional*.
- 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), 175–184.