

---

## Pemanfaatan Frass Rayap sebagai Bioadsorben untuk Reduksi Pewarna Sintetis dalam Limbah Cair Tekstil

Adenia Salsabila<sup>1)\*</sup>, Nur Kholidah<sup>2)</sup>, Willis Rihatman Joko Kanon<sup>3)</sup>, Nadhifah Kiafa Mazaya<sup>4)</sup>

<sup>1,3,4)</sup> SMA Negeri 12 Jakarta, Indonesia

<sup>2)</sup> Pendidikan Profesi Guru, Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia

\*Adenia Salsabila

Email : [salsabiladenia02@gmail.com](mailto:salsabiladenia02@gmail.com)

---

### Abstrak

Pencemaran lingkungan akibat limbah industri tekstil menjadi permasalahan serius, terutama karena kandungan pewarna sintetis seperti metilen biru yang berpotensi merusak ekosistem perairan. Data Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa lebih dari 50% limbah industri cair yang mencemari perairan di Indonesia berasal dari Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM), khususnya sektor tekstil. Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas frass rayap sebagai adsorben alami dalam menyerap limbah pewarna sintetis sebagai solusi pengolahan limbah cair yang ramah lingkungan dan ekonomis. Hasil percobaan menunjukkan bahwa frass rayap mampu menurunkan konsentrasi metilen biru secara signifikan, terutama setelah melalui proses karbonisasi dan aktivasi yang meningkatkan kemampuan adsorpsinya. Dengan demikian, frass rayap berpotensi menjadi alternatif adsorben berkelanjutan yang dapat dimanfaatkan oleh UMKM dalam pengelolaan limbah tekstil. Penelitian lanjutan disarankan untuk menguji efektivitas frass rayap terhadap jenis pewarna sintetis lainnya.

**Kata kunci:** Adsorpsi, Frass Rayap, Limbah Tekstil, Pewarna Sintetis

### Abstract

Environmental pollution caused by textile industrial waste has become a serious issue, particularly due to the presence of synthetic dyes such as methylene blue, which can damage aquatic ecosystems. Data from the Central Statistics Agency (BPS) indicate that more than 50% of liquid industrial waste polluting water bodies in Indonesia originates from Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs), especially in the textile sector. This study aims to evaluate the effectiveness of termite frass as a natural adsorbent for removing synthetic dye pollutants as an environmentally friendly and cost-effective solution for wastewater treatment. Experimental results show that termite frass significantly reduces methylene blue concentration, particularly after carbonization and activation processes that enhance its adsorption capacity. Therefore, termite frass has strong potential as a sustainable alternative adsorbent that can be utilized by MSMEs in textile wastewater management. Further studies are recommended to investigate the effectiveness of termite frass in adsorbing other types of synthetic dyes commonly found in textile effluents.

**Keywords:** Adsorption, Termite Frass, Textile Waste, Synthetic Dyes

---

## PENDAHULUAN

Kota Daerah Khusus Jakarta (DKJ) telah lama berkembang sebagai kota metropolitan dengan aktivitas ekonomi dan industri yang sangat intensif. Perkembangan ini ditandai dengan meningkatnya jumlah industri berskala besar maupun kecil yang tersebar di berbagai wilayah. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) (2003), Daerah Khusus Jakarta (DKJ) termasuk salah satu provinsi dengan konsentrasi industri manufaktur tertinggi di Indonesia, termasuk industri tekstil dan produk tekstil yang berperan penting dalam mendukung sektor perdagangan dan ekspor nasional.

Selain industri berskala besar, pertumbuhan Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) di wilayah Daerah Khusus Jakarta (DKJ) juga mengalami peningkatan yang signifikan. Dukungan pemerintah melalui penyediaan fasilitas, pelatihan, dan akses permodalan mendorong berkembangnya UMKM, termasuk di sektor tekstil dan industri rumahan berbasis pewarnaan kain (Johan dan Supandi, 2025). Namun, di balik kontribusinya terhadap perekonomian, aktivitas UMKM juga berpotensi menimbulkan permasalahan lingkungan, khususnya terkait pengelolaan limbah cair yang belum optimal.

Berbagai laporan dan kajian lingkungan menunjukkan bahwa limbah cair industri, termasuk dari UMKM, masih menjadi salah satu penyumbang utama pencemaran perairan. Studi Kamil et al. (2011) melaporkan bahwa lebih dari 50% pencemaran limbah cair industri di badan air Indonesia berasal dari usaha kecil dan menengah, terutama dari sektor makanan dan tekstil. Limbah tersebut umumnya dibuang langsung ke saluran air tanpa proses pengolahan yang memadai.

Limbah industri tekstil merupakan salah satu jenis limbah yang berpotensi menimbulkan dampak lingkungan serius karena mengandung zat pewarna sintetis. Pewarna seperti metilen biru, rhodamin B, dan senyawa azo banyak digunakan dalam proses pencelupan kain karena sifatnya yang stabil dan tahan luntur. Namun, sifat tersebut menyebabkan zat warna sulit terurai secara alami, bersifat toksik bagi organisme perairan, serta dapat menghambat penetrasi cahaya matahari ke dalam air sehingga mengganggu proses fotosintesis fitoplankton dan tumbuhan air (Gunes et al., 2021). Dalam jangka panjang, kondisi ini berpotensi menurunkan kualitas ekosistem perairan.

Berbagai metode pengolahan limbah pewarna telah dikembangkan, antara lain koagulasi-flokulasi, filtrasi, oksidasi, dan penggunaan adsorben seperti karbon aktif (Piaskowski et al., 2018). Meskipun efektif, penggunaan karbon aktif memiliki keterbatasan, terutama dari segi biaya produksi yang relatif tinggi dan ketergantungan pada bahan baku tertentu. Kondisi ini menjadi kendala bagi UMKM yang memiliki keterbatasan modal dan akses teknologi pengolahan limbah. Oleh karena itu, diperlukan alternatif bahan adsorben yang murah, mudah diperoleh, ramah lingkungan, serta berbasis sumber daya lokal. Salah satu bahan yang berpotensi dikembangkan sebagai adsorben alami adalah frass rayap, yaitu kotoran rayap hasil proses pencernaan kayu. Frass rayap mengandung senyawa organik seperti lignin dan selulosa terdegradasi, serta memiliki struktur mikro berpori yang berpotensi mendukung proses adsorpsi. Pemanfaatan frass rayap sebagai adsorben juga sejalan dengan prinsip pengelolaan limbah berkelanjutan karena memanfaatkan limbah biologis yang selama ini belum banyak dimanfaatkan.

Melalui penelitian ini, penulis bertujuan untuk menguji efektivitas frass rayap sebagai adsorben alami dalam menyerap pewarna sintetis metilen biru. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi langkah awal dalam pengembangan bio-adsorben sederhana yang ekonomis dan ramah lingkungan, khususnya sebagai alternatif pengolahan limbah cair bagi pelaku UMKM di wilayah perkotaan seperti Daerah Khusus Jakarta (DKJ).

## METODE PENELITIAN

### Rencana Penelitian

Penelitian ini kami lakukan dengan tujuan menguji coba efektivitas frass rayap sebagai bahan adsorben dari limbah pewarna tekstil dengan pengolahan yang sederhana. Kami berencana melakukan penelitian ini dalam jangka satu minggu baik dari penentuan ide, pengumpulan alat dan bahan, hingga proses penelitian. Penyusunan laporan dilakukan secara beriringan dengan pelaksanaan kegiatan penelitian.

### Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium kimia SMA Negeri 12 Jakarta yang berlokasi di Kelurahan Klender, Kecamatan Duren Sawit, Jakarta Timur. Penelitian dan percobaan mengenai "Frass rayap sebagai adsorben pewarna tekstil" akan dilakukan dengan memberi perlakuan pada larutan pewarna tekstil Methylene Blue yang biasa menjadi limbah produksi tekstil. Penelitian ini dimulai pada bulan Juli 2025. Penyusunan laporan dilakukan secara beriringan dengan pelaksanaan kegiatan penelitian.

## Alat dan Bahan

Sebagian besar alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan fasilitas Laboratorium Kimia SMA Negeri 12 Jakarta. Alat yang digunakan yaitu timbangan digital, erlenmeyer, gelas kimia (beaker), pengaduk, stopwatch, sarung tangan lateks, pH meter, lampu spiritus, kaki tiga, kawat kasa, dan pipet tetes. Bahan yang digunakan meliputi frass rayap, metilen biru (bubuk), akuades (air suling), larutan asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) dengan konsentrasi 0,5–1 M, kertas saring atau kain kasa halus, serta air keran.

## Rancangan dan Prosedur Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan semi-kuantitatif, di mana tingkat adsorpsi metilen biru ditentukan berdasarkan perubahan intensitas warna larutan menggunakan skala warna sebagai indikator utama. Pendekatan ini digunakan untuk menghubungkan secara langsung prosedur eksperimen dengan hasil adsorpsi yang diperoleh.

Penelitian dilakukan melalui tiga tahap utama, yaitu persiapan adsorben frass rayap, pembuatan larutan metilen biru, dan uji adsorpsi. Frass rayap dikumpulkan dari sarang rayap, kemudian dibersihkan dari kotoran kasar, dicuci menggunakan air hingga bersih, dan dikeringkan. Frass yang telah kering selanjutnya dikarbonisasi dengan cara dipanaskan dalam wadah besi menggunakan sumber panas dari lampu spiritus selama  $\pm 30$  menit.

Frass hasil karbonisasi kemudian direndam dalam larutan asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) sebagai proses aktivasi kimia untuk meningkatkan luas permukaan dan jumlah pori aktif adsorben. Setelah proses aktivasi, frass dibilas menggunakan akuades hingga mendekati pH netral dan dikeringkan kembali sehingga diperoleh frass rayap aktif.

Larutan metilen biru dibuat dengan melarutkan 0,2 gram metilen biru ke dalam 1 liter akuades sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 200 ppm. Sebanyak 100 mL larutan metilen biru dimasukkan ke dalam gelas kimia, kemudian ditambahkan frass rayap aktif sebanyak 3 gram. Campuran diaduk perlahan dan dibiarkan selama variasi waktu kontak antara 1 hingga 8 jam untuk memberikan kesempatan terjadinya proses adsorpsi.

Setelah proses adsorpsi selesai, larutan disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan adsorben dari larutan. Warna larutan hasil penyaringan diamati secara visual dan dibandingkan dengan larutan awal. Tingkat kejernihan larutan kemudian dianalisis menggunakan skala warna semi-kuantitatif sebagai indikator tingkat adsorpsi metilen biru. Selain itu, dilakukan pengukuran pH larutan setelah adsorpsi sebagai parameter pendukung untuk memperkuat interpretasi hasil.

Hasil analisis skala warna dan pH selanjutnya digunakan untuk menilai efektivitas frass rayap sebagai adsorben pewarna tekstil metilen biru serta pengaruh perlakuan aktivasi dan waktu kontak terhadap proses adsorpsi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Adsorpsi Metilen Biru Berdasarkan Skala Warna

Untuk memperkuat hasil pengamatan visual, tingkat adsorpsi larutan metilen biru dianalisis secara semi-kuantitatif menggunakan skala warna. Skala ini digunakan untuk mengklasifikasikan intensitas warna larutan setelah proses adsorpsi berdasarkan pengamatan visual yang konsisten.

**Tabel 1.** Hasil Semi-kuantitatif dengan Skala Warna

Skor	Warna	Keterangan
1	Biru pekat	Hampir tidak terjadi adsorpsi
2	Biru agak pekat	Adsorpsi sangat rendah
3	Biru pucat	Adsorpsi sedang
4	Biru sangat pucat / kehijauan	Adsorpsi tinggi
5	Bening kekuningan	Adsorpsi sangat tinggi

Berdasarkan skala tersebut, hasil adsorpsi frass rayap pada berbagai perlakuan dan waktu kontak dapat dirangkum pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Adsorpsi Metilen Biru Berdasarkan Skala Warna

Perlakuan	Waktu Kontak	Warna Larutan	Skor
Larutan metilen biru murni (kontrol)	1–8 jam	Biru pekat	1
Frass terkarbonisasi tanpa aktivasi	1 jam	Biru pucat	3
Frass terkarbonisasi tanpa aktivasi	8 jam	Biru kekuningan	4
Frass terkarbonisasi dengan aktivasi H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1 jam	Biru sangat pucat	4
Frass terkarbonisasi dengan aktivasi H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	8 jam	Hampir bening	5

### Pembahasan Data Hasil Penelitian

Penggunaan skala warna sebagai pendekatan semi-kuantitatif memberikan gambaran yang lebih objektif terhadap tingkat adsorpsi metilen biru oleh frass rayap. Metode ini banyak digunakan sebagai indikator awal efektivitas penghilangan zat warna, terutama pada penelitian skala laboratorium sederhana yang belum menggunakan instrumen spektrofotometri (Piaskowski et al., 2018). Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan skor adsorpsi seiring dengan bertambahnya waktu kontak serta adanya perlakuan aktivasi kimia pada frass rayap. Adsorben frass rayap dipersiapkan melalui beberapa tahap, yaitu pembersihan, pengeringan, karbonisasi, dan aktivasi kimia menggunakan larutan asam fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>). Proses karbonisasi bertujuan menghilangkan komponen volatil dan membentuk struktur karbon berpori, sedangkan aktivasi kimia berfungsi meningkatkan luas permukaan spesifik serta jumlah pori aktif pada adsorben. Aktivasi menggunakan asam fosfat diketahui efektif dalam membuka struktur pori dan menambahkan gugus fungsi aktif, seperti gugus hidroksil dan fosfat, yang berperan dalam meningkatkan daya ikat terhadap molekul zat warna bermuatan (Chandiran dan Zain, 2025). Larutan metilen biru dibuat dengan konsentrasi 200 ppm, kemudian sebanyak 100 mL larutan tersebut diberi perlakuan penambahan frass rayap aktif sebanyak 3 gram. Variasi waktu kontak antara 1 hingga 8 jam digunakan untuk mengamati dinamika proses adsorpsi. Setelah proses adsorpsi, larutan disaring untuk memisahkan adsorben dari larutan, kemudian dilakukan pengamatan perubahan warna secara visual menggunakan skala warna semi-kuantitatif.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa intensitas warna larutan metilen biru menurun secara bertahap seiring meningkatnya waktu kontak dan perlakuan aktivasi adsorben. Skor yang lebih tinggi pada skala warna menunjukkan tingkat adsorpsi yang lebih besar, yang mengindikasikan kemampuan frass rayap dalam menyerap molekul metilen biru secara efektif. Temuan ini sejalan dengan prinsip adsorpsi, di mana molekul zat warna akan terikat pada permukaan adsorben hingga mencapai kondisi kesetimbangan (Manurung et al., 2025).

Frass rayap yang hanya mengalami karbonisasi tanpa aktivasi kimia menunjukkan skor adsorpsi sedang hingga tinggi (skor 3–4). Hal ini menandakan bahwa struktur karbon hasil karbonisasi telah memiliki pori-pori yang mampu mengadsorpsi metilen biru. Namun, warna larutan yang masih cenderung kekuningan mengindikasikan kemungkinan adanya senyawa organik sisa yang terlepas akibat proses karbonisasi yang belum sempurna. Fenomena ini umum terjadi pada adsorben berbasis biomassa yang belum melalui aktivasi lanjutan. Pada frass rayap yang mengalami aktivasi menggunakan asam fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), skor adsorpsi meningkat secara signifikan, yaitu mencapai skor 4 pada waktu kontak 1 jam dan skor maksimum 5 pada waktu kontak 8 jam. Aktivasi kimia berperan penting dalam meningkatkan interaksi antara permukaan adsorben dan molekul metilen biru melalui mekanisme elektrostatik dan ikatan kimia lemah, sehingga efisiensi adsorpsi menjadi lebih tinggi (Gunes et al., 2021).

Perbedaan skor adsorpsi antara waktu kontak 1 jam dan 8 jam menunjukkan bahwa proses adsorpsi berlangsung secara bertahap. Semakin lama waktu kontak, semakin besar peluang molekul metilen biru untuk teradsorpsi hingga mendekati kondisi kesetimbangan. Pola ini sesuai dengan karakteristik umum proses adsorpsi zat warna oleh adsorben karbon dan biomaterial (Piaskowski et al., 2018). Hasil pengukuran pH mendukung temuan tersebut. Larutan metilen biru awal memiliki pH sebesar 8,8, sedangkan setelah proses adsorpsi terjadi penurunan

pH menjadi 6,99 pada frass tanpa aktivasi dan 5,9 pada frass teraktivasi. Penurunan pH ini menunjukkan adanya interaksi antara gugus aktif frass dengan molekul metilen biru, yang memperkuat terjadinya proses adsorpsi. Perubahan pH juga berpengaruh terhadap muatan permukaan adsorben dan stabilitas ikatan zat warna (Plarre et al., 2021; Piaskowski et al., 2018). Secara keseluruhan, efektivitas frass rayap sebagai bio-adsorben sangat dipengaruhi oleh proses pengolahan dan kondisi adsorpsi. Frass rayap tetap dapat berfungsi sebagai adsorben tanpa aktivasi kimia, namun hasil adsorpsinya belum optimal karena masih adanya pelepasan senyawa organik sisa. Oleh karena itu, aktivasi kimia menjadi tahap penting untuk meningkatkan performa adsorben.

Proses pengolahan yang relatif sederhana frass rayap memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai adsorben alami yang ramah lingkungan. Pemanfaatan frass rayap ini sangat relevan untuk diterapkan pada skala Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM), yang umumnya belum memiliki akses terhadap teknologi pengolahan limbah yang kompleks (Kulkani et al., 2021). Selain itu, pengembangan frass rayap dalam bentuk praktis, seperti serbuk atau tablet adsorben, berpotensi menjadi solusi alternatif yang murah dan aplikatif dalam pengolahan limbah tekstil, khususnya di wilayah DKI Jakarta yang memiliki aktivitas industri dan UMKM cukup tinggi.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa frass rayap berpotensi sebagai bio-adsorben alami dalam menyerap zat warna metilen biru dari larutan limbah tekstil. Pendekatan semi-kuantitatif menggunakan skala warna memperlihatkan penurunan intensitas warna yang semakin besar seiring dengan penambahan waktu kontak dan perlakuan aktivasi kimia. Frass rayap yang mengalami karbonisasi dan aktivasi asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) memiliki kemampuan adsorpsi lebih tinggi dibandingkan frass tanpa aktivasi, yang didukung oleh perubahan pH larutan setelah adsorpsi sebagai indikasi terjadinya interaksi kimia. Dengan proses pengolahan yang relatif sederhana, frass rayap berpotensi dikembangkan sebagai alternatif adsorben ramah lingkungan dan berbiaya rendah, khususnya untuk pengolahan limbah cair tekstil pada skala Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM). Saran yang kami tunjukkan untuk pemerintah ialah penelitian dan pengembangan lebih lanjut dalam penggunaan frass rayap sebagai adsorben pada limbah pewarna tekstil khususnya dalam berbagai jenis pewarna lain yang biasa digunakan dalam produksi dan seringkali ditemukan pada limbah cair tekstil. Kami memberi saran agar pemerintah, khususnya pada daerah yang merupakan pusat perdagangan dan produksi produk tekstil dapat lebih memperhatikan kondisi lingkungan agar tidak terjadinya pencemaran lebih lanjut pada masa yang akan datang, karena penyumbang limbah dalam skala kecil jika dalam waktu yang lama akan berdampak buruk bagi lingkungan dan ekosistem.

## REFERENSI

- Badan Pusat Statistik Provinsi DKI Jakarta. (2023). Statistik industri manufaktur Provinsi DKI Jakarta 2023 (Manufacturing industry statistics of DKI Jakarta Province 2023). BPS Provinsi DKI Jakarta. Nomor Publikasi 31000.2356.
- De Souza, L. F., Demarchi, C. A., & Rodrigues, C. A. (2022). Activation of termite feces with different chemical reagents and their effects on norfloxacin adsorption properties. *Acta Ambiental Catarinense*, 19(1), 24–32. (<https://doi.org/10.24021/raac.v19i1.6653>)
- Gunes, B., Jaquet, Y., Sánchez-Sánchez, L., Pumarino, R., McGlade, D., Quilty, B., Morrissey, A., Gholamvand, Z., Nolan, K., & Lawler, J. (2021). Activated graphene oxide–calcium alginate beads for adsorption of methylene blue and pharmaceuticals. *Materials*, 14(21), 6343. (<https://doi.org/10.3390/ma14216343>)
- Johan, R. S., & Supandi, A. (2025). Pengaruh foreign direct investment, UMKM, infrastruktur, dan koperasi terhadap pertumbuhan ekonomi serta dampaknya pada penurunan pengangguran di

- Provinsi DKI Jakarta. JUDIC (Jurnal Dinamika Ilmu Ekonomi), 6(1). (<https://doi.org/10.37010/jdc.v6i1.2013>)
- Kamil, R., Abdekhodae, A., & Nagarajah, R. (2011). Environmental protection through small businesses: An analysis of the role of stakeholders in green operations. *Advanced Materials Research*, 356–360, 2555–2560. (<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.356-360.2555>)
- Kulkarni, P., Ponnappa, C. B., & Balaji, S. (2021). Lignin from termite frass: A sustainable source for anticorrosive applications. *Journal of Applied Electrochemistry*, 51, 1529–1537. [<https://doi.org/10.1007/s10800-021-01592-8>](<https://doi.org/10.1007/s10800-021-01592-8>)
- Manurung, M., Ratnayani, O., & Ciawi, Y. (2025). Karbon dari bahan alam sebagai adsorben ramah lingkungan: Potensi, tantangan, dan aplikasinya. *Nata Palembang: Jurnal Rekayasa dan Inovasi Lingkungan*. Universitas Udayana.
- Piaskowski, K., Świdarska-Dąbrowska, R., & Zarzycki, P. K. (2018). Dye removal from water and wastewater using various physical, chemical, and biological processes. *Journal of AOAC International*, 101(5), 1371–1384. (<https://doi.org/10.5740/jaoacint.18-0051>)
- Plarre, R., Zocca, A., Spitzer, A., Benemann, S., Gorbushina, A. A., Li, Y., ... Günster, J. (2021). Searching for biological feedstock material: 3D printing of wood particles from house borer and drywood termite frass. *PLOS ONE*, 16(2), e0246511. (<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246511>)