

Effectiveness of Fungus *Aspergillus* sp. and Endofit Fungus as Bioremediation for Batik Pewarna Waste in Lake Teluk

Mi'Rajul Auliya Ulhaq^{1*}, Harum Salsabila Novrianti¹, Nisyaroza Yerdil¹, Marsaulina Sihombing¹

¹Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, Indonesia;

Article History

Received : July 07th, 2025

Revised : July 11th, 2025

Accepted : September 02th, 2025

*Corresponding Author:

Mi'Rajul Auliya Ulhaq,

Program studi Biologi, Fakultas
Sains dan Teknologi, Universitas
Jambi, Indonesia;

Email:

auliaulhaq866@gmail.com

Abstract: Batik wastewater contains toxic pollutants such as chromium (Cr) and lead (Pb), which cause serious environmental pollution, therefore eco-friendly remediation methods are required. This study aimed to evaluate the effectiveness of *Aspergillus* sp. and endophytic fungi as bioremediation agents in reducing the color intensity of batik dye wastewater from Lake Teluk, Jambi. The research was conducted through an experimental design using two pre-incubation treatments, namely 24 hours and 5 days, before fungi were applied to the wastewater. The effectiveness of the treatment was measured using a UV-Vis spectrophotometer at 550 nm, and the percentage of decolorization was analyzed by comparing results across treatments. The results showed that *Aspergillus* sp. with a 5-day pre-incubation achieved the highest color reduction of 40.87%, whereas the 24-hour pre-incubation of both *Aspergillus* sp. and endophytic fungi only reduced color intensity by about 27–29%. These findings demonstrate that longer incubation time promotes mycelial growth and enhances enzymatic activity, including laccase and peroxidase, which accelerate dye degradation. It can be concluded that *Aspergillus* sp. is a more effective bioremediation agent than endophytic fungi, particularly with a 5-day pre-incubation period. The implication of this study suggests that further field-scale applications should be developed to establish *Aspergillus* sp. as a sustainable, safe, and efficient technology for batik wastewater management.

Keywords: *Aspergillus* sp., batik wastewater, bioremediation, dye decolorization.

Pendahuluan

Industri batik merupakan salah satu sektor ekonomi penting di Indonesia, namun aktivitas produksinya menghasilkan limbah cair yang mengandung senyawa berbahaya seperti logam berat kromium (Cr) dan timbal (Pb) serta zat pewarna sintetis (Zakaria et al., 2023). Pembuangan limbah tersebut tanpa pengolahan dapat mencemari ekosistem perairan, menurunkan kualitas lingkungan, dan menimbulkan risiko kesehatan bagi manusia maupun organisme akuatik (Dewi et al., 2019). Berbagai metode pengolahan konvensional, seperti filtrasi sederhana atau koagulasi, telah digunakan untuk mengurangi kandungan

pencemar, namun teknik tersebut masih memiliki keterbatasan, terutama dari segi efisiensi, biaya, dan penerapan dalam skala besar (Pundir et al., 2024).

Alternatif yang kini banyak dikembangkan adalah bioremediasi, yaitu pemanfaatan mikroorganisme untuk menurunkan polutan melalui mekanisme biosorpsi, biotransformasi, dan dekomposisi enzimatik. Dalam konteks ini, mikoremediasi menjadi pendekatan yang menjanjikan karena fungi memiliki kemampuan menghasilkan enzim oksidatif yang efektif dalam mendegradasi senyawa organik kompleks maupun menyerap logam berat (Dewi et al., 2018). Salah satu genus yang menonjol adalah *Aspergillus* sp., yang diketahui mampu

memproduksi enzim laccase dan peroksidase, serta menunjukkan potensi tinggi dalam menurunkan kandungan pewarna tekstil dan logam berat (Shalaby et al., 2023).

Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa *Aspergillus* sp. 3 dapat mendekolorasi limbah batik seperti Indigosol Blue-04B, sekaligus menurunkan parameter kualitas air seperti BOD, COD, TDS, TSS, dan EC secara signifikan, dengan penurunan COD hingga 89% hanya dalam tiga hari inkubasi (Dewi et al., 2019). Namun demikian, kajian lebih lanjut terkait efektivitas isolat lokal, khususnya dari Danau Teluk, Jambi, masih terbatas. Selain itu, pengaruh lama inkubasi terhadap efektivitas mikoremediasi belum diteliti secara mendalam (Sobham et al., 2025). Padahal, teknologi biosorpsi oleh fungi terus berkembang, termasuk dengan dukungan pendekatan fisikokimia modern dan studi terbaru mengenai isolat lokal *Aspergillus* sp (Xie, 2024).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas *Aspergillus* sp. dan jamur endofit sebagai agen bioremediasi dalam menurunkan intensitas warna limbah cair batik. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan teknologi pengolahan limbah yang lebih ramah lingkungan, efisien, dan aplikatif, sekaligus mendukung upaya konservasi sumber daya air di Indonesia.

Bahan dan Metode

Waktu dan tempat

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang dimana diperkirakan waktu penelitian selama kurang lebih 2 bulan dan dilakukan di Laboratorium mikrobiologi fakultas sains dan teknologi universitas jambi.

Alat dan bahan

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi dengan tujuan mengevaluasi efektivitas jamur dalam menurunkan intensitas warna limbah cair pewarna batik.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi botol sampel steril, Erlenmeyer, pipet tetes, gelas ukur, tabung reaksi, cawan petri, beaker glass, hot plate, timbangan digital,

magnetic stirrer, jarum ose, sudip, inkubator, autoklaf, laminar air flow, bunsen, kertas saring, wrap, aluminium foil, serta spektrofotometer UV-Vis yang digunakan untuk mengukur tingkat pencemar.

Adapun bahan yang digunakan terdiri dari limbah cair pewarna batik, isolat jamur *Aspergillus* sp. (seperti *A. niger* atau *A. flavus*), jamur endofit tanaman kopi Liberika, media pertumbuhan *Potato Dextrose Agar* (PDA) dan *Potato Dextrose Broth* (PDB), aquades steril, serta alkohol 70% untuk proses sterilisasi.

Metode penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan beberapa perlakuan, yaitu: (1) *Aspergillus* sp. dengan inkubasi awal 24 jam sebelum penambahan limbah (P1), (2) jamur endofit dengan inkubasi awal 24 jam (P2), (3) *Aspergillus* sp. dengan inkubasi awal 5 hari (P3), dan (4) jamur endofit dengan inkubasi awal 5 hari (P4).

Prosedur penelitian

Pengambilan sampel limbah pewarna batik

Pengambilan sampel limbah pewarna batik dilakukan di sentra industri batik tulis di desa olak kemang, Kelurahan seberang, Kecamatan danau teluk. Jambi. Titik pengambilan sampel dipilih berdasarkan kedekatannya dengan sumber pembuangan pada limbah batik cair yang biasanya langsung dibuang tanpa melalui proses pengolahan limbah terlebih dahulu

Isolasi Jamur *Aspergillus*

Kultur Jamur *Aspergillus* dan jamur endofit ditumbuhkan terlebih dahulu pada media PDA selama 7 hari pada suhu ruang, Setelah itu membuat media PDB dan jamur *aspergillus* juga jamur endofit diinkubasi selama 24 jam (untuk perlakuan awal).

Perlakuan limbah batik dengan jamur

Ada dua perlakuan inkubasi jamur yang berbeda. Pada perlakuan pertama, setelah 24 jam inkubasi, limbah pewarna batik diberikan pada media PDB yang telah ditumbuhi *Aspergillus* sp. dan jamur endofit, kemudian sampel diinkubasi kembali selama 5 hari. Sementara itu, pada

perlakuan kedua, jamur *Aspergillus* sp. diinkubasi selama 5 hari pada media PDB sebelum diberikan limbah pewarna batik, dan setelah penambahan limbah, jamur dengan limbah pewarna batik diinkubasi selama 2 hari. Untuk perlakuan pertama dimasukkan 40 ml limbah batik +360 ml aquades. Dan perlakuan 2 dimasukkan 20 ml pelarut batik +380 ml aquades pada erlenmeyer.

Prosedur bioremediasi

Sebanyak kurang lebih 85 ml limbah batik dimasukkan kedalam Erlenmeyer berukuran 250 ml. ditambahkan biomassa jamur kursng lebh 7-10gram basah dari kultur *aspergillus* untuk perlakuan (A dan B dan C), Semua perlakuan diinkunasi selama 5-7 hari di incubator pada suhu yang sesuai. Setiap Erlenmeyer dikocok ringan setiap hari untuk menjaga aerasisetiap hari menggunakan semprotan air steril. Parameter yang diamati persentase perkecambahan, panjang akar, berat basah, tinggi tanaman.

Pengukuran absorbansi

Pengukuran absorbansi dilakukan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 550 nm untuk mengetahui efektivitas penurunan warna limbah oleh jamur. Pengukuran dilakukan sebanyak dua kali untuk setiap perlakuan, yaitu pengukuran awal sebelum limbah diinkubasi bersama jamur dan pengukuran akhir setelah proses inkubasi selesai. Setiap perlakuan dilakukan dengan pengulangan sesuai jumlah sampel, guna memperoleh data yang lebih akurat dan dapat dianalisis secara statistik. Hasil pengukuran absorbansi ini menjadi dasar perhitungan persentase penurunan warna pada masing-masing perlakuan.

Analisis data

Analisis data dilakukan dengan membandingkan persentase penurunan warna

limbah antar perlakuan untuk menilai efektivitas masing-masing jenis jamur dan durasi inkubasi awal yang digunakan. Evaluasi dilakukan terhadap peran waktu inkubasi awal (24 jam dan 5 hari) serta jenis jamur yang digunakan (*Aspergillus* sp. dan jamur endofit) dalam mempengaruhi kemampuan bioremediasi limbah pewarna batik. Selain pengukuran absorbansi, perubahan warna limbah diamati secara visual selama masa inkubasi sebagai indikator keberhasilan mikoremediasi. Rumus perhitungan penurunan warna pada persamaan 1.

$$\text{Penurunan Warna(\%)} = \left(\frac{\text{Absorbansi awal} - \text{Absorbansi Akhir}}{\text{Absorbansi Awal}} \right) \times 100\% \quad (1)$$

Hasil dan Pembahasan

Absorbansi *Aspergillus* sp. dan jamur Endofit

Hasil pertumbuhan *Aspergillus* sp. pada media PDB dilakukan dengan 2 waktu inkubasi berbeda, diketahui jamur *Aspergillus* sp. mampu menurunkan intensitas warna limbah pewarna batik melalui proses biosorpsi dan aktivitas enzimatisnya. Pengukuran absorbansi menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 550 nm memperlihatkan adanya perbedaan efektivitas penurunan warna pada variasi waktu inkubasi. Perlakuan dengan inkubasi awal 24 jam, terjadi penurunan warna sebesar $\pm 27,53\%$, sedangkan pada perlakuan dengan inkubasi awal 5 hari, efektivitas dekolorisasi meningkat hingga $\pm 40,87\%$. Hal ini menunjukkan bahwa lamanya waktu inkubasi berpengaruh terhadap kemampuan jamur dalam mendegradasi limbah batik. Menurut Dewi *et al.*, (2020) semakin lama waktu inkubasi, jumlah zat warna yang terserap akan semakin tinggi akibat kontak yang lebih lama antara sorben dengan zat warna. Pengujian absorbansi dilihat menggunakan spektrofotometer yang ditunjukan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Absorbansi *Aspergillus* inkubasi 24 jam

No	Sampel	ABS AWAL (550)	ABS AKHIR (550)
1.	Perlakuan 1 (<i>Aspergillus</i>)	0,521	0,384
2.	Perlakuan 2 (<i>Aspergillus</i>)	0,504	0,359
3.	Rata-rata	0,512	0,371
4.	Penurunan (%)		27,539

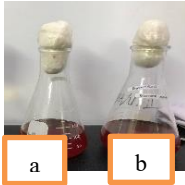
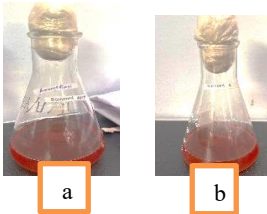
Tabel 2. Hasil Absorbansi jamur endofit inkubasi 24 jam

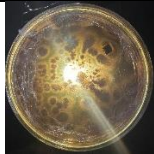
No	Sampel	ABS AWAL (550)	ABS AKHIR (550)
1.	Perlakuan 1 (Endofit)	0,521	0,303
2.	Perlakuan 2 (Endofit)	0,529	0,446
3.	Rata-rata	0,525	0,374
4.	Penurunan (%)		28,761

Tabel 3. Absorbansi *Aspergillus* inkubasi 5 hari

No	Sampel	ABS AWAL (550)	ABS AKHIR (550)
1.	Perlakuan 1 (<i>Aspergillus</i>)	0,765	0,451
2.	Perlakuan 2 (<i>Aspergillus</i>)	0,681	0,396
3.	Perlakuan 3 (<i>Aspergillus</i>)	0,691	0,417
4.	Rata-rata	0,712	0,421
5.	Penurunan (%)		40,870

Tabel 4. Karakteristik Perlakuan

Hari ke-	Gambar Hasil	Keterangan
Hari ke-1		a). Media PDB dan Jamur Endofit serta Limbah, b). Media PDB dan <i>Aspergillus</i> serta Limbah Warna limbah pekat dan jamur di inkubasi selama 24 jam
Hari ke-1		Media PDB dan Jamur <i>Aspergillus</i> serta Limbah, Warna Limbah pekat dan Jamur di inkubasi selama 5 hari
Hari ke-5		a).Media PDB dan jamur <i>Aspergillus</i> , b). Media PDB dan Jamur Endofit Warna limbah pekat dan jamur di inkubasi selama 24 jam
Hari ke-5		Media PDB dan Jamur <i>Aspergillus</i> serta Limbah. Warna limbah pekat dan jamur di inkubasi selama 5 hari
Hari ke-1		(Media PDA + Jamur <i>Aspergillus</i> dan limbah)

Hari ke-1		(Media PDA + Jamur Endofit dan limbah)
Hari ke-8		(Media PDA + Jamur <i>Aspergillus</i> dan limbah)
Hari ke-8		(Media PDA + Jamur Endofit dan limbah)
Hari ke-9		(Media PDA + Jamur <i>Aspergillus</i> dan limbah)
Hari ke-9		(Media PDA + Jamur Endofit dan limbah)
Hari ke-10		(Media PDA + Jamur <i>Aspergillus</i> dan limbah)
Hari ke-10		(Media PDA + Jamur Endofit dan limbah)

Pembahasan

Data hasil absorbansi digunakan dua sampel, sampel *Aspergillus* sp. dan jamur endofit, nilai absorbansi awal dengan menggunakan spektrofotometer didapatkan hasil absorbansi di gelombang 550, setiap sampel diletakan dalam ruangan inkubasi dan diinkubasi kembali selama 5 hari untuk dilihat hasil absorbansi akhir setelah 5 hari. Setelah masa inkubasi 5 hari setiap sampel diuji kembali

absorbansi akhirnya untuk melihat terdapat perubahan terhadap limbah batik yang diberikan perlakuan jamur.

Hasil pengujian absorbansi dapat diketahui bahwa terjadi perubahan absorbansi, hasil dihitung dari absorbansi awal dan absorbansi akhir, didapatkan penurunan persentase jamur *Aspergillus* sp. 27,539%. Sedangkan untuk jamur endofit hasil akhir didapatkan nilai persentase penurunan 28,761%. Hal ini menandakan *Aspergillus* sp. dan jamur

endofit dengan waktu inkubasi 24 jam mampu menurunkan warna pada proses pengolahan limbah batik. Penurunan intensitas warna tersebut berkaitan dengan persentase dekolorisasi secara keseluruhan, *Aspergillus* sp. terbukti lebih unggul dalam mendegradasi limbah pewarna batik dibandingkan jamur endofit. Hasil ini menguatkan potensi *Aspergillus* sp. sebagai agen bioremediasi ramah lingkungan untuk pengolahan limbah cair batik.

Perlakuan kedua jamur *Aspergillus* sp. dengan lama inkubasi awal 5 hari sebelum diberikan limbah pewarna batik, jamur diinkubasi dengan waktu lebih lama untuk melihat perbedaan antara lama waktu inkubasi, setelah 5 hari inkubasi jamur dilakukan perlakuan dengan memberikan limbah pewarna batik dan dilakukan pengujian yang sama untuk melihat absorbansi jamur dengan menggunakan spektrofotometer. Data hasil absorbansi awal dari perlakuan jamur *Aspergillus* sp. dengan waktu inkubasi 5 hari sebelum perlakuan, kemudian jamur dengan limbah pewarna batik diinkubasi 2 hari dan dilakukan pengujian absorbansi akhir setelah perlakuan.

Hasil absorbansi akhir didapatkan terjadinya perubahan yang menandakan terjadi penurunan nilai absorbansi. Didapatkan hasil persentase penurunan warna 40,870%. Didukung dengan penelitian oleh Sa'diyah *et al.* (2024) Jamur *Aspergillus niger* menunjukkan kemampuan yang sangat tinggi dalam menurunkan intensitas warna limbah batik, dengan efektivitas dekolorisasi mencapai 98,92% pada waktu inkubasi 72 jam. Hasil yang didapat sejalan dengan penelitian Ayu dan Kasiandari (2022) yang menunjukkan bahwa variasi lama inkubasi berpengaruh nyata terhadap aktivitas dekolorisasi. *Aspergillus tamarii* dan *A. sclerotiorum* tercatat memiliki kemampuan dekolorisasi tertinggi pada inkubasi selama 120 jam. Menurut Dewi *et al.* (2024). Efektivitas proses dipengaruhi oleh lamanya inkubasi yang memberikan kesempatan lebih besar bagi jamur untuk melakukan adsorpsi maupun aktivitas enzimatis terhadap zat warna.

Aspergillus sp. memiliki kemampuan untuk mendekolorisasi zat warna, yang ditunjukkan dengan penurunan nilai absorbansi (Ulifimaturahmah *et al.*, 2020). Penurunan intensitas warna dalam pengolahan limbah batik dengan menggunakan *Aspergillus* sp. disebabkan

oleh proses penyerapan dan penyerapan oleh miselium jamur, serta aktivitas enzimatis yang menguraikan zat warna. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Dewi *et al.* (2022) Miselium jamur mampu mencerna nutrisi yang terdapat dalam air limbah pewarna batik sebagai sumber energi untuk mendukung pertumbuhan dan pembentukan sel. Dalam prosesnya, jamur memecah senyawa kompleks pada limbah pewarna menjadi senyawa yang lebih sederhana.

Dewi *et al.* (2021) dan Ghafoor *et al.* (2024) menjelaskan bahwa berkurangnya kandungan zat pewarna dalam limbah disebabkan oleh proses biosorpsi/bioadsorpsi yang dilakukan oleh biomassa jamur, jamur seperti *Aspergillus* sp. dapat mendegradasi dan mendekolorisasi berbagai jenis zat warna sintetis. Hasil penelitian ini mendapatkan nilai presentasi yang lebih rendah dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, salah satu faktornya bisa dari perbedaan lama waktu inkubasi yang dilakukan, namun hasil tetap menunjukkan *Aspergillus* sp. memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai agen ramah lingkungan dalam pengolahan limbah batik.

Karakteristik Perlakuan

Hasil penelitian, pada jamur yang di kultur pada media PDB terdapat 2 perlakuan yang berbeda, yakni inkubasi 24 jam dan inkubasi 5 hari. Pada inkubasi 24 jam menggunakan 2 jenis jamur, yaitu jamur *Aspergillus* sp. serta jamur endofit. Limbah pada media PDB inkubasi 24 jam di hari ke-1 warna limbah masih merah pekat. Hal ini dikarenakan jamur yang ditumbuhkan dalam waktu 24 jam belum bekerja secara maksimal. Setelah satu hari inkubasi dalam media PDB (Pati Dextrose Broth), koloni *Aspergillus* umumnya menunjukkan tanda-tanda pertumbuhan yang mulai jelas, meskipun belum mencapai ukuran penuhnya.

Segi mikroskopis, akan tampak hifa yang bersepta (terpisah oleh sekat) dan kemungkinan terdapat struktur reproduksi awal seperti konidiofor (batang spora) serta konidia (spora aseksual) (Ayu dan Kasiandari, 2023). Pada inkubasi 24 jam hari ke-5 pada media PDB, warna limbah pada media memudar, tidak terlalu pekat. Pertumbuhan jamur *Aspergillus* mulai terlihat jelas. Pada Jamur endofit media PDB inkubasi 5 hari, hasil yang didapatkan warna

limbah pada media merah pekat. Sedangkan hari ke- 5 pada media PDB warna limbah yang dihasilkan sedikit memudar dan tidak terlalu pekat. Menurut Dewi *et al.* (2019). Proses dekolorisasi oleh jamur menyebabkan limbah batik menjadi lebih jernih. Warna limbah batik yang semula pekat berubah menjadi lebih bening, yang menunjukkan bahwa senyawa kompleks pada limbah batik telah diuraikan menjadi senyawa yang lebih sederhana.

Karakteristik perkembangan jamur setelah diinkubasi selama lima hari dalam media PDB (Potato Dextrose Broth) akan berbeda-beda berdasarkan jenis jamur tersebut. Mengamati pertumbuhan miselium, yang merupakan jaringan jamur yang terbentuk dari hifa. Dalam media cair seperti PDB, miselium ini dapat tampil sebagai tumpukan atau gumpalan, dan juga bisa berupa serat tipis yang menyebar di dalam media. Sedangkan pada media PDA, Jamur *Aspergillus* dan endofit diinkubasi selama 5 hari. Setelah 5 hari dituangkan limbah pewarna batik pada masing-masing media cawan petri. Setelah diinkubasi selama 10 hari, warna limbah memudar sedikit demi sedikit pada masing-masing cawan petri, serta koloni jamur bertambah serta koloni jamur bertambah pada media, pertumbuhan jamur sedikit melambat. Namun pada hari ke-6, warna limbah memudar signifikan.

Hal ini sejalan dengan penelitian Dewi *et al.*, (2020) yang menyatakan waktu inkubasi merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi proses degradasi zat warna, karena menentukan lamanya kontak antara jamur dengan zat warna. Semakin lama waktu inkubasi, jumlah zat warna yang terserap akan semakin tinggi akibat kontak yang lebih lama antara sorben dengan zat warna. Variasi lama inkubasi berpengaruh besar terhadap efektivitas dekolorisasi, di mana peningkatan durasi inkubasi umumnya membuat proses penyerapan zat warna lebih optimal. Hasil penelitian *Aspergillus* sp. menunjukan kemampuan dalam biosorpsi limbah pewarna batik, meskipun diperlukan optimasi lanjutan agar hasil yang diperoleh dapat menyamai atau bahkan melampaui penelitian sebelumnya.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat

disimpulkan bahwa *Aspergillus* sp. terbukti lebih efektif dibandingkan jamur endofit dalam menurunkan intensitas warna limbah cair batik. Persentase penurunan warna tertinggi diperoleh pada perlakuan dengan inkubasi awal 5 hari sebelum penambahan limbah, yaitu sebesar 40,87%, sedangkan inkubasi 24 jam hanya mampu menurunkan sekitar 27–29%. Hal ini menunjukkan bahwa lama inkubasi berpengaruh nyata terhadap efektivitas bioremediasi, karena memberikan waktu yang cukup bagi pertumbuhan miselium dan produksi enzim oksidatif seperti laccase dan peroksidase yang berperan dalam proses degradasi zat warna. Dengan demikian, *Aspergillus* sp. memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai agen bioremediasi ramah lingkungan dalam pengolahan limbah cair batik.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih peneliti ucapkan kepada semua pihak yang terlibat dalam penelitian ini.

Referensi

- Amal MSK, Febiyanto F, Soleh A, & Afif M. (2016). Elektrodekolorisasi limbah cair pewarna batik dengan memanfaatkan batang karbon dari limbah baterai bekas. *Jurnal MIPA*, 39(2), 135–142. <https://doi.org/10.1093/nar/gkp1073>.
- Ayu Y., S. and Kasiamdari R.S. 2023. "Biological Treatment of Naphthol Yellow S and Batik Effluent using *Aspergillus tamarii* and *Aspergillus sclerotiorum*". 27 (6): 1-7. <https://doi.org/10.25303/2706rjce01007>.
- Ayu, Y., S. and Kasiamdari, R., S. 2022. "Screening and identification of fungi isolated from batik wastewaters for decolorization of Remazol Black B dye and batik effluent". *JOURNAL OF DEGRADED AND MINING LANDS MANAGEMENT*. 10 (1): 3829-3839. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2022.101.3829>.
- Badan Pusat Statistika Kota Jambi. (2015). *Kota Jambi Dalam Angka 2025*. Badan Pusat Statistik: Kota Jambi.
- Bhanot, V., Verma, S. K., & Gupta, S. (2025). *Unveiling the potential of Aspergillus*

- terreus SJP02 for zinc remediation and its driving mechanism*. 1–19.
- Dewi, R. S., Kasiandari, R. S., Martani, E., & Purwestri, Y. A. (2019). Efficiency of *Aspergillus* sp. 3 to reduce chromium, sulfide, ammonia, phenol, and fat from batik wastewater. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 308(1). <https://doi.org/10.1088/17551315/308/1/012003>.
- Dewi, R. S., Kasiandari, R. S., Martani, E., & Purwestri, Y. A. (2019). Optimization of the conditions for the decolorization of batik wastewater by *Aspergillus* sp. 3. *AIP Conference Proceedings*, 2094(May). <https://doi.org/10.1063/1.5097505>
- Dewi, R.S., Mumpuni, A., & Tsabitah, N.I. (2020). Batik dye decolorization by immobilized biomass of *Aspergillus* sp. *Earth and Environmental Science*, 550(1), 1-9. <https://doi.org/10.1088/17551315/550/1/012020>.
- Dewi, S., R., Ramadani, P., Al Fa'is, J., and Azizah, W. N. 2021. "Crude Enzyme of *Aspergillus* sp. 3 Immobilized in ChitosanBeads to Decolorize Batik Effluent". *BIO Web of Conferences* 41, 06002: 1-5. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20214106002>
- Dewi, R. S., Sari, A. A., & Fazrian, R. A. (2022, April). Decolorization of indigosol blue batik effluent using *Lepiota* sp. isolated from Baturraden Botanical Garden. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1017, No. 1, p. 012027). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1017/1/012027>
- Dewi, R., Tjasmana, E., Dwiasi, D., & Ekowati, N. (2024). Dekolorisasi Limbah Cair Batik Dengan Waktu Inkubasi Berbeda Menggunakan Isolat Fungi *Aspergillus* sp. DAN *Penicillium* sp.. *Journal Of Biodiversity And Maritime Study*, 1(1), 20-36. Retrieved from <https://jos.unsoed.ac.id/index.php/man>
- dara/article/view/12322.
- Dinas Perindustrian dan Perdagangan Jambi, (2017). Industri Kerajinan Rumah Tangga Batik Jambi.
- Hartanto, D. T., & Eng, M. (2022). Bioremediasi Limbah Cair Batik Di Yogyakarta Dengan *Saccharomyces cerevisiae*. 69–87. Science, E. (2019). Efficiency of *Aspergillus* sp. 3 to reduce chromium , sulfide , ammonia , phenol , and fat from batik Efficiency of *Aspergillus* sp. 3 to reduce chromium , sulfide , ammonia , phenol , and fat from batik wastewater. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/308/1/012003>.
- Haryani, T. S., & Tombe, O. M. (2021). Pemanfaatan Bakteri Antagonis Terhadap Pengendalian Jamur Patogen *Fusarium oxysporum* dan *Phytophthora capsici* Secara In Vitro. *Ekologia*, 11(2), 11–21.
- Kasiandari, R. S., Martani, E., & Purwestri, Y. A. (2018). *Corresponding author*: : 14(2), 11–20.
- Khastini, R. O., Maryani, N., Fitrayadi, D. S., & Baihaqi, A. (2023). Introduksi Fungi Pelapuk Putih dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Rumahan Batik Lebak. *I-Com: Indonesian Community Journal*, 3(4), 1598–1606. <https://doi.org/10.33379/icom.v3i4.3311>
- Pundir, A., Thakur, M. S., Prakash, S., Kumari, N., Sharma, N., Parameswari, E., He, Z., Nam, S., Thakur, M., Puri, S., & Puranik, S. (2024). Fungi as versatile biocatalytic tool for treatment of textile wastewater effluents. *Environmental Sciences Europe*. <https://doi.org/10.1186/s12302-024010073>
- Purnomo, Y. H. (2010). Degradasi Limbah Batik Berwarna Biru Dengan Metode Elektrolisis Menggunakan Elektroda Platinum Jogjakarta. *Skripsi*.
- Purwaningrum, S.I., Syarifuddin, H., Nizori, A., dan Wibowo, Y.G. (2023). Wastewater Treatment Plant Design for Batik Wastewater with Off-Site System Method in Ulu Gedong SubDistrict, Jambi City. *Jurnal Presipitasi Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*. 20(1), 153-164.
- Shalaby, M. A., Matter, I. A., Gharieb, M. M., &

- Darwesh, O. M. (2023). Heliyon Biosorption performance of the multi-metal tolerant fungus *Aspergillus* sp. for removal of some metallic nanoparticles from aqueous solutions. *Heliyon*, 9(5), e16125. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16125>
- Tjasmana, E. A., Dwiasi, D. W., Ekowti, N. dan Dewi, R., S. 2024". Dekolorisasi Limbah Cair Batik Dengan Waktu Inkubasi Berbeda Menggunakan Isolat Fungi *Aspergillus* sp. DAN *Penicillium* sp.". BMS: *Journal of Biodiversity and Maritime Study*. 1(1)
- Ulfimaturahmah, F. A., Dewi, R. S. dan Sari, A., A. 2020. "*Aspergillus* sp. For Indigosol Blue and Remazol Brilliant Blue R Decolorization". *BioEksakta: Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed*. 2 (3): 435 - 439.
- Xie, S. (2024). Green Chemistry Letters and Reviews Biosorption of heavy metal ions from contaminated wastewater: an eco-friendly approach. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 8253, 1–20. <https://doi.org/10.1080/17518253.2024.2357213>
- Zakaria, N., Rohani, R., Wan Mohtar, W. H. M., Purwadi, R., Sumampouw, G. A., & Indarto, A. (2023). Batik Effluent Treatment and Decolorization—A Review. *Water (Switzerland)*, 15(7). <https://doi.org/10.3390/w15071339>