

## Dekolorisasi Limbah Batik Menggunakan Jamur *Aspergillus* sp. 3 Teramobil Bentonit pada Waktu Inkubasi Berbeda

Kholilatul Kamalia<sup>1</sup>, Ratna Stia Dewi<sup>1\*</sup>, Mardiyah Kurniasih<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman

<sup>2</sup>Fakultas Matematika dan Pengetahuan Alam, Universitas Jenderal Soedirman

\*Email: [ratna.dewi@unsoed.ac.id](mailto:ratna.dewi@unsoed.ac.id)

### Rekam Jejak Artikel:

Diterima : 15/12/2021

Disetujui : 22/07/2022

### Abstract

The batik industry produces wastewater with a high dye content. One of the well-developed batik industry businesses is in Sokaraja Banyumas. A potential method for processing batik waste is by utilizing indigenous mushrooms. *Aspergillus* sp. 3 can be used for decolorization of Indigosol Blue batik waste. Decolorization of batik waste can use immobilization techniques or attachment to the substrate. Bentonite is a type of clay mineral that has the potential as a support material for immobilization. This study aims to determine the ability of the fungus *Aspergillus* sp. 3 which was immobilized by bentonite with different incubation times for the decolorization of batik waste, and to find out the effective incubation time for the use of *Aspergillus* sp. 3 which is immobilized by bentonite against the decolorization of batik waste. This study used a Completely Randomized Design (CRD) experimental method with incubation times of 0, 6, 12, 18, 24, 30, 36 hours. The independent variable is incubation time, while the dependent variable is the ability of the fungus *Aspergillus* sp. 3 which is immobilized by bentonite in the decolorization of batik waste. The main parameter is the percentage of decolorization of IB batik waste, while the supporting parameters are pH, temperature, TDS, and repeated use of bentonite immobilized mycelium pellets. The percentage of decolorization data was analyzed using analysis of variance at an error rate of 5% followed by the Advanced Significant Difference test with an error rate of 5%. Incubation time of 6 hours is an effective time for *Aspergillus* sp. 3 immobilized bentonite for decolorizing batik IB waste was 97.43%, pH ranged from 5.40-7.30, temperature ranged from 30-31 °C, TDS percentage ranged from 14.63-40.31, and repeated use of immobilized bentonite mycelium pellets up to three times.

**Key words:** *Aspergillus* sp. 3, bentonite, decolorization, batik waste, immobilization

### Abstrak

Industri batik menghasilkan air limbah dengan kandungan zat warna yang tinggi. Salah satu usaha industri batik yang berkembang baik, terdapat di Sokaraja Banyumas. Metode yang potensial untuk pengolahan limbah batik yaitu dengan memanfaatkan jamur indigenous. *Aspergillus* sp. 3 dapat digunakan untuk dekolorisasi limbah batik *Indigosol Blue* (IB). Dekolorisasi limbah batik dapat menggunakan teknik amobilisasi atau perlekatan pada substrat. Bentonit merupakan jenis mineral lempung yang memiliki potensi sebagai *support material* amobilisasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan jamur *Aspergillus* sp. 3 yang teramobil bentonit dengan lama waktu inkubasi berbeda terhadap dekolorisasi limbah batik, dan mengetahui waktu lama inkubasi yang efektif pada penggunaan jamur *Aspergillus* sp. 3 yang teramobil bentonit terhadap dekolorisasi limbah batik. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan waktu inkubasi 0, 6, 12, 18, 24, 30, 36 jam. Parameter utama berupa persentase dekolorisasi limbah batik IB, sedangkan parameter pendukung adalah pH, suhu, TDS, dan pemakaian berulang pelet miselium teramobil bentonit. Data persentase dekolorisasi dianalisis menggunakan analisis ragam pada tingkat kesalahan 5% dilanjutkan uji Beda Nyata Lanjut dengan tingkat kesalahan 5%. Hasil penelitian menunjukkan waktu inkubasi 6 jam merupakan waktu yang efektif bagi *Aspergillus* sp. 3 teramobil bentonit untuk mendekolorisasi limbah batik IB sebesar 97,43%, pH berkisar 5,40-7,30, suhu berkisar 30-31 °C, persentase TDS berkisar 14,63-40,31, dan pemakaian berulang pelet miselium teramobil bentonit sampai 3 kali.

**Kata kunci:** Amobilisasi, *Aspergillus* sp. 3, bentonit, dekolorisasi, limbah batik.

## PENDAHULUAN

Batik merupakan budaya Indonesia dengan nilai karya seni yang tinggi (Kartikasari *et al.*, 2012). Perkembangan industri batik semakin pesat, sehingga menghasilkan banyak limbah. Limbah zat warna ditimbulkan akibat penggunaan zat warna dalam proses produksi (Hasri *et al.*, 2018). Zat warna yang sering digunakan dalam pembatikan ialah zat warna sintetis yang meliputi naphthol dan indigosol (Sorta *et al.*, 2012). Zat warna sintetis *Indigosol Blue* (IB) digunakan sebagai pewarna biru dalam industri batik. Pewarna ini merupakan salah satu zat warna antraquinon dengan ikatan molekul  $-NH$  dan  $C=C$  (Herfiani *et al.*, 2017). Limbah zat warna sintetis memiliki efek karsinogenik bagi manusia, dan menjadi masalah pencemaran lingkungan karena sifatnya yang sukar untuk diuraikan (Pratiwi *et al.*, 2019).

Upaya mengurangi zat warna pada limbah batik atau dekolorisasi dapat dilakukan dengan cara fisika, kimia, dan biologi. Pengolahan limbah secara kimia dan fisika efektif untuk menghilangkan warna, akan tetapi tidak efisien dari segi biaya dan menimbulkan limbah lumpur padat (*sludge*) (Sastrawidana *et al.*, 2012). Metode yang potensial untuk pengolahan limbah batik adalah dengan cara biologi yaitu dengan memanfaatkan jamur *indigenous* yang berasal dari limbah batik itu sendiri (Haedar *et al.*, 2019).

*Aspergillus* sp. 3 merupakan salah satu jamur mikroskopis hasil isolasi dari limbah pewarna batik *Indigosol Blue-04B* yang diperoleh dari pengrajin batik lokal Banyumas Jawa Tengah. Karakter makromorfologi dan mikromorfologi *Aspergillus* sp. 3 yaitu warna koloni kuning keemasan, memiliki diameter koloni sekitar 45 mm, miselium berwarna putih, vesikel, sel kaki, dan spora berdiameter 2,5-3,0  $\mu m$ . Kemampuan *Aspergillus* sp. 3 dalam mendekolorisasi limbah pewarna batik *Indigosol Blue-04B* sebesar 99,90%, hal ini terlihat dari perubahan warna limbah dan penebalan warna miselium setelah perlakuan. Perubahan warna limbah mengindikasikan bahwa jamur *Aspergillus* sp. 3 mampu mengubah struktur kimia zat warna. Warna limbah berkurang kepekannya ketika warna biomassa berubah, dan biomassa miselium menyerap zat warna biru yang terkandung dalam limbah (Dewi *et al.*, 2018b).

Mekanisme dekolorisasi oleh jamur dilakukan dengan cara enzimatik dan non-enzimatik. Mekanisme dekolorisasi non-enzimatik oleh jamur terjadi melalui adsorpsi zat warna oleh dinding sel jamur. Adsorpsi oleh jamur terjadi ketika substansi molekul pewarna meninggalkan limbah dan bergabung pada permukaan miselium (Dewi & Lestari, 2010), sehingga terjadi perubahan warna miselium yang semula putih menjadi berwarna sesuai warna limbah yang digunakan (Dewi *et al.*, 2016). Perubahan warna miselium jamur dari warna awal menunjukkan proses dekolorisasi yang

disebabkan oleh mekanisme adsorpsi zat warna oleh miselium (Wulandari *et al.*, 2014).

Mekanisme dekolorisasi oleh jamur secara enzimatik melibatkan enzim ekstraseluler kompleks yang disekresikan ke dalam medium kultivasi (Wulandari *et al.*, 2014). Jamur memiliki kemampuan dalam merombak zat warna karena mampu mengekskresikan enzim lignolitik yaitu laccase, mangan peroksidase (MnP) dan lignin peroksidase (LiP). Enzim-enzim ini bekerja dengan memutus ikatan aromatik yang terdapat dalam pewarna (Dewi *et al.*, 2016). Selain dengan pemutusan ikatan aromatik juga terjadi penjenhutan rantai karbon siklik. Ikatan aromatik dan rantai karbon siklik merupakan pendukung zat warna, sehingga apabila terputus maka warna dapat dihilangkan (Theresia *et al.*, 2012).

Aktivitas jamur dalam mendegradasi zat warna dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya konsentrasi zat warna, pH, waktu inkubasi (Sukarta & Sumanhandriyani, 2013). Lama waktu inkubasi berbanding lurus dengan waktu kontak antara miselium dengan zat warna, sehingga peluang zat warna terserap lebih besar (Wulandari *et al.*, 2014), namun penyerapan akan berkurang setelah mencapai titik jenuh penyerapan sehingga jamur akan melepaskan kembali zat warna yang terserap (Dewi & Dwiputranto, 2012).

Proses dekolorisasi saat ini banyak menggunakan teknik amobilisasi. Amobilisasi adalah pengikatan biomassa secara fisik pada suatu tempat tertentu yang memiliki aktivitas katalitik (Dwiyantri & Kuswyatari, 2016). Proses amobilisasi dapat dilakukan dengan cara mengikatkan biomassa pada suatu bahan pendukung (*matriks*) tertentu melalui pengikatan kimia atau menahan secara fisik dalam suatu rongga bahan pendukung (Nopiani *et al.*, 2016).

Bahan pendukung yang bisa digunakan untuk amobilisasi salah satunya yaitu bentonit. Bentonit merupakan jenis mineral *clay* golongan *smektit* dioktahedral yang mengandung *montmorillonit* (Nopiani *et al.*, 2016). Bentonit digunakan sebagai matriks pendukung karena mempunyai struktur berlapis, kemampuan mengembang (*swelling*), memiliki kation-kation yang dapat dipertukarkan (Susilawati & Naqiatuddin, 2014), strukturnya *inert*, dan termotabil (Dwiyantri & Kuswyatari, 2016). Aplikasi bentonit sebagai adsorben karena permukaan bentonit bermuatan negatif, sehingga mampu mengadsorpsi ion-ion logam yang bermuatan positif yang terdapat pada limbah batik (Hardyanti *et al.*, 2017).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan jamur *Aspergillus* sp. 3 teramobil bentonit dengan lama waktu inkubasi yang berbeda terhadap dekolorisasi limbah batik IB dan untuk mengetahui waktu lama inkubasi manakah yang paling efektif pada penggunaan jamur *Aspergillus* sp. 3 yang teramobil bentonit terhadap dekolorisasi limbah batik IB. Manfaat dari

penelitian ini adalah untuk memberikan informasi ilmiah tentang kemampuan jamur *Aspergillus* sp. 3 yang teramobil bentonit untuk dekolorisasi limbah batik IB.

## **MATERI DAN METODE**

Bahan yang digunakan pada penelitian ini jamur *Aspergillus* sp. 3, medium *Potato Dextrose Agar* (PDA), *medium Potato Dextrose Broth* (PDB), *Indigosol Blue* (IB), limbah batik IB dari pengrajin batik Kecamatan Sokaraja Kabupaten Banyumas Jawa Tengah, *chloramphenicol*, alkohol 70%, dan bentonit. Alat yang digunakan dalam penelitian adalah labu Erlenmeyer 250 ml, cawan petri, *shaker*, autoklaf, oven, pH meter, TDS meter, *hotplate*, *magnetic stirrer*, *UV-Vis spectrophotometer*, dan *Laminar Air Flow* (LAF).

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Variabel bebas berupa waktu inkubasi sedangkan variabel terikatnya kemampuan jamur *Aspergillus* sp. 3 yang teramobil bentonit dalam dekolorisasi limbah batik IB. Parameter utama yang diukur adalah persentase dekolorisasi limbah batik IB. Parameter pendukung yang diukur pH, suhu, TDS, dan pemakaian berulang pelet miselium teramobil bentonit.

### **Pembuatan Medium PDA dan PDB**

Kentang 200 g diiris dadu dan dimasukkan ke dalam beaker glass 1000 ml yang berisi 500 ml aquades, dididihkan selama 20 menit, kemudian disaring dan diambil ekstraknya. Ekstrak yang diperoleh dicampurkan dengan dekstrosa 20 g dan agar 20 g serta ditambahkan aquades sampai 1000 ml, kemudian dihomogenkan. Medium kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121 °C, tekanan 2 atm selama 15 menit. Medium PDB dibuat dengan langkah yang sama tetapi tidak ditambahkan agar.

### **Peremajaan Isolat Jamur pada Medium PDA**

Jamur *Aspergillus* sp. 3 diambil 1 ose secara aseptis, kemudian diinokulasikan pada cawan petri yang berisi medium PDA, selanjutnya diinkubasikan pada suhu ruang selama tiga hari.

### **Pembuatan Pelet Miselium pada Medium PDB**

Jamur *Aspergillus* sp. 3 yang tumbuh pada medium PDA hasil peremajaan, diambil secara aseptis sebanyak 6 plug dan kemudian dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer 250 ml yang berisi 100 ml medium PDB. Labu Erlenmeyer ditutup dengan kapas dan *wrapper*, kemudian diinkubasi pada shaker dengan kecepatan 100 rpm selama 6 x 24 jam. Pelet miselium yang didapatkan dipisah dari medium PDB dengan cara disaring secara aseptis.

### **Pengaktifan Bentonit**

Bentonit 25 g dimasukan ke dalam *beaker glass* 250 ml dan diaktifkan dengan penambahan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 20% sebanyak 100 ml dengan suhu pengaktifan 110 °C, dan waktu pengaktifan 30

menit. Bentonit yang telah aktif dicuci dengan akuades panas sampai keasamannya menjadi netral lalu disaring. Bentonit yang telah dicuci dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110 °C selama 2 jam.

### **Amobilisasi Pelet Miselium pada Bentonit**

Bentonit steril sebanyak 0,24 g dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer 250 ml yang berisi 100 ml medium PDB, selanjutnya pelet miselium diinokulasikan ke dalam labu Erlenmeyer. Kemudian diinkubasi pada shaker dengan kecepatan 100 rpm selama 5X24 jam.

### **Uji Dekolorisasi Limbah Batik IB**

Pelet miselium yang telah terbentuk dipisahkan dari medium PDB secara aseptis dan dibiarkan tetap pada labu Erlenmeyer. Sebanyak 100 ml Limbah batik IB ditambahkan pada labu Erlenmeyer, kemudian diinkubasi pada shaker dengan kecepatan 100 rpm dengan variasi waktu inkubasi 0, 6, 12, 18, 24, 30, dan 36 jam.

### **Pengukuran Persentase Dekolorisasi**

Sampel limbah batik IB awal dan hasil setiap perlakuan optimasi diambil sebanyak 5 ml, lalu diukur absorbansinya menggunakan *UV-Vis spektrofotometer* dengan panjang gelombang maksimum ( $\lambda$  max) zat warna Indigosol Blue yaitu 604,5nm. Persentase dekolorisasi Limbah batik IB dihitung menggunakan rumus:

$$D (\%) = \frac{\text{Absorbansi Awal} - \text{Absorbansi Akhir}}{\text{Absorbansi Awal}} \times 100\%$$

Keterangan :

D= Dekolorisasi limbah batik IB

### **Pengukuran pH**

Limbah batik IB sebelum dan sesudah didekolorisasi diukur menggunakan pH meter digital yang sudah dikalibrasi.

### **Pengukuran Suhu**

Suhu Limbah batik IB pada sebelum dan sesudah didekolorisasi diukur. Pengukuran menggunakan termometer.

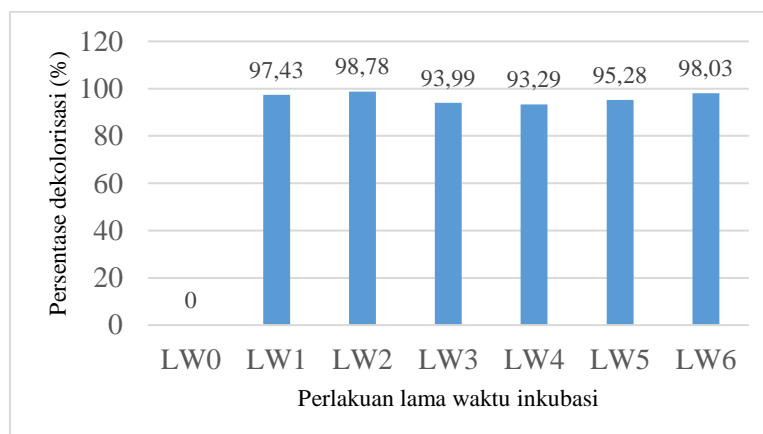
### **Pengukuran Total dissolved solids (TDS)**

Limbah batik IB sebelum dan sesudah didekolorisasi diukur menggunakan TDS meter. Persentase pengurangan TDS dihitung menggunakan rumus:

$$\%TDS = \frac{TDS \text{ Awal} - TDS \text{ Akhir}}{TDS \text{ Awal}} \times 100\%$$

### **Pengukuran Berulang Pelet Miselium Teramobil Bentonit**

Pelet miselium teramobil bentonit yang telah digunakan untuk dekolorisasi dengan waktu inkubasi berbeda, digunakan kembali untuk mendekolorisasi limbah batik IB dengan waktu inkubasi sesuai perlakuan sampai pelet miselium teramobil bentonit tidak mampu mendekolorisasi limbah batik IB.



**Gambar 1.** Histogram persentase rata-rata dekolorisasi limbah batik IB teramobil bentonit dengan lama waktu inkubasi berbeda. LW0= 0 (kontrol), LW1 =6, LW2 = 12, LW3 = 18, LW 4 = 24, LW5= 30, LW6 = 36 jam.

### Analisis Data

Data persentase dekolorisasi yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis ragam pada tingkat kepercayaan 95% dan 99% dilanjutkan pengujian lanjut menggunakan uji Beda Nyata Lanjut dengan tingkat kesalahan 1% dan 5%.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian dekolorisasi limbah batik menggunakan jamur *Aspergillus* sp. 3 teramobil bentonit pada lama waktu inkubasi berbeda menunjukkan nilai rata-rata persentase dekolorisasi berkisar antara 93,29% - 98,78% (Gambar 1). Nilai rata-rata persentase dekolorisasi terendah diperoleh pada perlakuan 24 jam (LW4) yaitu sebesar 93,29%. Nilai rata-rata persentase dekolorisasi tertinggi terdapat pada perlakuan lama waktu inkubasi 12 jam (LW2) sebesar 98,78%. Besarnya nilai rata-rata persentase dekolorisasi setiap perlakuan variasi lama waktu inkubasi berbeda-beda. Hal ini sesuai dengan pernyataan Stephanie (2019), yang menyatakan bahwa nilai persentase dekolorisasi berbeda setiap lama waktu inkubasi.

**Tabel 1.** Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) persentase dekolorisasi limbah batik menggunakan *Aspergillus* sp. 3 teramobil bentonit pada lama waktu inkubasi berbeda

No	Perlakuan	Rata-rata Persentase Dekolorisasi (%)
1	LW0	0,00 <sup>a</sup>
2	LW1	97,43 <sup>b</sup>
3	LW2	98,78 <sup>b</sup>
4	LW3	93,99 <sup>b</sup>
5	LW4	93,29 <sup>b</sup>
6	LW5	95,28 <sup>b</sup>
7	LW6	98,03 <sup>b</sup>

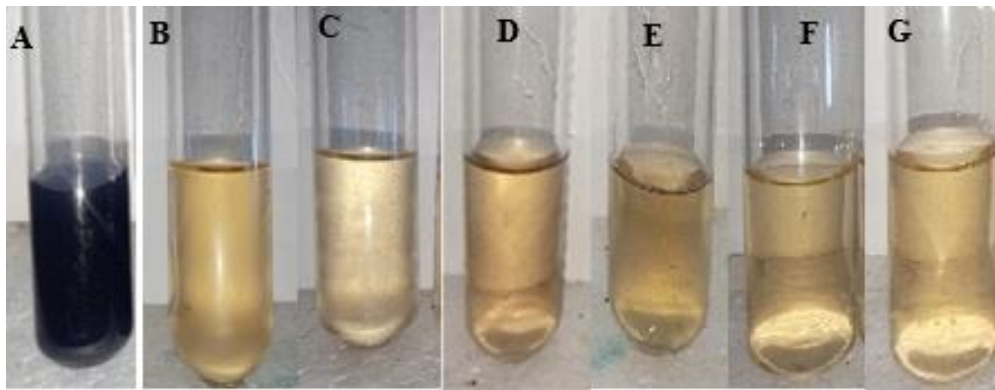
Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama berbeda tidak nyata

Data persentase dekolorisasi limbah batik menggunakan jamur *Aspergillus* sp. 3 teramobil bentonit pada waktu inkubasi berbeda yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) pada kepercayaan 95% dan 99%. kemudian dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan tingkat kesalahan 1% dan 5%.

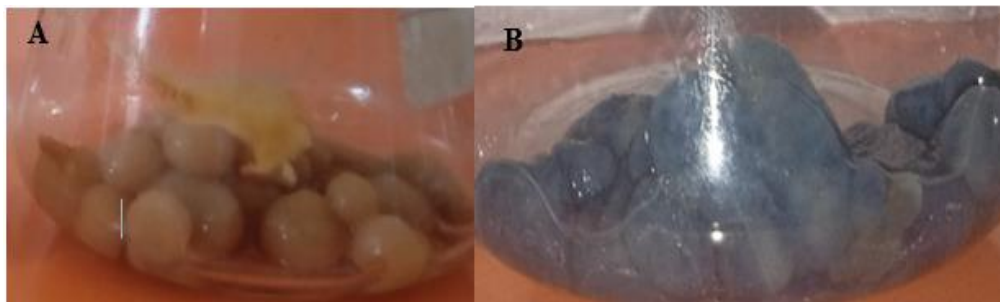
Berdasarkan Tabel 1. perlakuan lama waktu inkubasi 6, 12, 18, 24, 30, dan 36 jam berbeda tidak nyata sehingga dapat disimpulkan bahwa lama waktu inkubasi 6 jam merupakan waktu yang efektif bagi *Aspergillus* sp.3 teramobil bentonit untuk mendekolorisasi limbah batik IB. Penelitian yang dilakukan oleh Singh *et al.*, (2013), menyatakan bahwa *Pleurotus flabellatus* efektif mendekolorisasi limbah *Direct blue* pada lama waktu inkubasi 6 jam. Waktu awal inkubasi merupakan masa penyerapan paling besar, kemudian pada waktu inkubasi berikutnya kemampuan penyerapan mengalami penurunan karena jamur telah berada pada titik jenuh penyerapan (Novak *et al.*, 2001).

Pengamatan visual limbah batik IB semula berwarna biru pekat mampu didekolorisasi oleh jamur *Aspergillus* sp. 3 teramobil bentonit dengan ditandai dengan berubahnya warna limbah batik IB menjadi jernih (Gambar 2.). Dewi *et al.*, (2018b), limbah batik *Indigosol Blue-04* yang berwarna biru didekolorisasi oleh *Aspergillus* sp. menjadi jernih.

Mekanisme dekolorisasi non-enzimatik terjadi diawal proses yaitu dengan adsorpsi oleh miselium jamur, kemudian diikuti degradasi zat warna dan pemecahan ikatan kompleks oleh mekanisme enzimatik (Blanquez *et al.*, 2004). Mekanisme adsorpsi oleh miselium jamur disebabkan oleh adanya pertukaran ionik antara permukaan biomassa jamur dengan zat warna. Biomassa jamur memiliki beberapa gugus fungsional yaitu karboksil, amino, fosfat, dan fraksi lipid (Kang *et al.*, 2018). Proses adsorpsi zat warna oleh miselium pada penelitian ini ditandai dengan terjadinya



**Gambar 2.** Hasil dekolorisasi limbah batik IB menggunakan jamur *Aspergillus* sp. 3 teramobil bentonit dengan lama waktu inkubasi 0 jam (A), 6 jam (B), 12 jam (C), 18 jam (D), 24 jam (E), 30 jam (F), 36 jam (G).



**Gambar 3.** Miselium *Aspergillus* sp. 3 teramobil bentonit sebelum dekolorisasi (A), setelah dekolorisasi (B)

perubahan warna miselium yang semula putih kekuningan menjadi biru gelap (Gambar 4.3). Dekolorisasi mengubah miselium *Aspergillus* sp. 3 yang awalnya putih menjadi biru sesuai dengan limbah yang digunakan yaitu limbah batik *Indigosol blue* (Dewi *et al.*, 2019b).

Mekanisme enzimatik dalam proses dekolorisasi disebabkan karena adanya enzim ligninolitik yang disekresikan oleh jamur (Dimawarnita & Panji, 2019). Enzim ligninolitik diantaranya enzim Lignin Peroksidase (LiP), Mangan Peroksidase (MnP), dan Lakase (Gorska *et al.*, 2014). Enzim ekstraseluler ligninolitik berfungsi sebagai penurunan intensitas zat warna dengan cara memecah ikatan kromofor (pembentuk warna) (Kausik & Malik, 2009). Komponen xenobiotik yang terdapat dalam limbah dapat diubah oleh enzim ligninolitik menjadi bentuk yang tidak berbahaya bagi lingkungan (Yesilada *et al.*, 2018). Enzim ligninolitik yang berperan paling dominan dalam dekolorisasi yaitu enzim lakase (Xin *et al.*, 2013).

Lakase adalah enzim yang mampu mengoksidasi berbagai senyawa aromatik (terutama senyawa fenolik) dengan akseptor terakhir berupa oksigen dan air sebagai hasil akhirnya (Mishra *et al.*, 2019). Lakase berperan sebagai pemutus ikatan kompleks dalam larutan Indigo menjadi senyawa yang lebih sederhana. Lakase mengoksidase indigo menjadi senyawa isatin menggunakan  $O_2$ . Setelah isatin terbentuk, degradasi selanjutnya berlangsung secara hidrolitik tanpa mediasi lakase. Kemudian isatin yang terbentuk tidak stabil dan secara spontan

akan terurai menghasilkan asam antranilat sebagai produk akhir degradasi (Campos *et al.*, 2001).

Selain dekolorisasi melalui mekanisme non-enzimatik dan enzimatik oleh jamur, bentonit teraktivasi berperan dalam dekolorisasi limbah (Nurzihan *et al.*, 2019). Aktivasi bentonit dilakukan dengan proses aktivasi kimia menggunakan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ). Pengasaman bentonit bertujuan agar terjadi pertukaran ion  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$  dan pengotor lain yang terdapat pada kisi bentonit dengan asam  $H^+$  dari asam sulfat. Hal ini membuat bentonit menjadi aktif, dan pori pada permukaan bentonit menjadi lebih terbuka, sehingga luas permukaan dan volume total pori meningkat (Nafsiyah *et al.*, 2017). Semakin luas permukaan bentonit maka akan semakin banyak zat warna yang dapat diserap (Susilawati & Naqiatuddin, 2014).

Penelitian ini juga dilakukan pengukuran pH, suhu, dan TDS sebelum dan sesudah dekolorisasi, serta pemakaian berulang pellet miselium teramobil bentonit. Derajat keasaman (pH) berpengaruh dalam proses dekolorisasi (Stephanie, 2019). Nilai pH limbah sebelum didekolorisasi yaitu 6,9 namun setelah limbah terdekolorisasi berkisar antara 5,70 – 7,30. Hal ini sesuai dengan penelitian Dewi *et al.* (2020), yang menyatakan bahwa setelah dekolorisasi limbah mengalami penurunan pH. Persentase dekolorisasi akan menurun seiring dengan peningkatan pH (Martani *et al.*, 2000). Suhu sebelum dekolorisasi  $30^{\circ}C$  dan suhu setelah dekolorisasi  $30^{\circ}C$ – $31^{\circ}C$ . Hal ini menandakan selama proses dekolorisasi terjadi kenaikan suhu. Aktivitas metabolisme jamur dalam proses

penguraian substrat menyebabkan suhu meningkat (Gandjar *et al.*, 2006). Kisaran rata-rata penurunan TDS pada penelitian ini yaitu 14,63% - 40,31%. Kadar TDS yang tinggi dalam perairan menyebabkan kualitas air kurang baik (Indihani *et al.*, 2017), menyebabkan pencemaran, dan kematian terhadap organisme air, serta mengganggu kesehatan manusia (Kustianingsih & Irawanto, 2020).

Tujuan amobilisasi salah satunya ialah agar miselium teramobil dapat digunakan beberapa kali reaksi. Oleh sebab itu efisiensi pemakaian miselium amobil perlu diamati, dengan cara mengukur presentase dekolorisasi menggunakan miselium teramobil berulang. Rata-rata persentase dekolorisasi mengalami penurunan setiap pengulangan. Pemakaian miselium teramobil berulang sebanyak 3X pengulangan dengan rata-rata persentase dekolorisasi berkisar 87,73% - 96,36%. Penurunan ini kemungkinan disebabkan karena rusaknya enzim selama perlakuan atau rusaknya pori-pori matriks bentonit (Sutrisno *et al.*, 2018).

## SIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah penggunaan jamur *Aspergillus* sp. 3 yang teramobil bentonit dengan lama waktu inkubasi yang berbeda mampu mendekolorisasi limbah batik IB, dan Waktu inkubasi 6 jam merupakan waktu yang efektif bagi jamur *Aspergillus* sp. 3 yang teramobil bentonit untuk mendekolorisasi limbah batik IB.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis ucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Badan Layanan Umum (BLU) Unsoed penelitian Dr. Ratna Stia Dewi, S.Si., M. Sc. Skema Riset Unggulan Terapan yang telah membiayai penelitian ini.

## DAFTAR REFERENSI

Dewi, R.S., & Dwiputranto, U., 2012. Penggunaan Limbah Medium Tanam Jamur Tiram (*Pleurotus ostreatus*) dalam Penyerapan Warna Limbah Cair Batik. *Prosiding Seminar Nasional "Pengembangan Sumber Daya Pedesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan II"*. Purwokerto: Jawa Tengah.

Dewi, R.S., Kasiamdari, R.S., Martani, E. & Purwestri, Y.A., 2018b. Decolorization and Detoxification of Batik Dye Effluent Containing Indigosol Blue-04B Using Fungi Isolated from Contaminated Dye Effluent. *Indonesian Journal of Biotechnology*, 23(2), pp. 54-60.

Dewi, R.S., Kasiamdari, R.S., Martani, E. & Purwestri, Y.A., 2019b. Efficiency of *Aspergillus* sp. 3 to Reduce Chromium, Sulfide, Ammonia, Phenol, and Fat from Batik

Wastewater. IOP Conference Series: *Environmental Science*, 308, pp. 1-8.

Dewi, R.S., Mumpuni, A. & Tsabitah, N.I., 2020. Batik Dyes Decolorization by Immobilized of *Aspergillus* sp. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, Volume 550, pp. 1-9.

Dewi, S.R., Kasiamdari, S.R., Martani, E. & Purwestri, Y.A., 2016. Studi Komparatif Penurunan Warna Limbah Cair Batik Menggunakan *Aspergillus niger*. *Prosiding Symbion (Symposium on Biology Education), Prodi Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Ahmad Dahlan*, pp. 269-278.

Dimawarnita, F. & Panji, T., 2019. Aktivitas Enzim Ligninolitik *Pleurotus ostreatus* pada Media yang Mengandung TKKS dan Aplikasinya untuk Dekolorisasi Zat Warna. *Menara Perkebunan*, 87(1), pp. 31-40.

Dwiyaniti, D. & Kuswyasari, N.D., 2016. Amobilisasi Enzim Ligninolitik Kapang Tanah pada Bentonit. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 5(2), pp. 77-81.

Dwiyaniti, D. & Kuswyasari, N.D., 2016. Amobilisasi Enzim Ligninolitik Kapang Tanah pada Bentonit. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 5(2), pp. 77-81.

Gandjar, I., Sjamsuridjal, W. & Oetari, A., 2006. *Mikologi Dasar dan Terapan*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.

Gorska, E.B., Jankiewicz, U., Dobrzynski, J., Galazka, A., Sitarek, M., Gozdowski, D., Russel, S., & Kowalczyk, P., 2014. Production of Ligninolytic Enzyme by Cultures of White Rot Fungi. *Polish Journal of Microbiology*, 63(4), pp. 461-465.

Haedar, N., Fahrudin., Syam, N.A., & Talessang, N.H., 2019. Dekolorisasi dan Degradasi Limbah Zat Warna Naftol oleh Jamur dari Limbah Industri Batik. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*, 10(2), pp. 1-8.

Hardyanti, I.S., Nurani, I., Hardjono, D.S., Apriliani, E., & Wibowo, E.A.P., 2017. Pemanfaatan Silika (SiO<sub>2</sub>) dan Bentonit sebagai Adsorben Logam Berat Fe pada Limbah Batik. *Jurnal Sains Terapan*, 3(2), pp. 1-5.

Hasri, Sudding & Amiruddin, A., 2018. Biodegradasi Zat Warna Acid Orange 7 Menggunakan Enzim Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*). *Jurnal Kimia Riset*, 3(1), pp. 47-51.

Hefriani, Z.H., Rezagama, A. & Nur, M., 2017. Pengolahan Limbah Cair Zat Warna Jenis *Indigosol Blue* (C.IVAT BLUE 4) sebagai Hasil Produksi Kain Batik Menggunakan Metode Ozonasi dan Adsorpsi Arang Aktif Batok Kelapa terhadap Parameter COD dan



- Warna. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(3), pp. 1-10.
- Indihani, R.R., Nugroho, W.A. & Musthofa, L., 2017. Pengaruh Konsentrasi Aktivator Arang Aktif dan Waktu Kontak Limbah terhadap Kandungan TDS dan Zat Warna Limbah Cair Batik. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 5(3), pp. 281-288.
- Kang, Y. et al., 2018. Decolorization of Mordant Yellow 1 Using *Aspergillus* sp. TS-A CGMCC 12964 by Biosorption and Biodegradation. *Bioengineered*, 9(1), pp. 222-232.
- Kartikasari, T.H., Lestari, S. & Dewi, R. S., 2012. Adsorpsi Zn dan Dekolorisasi Limbah Batik Menggunakan Limbah Baglog *Pleurotus ostreatus* dengan Sistem Inkubasi dan Volume Limbah Batik Berbeda. *Biosfera*, 29(3), pp. 168-174.
- Kausik, P. & Malik, A., 2009. Fungal Dye Decolorization: Recent Advantages and Future Potential. *Environment International*, Volume 35, pp. 127-141.
- Kustiyarningsih, E. & Irawanto, R., 2020. Pengukuran *Total Dissolve Solid* (TDS) dalam Fitoremediasi Detergen dengan Tumbuhan *Sagittaria lancifolia*. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 7(1), pp. 141-148.
- Martani, E., Rahayu, S.A. & Murachman, N.H.H. B., 2000. Optimization Condition of Bioprocess for Phenol Degradation in Oil Refinery Wastewater. *Berkala Ilmiah Biologi*, 2, pp. 127-133.
- Mishra, A., Kumar, S. & Bhatnagar, A., 2019. Potential of Fungal Laccase in Decolorization of Synthetic Dyes. *Microbial Wastewater Treatment*, 7, pp. 127-151.
- Nafsiyah, N., Shofiyani, A. & Syahbanu, I., 2017. Studi Kinetika dan Isoterm Adsorpsi Fe (III) pada Bentonit Teraktivasi Asam Sulfat. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 6(1), pp. 57-63.
- Nopiani, A.S.Y. & Hadi, S., 2016. Peningkatan Kestabilan Enzim Lipase dari *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 dengan Amobilisasi Menggunakan Bentonit. *Jurnal Analisis Kesehatan*, 5(1), pp. 504-509.
- Novak, J.T., Robert, C.H. Clifford, W.R., 2001. *Biological Treatment of a Synthetic Dye Water and an Industrial Textile Wastewater Containing Azo Dye Compound*. Blacksburg Virginia: Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Pratiwi, N.P.R.K., Sibarani, J. & Puspawati, N.M., 2019. Aplikasi Koagulan Alami Ekstrak Air Kulit Singkong (*Manihot esculenta*) dalam Pengolahan Limbah Zat Warna *Malachite Green*, *Remazol Blue*, dan Violet. *Cakra Kimia*, 7(2), pp. 1-9.
- Sastrawidana, I.D.K., Maryam, S. & Sukarta, I.N., 2012. Perombakan Air Limbah Tekstil Menggunakan Jamur Pendegradasi Kayu Jenis *Polyporus* sp Teramobil pada Serbuk Gergaji. *Jurnal Bumi Lestari*, 12(2), pp. 382-389.
- Singh, M.P., Vishwakarma, S.K., & Srivasta, K. A., 2013. Bioremediation of Direct Blue 14 and Extracellular Ligninolytic Enzyme Production by White Rot Fungi: *Pleurotus* spp. *Biomed Research International*, 2013.
- Sukarta, I.N. & Sumahandriyini, P., 2013. Pengaruh Konsentrasi Ammonium Sulfat ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) Optimasi Jamur Jerami Padi ILS (Isolat Lokal Singaraja) untuk Biodegradasi Zat Warna Azo Jenis Remazol Red. *Jurnal Kimia*, 7(1), pp. 91-100.
- Susilawati & Naqiatuddin, N.A., 2014. Chemical Activation of Bentonite Clay and Its Adsorption Properties of *Methylen Blue*. *Jurnal Natural*, 14(2), pp. 7-12.
- Sutrisno., Roosdiana, A. & Mahdi, C., 2018. Penentuan Kondisi Optimum Amobilisasi Xilanase dari *Trichoderma viride* pada Matrik Bentonit. *LPPM-Universitas Negeri Surabaya*, pp. 576-582.
- Theresia, R.R., Lestari, S. & Dewi, R.S., 2012. Dekolorisasi beberapa Macam Limbah Cair Batik Menggunakan Limbah Baglog *Pleurotus ostreatus* dengan Waktu Inkubasi Berbeda. *Majalah Ilmiah Biologi Biosfera*, 29(3), pp. 136-140.
- Wulandari, F.Y., Ratnaningtyas, N.I. & Dewi, R.S., 2014. Dekolorisasi Limbah Batik Menggunakan Limbah Medium Tanam *Pleurotus ostreatus* pada Waktu Inkubasi yang Berbeda. *Scripta Biologica*, 1(1), pp. 71-75.
- Xin, F., Sun, Y., Hu, S., Cheong, K. & Geng, A., 2013. Decolourization of Remazol Brilliant Blue R by Enzymatic Extract and Submerged Cultures of A Newly Isolated *Pleurotus ostreatus* MR3. *Academic Journals*, 12(39), pp. 5778-5783.
- Yesilada, O., Birhanli, E. & Geckil, H., 2018. Bioremediation and Decolorization of Textile Dyes by White Rot Fungi and Laccase Enzyme. In: Prasad R. (eds) *Mycoremediation and Environmental Sustainability*. Springer International Publishing