

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Pencemaran air dari pembuangan limbah yang mengandung zat warna sintesis seperti *Methylene blue* (MB) menjadi masalah lingkungan yang semakin meningkat. Lebih dari 700.000 tons pewarna diproduksi setiap tahun dalam 10.000 jenis zat warna (Linde et al., 2021), dan sekitar 20% pewarna bekas dibuang sebagai limbah selama pewarnaan (Haryono et al., 2021). Dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh zat warna antara lain BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang sangat tinggi, mutagenisitas, karsinogenisitas dan toksisitas (Selvankumar et al., 2019). Dengan adanya dampak ini maka pembuangan limbah wajib dilakukan untuk mengurangi dampak terhadap lingkungan sehingga tidak menimbulkan pencemaran.

*Methylene blue* (MB) adalah pewarna dasar yang sangat penting dan relatif murah dibandingkan dengan pewarna lainnya. Zat warna ini larut dalam air, memiliki sifat kationik dan umumnya digunakan dalam industri kimia, medis dan makanan (Cui et al., 2015). Zat warna ini dapat menyebabkan efek sistemik seperti kelainan darah dan iritasi pada kulit dan mata. Selain itu, dosis tertentu senyawa ini dapat menyebabkan muntah, mual, diare, pusing, dan peradangan usus (Fitriani et al., 2015). Konsentrasi *Methylene blue* dalam limbah sangat bervariasi, tergantung pada jenis proses pewarnaan dan pengolahan yang digunakan oleh industri.

Studi menunjukkan bahwa konsentrasi *Methylene blue* dalam air limbah biasanya berkisar antara 10 hingga 120 mg/L dalam kondisi tidak diolah (Turp et al., 2020). Nilai ambang batas konsentrasi zat warna *Methylene blue* yang diperbolehkan dalam perairan berkisar 5 hingga 10 mg/L. *Methylene blue* sering digunakan dalam penelitian dekolorisasi karena memiliki sifat kimia yang khas dan aplikasinya yang relevan sebagai zat warna sintetik dalam industri tekstil,

serta kemudahan dalam analisis eksperimental menggunakan spektrofotometri dan evaluasi efektivitas metode dekolorisasi (Astuti et al., 2020).

Degradasi zat warna, terutama zat warna reaktif, sangat sulit dilakukan karena strukturnya yang kompleks, kelarutan dalam air, dan sifat sintetikanya (Ehrampoush & Ghaneian, 2011). Oleh karena itu, untuk meminimalkan dampak tersebut, limbah pewarna harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan (Lestari et al., 2015). Salah satu cara pengolahan limbah pewarna adalah dengan menghilangkan zat warna (dekolorisasi), bau dan konsentrasi. Proses dekolorisasi dapat terjadi melalui pendekatan kimia dan fisika seperti absorpsi, aglomerasi koagulasi, oksidasi lanjutan, dan metode elektrokimia (Donkadokula et al., 2020; Grassi et al., 2011). Namun metode ini tergolong mahal, karena memiliki masalah operasional, dan dapat menghasilkan zat antara yang beracun. Oleh karena itu, diperlukan pengolahan secara biologis atau bioremediasi salah satunya adalah dengan menggunakan kapang *Dark Septate Endophyte* (DSE).

Kapang *Dark Septate Endophyte* dipilih karena memiliki nilai toleransi yang baik terhadap kondisi lingkungan ekstrem seperti pH rendah atau tinggi, keberadaan logam berat, dan konsentrasi zat warna yang tinggi yang menjadikannya lebih unggul dibanding dengan mikroorganisme lain yang cenderung kurang toleran terhadap stress lingkungan (Hashem et al., 2016) Selain itu, kapang *Dark Septate Endophyte* juga memiliki kemampuan untuk menghasilkan enzim lignolitik seperti lakase, lignin peroksidase, dan mangan peroksidase yang efektif dalam mendegradasi molekul organik kompleks, termasuk pewarna sintesis seperti *Methylene blue* (Zhang et al, 2020; Melati et al., 2023). Enzim-enzim ini dapat memecah ikatan aromatik dan kromofor dalam pewarna, sehingga mengurangi tingkat warna dan toksisitas (Al-Tohamy, 2022).

Keuntungan bioremediasi zat warna dibandingkan pendekatan fisika dan kimia yaitu merupakan alternatif yang tidak berbahaya, hemat biaya, ramah lingkungan, dan lebih efektif dibandingkan metode konvensional (Jamee & Sidiqqe, 2019). Meskipun demikian, toksisitas dari zat warna sering kali

menghambat pertumbuhan kapang dan menyebabkan penurunan efisiensi penyisihan zat warna tersebut. Menghadapi permasalahan tersebut maka kapang perlu dilakukan imobilisasi.

Imobilisasi merupakan proses pengikatan atau pembentukan agen biologis seperti mikroorganisme, sel atau enzim di dalam bahan pendukung seperti substrat untuk mempertahankan aktivitas biologisnya dalam sistem yang terorganisir (Cahyono & Nurcahyani, 2021). Imobilisasi bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, stabilitas, dan kemudahan penggunaan kembali dari agen biologis dalam berbagai aplikasi, seperti bioremediasi, pengolahan limbah, dan produksi industri (Ahmad et al., 2010).

Keunggulan dari proses imobilisasi yaitu kapang *Dark Septate Endophyte* dapat digunakan kembali dalam beberapa siklus pengolahan limbah tanpa kehilangan efisiensi yang signifikan. Hal ini membuat proses bioremediasi lebih ekonomis dan ramah lingkungan, terutama untuk aplikasi skala besar (Sarate et al., 2021). Dalam keadaan terimobilisasi, kapang *Dark Septate Endophyte* dapat lebih fokus pada aktivitas degradasi senyawa kompleks seperti zat warna sintetis (Kumar et al., 2019). Imobilisasi juga memfasilitasi interaksi yang lebih efektif antara enzim yang dihasilkan kapang *Dark Septate Endophyte* dan molekul zat warna (Hashem et al., 2016).

Sebagai upaya meningkatkan efisiensi dan stabilitas proses bioremediasi, teknik imobilisasi sel menjadi sangat penting. Imobilisasi sel melibatkan penempatan sel mikroba dalam matriks padat, yang dapat melindungi sel dari kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan, memfasilitasi pemisahan biomassa dari larutan, dan memungkinkan penggunaan kembali biomassa (Pandey et al., 2008). Material yang digunakan pada imobilisasi harus bersifat ramah lingkungan sehingga tidak membahayakan bagi lingkungan, berpori, dan inert (Martins et al., 2013). *Light Expanded Clay Aggregate* (LECA) atau biasa dikenal dengan hidrotan merupakan material berpori ringan yang biasa digunakan dalam konstruksi (Shokoohi et al., 2017). Hidrotan merupakan bahan yang tahan terhadap tekanan, tidak dapat terbiodegradasi, kedap panas

dan suara, tidak beracun, mempunyai pH netral, dan memiliki daya serap yang cukup baik (Rosman et al., 2019; Maryam et al., 2020).

LECA sering digunakan dalam proses imobilisasi karena memiliki struktur yang mendukung sirkulasi air dan difusi oksigen atau nutrisi yang diperlukan untuk aktivitas metabolik kapang *Dark Septate Endophyte* (Kumar et al., 2019). Hal ini penting untuk mempertahankan efisiensi biodegradasi dalam waktu yang lama (Hashem et al., 2016). Metode imobilisasi yang digunakan dalam melakukan imobilisasi kapang adalah metode adsorpsi. Martins et al (2013) menyatakan keuntungan dari penggunaan metode adsorpsi adalah proses yang dilakukan efektif, mudah dan murah.

Penelitian mengenai pemanfaatan kapang *Dark Septate Endophyte* yang diimobilisasi pada media LECA untuk dekolonisasi zat warna *Methylene blue* masih sangat terbatas, khususnya dalam skala laboratorium sebagai simulasi awal sebelum diaplikasikan pada limbah industri sesungguhnya. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengeksplorasi kemampuan kapang *Dark Septate Endophyte* dalam mendekolorisasi zat warna *Methylene blue* pada sistem uji coba laboratorium, sebagai langkah awal dalam pengembangan teknologi bioremediasi yang ramah lingkungan dan aplikatif di masa depan

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian diatas, maka rumusan masalah yang didapatkan untuk penelitian ini diantaranya:

1. Apakah kapang *Dark Septate Endophyte* (DSE) mampu mendekolorisasi zat warna sintetis *Methylene blue* (MB) pada media padat dan media cair?
2. Bagaimana pengaruh perlakuan shaker dan non-shaker dalam kemampuan dekolonisasi *Methylene blue* (MB) oleh kapang *Dark Septate Endophyte* (DSE)?
3. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi *Methylene blue* (MB) terhadap kemampuan dekolonisasi kapang *Dark Septate Endophyte* (DSE) baik yang terimobilisasi pada LECA ataupun yang tersuspensi?

### C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan pada rumusan masalah yang didapatkan, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kemampuan dekolorisasi kapang *Dark Septate Endophyte* (DSE) pada zat warna sintetis *Methylene blue* (MB) pada media padat dan media cair.
2. Mengetahui pengaruh perlakuan shaker dan non-shaker dalam kemampuan dekolorisasi *Methylene blue* (MB) oleh *Dark Septate Endophyte* (DSE).
3. Mengetahui pengaruh variasi konsentrasi *Methylene blue* (MB) terhadap kemampuan dekolorisasi kapang *Dark Septate Endophyte* (DSE) baik yang terimobilisasi pada LECA ataupun yang tersuspensi.

### D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi secara teoritis dalam memperluas penelitian tentang potensi kapang *Dark Septate Endophyte* (DSE) sebagai agen bioremediasi untuk zat warna sintetis *Methylene blue* dan peran *Light Expanded Clay Aggregate* (LECA) sebagai media imobilisasi dalam meningkatkan efisiensi proses dekolorisasi serta dapat menjadi landasan dalam pengembangan metode pengolahan limbah berbasis kapang yang efisien dan ramah lingkungan terutama pada skala laboratorium sebagai langkah awal sebelum diterapkan secara lebih luas.