

BAB I PENDAHULUAN

Berkembangnya teknologi yang semakin pesat telah memacu pertumbuhan industri baik di sektor pertanian, pengolahan pangan, manufaktur, dan pertambangan. Kegiatan industri dapat menghasilkan limbah termasuk limbah logam berat di lingkungan. Limbah dari sektor industri, umumnya dibuang ke badan air sehingga menyebabkan sumber daya air tercemar (Dimawarnita *et al.*, 2015). Kasus kerusakan lingkungan terus memburuk dan akhirnya menimbulkan masalah serius di berbagai wilayah di Indonesia. Kerusakan lingkungan yang terjadi dapat membahayakan kesehatan lingkungan apabila limbah logam berat terakumulasi dalam jangka waktu yang lama (Dimawarnita *et al.*, 2015).

Logam berat yang terdapat di alam terdiri dari dua kelompok yaitu logam berat esensial dan logam berat non esensial. Logam berat esensial merupakan logam yang diserap oleh tanaman dan dibutuhkan dalam beberapa proses metabolismenya. Logam berat esensial diperlukan dalam konsentrasi rendah. Jika konsentrasi logam berat esensial terlalu tinggi, maka dapat merusak tanaman karena melampaui batas homeostasis tanaman tersebut (Syaifullah *et al.*, 2018). Contoh logam berat esensial adalah tembaga (Cu), seng (Zn), besi (Fe), mangan (Mn), dan nikel (Ni) (Suharno dan Sancayaningsih, 2013). Logam berat non esensial adalah logam berat yang tidak dibutuhkan dan sangat berbahaya bagi makhluk hidup (Syaifullah *et al.*, 2018). Contoh logam berat non esensial adalah kadmium (Cd), timbal (Pb), merkuri (Hg), dan kromium (Cr) (Irfhamni *et al.*, 2017).

Kadmium (Cd) merupakan logam berat yang sering dijumpai di perairan dan berbahaya karena merupakan logam berat non esensial yang tidak dapat terdegradasi di lingkungan. Logam berat yang terakumulasi di lingkungan dengan konsentrasi tinggi dapat membahayakan kesehatan manusia dan memengaruhi kualitas lingkungan (Jin *et al.*, 2022). Hal ini dapat mengancam kehidupan makhluk hidup karena logam berat bersifat toksik dan menyebabkan biomagnifikasi. Biomagnifikasi adalah proses masuknya zat beracun logam ke badan air dan secara bertahap masuk pada rantai makanan dalam konsentrasi yang lebih tinggi (Atieh *et al.*, 2017). Masuknya logam berat ke rantai makanan dapat melalui air tanah yang tercemar air limbah, mengonsumsi air dari badan sungai tercemar, dan air irigasi tanaman yang tercemar air limbah (Jamali *et al.*, 2007). Keberadaan logam kadmium dapat berdampak buruk bagi kesehatan manusia, diantaranya dapat menyebabkan

kerusakan paru-paru, meningkatkan risiko kegagalan pada fungsi ginjal, penyakit kardiovaskular hingga kanker payudara (Hayat *et al.*, 2019; Istarani dan Pandebesie, 2014). Keberadaan logam berat kadmium di lingkungan dapat disebabkan karena buangan limbah industri dan limbah rumah tangga (Rumahlatu, 2011), aktivitas lalu-lalang dan tempat perbaikan kapal (Alisa *et al.*, 2020), serta aktivitas pemberian cat warna yang mengandung kadmium untuk pelapis baja dan besi pada kapal (Widowati *et al.*, 2008).

Pencemaran logam berat kadmium yang ditemukan di beberapa perairan Indonesia sudah melebihi ambang batas baku mutu air. Baku mutu air laut yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Logam Berat di Perairan untuk logam kadmium yaitu 0,01 mg/L untuk perairan pelabuhan; 0,002 mg/L untuk wisata bahari dan 0,001 mg/L untuk biota laut. Logam berat dalam jumlah yang melebihi ambang batas bersifat toksik dan berbahaya bila masuk ke dalam tubuh (Ashraf, 2006). Pencemaran kadmium yang melebihi ambang batas ditemukan pada perairan muara Sungai Angke tahun 2011 berdasarkan penelitian Cordova and Riani (2011) yaitu sebesar 0,011 mg/L; pada Teluk Perairan Pulau Untung Jawa Jakarta yaitu sebesar 0,067-0,079 mg/L (Alisa *et al.*, 2020); Perairan Pesisir Provinsi Sulawesi Selatan sebesar 0,73 mg/L (Setiawan dan Subiandono, 2015); Perairan Tanjung Pasir Tangerang Banten sebesar 0,20 mg/L (Ron, 2021) dan perairan Pulau Tunda Kabupaten Serang Provinsi Banten sebesar 0,029 mg/L (Sasongko *et al.*, 2020).

Mengingat risiko pencemaran logam berat kadmium bagi kesehatan tubuh manusia dan organisme lain cukup tinggi, maka perlu dilakukan penanganan yang tepat agar tidak melebihi ambang batas baku mutu air (Purnamawati *et al.*, 2015). Berbagai upaya untuk mengurangi dan menghilangkan logam berat dari limbah cair sebelum dibuang ke lingkungan dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode. Metode yang dapat digunakan diantaranya yaitu dengan pertukaran ion, presipitasi kimia, evaporasi, flotasi, filtrasi membran, elektrokimia dan koagulasi-flokulasi (Chen *et al.*, 2021). Namun, metode tersebut dianggap masih belum mencukupi karena dapat menghasilkan sejumlah besar efek cemar lain saat proses remediasi berlangsung sehingga tidak efektif untuk diterapkan, disamping itu juga memerlukan biaya yang mahal. Proses bioremediasi logam berat menggunakan jamur atau yang disebut dengan

mikoremediasi merupakan metode yang terjangkau dan efektif untuk dapat digunakan dalam mengatasi cemaran logam berat (Khandaker *et al.*, 2021).

Biosorpsi adalah kemampuan materi biologi untuk mengakumulasi logam berat dari limbah melalui kemampuan adsorpsi dari materi biologi tersebut (Saefudin *et al.*, 2008). Proses biosorpsi dapat terjadi karena adanya biosorben dari material biologis yang mampu mengikat logam berat dari larutan dengan kandungan logam berat dan afinitas tinggi, sehingga mudah terikat dengan biosorben (Suhendrayatna, 2001). Penyerapan logam berat oleh jamur dapat berlangsung pada biomassa sel hidup ataupun sel yang sudah mati (Ratnawati *et al.*, 2010). Penyerapan ion logam tersebut dapat terjadi secara aktif dengan sel hidup yang mana terjadinya akumulasi intraseluler ion logam tersebut di dalam sel (bioakumulasi) atau secara pasif terjadi pada permukaan sel baik pada sel mati maupun hidup (biosorpsi) yang tidak bergantung pada siklus metabolisme sel (Triatmojo *et al.*, 2001; Lapik, 2017).

Jamur makro adalah organisme hidup yang dapat bertindak sebagai biosorben yang efektif. Banyak jamur makro yang memiliki kapasitas mengikat logam sangat baik. Jamur makro juga memiliki mekanisme internal dan eksternal untuk mengakumulasi logam berat. Pada mekanisme eksternal, dinding sel pada jamur merupakan pelindung pertama sel dari faktor lingkungan sehingga sel tidak mengalami lisis, sehingga ketika sel pada jamur mengenali adanya logam berat, maka dinding sel merupakan bagain pertama yang mengikat logam berat. Dinding sel terdiri dari glikoprotein dan polisakarida yang memiliki kemampuan mengikat logam berat terutama glukukan dan kitin (Kaduková dan Virčíková, 2005). Pada mekanisme internal, jamur makro menghasilkan protein khusus berupa protein metallothionein yang mampu mengikat logam berat dalam organel sel, seperti vakuola atau memodifikasi sifat logam berat secara kimia sehingga toksisitasnya hilang (Vaseem *et al.*, 2017). Kemampuan jamur makro dalam mengikat logam berat berpengaruh pada tingkat toleransi jamur makro terhadap berbagai jenis ion logam berat (Oladipo *et al.*, 2018).

Aplikasi bioremediasi dapat dilakukan secara *ex situ* dan *in situ*. Bioremediasi secara *in situ* dilakukan di lokasi lingkungan tercemar secara langsung, sedangkan bioremediasi secara *ex situ* dilakukan di luar lingkungan tercemar dengan memindahkan limbah ke tempat pengolahan untuk dilakukan bioremediasi (Lata *et al.*, 2019). Aplikasi secara *in situ* dapat dilakukan dengan menumbuhkan inokulum terlebih dahulu

menggunakan substrat seperti serpihan kayu, jerami gandum, serabut kelapa dan serbuk gergaji yang diperkaya nutrisi untuk pertumbuhan jamur, kemudian di aplikasikan secara langsung di lingkungan yang tercemar logam berat (Rhodes, 2014).

Beberapa penelitian telah mengungkapkan potensi jamur makro dalam meremediasi logam berat kadmium. Penelitian yang dilakukan oleh Yuan *et al* (2007) menunjukkan bahwa akumulasi kadmium ditemukan pada dinding sel miselium *Phoma* sp. Penelitian Nurhasanah (2020) menunjukkan beberapa jenis jamur makro mampu menyerap logam berat kadmium dari medium air laut. Jenis-jenis jamur makro tersebut adalah *Clavulina vanderystii*, *Pleurotus sp 1*, *Cyclomyces setiporus*, *Polyporus grammacephalus*, *Trametes varians*, dan *Trametes meyenii*, *P. grammacephalus* menunjukkan kemampuan absorpsi logam berat Cd tertinggi. Penelitian Ron (2021) melaporkan, bahwa jamur makro *Ganoderma* juga memiliki kemampuan biosorpsi logam berat kadmium.

Jamur *Lepiota cf. cristata* merupakan jamur *Basidiomycota* yang masuk ke dalam suku *Agaricaceae* (Amin *et al.*, 2019). Jamur *Lepiota cf. cristata* merupakan jamur yang tidak dapat dikonsumsi karena memiliki kandungan sumber toksin dari kelompok amatoksin (Sarawi *et al.*, 2022). Amatoksin memiliki efek yang berbahaya terhadap organ hati dan pankreas (Qonita *et al.*, 2022). Jamur makro *Lepiota cf. cristata* belum banyak diketahui pemanfaatannya. Namun *Lepiota cf. cristata* memiliki manfaat dalam ekologi sebagai dekomposer (Wati *et al.*, 2019). Selain itu *Lepiota cf. cristata* memiliki potensi sebagai biosorpsi logam berat. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Putranto (2022), *Lepiota sp.* menunjukkan kemampuannya tumbuh dalam medium PDA (*Potato Dextrose Agar*) logam berat kadmium air laut dengan nilai laju kecepatan pertumbuhan spesifik sebesar 0,02 cm²/hari hal ini membuktikan bahwa *Lepiota sp.* memiliki kemampuan tumbuh dalam cekaman logam kadmium yang bersalinitas tinggi. Namun penelitian mengenai kemampuan biosorpsi logam kadmium dalam salinitas tinggi belum diketahui begitu pula distribusi logam yang terikat serta komponen sel yang bertanggung jawab dalam biosorpsi belum banyak terungkap.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan *Lepiota cf. cristata* sebagai agen biosorpsi logam berat kadmium serta untuk mengetahui distribusi logam berat kadmium yang terikat pada

berbagai komponen sel pada miselium *Lepiota cf. cristata*. Hipotesis pada penelitian ini adalah jamur makro *Lepiota cf. cristata* memiliki kemampuan sebagai agen biosorpsi logam berat kadmium (Cd) serta terdapat distribusi logam berat kadmium (Cd) yang terikat pada berbagai komponen sel dari miselium *Lepiota cf. cristata*.



