

BAB I. PENDAHULUAN

Permasalahan lingkungan terus bermunculan seiring dengan meningkatnya industrialisasi. Salah satu contohnya adalah polusi air dan tanah akibat limbah buangan dari industri. Limbah buangan dari industri dapat berupa logam berat yang memiliki peran besar dalam pencemaran lingkungan. Selain itu, pencemaran logam berat dapat bersumber dari aktivitas manusia lainnya seperti pertanian. Pencemaran terhadap lingkungan akan mencemari tanah dan air yang memiliki peranan penting dalam kelangsungan hidup organisme. Banyak jenis polutan logam berat yang dihasilkan oleh kegiatan tersebut yang dapat mencemari lingkungan. Salah satu polutan yang paling mengancam sebagai logam berat adalah timbal (Pb) karena akumulasinya di lingkungan (Masindi, 2018).

Timbal (Pb) merupakan salah satu unsur logam berat dengan ciri-ciri berwarna perak kebiruan, memiliki titik leleh yang lebih rendah jika dibandingkan dengan titik leleh pada sebagian besar logam padat lain. Timbal memiliki sifat toksik meskipun dalam jumlah yang kecil (ATSDR, 2020). Timbal memiliki berat atom (BA) 207,2, dalam tabel periodik unsur kimia kelompok timbal masuk dalam logam-logam golongan IV-A dan periode ke 6 dengan nomor atom (NA) 82 (Palar, 2012). Titik leleh timbal di atmosfer adalah $327,43^{\circ}\text{C}$ dengan titik didih 1.740°C . Timbal akan menguap pada suhu $550-600^{\circ}\text{C}$ dan bisa berikatan dengan oksigen di udara membentuk timbal oksida (PbO). Pada suhu kamar akan berbentuk padat dan memiliki berat jenis sebesar 11,4/l (Rahayu dan Solihat, 2018).

Timbal terdapat secara alami di alam yang tersedia dalam bentuk bijih logam. Timbal berasal dari berbagai sumber yang berada pada lingkungan hidup, yaitu: 1) Batuan sekitar 10-20 mg/kg, 2) Tanah rata-rata sebesar 5-25 mg/kg, 3) Air tanah antara 1-6 $\mu\text{g/l}$, 4) Air permukaan 1-10 $\mu\text{g/l}$, 5) Kadar timbal pada air laut pada dasarnya lebih rendah dari kadar timbal yang terdapat pada air tawar. Namun jika daerah tersebut banyak kegiatan manusia, jumlah timbal akan meningkat, 6) Udara sebesar 0,0006 $\mu\text{g/m}^3$, 7) Tumbuhan dengan kandungan 2,5 mg/kg daun kering (Mallongi, 2019).

Pencemaran timbal di lingkungan dapat terjadi secara alami dan non alami. Pencemaran timbal secara alami terjadi akibat letusan gunung berapi dan kebakaran hutan hingga pergerakan air laut (Edelstein dan Ben-Hur, 2018; De Bellis dan Aprile, 2020). Pencemaran timbal non alami berasal dari aktivitas manusia seperti kegiatan industri, penambangan, peleburan, emisi gas kendaraan dan kegiatan rumah tangga sehari-hari. Polusi timbal akan mencemari udara, perairan dan tanah yang akan berakibat pada manusia, hewan dan tumbuhan (Tentrem, 2020).

Pencemaran timbal di lingkungan paling banyak terdapat di udara. Kontribusi pencemar udara terbesar berasal dari emisi gas buangan kendaraan bermotor, hasil pembakaran industri, pembakaran batu bara dan kegiatan rumah tangga (Rizqi, 2021). Timbal di udara akan turun ke daratan dan perairan melalui air hujan sehingga berpotensi mencemari daratan dan perairan (Kumar *et al.*, 2023). Pencemaran timbal di lingkungan perairan berhubungan dengan pencemaran timbal di daratan seperti limbah rumah tangga, industri yang menggunakan timbal, penambangan dan pengolahan logam bertimbal (Levin *et al.*, 2021). Pencemaran timbal di daratan akan terbawa oleh air atau buangan langsung ke aliran sungai hingga menuju ke lautan bersama arus dan erosi (Hynek *et al.*, 2011).

Timbal yang mencemari lingkungan dapat masuk dan terakumulasi dalam tubuh manusia. Timbal masuk ke dalam tubuh manusia melalui tiga jalur utama, yaitu kulit, sistem pencernaan dan sistem pernapasan. Terdapat beberapa media bagi timbal untuk masuk ke dalam tubuh manusia seperti udara, air dan makan-makanan yang terpapar. Timbal inorganik masuk ke dalam tubuh melalui paru-paru atau saluran pencernaan, sedangkan timbal organik masuk ke dalam tubuh melalui kulit, paru-paru dan saluran pencernaan (Wani *et al.*, 2015). Timbal dalam tubuh akan di absorpsi, di deposisi yang selanjutnya sebagian akan terakumulasi dalam tubuh dan sebagian lagi akan dikeluarkan dari tubuh. Akumulasi timbal dapat bertahan dalam jangka panjang dan jika terjadi terus menerus dalam waktu lama akan mencapai dosis yang membahayakan kesehatan manusia (Fraser *et al.*, 2018; ATSDR, 2020).

Mekanisme timbal dalam merusak organ dan jaringan dimulai pada tingkat seluler. Timbal akan menyebabkan peningkatan *Reactive Oxygen Species* (ROS)

sehingga terjadi stres oksidatif yang mampu berinteraksi dan memberikan efek toksik kepada protein, lipid, *Deoxyribo Nucleic Acid* (DNA) dan *Ribonucleic Acid* (RNA) (Encinas-Gimenez *et al.*, 2024). Efek toksik tersebut menyebabkan modifikasi, kerusakan hingga *apoptosis* sel yang sangat mempengaruhi dan mengganggu hampir di setiap organ tubuh manusia (Joel *et al.*, 2019).

Kandungan timbal dalam tubuh dapat diketahui dengan pemeriksaan konsentrasi timbal dalam darah. Tubuh manusia memiliki toleransi terhadap logam berat yang masuk ke dalam tubuh sampai pada batasan tertentu. Pada orang dewasa sehat, rata-rata konsentrasi timbal darahnya sebesar 0,9 µg/dL yang akan bertambah sesuai dengan kondisi lingkungan dan aktifitas. Nilai acuan kadar timbal dalam darah yang diperbolehkan adalah pada orang dewasa adalah <10 µg/dL, sedangkan kadar kritisnya adalah ≥ 70 µg/dL (Hall, 2023).

Menurut Charkiewicz dan Backstrand (2020) terdapat berbagai efek kesehatan yang ditimbulkan akibat keracunan timbal sesuai dengan tingkat timbal dalam darah. Kadar timbal <10 µg/dL dalam darah menyebabkan timbal mampu melewati plasenta dan masuk ke aliran darah janin. Pada kadar 10-40 µg/dL, timbal mampu menyebabkan peningkatan tekanan darah, memperlambat konduksi saraf. Kadar 40-70 µg/dL, timbal mampu menimbulkan rasa mengantuk, kelelahan, perubahan suasana hati, penurunan kemampuan mental, gangguan kesuburan, hipertensi kronis dan gangguan sintesis hemoglobin. Kadar 70-100 µg/dL, timbal mampu menimbulkan sensasi berupa adanya rasa logam di mulut, sembelit, sakit kepala, sakit perut, insomnia, kehilangan ingatan, penurunan gairah seks, gangguan fungsi organ tubuh dan nefropati. Kadar >100 µg/Dl, timbal akan menyebabkan ensefalopati dan anemia. Pada kadar > 150 µg/L, timbal mampu menyebabkan kematian (Charkiewicz dan Backstrand, 2020).

World Health Organization (WHO) memperkirakan bahwa sekitar 1 juta jiwa meninggal pada tahun 2019 disebabkan paparan timbal. Jutaan orang lainnya terutama pada anak-anak terpapar timbal dalam kadar rendah hingga yang menyebabkan masalah kesehatan seumur hidup (WHO, 2023). Salah satu kasus yang terjadi di Baltimore, Amerika Serikat menyatakan bahwa seorang gadis berusia 16 tahun didiagnosis menderita keracunan timbal setelah terpapar timbal dalam jangka waktu yang cukup

lama di pabrik tembikar milik keluarganya. Gejala dan tanda utama adalah sakit perut yang parah, muntah, dan hipertensi arteri. Pada anak-anak tidak ada kadar timbal dalam darah yang aman, toksisitas timbal dapat mengancam jiwa karena komplikasi akut dan kronisnya (Marginean *et al.*, 2016).

Menurut Simbolon (2018), kerang hijau di Perairan Cilincing Pesisir DKI Jakarta tidak layak konsumsi dikarenakan konsentrasi logam timbal di sedimen dan kerang hijau jauh di atas baku mutu yang telah ditetapkan. Konsentrasi timbal kerang hijau rata-rata berkisar antara 6,41 mg/kg - 9,10 mg/kg. Sedangkan kandungan logam timbal di sedimen rata-rata berkisar antara 138,96 mg/kg - 150,54 mg/kg (Simbolon, 2018).

Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) tahun 2009 menetapkan batasan maksimum cemaran logam berat timbal pada kerang sebesar 1,5 mg/kg (BPOM RI., 2009). Logam berat timbal pada sedimen mengacu pada Australian and New Zealand Environment and Conservation Council (ANZECC) dan Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand (ARMCANZ) yang tertera pada Water Quality Guidelines (2000) yang menyatakan bahwa standar baku mutu terkandungnya timbal sebesar 50 mg/kg (Anzecc dan Armcanz, 2000).

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk menghilangkan logam berat dengan bermacam-macam teknik seperti fisikokimia. Contoh teknik tersebut adalah filtrasi membran, presipitasi kimia, pengendapan kimia, evaporasi, pertukaran ion dan adsorpsi. Hasil yang didapatkan telah memberikan bukti bahwa berbagai teknik yang digunakan dapat menghilangkan logam berat (Liu *et al.* 2019; Pohl 2020; Chen *et al.* 2018). Namun dalam pelaksanaannya, teknik tersebut masih memiliki kelemahan berupa biaya operasional yang tinggi, selektivitas yang rendah, dan inefisiensi ketika logam berada dalam konsentrasi yang lebih rendah. Selain itu, metode ini juga menghasilkan limbah sekunder (Benila dan Sumithra, 2017). Oleh karena itu, maka diperlukan metode alternatif yang efektif dan efisien, ekonomis serta ramah lingkungan.

Selama beberapa dekade terakhir telah dilakukan penelitian mengenai alternatif penghilangan logam dengan biaya yang rendah. Dalam konteks ini, penelitian yang berfokus pada biosorpsi seperti adsorpsi logam yang ramah lingkungan, ekonomis, dan

efektif telah dilakukan dengan penerapan biomassa mikroba (Amini dan Younesi, 2009). Biosorpsi dapat diartikan sebagai penggunaan sistem biologis untuk proses penghilangan logam berat (Michalak *et al.*, 2013). Menurut Thirunavukkarasu *et al.* (2021), biosorpsi adalah proses yang terjadi secara fisika-kimia pada suatu permukaan biomassa padat (biosorben) yang menyerap zat terlarut (sorbit) dari bahan cair (solven) sebagai pelarut. Dalam biosorpsi, logam berat sebagai zat terlarut (sorbit) yang berada di dalam solven akan diserap oleh biomassa (adsorben) (Thirunavukkarasu *et al.*, 2021).

Beberapa hasil dari penelitian tentang biosorpsi menyatakan bahwa biosorpsi memiliki dampak yang ramah lingkungan, mudah, murah dan efektif (Pham *et al.*, 2021). Salah satunya adalah biomassa jamur yang dianggap sebagai biosorben yang paling menjanjikan. Jamur juga diketahui memiliki toleransi tinggi terhadap lingkungan yang tercemar logam berat. Hal ini karena adanya kitin pada dinding sel jamur sehingga dapat menurunkan efek berbahaya logam berat (Bala *et al.*, 2020). Selain itu dinding sel jamur yang terdiri dari polisakarida, protein dan lipid memiliki berbagai gugus fungsi yang dapat mengikat logam (Dhankhar dan Hooda, 2011). Jamur juga memanfaatkan senyawa-senyawa yang berbahaya ini sebagai sumber nutrisi dan mendegradasi atau memfragmentasi polutan tersebut menjadi bentuk lebih sederhana yang bersifat non toksik (Pinedo-Rivilla *et al.*, 2009; Singh dan Sharma, 2013).

Sekitar 90% dinding sel jamur terdiri dari polisakarida berupa kitin, manan, glukukan dan sedikit lipid dan pigmen misalnya melanin (Abbas *et al.*, 2014). Kitin merupakan polisakarida yang mengandung nitrogen dan terdiri dari N-asetil glukosamin dan merupakan konstituen umum dari dinding sel jamur (Dusengemungu *et al.*, 2020). Kitin pada dinding sel jamur berperan dalam mentoleransi konsentrasi logam yang tinggi. Pada jamur terdapat *binding site* yang terbentuk dari bagian-bagian kelompok acetamino. Kelompok acetamino berasal dari kitin, amino, sulfhidril dari protein dan peptida, hidroksil, fosfat, dan karboksil dari asam organik, polisakarida, polifenol dan melanin. Adanya *binding site* pada dinding sel jamur menyebabkan jamur memiliki afinitas penyerapan logam yang tinggi (Fomina dan Gadd, 2014).

Selain itu, gugus fungsi yang terdapat pada dinding sel jamur seperti gugus karboksil (-COOH), amida (-NH₂), thiol (-SH), fosfat (PO₄³⁻) dan hidroksil (-OH)

mampu meningkatkan penyerapan logam berat oleh jamur (Igiri *et al.*, 2018). Gugus fungsi memiliki beberapa situs aktif yang mampu mengikat logam berat. Selain itu, gugus fungsi pada dinding sel bermuatan negatif yang akan menarik ion logam yang bermuatan positif. Perbedaan muatan yang berlawanan akan menciptakan gaya tarik menarik elektrostatik sehingga logam berikatan dengan dinding sel jamur (Bahafid *et al.*, 2017).

Secara umum, mekanisme biosorpsi diklasifikasikan menjadi absorpsi aktif dan absorpsi pasif. Absorpsi aktif merupakan mekanisme yang menggunakan sel-sel yang masih hidup. Absorpsi aktif memiliki dua mekanisme langkah dalam penyerapan, yaitu: 1) Tidak bergantung pada metabolisme dan terjadi pengikatan yang cepat terhadap sorbat; 2) Bergantung pada metabolisme dengan pengikatan yang lambat pada sorbat dimana logam akan diangkut melewati membran sel. Mekanisme ini adalah bagian dari fisiologi normal sel yang bertanggung jawab atas penyerapan nutrisi. Absorpsi pasif adalah mekanisme penyerapan dengan menggunakan sel yang mati. Absorpsi pasif terjadi karena: 1) Larutan yang mengandung logam berat membentuk kompleks dengan gugus fungsional yang terdapat di dalam dinding sel biomassa; 2) Terjadi pertukaran ion logam dimana ion logam esensial digantikan oleh ion logam berat pada dinding sel. Absorpsi pasif tidak bergantung pada metabolisme dan terjadi dengan cepat dalam waktu 5-10 menit dari kontak awal sel, sehingga mirip dengan mekanisme langkah pertama pada biosorpsi aktif (Colica, 2009; Ratnawati *et al.*, 2010; Salam, 2019).

Terdapat beberapa mekanisme yang mempengaruhi biosorpsi, yaitu: pertukaran ion, khelasi/kompleksasi, adsorpsi dan pengendapan. Pertukaran ion difasilitasi oleh gugus fungsi yang berbeda pada dinding sel yang mengandung polisakarida berupa kitin dan menjadi situs pertukaran ion logam karena adanya muatan yang berlawanan dengan situs pengikatan tersebut (Vijayaraghavan dan Balasubramanian, 2015; Bilal *et al.*, 2018).

Kompleksasi atau koordinasi adalah proses pembentukan kompleks melalui tarikan elektrostatik atau ikatan kovalen antara kation (ion logam) dan anion (molekul organik) yang bertindak sebagai ligan dengan kemampuan menyumbangkan elektron. Bentuk lanjutannya berupa khelasi, dimana ligan multidentan akan berikatan dengan ion

logam pada lebih dari satu posisi dan membentuk kompleks dengan stabilitas yang tinggi (Tsezos *et al.*, 2006). Pembentukan kompleks terjadi pada permukaan sel berupa interaksi logam dengan gugus fungsi pada dinding sel sehingga logam dapat dihilangkan dari larutan (Gahlout *et al.*, 2021).

Adsorpsi fisik adalah perpindahan ion dari zat cair ke zat padat. Adsorpsi fisik terjadi pada dinding sel karena adanya gaya elektrostatis (tarik menarik) antara sorben dan biosorben (Bashir *et al.*, 2019). Adsorpsi fisik tidak bergantung pada metabolisme sehingga sangat memungkinkan untuk mengolah air limbah dalam jumlah besar (Gahlout *et al.*, 2021).

Logam yang tidak larut di dalam solven akan membentuk endapan. Ion logam akan menempel pada gugus fungsi pada permukaan biosorben dan diserap oleh mikroorganisme. Selanjutnya logam akan terakumulasi sebagai endapan logam di dalam sel atau dinding sel (Gouda dan Taha, 2023). Pengendapan dapat terjadi pada biosorpsi yang bergantung pada metabolisme dan tidak bergantung pada metabolisme. Pada biosorpsi yang bergantung pada metabolisme, pengendapan terjadi karena sistem pertahanan aktif mikroorganisme memberikan respon terhadap lingkungan yang mengandung ion logam beracun. Pada biosorpsi yang tidak bergantung pada metabolisme, pengendapan terjadi karena reaksi kimia antara gugus fungsi dinding sel biosorben dengan ion logam (Javanbakht *et al.*, 2014; Kanamarlapudi *et al.*, 2018).

Beberapa faktor dapat memengaruhi kapasitas biosorpsi berbagai biosorben, yang terutama meliputi pH, suhu, waktu kontak, dosis biomassa, dan konsentrasi logam berat awal (Redha, 2020). Tingkat keasaman (pH) sangat mempengaruhi kelarutan ion logam, kimia larutan logam, situs pengikatan biomassa, aktifitas gugus fungsi dalam biomassa dan persaingan ion logam dalam biosorpsi (Noverita *et al.*, 2023). Jamur mampu melakukan aktivitas biosorpsi dengan rentang pH antara 3,0-6,5. pH yang optimal sangat berpengaruh dalam penyerapan logam secara maksimal. Pada nilai pH kurang dari 3,0 menyebabkan ion hidrogen (H^+) membentuk partikel yang lebih kecil (terdisosiasi) hingga bersaing untuk mendapatkan tempat aktif pada permukaan sel. Sedangkan nilai pH yang lebih dari 6,5 menyebabkan logam dapat mengendap dalam

bentuk hidroksidanya yang membuat biosorben tidak berguna dan mengakibatkan akumulasi lumpur yang sangat beracun (Abdelfattah *et al.*, 2023).

Suhu berdampak penting pada biosorpsi jamur yang mempengaruhi struktur dan kekuatan dinding sel jamur dan mempengaruhi ionisasi gugus kimia pada proses absorpsi (El Sayed dan El-Sayed, 2020). Biosorpsi dapat dilakukan pada suhu 20-35° C, tapi pada suhu >45°C akan terjadi kerusakan protein, sehingga sel-sel pada mikroba akan mengalami kerusakan permanen yang akan mempengaruhi penyerapan logam berat (Hassouna *et al.*, 2018; Ayele *et al.*, 2021).

Waktu kontak dapat mempengaruhi kapasitas biosorpsi oleh biosorben terhadap sorbat. Pada awal kontak, biosorben akan dengan menabsorpsi sorbat dengan cepat. Peningkatan waktu kontak memungkinkan biosorben untuk mengabsorpsi sorbat secara maksimal hingga mencapai titik optimal. Setelah mencapai titik optimal, biosorben telah mencapai kapasitas biosorpsi maksimum karena situs pengikatan pada dinding sel telah mengalami kejenuhan. Selanjutnya, penambahan waktu kontak membuat daya biosorpsi dari biosorben akan menurun (Redha, 2020).

Dalam biosorpsi, biosorben merupakan tempat pengikatan untuk penyerapan sorbat. Dosis biosorben sangat mempengaruhi jumlah penyerapan sorbat yang terkandung dalam solven. Pada dosis biosorben rendah sorbat yang terserap akan sedikit, sebaliknya, jika dosis biosorben tinggi maka sorbat yang terserap juga akan banyak (Redha, 2020). Banyaknya sorbat yang terserap dari dosis biosorben yang tinggi membuat ketersediaan situs pengikatan sorbat yang kosong menjadi lebih banyak (Ojedokun dan Bello, 2016).

Pada penggunaan konsentrasi logam awal tinggi akan mengungkap potensi penuh dari biosorben dalam menghilangkan logam. Sedangkan pada penggunaan konsentrasi logam awal yang rendah, tidak dapat mengetahui kapasitas maksimum suatu biosorben dalam biosorpsi. Hal ini dikarenakan pada penggunaan konsentrasi ion logam rendah akan menyisakan banyak situs pengikatan logam yang tidak terisi pada biosorben (Redha, 2020). Maka dapat dinyatakan biosorpsi logam oleh biosorben meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi logam awal (Ashraf *et al.*, 2011).

Penelitian yang dilakukan ini merupakan lanjutan dan menggunakan metode yang hampir sama dari penelitian mahasiswa Fakultas Biologi dan Pertanian Universitas Nasional sebelumnya yaitu Jimron (2021). Perbedaan metode penelitian yang dilakukan oleh penulis dengan penelitian yang dilakukan mahasiswa sebelumnya adalah pada jumlah jamur, jenis jamur serta logam yang digunakan. Penelitian sebelumnya menggunakan 1 jenis jamur yaitu *Ganoderma*, sedangkan penelitian ini menggunakan 5 jenis jamur makro, yaitu: *Amauroderma rugosum*, *Gymnopus* sp., *Lentinus sajor-caju*, *Microsporhus* sp., dan *Tremella fuciformis*. Kelima jenis jamur yang digunakan merupakan jamur dari filum *Basidiomycota*. Seluruh jenis jamur makro tersebut dipilih dari koleksi Laboratorium Mikrobiologi dan Genetika Universitas Nasional yang diperoleh dari peneliti sebelumnya di kawasan hutan Sumatera Barat. Pada logam yang digunakan, penelitian sebelumnya menggunakan logam Kadmium (Cd), sedangkan penulis menggunakan logam Timbal (Pb).

Selain itu, penelitian yang dilakukan memiliki nilai kebaruan dalam bidang ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang remediasi lingkungan. Penulis telah melakukan penelusuran dengan menggunakan internet untuk mencari publikasi ilmiah seperti buku, jurnal dan lain sebagainya. Dari penelusuran, penulis tidak menemukan adanya penelitian biosorpsi logam berat Pb dengan metode yang sama dengan penelitian ini, yaitu lima isolat jamur makro dari filum *Basidiomycota* yang secara alami tumbuh di daratan, ditumbuhkan pada medium air laut dan pada medium air laut dengan kandungan Pb untuk menguji kemampuan biosorpsinya terhadap Pb. Hal ini menyebabkan tidak ada referensi rujukan bagi penulis untuk membandingkan hasil penelitian ini dengan penelitian lainnya.

Penelitian dilakukan pada keadaan lingkungan yang terkondisikan, yaitu di Laboratorium Mikrobiologi dan Genetika Universitas Nasional. Pengkondisian ini dimaksudkan untuk menjaga pertumbuhan, kelangsungan hidup dan mendapatkan kemampuan biosorpsi yang maksimal oleh isolat jamur makro. Hal ini berhubungan dengan teknik biosorpsi yang digunakan, yaitu absorpsi aktif dimana menggunakan jamur dengan sel-sel yang masih hidup sebagai biosorben logam berat Pb.

Penelitian ini juga merupakan penelitian tahap awal bagi isolat jamur makro. Untuk pengaplikasian isolat jamur makro yang terpilih di lingkungan yang tercemar limbah Pb, masih diperlukan penelitian lanjutan dengan tujuan agar isolat jamur mampu memberikan hasil yang diharapkan pada lingkungan yang sesungguhnya. Untuk penelitian lanjutan dari penelitian ini, pada tahap awal masih dilakukan dalam lingkungan laboratorium. Isolat jamur akan ditumbuhkan hingga menghasilkan miselium. Massa miselium selanjutnya dikeringkan dan dibungkus dalam bentuk seperti kantong teh, sehingga isi dalam kantong dapat berupa massa miselium dengan sel hidup atau mati. Langkah berikutnya, kantong direndam pada wadah yang berisi air laut yang mengandung timbal. Kantong didiamkan dalam waktu beberapa jam, kemudian dihitung kemampuan biomassa jamur dalam mengabsorpsi Pb. Tahap kedua, berupa pengaplikasian langsung di lingkungan yang tercemar Pb. Massa miselium dimasukkan ke dalam bantalan, yang mana massa miselium berfungsi sebagai penyaring. Bantalan ditempatkan pada lokasi yang menjadi sumber pencemaran Pb sebelum masuk ke air laut, seperti daerah aliran sungai dan saluran-saluran air lainnya yang langsung mengalir ke laut.

Jamur *Basidiomycota* memiliki ketahanan terhadap salinitas dengan mentoleransi kondisi lingkungan laut dan mengembangkan berbagai mekanisme pertumbuhan, terutama melawan gradien salinitas (Jones *et al.*, 2022). Jamur filum *Basidiomycota* ditemukan tumbuh di Taman Mangrove Xiwan, Shenzhen dan Taman Mangrove Pulau Gull, Guangzhou di Provinsi Guangdong, Tiongkok. Jamur ini tumbuh pada kayu mati dalam hutan bakau di zona intertidal yang secara berkala terendam air laut ketika pasang. Selain mengembangkan mekanisme pertumbuhan, jamur ini juga mengembangkan mekanisme perkembangan dan penyebaran. Hal ini diketahui dengan pengamatan secara mikroskopis, bagian *Pileus-Gleba-Inner veil complex* atau Kompleks Kerudung Bagian Dalam (PGI) jamur *Basidiomycota* terlepas dari stipe dan dipindahkan ke air laut dan melayang di laut untuk menyebarkan spora yang telah matang (Yang *et al.*, 2023). Memperhatikan hal tersebut, maka memungkinkan jamur filum *Basidiomycota* untuk ditumbuhkan dan dikembangkan pada media dengan kadar salinitas yang tinggi dengan nilai 33-37 ‰ seperti air laut.

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas, penelitian ini bertujuan untuk:

1) Melihat kemampuan tumbuh lima isolat jamur makro yang digunakan dan menentukan isolat jamur dengan pertumbuhan paling cepat pada medium *Potato Dextrose Agar* Air Laut (PDA AL) dan *Potato Dextrose Agar* dengan timbal (PDA AL Pb), 2) Mendapatkan isolat jamur makro yang terbaik dalam mengabsorpsi logam berat Pb pada medium *Potato Dextrose Broth* Air Laut dengan variasi konsentrasi timbal (PDB AL Pb) sehingga didapatkan isolat jamur yang potensial sebagai agensia biosorpsi Pb.

Hipotesis yang diujikan dalam penelitian ini adalah: 1) Terdapat perbedaan kemampuan tumbuh ke lima jenis jamur makro (*Amauroderma rugosum*, *Gymnopus* sp., *Lentinus sajor-caju*, *Microsporhus* sp., dan *Tremella fuciformis*) yang ditumbuhkan dalam medium air laut serta terdapat perbedaan sifat toleran terhadap logam berat Pb, 2) Diperoleh isolat jamur makro yang unggul dan dapat dipergunakan untuk mengatasi pencemaran logam berat Pb di perairan laut.



