

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Jamur *Aspergillus flavus*

Jamur adalah kelompok organisme eukariotik yang memiliki berbagai jenis dan hidup di berbagai tempat di seluruh dunia. Karena tidak memiliki klorofil, jamur tidak bisa membuat makanan sendiri, tetapi mendapatkan nutrisi dengan cara mengurai senyawa organik. Dinding sel jamur tersusun atas kitin, dan tubuhnya tidak memiliki perbedaan jaringan yang jelas. Bagian tubuh jamur yang disebut hifa bertugas menyerap nutrisi dari lingkungan sekitar serta berperan dalam proses bertambahnya jumlah jamur. (Rahmadina, 2021).

Aspergillus adalah mikroorganisme eukariotik yang sering ditemukan, terutama di daerah tropis dan subtropis. Jamur ini sering ditemukan sebagai salah satu bentuk kontaminan mikroba yang umum. Selain memiliki banyak spesies, *Aspergillus* juga berperan dalam berbagai proses, seperti fermentasi makanan, industri minuman, pengolahan limbah, konversi bahan organik, dan pembuatan bahan kimia. Beberapa jenis *Aspergillus* mampu menghasilkan zat beracun yang disebut aflatoxin contohnya seperti *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus nidulans*, dan *Aspergillus terreus*. Zat ini bisa terdapat di bahan makanan dan berbahaya bagi kesehatan manusia karena mempunyai sifat karsinogenik dan merusak hati. (Murtafi'ah, 2021)

Aspergillus flavus adalah jenis jamur yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Jamur ini termasuk golongan jamur berfilamen, dengan spora yang mudah menyebar melalui udara. *A. flavus* sering ditemukan menginfeksi makanan yang disimpan dalam waktu lama. Selain merusak makanan, jamur ini juga bersifat saprofit dan bisa ditemukan di berbagai tempat seperti tanah, udara terbuka, biji-bijian, bahan makanan, serta lokasi penyimpanan benih. Jika terpapar aflatoxin secara berulang meskipun jumlahnya sedikit, bisa meningkatkan risiko terkena kanker hati. (Siregar *et al.*, 2025)

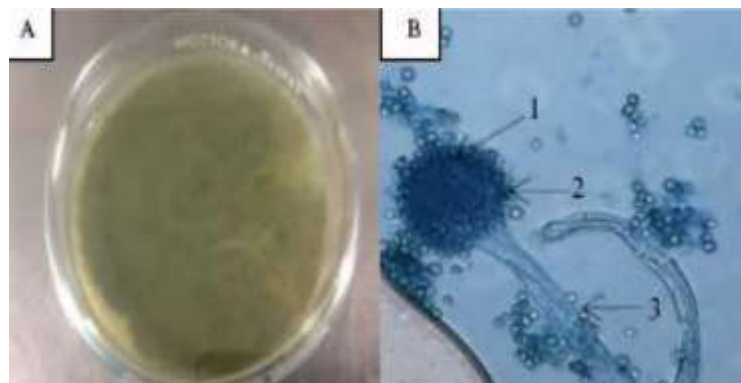
Aspergillus flavus memiliki koloni yang berwarna hijau sampai kuning kehijauan, dengan permukaan yang kasar dan pertumbuhan yang rapat. Pada awalnya koloni berwarna putih, kemudian berubah menjadi hijau kekuningan saat spora mulai tumbuh. Dilihat secara mikroskopis, jamur ini memiliki vesikel

berbentuk bulat atau oval yang memiliki ukuran sekitar 25–45 μm . Konidia berbentuk bulat dengan ukuran sekitar 3–6 μm , sedangkan konidiofornya memanjang dan memiliki bentuk silindris. (Putra *et al.*, 2020)

Aspergillus flavus termasuk dalam kelas *Ascomycota* dan umumnya ditemukan di berbagai daerah di seluruh dunia, khususnya di area tropis dan subtropis karena kondisi kelembapan yang mendukung pertumbuhannya. Fungi ini mampu menghasilkan sebuah zat beracun yang disebut aflatoksin, dan penyakit yang disebabkan oleh zat tersebut disebut aflatoksikosis. (Suryani & Cahyanto, 2022)

Klasifikasi *Aspergillus flavus* sebagai berikut :

Kingdom : Fungi (Jamur)
 Divisi : *Ascomycota* (Jamur Kantung)
 Kelas : *Eurotiomycetes*
 Ordo : *Eurotiales*
 Famili : *Aspergillaceae*
 Genus : *Aspergillus*
 Spesies : *Aspergillus flavus*



Gambar 1 Koloni jamur *Aspergillus flavus* secara makroskopis dan mikroskopis (Putra *et al.*, 2020)

Keterangan : (1) Vesikel, (2) Konidia, (3) Konidiofor

1. Infeksi yang disebabkan oleh *Aspergillus flavus*

Sebagian jenis *Aspergillus* yang sering mengakibatkan infeksi adalah *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus nidulans*, dan *Aspergillus terreus*. Infeksi pada saluran pernapasan akibat jamur ini disebut sebagai *aspergilosis*. Jenis-jenis infeksi aspergilosis meliputi *Allergic*

Bronchopulmonary Aspergillosis (ABPA), *Chronic Pulmonary Aspergillosis* (CPA), Aspergilloma, serta *Invasive Pulmonary Aspergillosis* (IPA). Selain itu jamur *Aspergillus flavus* dapat menyebabkan infeksi yang bisa menyerang kulit, kuku, dan organ dalam seperti paru-paru. Dalam beberapa kasus, kondisi ini juga bisa menyebabkan reaksi alergi. Gejala yang sering terjadi pada infeksi pada paru-paru antara lain batuk yang berlangsung lama, batuk yang mengeluarkan darah atau dahak, sulit bernapas, demam, nyeri di dada, dan dalam beberapa kasus, tidak menunjukkan gejala sama sekali. (Azahra *et al.*, 2024).

2. Antijamur

Antifugal memiliki dua fungsi pokok, yaitu fungisida dan fungistatik. Fungisida berperan dalam membasmi jamur, sementara fungistatik hanya menghambat perkembangbiakan jamur tanpa membunuhnya. Menurut (Hapsah, 2025) terdapat beberapa antijamur untuk *Aspergillus sp.* yaitu sebagai berikut.

1. Vorikonazol

Vorikonazol tersedia dalam bentuk diminum dan suntik ke dalam vena. Sediaan suntik mengandung bahan siklodekstrin, yang bisa menumpuk di dalam tubuh pasien yang mengalami gangguan fungsi ginjal. Kira-kira 15% dari pasien bisa mengalami gangguan fungsi hati, yang disertai gejala seperti mual, muntah, diare, ruam di kulit, dan halusinasi, yang kadang menyebabkan kesulitan dalam penggunaan obat ini. Selain itu, ada gejala fotopsia, yaitu perasaan melihat kilatan cahaya, yang sering muncul terutama saat kadar obat di dalam darah tinggi, namun efek ini bersifat sementara dan tidak berbahaya.

2. Posaconazol

Posaconazol adalah salah satu jenis obat dari kelompok triazol yang memiliki aktivitas in-vitro kuat terhadap spesies *Aspergillus*. Secara struktur, obat ini mirip dengan *itraconazol* dan biasanya tidak menyebabkan banyak gangguan pada tubuh. Berbeda dengan beberapa obat triazol lainnya yang kesulitan dicerna oleh hati, *posaconazol* mempunyai kemungkinan merusak hati yang lebih kecil.

3. Itraconazol

Itraconazol kini tersedia dalam bentuk kapsul oral. Penyerapan obat ini bergantung jika dikonsumsi bersama makanan atau minuman yang memiliki sifat asam. Beberapa efek samping yang mungkin terjadi adalah kenaikan tingkat enzim

hati, peningkatan kadar trigliserida dalam darah, pembengkakan pada tubuh, penurunan kadar kalium, serta rasa mual dan muntah.

4. *Echinocandins*

Obat-obatan golongan *Echinocandins*, termasuk *caspofungin* dan *micafungin*, berfungsi menahan pembentukan 1,3-beta-D-glukan. Senyawa ini sangat penting dalam struktur dinding sel jamur. Efek samping dari penggunaan obat ini biasanya tidak terlalu berat, dan terjadinya interaksi obat yang berdampak signifikan di klinik sangat jarang terjadi.

5. *Amphotericin B (AMB) deoxycholate*

Amphotericin B deoxycholate adalah jenis obat antijamur konvensional yang dulu digunakan sebagai pilihan utama untuk mengobati *aspergillosis* invasif karena mampu membunuh jenis jamur *Aspergillus*. Namun, karena memiliki efek samping yang sangat berat dan efektivitas pengobatan yang kurang memuaskan terutama untuk pasien yang mempunyai sistem kekebalan tubuh yang sangat rentan, penggunaan obat ini sekarang tidak lagi direkomendasikan dalam pengobatan aspergilosis.

6. *Ketokonazol*

Ketokonazol merupakan obat antijamur sistemik berspektrum luas yang termasuk dalam golongan senyawa imidazol sintetis. Senyawa ini bersifat lipofilik dan lebih mudah larut dalam kondisi asam. Mekanisme kerja ketokonazol terjadi melalui penghambatan enzim C-14 α -demetilase (enzim sitokrom P-450) yang berperan dalam proses konversi lanosterol menjadi ergosterol, yaitu komponen sterol penting pada membran sel jamur. Hambatan terhadap pembentukan ergosterol menyebabkan permeabilitas membran sel jamur meningkat sehingga fungsi membran terganggu. Oleh karena itu, ketokonazol dikenal sebagai salah satu obat antijamur yang efektif dalam pengobatan infeksi jamur.

B. Bakteri Asam Laktat

Bakteri asam laktat merupakan kelompok bakteri Gram positif yang umumnya berbentuk batang atau bulat, tidak membentuk spora, serta mampu tumbuh pada kondisi anaerob maupun aerob. BAL berperan dalam proses fermentasi karena mampu menghasilkan asam yang dapat memperbaiki rasa, aroma, dan cita rasa makanan. Selain itu, BAL juga membantu menghambat

pertumbuhan bakteri patogen, meningkatkan nilai gizi, menurunkan kandungan senyawa berbahaya, serta memperpanjang masa simpan produk pangan. Beberapa jenis BAL yang sering dijumpai pada makanan fermentasi berbahan dasar ubi kayu seperti *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus brevis*, dan *Leuconostoc mesenteroides*.(Fauziyah *et al.*, 2023)

Bakteri asam laktat (BAL) termasuk kategori bakteri yang diakui aman (*Generally Recognized as Safe/GRAS*) karena tidak bersifat patogen dan aman bagi kesehatan manusia, sehingga bisa digunakan sebagai bahan pengawet alami. BAL dapat menghasilkan berbagai zat yang dapat menghalangi perkembangan bakteri, seperti asam organik, hidrogen peroksida, dan diasetil. Kemudian, BAL juga bisa memproduksi protein khusus yang disebut bakteriosin, yang berperan menghambat pertumbuhan bakteri penyakit, seperti bakteri dari kelompok *Listeria*, *Clostridium*, *Bacillus*, dan *Enterococcus*. (Dewi *et al.*, 2022). Bakteri-bakteri ini termasuk dalam golongan mesofilik serta termofilik, sebagian dapat berkembang dalam rentang suhu 5°C hingga 45°C dan mampu bertahan pada nilai pH antara 1,2 hingga 9,6. Beberapa di antaranya dapat hidup di kisaran pH yang terbatas, yaitu 4,0 dan 4,5.(Finanda *et al.*, 2021)

Untuk mendukung penelitian atau pemisahan mikroorganisme, setiap jenis mikroorganisme membutuhkan media yang sesuai agar bisa tumbuh dengan baik. Media ini bertugas memberi nutrisi, kondisi lingkungan, serta faktor lain yang dibutuhkan mikroorganisme untuk berkembang. Contohnya adalah bakteri asam laktat, yang umumnya tumbuh dalam media *De Mann Rogosa and Sharpe* (MRS). Media MRS termasuk jenis media khusus karena mampu memberikan nutrisi yang tepat bagi bakteri asam laktat, sehingga membantu pertumbuhan dan aktivitas metabolismenya (Sari *et al.*, 2021)

1. Isolat Bakteri Asam Laktat Feses Luwak

Beberapa studi melaporkan bahwa di dalamnya terdapat BAL yang berperan sebagai probiotik dan memiliki aplikasi luas di bidang bioteknologi. Isolasi serta karakterisasi BAL dari feses luwak berpotensi menghasilkan metabolit bernilai ekonomi tinggi, seperti asam sitrat. Selain itu, BAL tersebut juga diketahui berperan dalam proses fermentasi dan mampu memproduksi senyawa bioaktif dengan manfaat fungsional.

Pengambilan sampel dilakukan dengan mengambil kotoran luak kemudian diencerkan dan diinokulasikan ke dalam media MRSA, lalu diinkubasi selama 24-48 jam. Koloni dengan zona jernih disekitar pertumbuhannya diidentifikasi sebagai BAL. Identifikasi Bal meliputi perwarnaan gram, Uji produksi CO₂ dengan tabung Durham kemudian dilakukan dengan uji katalase. (Afriyanti, 2020)

2. Antifungal Bakteri Asam Laktat

BAL memiliki kemampuan memproduksi berbagai jenis senyawa antimikroba yang dapat menghalangi perkembangan mikroorganisme lainnya. Selain memproduksi asam laktat dan asam asetat, bakteri ini juga memproduksi senyawa lain, seperti diasetil, hidrogen peroksida, karbon dioksida, serta bakteriosin yang turut berperan dalam aktivitas antimikroba. Populasi bakteri asam laktat tidak hanya diukur dari jumlah produksi asam asetat, tetapi juga mencakup berbagai senyawa lain yang dihasilkan serta senyawa-senyawa tersebut adalah kandungan yang secara efektif dapat menghalangi pertumbuhan jamur dan bekerja secara sinergis untuk memberikan efek antijamur. Bakteri asam laktat berperan dalam merusak membran sel bakteri patogen sehingga mengganggu berbagai proses penting di dalam sel. Kerusakan tersebut menyebabkan aktivitas pergerakan, respirasi, dan metabolisme sel, termasuk proses glikolisis, menjadi terhambat. (Tulasi *et al.*, 2021)

3. Karakteristik Isolat BAL Asal Feses Luwak

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa BAL yang diambil dari feses luwak memiliki karakteristik umum bakteri asam laktat, yaitu berbentuk Gram-positif dan tidak bisa menghasilkan enzim katalase. Bakteri ini bisa berkembang baik di media selektif seperti MRS–CaCO₃ dan menghasilkan asam laktat, yang diketahui dari munculnya zona bening di sekitar koloni.

Bakteri asam laktat dari feses luwak juga kuat bertahan di lingkungan asam, khususnya pada rentang pH 4 hingga 5. Dilihat dari bentuknya, sel bakteri ini bisa berbentuk batang atau kokus, dan jenis fermentasinya bisa homofermentatif atau heterofermentatif tergantung pada jenis bakterinya. Jumlah bakteri asam laktat dalam feses luwak cukup tinggi, sekitar $\pm 10^7$ – 10^8 CFU/g, serta beberapa isolat telah dilaporkan memiliki kemampuan memecah protein yang bisa digunakan untuk penelitian mikrobiologi lebih lanjut. (Pangestu *et al.*, 2022)

C. Metode Uji Antifungal

Menurut (Putri et al., 2023) metode difusi adalah teknik yang umum digunakan untuk mengetahui aktivitas antijamur. Terdapat dua metode difusi yang dapat diterapkan pada penelitian yang akan dilakukan, yaitu metode difusi sumuran atau lubang, metode cakram kertas.

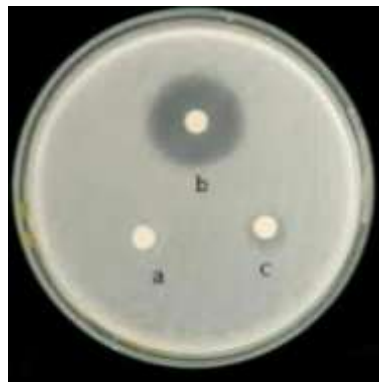
1. Metode Difusi Sumuran



Gambar 2 Metode difusi sumuran (Zainab & Munawarroh, 2019)

Metode difusi sumuran dilakukan dengan membuat lubang kecil di atas media yang sudah ditanami jamur uji. Kemudian, larutan berisi bahan antijamur dimasukkan ke dalam lubang tersebut. Setelah proses inkubasi selesai, kita mengamati area di sekitar lubang yang tidak ada pertumbuhan jamur, yaitu zona hambatan. Area ini digunakan untuk mengetahui seberapa efektif bahan tersebut dalam menghambat pertumbuhan jamur.

2. Metode Kertas Cakram

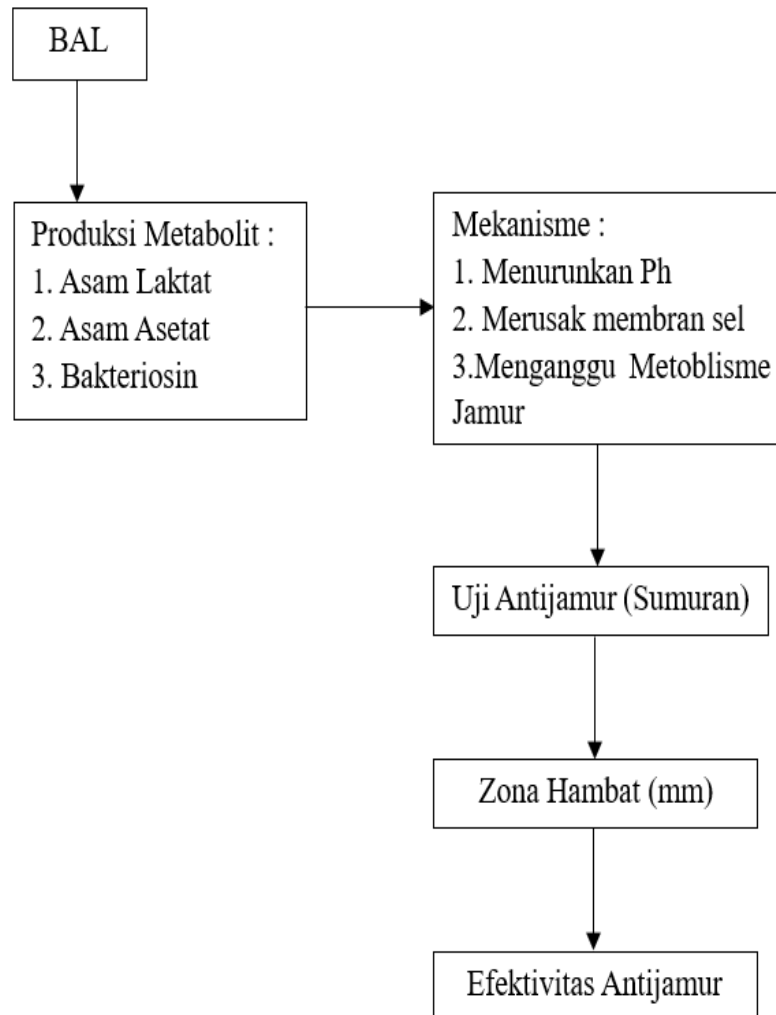


Gambar 3 Metode difusi cakram (Wantina et al., 2025)

Metode difusi kertas cakram dilakukan dengan meletakkan cakram kertas yang telah direndam dalam larutan antijamur di atas permukaan media yang sudah diberi jamur uji. Larutan antijamur akan menyebar dari cakram ke dalam media,

dan setelah media diinkubasi, akan muncul area yang tidak terkena jamur di sekitar cakram. Ukuran area tersebut digunakan untuk mengetahui tingkat kemampuan antijamur dari bahan yang diuji.

D. Kerangka Konsep Penelitian



Gambar 4 Kerangka konsep penelitian