

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pedagang Ikan

Pekerja penjual ikan merupakan kelompok pekerja sektor informal yang setiap hari beraktivitas di lingkungan pasar tradisional dengan kondisi sanitasi yang sering kali kurang memadai. Lingkungan kerja ini umumnya ditandai oleh lantai yang basah dan licin akibat air dari pencucian ikan, lelehan es, serta genangan air yang bercampur dengan sisa bahan organik seperti darah, sisik, dan lendir ikan. Sistem drainase yang kurang optimal menyebabkan air tergenang dalam waktu lama, sehingga menciptakan kondisi lingkungan yang lembap dan hangat. Kombinasi kelembapan tinggi, suhu relatif stabil, dan keberadaan bahan organik menjadikan area tersebut sebagai media yang mendukung pertumbuhan berbagai mikroorganisme, termasuk bakteri dan jamur (Sari *et al.*, 2022).

Paparan terhadap lingkungan yang basah ini berlangsung secara terus-menerus selama jam kerja, yang umumnya berkisar antara 6–10 jam per hari. Banyak pekerja yang tidak menggunakan alas kaki kedap air atau mengganti alas kaki secara rutin, sehingga kaki sering berada dalam kondisi lembap dalam waktu lama. Kontak berulang antara kulit kaki dengan air yang terkontaminasi serta permukaan lantai pasar meningkatkan risiko kolonisasi mikroorganisme pada kulit, terutama pada area sela jari kaki yang secara anatomi memang rentan. Kondisi tersebut, apabila tidak diimbangi dengan praktik kebersihan dan pengeringan kaki yang baik, dapat menjadi faktor predisposisi terjadinya infeksi jamur pada pekerja penjual ikan (Levita, 2021).

2.2 Jamur

Secara umum jamur merupakan organisme yang hidup bebas di mana saja dan apabila terjadi infeksi jamur pada seseorang yang sehat, biasanya berasal dari lingkungan dan masuk kedalam tubuh secara tertelan, ataupun secara langsung. Istilah umum jamur mencakup semua bentuk yang kecil maupun besar yang disebut kapang, cendawan, lapuk, kulat dan lain-lain. Dengan demikian jamur itu merupakan nama taksonomi seperti halnya dengan bakteri, ganggang, lumut-lumutan, paku-pakuan, dan pertumbuhan lainnya (Holiachuk & Kosylovych, 2021).

Jamur memiliki cara penularan langsung dengan lewat fomit, epitel, hewan, ataupun tanah. Penularan tidak langsung dapat lewat tumbuhan, kayu yang dihinggapi jamur, benda ataupun baju, dan debu. Jamur berkembang produktif ditempat yang lembap. Seperti itu sebabnya kenapa jamur banyak hidup di Indonesia. Jamur pada kulit umumnya melanda tubuh, kaki, lipatan kulit pada orang gemuk misalnya dekat leher, di dasar buah dada, sebagian bagian badan berambut, ketiak dan selangkangan (Munadhifah, 2020).

2.2.1 Sifat umum jamur

Jamur bersifat heterotrofik, yaitu mikroorganisme yang tidak mempunyai klorofil sehingga tidak dapat membuat makanan sendiri, memerlukan zat organik dari tumbuhan, hewan, serangga, dll. Seperti itu sebabnya kenapa jamur banyak hidup di Indonesia. Jamur pada kulit umumnya melanda tubuh, kaki, lipatan kulit pada orang gemuk misalnya dekat leher, di dasar buah dada, sebagian badan berambut, ketiak dan selangkangan (Munadhifah, 2020). jamur memiliki sifat umum diantaranya yaitu :

1. Eukariotik

Jamur eukariotik merupakan jamur yang memiliki membran inti sel atau dikenal dengan sebutan organisme eukariotik.

2. Uniseluler dan multiseluler

Jamur ada yang tersusun dari satu sel yaitu uniseluler, namun ada pula yang tersusun atas banyak sel yang disebut dengan multiseluler. Jamur uniseluler sering dapat sebutan khamir atau hanya mempunyai sel tunggal, sedangkan multiseluler sering dapat sebutan kapang.

3. Tidak berklorofil

Jamur tidak memiliki klorofil, sehingga jamur memperoleh makanan dari makhluk hidup yang lain.

4. Heterotrof

Jamur memiliki sifat saprofit, artinya memperoleh makanan dari sisa organisme yang mati.

2.2.2 Penggolongan jamur

Menurut Prakoso (2020), organisme jamur ada 3 golongan meliputi :

1. Khamir (*yeast/ragi*)

Khamir (*yeast/ragi*), yaitu sel-sel yang berbentuk bulat lonjong atau memanjang, membentuk koloni yang basah dan berlendir seperti koloni bakteri serta tidak bergerak.

2. Kapang (*molds*)

Kapang (*molds*), yaitu terdiri dari hifa dan sel-sel yang memanjang dan bercabang, hifa dapat bersekat atau tidak bersekat. Anyaman dari hifa disebut *mycelium*.

3. Dimorfik

Dimorfik, yaitu antara khamir atau kapang. Seringkali khamir membentuk tunas yang memanjang pada ujungnya secara menerus hingga berbentuk seperti hifa dengan sekat-sekat. Dengan demikian disebut hifa semu atau *pseudohyfa*.

2.2.3 Faktor – faktor yang mempengaruhi pertumbuhan jamur

Menurut Wiwin (2020) terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan jamur antara lain :

1. Substrat

Sumber nutrisi utama bagi pertumbuhan jamur. Nutrien dibutuhkan setelah jamur mengekresi enzim-enzim ekstraseluler untuk mengurai senyawa-senyawa penting bagi pertumbuhannya dari bentuk kompleks menjadi sederhana untuk mempermudah proses penyerapan ke dalam tubuh jamur.

2. Kelembapan

Jamur tingkat rendah memerlukan lingkungan dengan kelembapan 90%, sedangkan pada kapang kelembapan lingkungan yang dibutuhkan untuk tumbuh 80%. Kelembapan bagi pertumbuhan jamur disesuaikan dengan sifat-sifat jamur.

3. Suhu

Suhu lingkungan yang baik bagi pertumbuhan jamur mencapai 74% tergantung dari jenis kelompok jamur itu sendiri. Kelompok jamur psikrofil mampu tumbuh pada suhu 0-30°C, jamur kelompok mesofil tumbuh dengan baik pada suhu dengan kisaran 25-37°C, sedangkan jamur dengan kelompok termofil dapat tumbuh pada suhu antara 40-74°C.

4. Derajat keasaman (pH)

Jamur pada umumnya mampu hidup pada derajat keasaman (pH) dibawah 7. pH substrat menjadi salah satu faktor yang penting bagi pertumbuhan jamur, hal ini dikarenakan enzim-enzim yang berfungsi untuk mengekresi substrat hanya dapat di aktivasi pada pH tertentu.

2.3 Infeksi Jamur Kulit

Infeksi jamur kulit adalah penyakit jamur yang menyerang jaringan yang mengandung zat tanduk seperti stratum korneum biasanya ditemukan pada kulit, kuku, dan rambut. Infeksi jamur kulit terdapat 2 macam, yaitu dermatofita dan non-dermatofita (Ratnaningrum *et al.*, 2023).

2.3.1 Jamur dermatofita

Dermatofita adalah golongan jamur yang melekat dan tumbuh pada jaringan keratin sebagai sumber makanannya. Adapun jaringan yang mengandung keratin yaitu jaringan seperti stratum korneum kulit, kuku, dan rambut pada manusia. Selain menyerang jaringan keratin pada manusia dermatofita juga menyerang kulit hewan, sehingga penularan jamur dermatofita dapat terjadi jika berkontak dengan hewan yang terinfeksi. Penyakit kulit yang disebabkan oleh golongan jamur dermatofita biasa disebut dengan dermatofitosis. Dermatofitosis disebut juga dengan tinea dan memiliki variasi sesuai dengan lokasi anatominya seperti tinea kapitis, tinea barbae, tinea kruris, tinea pedis, dan tinea korporis (Alegria, 2024).

2.3.2 Jamur non-dermatofita

Non-dermatofita adalah infeksi jamur yang terdapat pada kulit luar atau infeksi jamur ini tidak sampai pada jaringan keratin. Golongan non dermatofita hanya pada bagian superfisial dari epidermis. Hal ini terjadi karena spesies jamur

tidak mampu mengeluarkan zat yang dapat mencerna keratin kulit (Arimurti *et al.*, 2023). Contoh Genus jamur non dermatofita adalah *Scopulariopsis*, *Fusarium*, *Paecilomyces*, *Chaetomium*, *Acremonium*, *Onychocola*, *Neoscytalidium*, *Alternaria*, dan *Aspergillus* (Djuri, 2021).

2.4 Jamur *Aspergillus* sp.

2.4.1 Definisi jamur *Aspergillus* sp.

Aspergillus sp. merupakan jamur yang sering ditemukan di berbagai habitat. Jamur *Aspergillus* sp. dapat menghasilkan beberapa mikotoksin yang salah satunya adalah aflatoksin. Aflatoksin adalah jenis toksin yang bersifat karsinogenik dan hepatoksik. Manusia dapat terpapar oleh aflatoksin dengan mengonsumsi makanan yang terkontaminasi oleh toksin hasil dari pertumbuhan jamur ini. Kadang paparan sulit dihindari karena pertumbuhan jamur di dalam makanan sulit untuk dicegah (Andriani, 2019).

Jamur ini juga terdapat di udara adalah dalam bentuk spora yang biasa ditemui pada udara dalam ruang dan menimbulkan dampak bagi kesehatan manusia, hanya sebagian kecil yang dapat menginfeksi manusia, namun banyak yang dapat tumbuh pada bangunan dan memiliki potensi untuk mengurangi kualitas udara dalam ruangan. Umumnya spora jamur yang tersebar di udara sebagai kontaminan dapat masuk kedalam tubuh melalui mekanisme yang disebut sebagai *droplet infection* (Lathifah, 2020).

2.4.2 Morfologi jamur *Aspergillus* sp.

Menurut Andriani (2020) morfologi *Aspergillus* sp. sebagai berikut:

1. Makroskopis *Aspergillus* sp.

Pada media SDA, *Aspergillus* sp. dapat tumbuh cepat pada suhu ruang membentuk koloni yang granular, berserabut dengan beberapa warna. Salah satu ciri identifikasi yaitu pada *Aspergillus niger* koloni berwarna hitam, *Aspergillus fumigatus* koloni berwarna hijau, dan *Aspergillus flavus* koloni berwarna putih atau kuning kehijauan.

2. Mikroskopis *Aspergillus* sp.

Aspergillus sp. memiliki hifa bersekat dan bercabang, Konidiofor tumbuh tegak dari sel kaki *foot cell* (misellium yang bengkak dan berdinding tebal) membawa sterigma dan akan tumbuh konidia yang membentuk rantai berwarna hijau, coklat atau hitam.

2.5 Identifikasi Jamur *Aspergillus* sp.

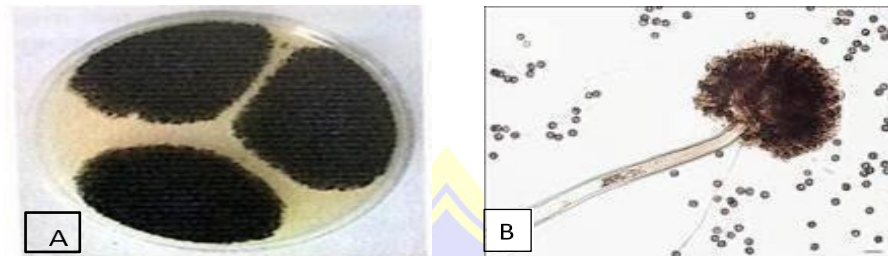
2.5.1 *Aspergillus niger*

Menurut Wiwin (2022) mengklasifikasikan *Aspergillus niger* sebagai berikut :

Kingdom	: Fungi
Phylum	: Ascomycota
Class	: Eurotiomycetes
Ordo	: Eurotiales
Family	: Trichocomaceae
Genus	: <i>Aspergillus</i>
Spesies	: <i>Aspergillus niger</i>

Aspergillus niger salah satu spesies yang paling umum dari Genus *Aspergillus*. Ciri-ciri makroskopisnya yaitu koloni terdiri dari dasar putih atau kuning kompak yang diliputi oleh lapisan padat berwarna coklat gelap sampai hitam, dapat dilihat pada Gambar 2.1 bagian (A) (Pratama, 2022). Sedangkan secara mikroskopis yaitu kepala konidia berwarna hitam dan bulat cenderung memisah

menjadi bagian-bagian yang lebih longgar dengan bertambahnya umur. Konidiospora memiliki dinding yang halus, tetapi juga berwarna coklat. Dapat dilihat pada Gambar 2.1 bagian (B) (Andriani, 2019).



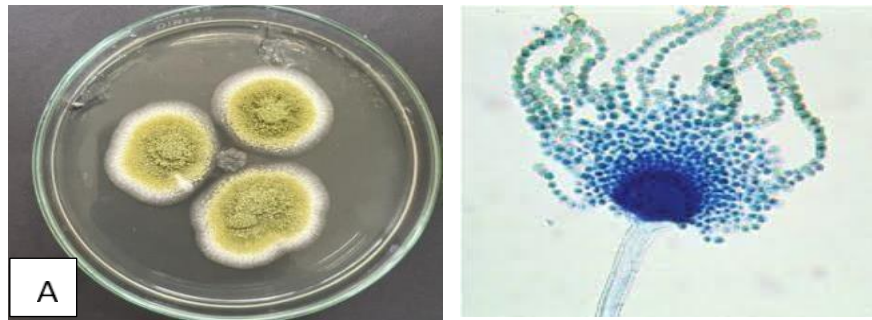
Gambar 2.1 Morfologi Jamur *Aspergillus niger*. Gambar (A) Makroskopis *Aspergillus niger* (Pratama, 2022), Gambar (B) Mikroskopis *Aspergillus niger* (Andriani, 2019).

2.5.2 *Aspergillus flavus*

Menurut Wiwin (2022) mengklasifikasikan *Aspergillus flavus* sebagai berikut :

Kingdom	: Fungi
Phylum	: Ascomycota
Class	: Eurotiomycetes
Ordo	: Eurotiales
Family	: Trichocomaceae
Genus	: <i>Aspergillus</i>
Spesies	: <i>Aspergillus flavus</i>

Aspergillus flavus merupakan fungi jenis kapang saprofit di tanah yang memiliki peranan penting dalam mengolah nutrisi yang terdapat pada sisa tumbuh-tumbuhan dan binatang. Secara makroskopis pada *Aspergillus flavus* memiliki ciri-ciri yaitu, koloni warna hijau kekuningan atau kuning kecokelatan dengan bentuk koloni granular dapat dilihat pada Gambar 2.3 bagian (A) (Ondrina, 2023). Secara mikroskopis *Aspergillus flavus* memiliki ciri yaitu, memiliki konidiofor, vesikel berbentuk bulat, fialid berada di atas vesikel dan memiliki konidia yang bulat, halus atau kasar dapat dilihat pada Gambar 2.3 bagian (B) (Payon, 2019).



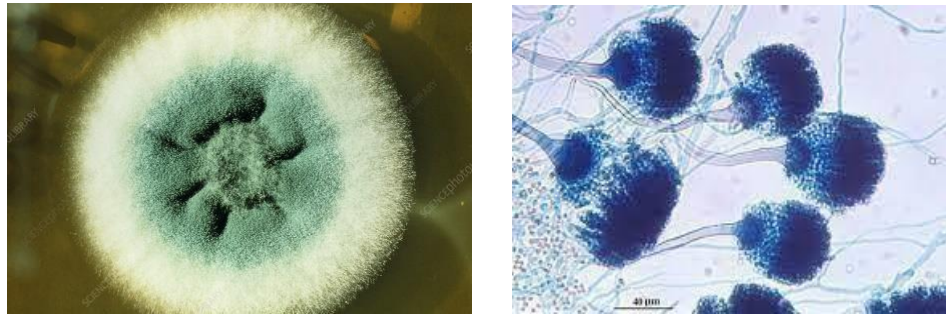
Gambar 2.2 Morfologi jamur *Aspergillus flavus*. Gambar (A) Makroskopis *Aspergillus flavus* (Odrina, 2023), Gambar (B) Mikroskopis *Aspergillus flavus* (Payon, 2019).

2.5.3 *Aspergillus fumigatus*

Menurut Wiwin (2022) mengklasifikasikan *Aspergillus fumigatus* sebagai berikut :

Kingdom	: Fungi
Phylum	: Ascomycota
Class	: Eurotiomycetes
Ordo	: Eurotiales
Family	: Trichocomaceae
Genus	: <i>Aspergillus</i>
Spesies	: <i>Aspergillus fumigatus</i>

Aspergillus fumigatus secara makroskopis ditandai dengan koloni jamur yang berwarna hijau tua dengan pinggirannya berwarna putih, diameter jamur 2-3 cm dan berbentuk bulat dengan tepian koloni rata, serta permukaan halus, teksturnya seperti beludru dapat dilihat pada Gambar 2.2 bagian (A) (Citra, 2021). Secara mikroskopis hifa bersekat, memiliki konidiofor memanjang dan dinding yang halus serta pada ujung vesikel berbentuk gada (basidium), memiliki filades dan konidia yang berbentuk kolomner memanjang, terdapat konidiospora pada ujung konidia, hifa dan spora berwarna biru dapat dilihat pada Gambar 2.2 bagian (B) (Gandi *et al.*, 2019).



Gambar 2.3 Morfologi Jamur *Aspergillus fumigatus*. Gambar (A) Makroskopis *Aspergillus fumigatus* (Citra, 2021), Gambar (B) Mikroskopis *Aspergillus fumigatus* (Gandi et al, 2019).

2.5.4 Patogenitas *Aspergillus* sp.

Patogenesis dari *Aspergillus* sp. dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jumlah toksin dan jenis toksin yang dihasilkan, organ yang terserang, daya tahan tubuh dan infeksi sekunder. Spora yang masuk ke dalam tubuh, terbawa aliran darah sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada berbagai organ. Setiap mikotoksin mempunyai efek negatif pada target organ yang berbeda-beda, misalnya *Aflatoxin* menyebabkan kerusakan pada hati sedangkan *Ochratoxin A* menyebabkan kerusakan pada ginjal (Jayanti, 2019).

2.5.5 Epidemiologi *Aspergillus* sp.

Penularan aspergillosis ini dapat melalui inhalasi, spora jamur dapat masuk ke dalam paru-paru karena suhu optimum jamur untuk tumbuh dan berkembang pada rentang $\pm 30^{\circ}\text{C}$, hampir sama dengan suhu tubuh normal manusia yaitu $36,5^{\circ}\text{C}$ - $37,2^{\circ}\text{C}$, selain itu dapat melalui seperti terpapar secara lokal akibat luka operasi, kateter intravena dan *armboard* yang terkontaminasi. Jamur *Aspergillus* sp. dapat tumbuh sebagai saprofit pada tumbuh-tumbuhan yang membusuk dan terdapat pula pada tanah, debu organik, air atau pada permukaan bahan makanan termasuk buah dan sayuran. Selain itu spora *Aspergillus* sp. yang memiliki ukuran sangat kecil dan ringan mudah menyebar di udara sehingga mempunyai peran yang sangat besar dalam mencemari makanan kemudian buah

dan sayur yang terinfeksi oleh jamur akan terlihat pada sayur dan buah yang busuk (Gandi *et al.*, 2019).

2.5.6 Diagnosis klinis

Mendiagnosis infeksi yang disebabkan pada jamur *Aspergillus* sp. biasanya sulit dan tergantung pada jenis infeksi *Aspergillus* sp. jamur kadang kadang ditemukan pada lipatan lipatan kulit yang terkena keringat.sulit untuk membedakan mana jamur *Aspergillus* sp. dari jamur yang lain dan juga jamur dibawah mikroskop serta gejala dari sebuah infeksi mirip biasanya pada beberapa keadaan seperti umumnya yaitu tuberculosis TBC (Kwizera *et al.*, 2021).

2.6 Aspergillosis

Aspergillosis merupakan infeksi oportunistik, dari jamur *Aspergillus* sp. yang paling sering terjadi di paru-paru, dan disebabkan oleh spesies yaitu *Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigatus*, dan *Aspergillus niger*. Spora pada spesies ini tersedot ke paru-paru dan dapat menyebabkan infeksi kronis atau Aspergillosis diseminata, jika ada terjadi suatu infeksi pada paru atau invasif oleh *Aspergillus*. *Bronchopulmonary Aspergillosis* alergi juga bisa terjadi pada orang yang memiliki alergi terhadap *Aspergillus*. Pada pasien dengan Alergi *Bronchopulmonary Aspergillosis* memiliki asma dan dapat diobati dengan prednisolon untuk mengobati anti jamur (misalnya, *itrakonazol* dan *amfoterizin*) untuk mengobati infeksi tersebut (Joest, 2021).

2.6.1 Gejala dan tanda Aspergillosis

1. Reaksi alergi. Pada umumnya ada beberapa orang yang memiliki riwayat fibrosis kistik atau asma ini akan mengalami reaksi alergi bila terkena jamur *Aspergillus* sp. Ada tanda dan gejala dari beberapa suatu kondisi

yang dikenal sebagai alergi *Bronchopulmonary Aspergillosis*, yang meliputi: berdarah batuk, demam, dan lendir, serta memburuknya asma.

2. Koleksi serat jamur. Mengumpulkan dari Serat jamur dapat terbentuk pada rongga di paru-paru. Jenis dari Aspergillosis ini disebut Aspergilloma. Rongga pada paru-paru dapat terjadi di orang yang mengalami riwayat penyakit paru-paru serius seperti: *tuberculosis*, *sarkoidosis* dan *emfisema*. Aspergilloma adalah kondisi jinak yang pada awalnya mungkin tidak menyebabkan berbagai gejala, tetapi waktu berjalan menyebabkan: sesak nafas, batuk yang sering berdarah, kelelahan, dan penurunan berat badan.
3. Infeksi. Membentuk yang Aspergillosis paling parah ini disebut Aspergillosis paru invasif. Pada keadaan ini dimana terjadi saat infeksi ini menyebar dengan cepat dari paru-paru melalui aliran darah ke otak, ginjal, kulit atau jantung. Aspergillosis paru invasif pada umumnya terjadi pada orang dengan sistem kekebalan tubuh lemah karena suatu penyakit tertentu atau saat menjalani kemoterapi. Gejala dan tanda ini tergantung pada organ yang terkena, tapi umumnya meliputi: batuk berdarah, menggigil dan demam, serta, pendarahan hebat dari paru-paru nyeri dada, sesak napas, dan nyeri sendi, pembengkakan wajah di samping, lesi kulit (lecet-lecet pada kulit) dan mimisan.

2.6.2 Penyebab dan dampak Aspergillosis

Aspergillosis tidak dapat ditularkan dari satu orang ke orang lain dan tidak bisa dihindari. Jamur ini dapat ditemukan di kompos, daun, pohon, dan tanaman biji-bijian yang membusuk. Spora dapat tumbuh subur di ruangan ber-AC, isolasi,

saluran pamanas, rempah - rempah dan beberapa makanan saat berada di dalam ruangan. Orang dengan sistem kekebalan tubuh yang sehat biasanya tidak terpengaruh oleh paparan jamur *Aspergillus* setiap hari. Ketika spora dari jamur tertelan, sel dari sistem kekebalan tubuh yang sehat mengelilingi dan membunuh spora jamur. Namun pada orang-orang dengan sistem kekebalan lemah akibat penyakit atau obat imunosupresif, tubuh hanya dapat memiliki beberapa sel untuk menyerang spora jamur, sehingga *Aspergillus* dapat berkembang (Koehler *et al.*, 2021).

Jamur *Aspergillus* sp. berpotensi menyebabkan asma, racun, gangguan sistem pernapasan, dan penyakit dari paru-paru. Infeksi oportunistik paru yang paling sering adalah Aspergillosis. Tergantung pada jenis penyakitnya, gejala Aspergillosis dapat berkisar dari ringan hingga berat. Jamur ini menyebabkan dua penyakit: mikosistosis dan mikosis infeksi jamur, yang merupakan gejala keracunan yang ditimbulkan oleh konsumsi produk metabolisme toksik dan jamur. Racun ini menyebabkan berbagai gejala, beberapa di antaranya berakibat fatal, dan lainnya memiliki kualitas karsinogenik yang menyebabkan kanker hati (Andriani, 2019).

2.6.3 Pengobatan Aspergillosis

Menurut (Denning *et al.*, 2020) Aspergillosis dapat diobati dengan metode sebagai berikut :

1. Kortikosteroid oral: dapat digunakan untuk mengobati alergi *Bronchopulmonary Aspergillosis* untuk mencegah asma dan cystic fibrosis memburuk. Kortikosteroid oral adalah pendekatan yang paling efektif untuk mencapai hal ini. Meskipun obat anti jamur tidak efektif untuk pengobatan alergi *Bronchopulmonary Aspergillosis*, obat ini bisa

digunakan bersama dengan kortikosteroid yang digunakan untuk menurunkan dosis steroid serta meningkatkan kapasitas paru-paru.

2. Obat anti jamur: Obat ini adalah pengobatan standar untuk Aspergillosis paru invasif. Secara historis, obat yang paling umum digunakan adalah *amfoterisin B*, tetapi obat baru *vorikonazol (Vfend)* sekarang lebih disukai karena tampaknya lebih efektif dan mungkin memiliki lebih sedikit efek samping. Semua obat anti jamur dapat menyebabkan masalah serius seperti kerusakan hati atau ginjal.
3. Operasi: ini diperlukan karena obat anti jamur tidak cukup dalam mengatasi Aspergilloma begitu parah, operasi untuk menghilangkan massa jamur adalah pilihan dalam pengobatan pertama sangat dibutuhkan ketika ada pendarahan di paru-paru. Karena operasi ini dokter mungkin menyarankan, bahwa itu adalah cukup berbahaya. untuk pengganti dari embolisasi. Dalam embolisasi, ahli radiologi akan memasukkan kateter kecil ke dalam arteri yang masuk ke dalam darah yang disuntikkan ke dalam rongga membawa jamur bola, menyumbat ke arteri. Meskipun prosedur ini menghentikan pendarahan hebat, tapi perdarahan dapat berulang. Embolisasi umumnya dianggap sebagai pengobatan sementara.
4. Pengamatan: Aspergilloma tunggal biasanya tidak memerlukan obat, dan seperti biasanya tidak efektif untuk mengobati di massa jamur ini. Pada Aspergilloma yang tidak menyebabkan beberapa Gejala dapat diperiksa dengan cermat dengan bantuan rontgen dada. Jika kondisi ini terus berkembang.

2.6.4 Penanganan Aspergillosis

Penatalaksanaan aspergillosis disesuaikan dengan jenis infeksi, lokasi infeksi, serta kondisi sistem imun pasien. Pada aspergillosis invasif, terapi pertama yang direkomendasikan adalah vorikonazol, karena memiliki efektivitas yang tinggi terhadap sebagian besar spesies *Aspergillus* dan mampu meningkatkan angka keberhasilan terapi dibandingkan anti jamur lainnya. Apabila vorikonazol tidak dapat diberikan karena kontraindikasi atau efek samping, terapi alternatif yang dapat digunakan yaitu isavuconazol. Selama pengobatan diperlukan pemantauan fungsi hati, fungsi ginjal, serta kemungkinan interaksi obat untuk mencegah efek samping terapi anti jamur sistemik (Koehler *et al.*, 2021).

Pada alergi Bronchopulmonary Aspergillosis, terapi utama menggunakan kortikosteroid sistemik untuk mengurangi respons inflamasi akibat reaksi hipersensitivitas terhadap *Aspergillus* sp. Pada beberapa kasus, anti jamur golongan azol seperti itrakonazol dapat diberikan sebagai terapi tambahan untuk menurunkan kolonisasi jamur sehingga penggunaan kortikosteroid dapat dikurangi (Koehler *et al.*, 2021).

Pada aspergilloma, pasien tanpa gejala umumnya cukup menjalani observasi secara berkala. Namun, apabila terjadi hemoptisis berulang atau perdarahan berat, tindakan pembedahan merupakan terapi yang direkomendasikan. Embolisasi arteri bronkialis juga dapat dilakukan sebagai terapi sementara untuk mengendalikan perdarahan sebelum dilakukan tindakan operasi apabila diperlukan (Ullmann *et al.*, 2023).

Selain terapi farmakologis, keberhasilan penanganan aspergillosis dipengaruhi oleh perbaikan sistem imun pasien, pengendalian penyakit penyerta,

serta mengurangi paparan terhadap spora *Aspergillus* di lingkungan. Upaya menjaga kebersihan lingkungan, menggunakan alat pelindung diri saat bekerja, serta menjaga kebersihan diri merupakan langkah penting dalam mencegah infeksi maupun kekambuhan aspergillosis (Koehler *et al.*, 2021).

2.7 Pemeriksaan Jamur

2.7.1 Media pertumbuhan jamur

Media pertumbuhan jamur merupakan media kultur yang digunakan untuk menumbuhkan, mengisolasi, dan mengidentifikasi jamur dari spesimen klinis maupun lingkungan. Media ini mampu menyediakan nutrisi yang diperlukan oleh jamur, seperti sumber karbon, nitrogen, vitamin, mineral, dan air. Selain itu, media pertumbuhan jamur umumnya memiliki pH yang lebih asam dibandingkan media bakteri yang untuk menghambat pertumbuhan bakteri kontaminan (Tjampakasari *et al.*, 2024).

Dua media yang sering digunakan dalam pemeriksaan mikologi pertumbuhan jamur yaitu *Potato Dextrose Agar* (PDA) dan *Sabouraud Dextrose Agar* (SDA). Kedua media tersebut mampu mendukung pertumbuhan berbagai jenis jamur, baik kapang ataupun ragi. Namun, memiliki karakteristik dan fungsi yang berbeda.

1. *Potato Dextrose Agar* (PDA)

Potato Dextrose Agar (PDA) merupakan media yang banyak digunakan dalam bidang mikologi untuk menumbuhkan berbagai jenis jamur. Media ini tersusun atas ekstrak kentang, dekstrosa, dan Agar. Kandungan ekstrak kentang menyediakan nutrisi kompleks yang

mendukung pertumbuhan miselium, sedangkan dekstrosa berfungsi sebagai sumber energi utama bagi jamur (Acharya & Hare, 2022).

PDA sering digunakan untuk pengamatan morfologi koloni, karena mampu memperlihatkan warna, tekstur, dan pigmentasi jamur yang lebih jelas dibandingkan beberapa media lainnya. Selain itu, PDA juga mendukung pembentukan spora (sporulasi) sehingga sangat membantu dalam proses identifikasi jamur secara makroskopis maupun mikroskopis (Gwon *et al.*, 2022).

Penelitian Gwon *et al.* (2022), menunjukkan bahwa PDA merupakan salah satu media terbaik untuk mendukung pertumbuhan miselium jamur karena menyediakan kondisi nutrisi yang optimal bagi perkembangan koloni.

Menurut Gwon *et al.* (2022), komposisi yang ada pada media PDA terdiri dari Ekstrak kentang 200 g/L, Dekstrosa 20 g/L, Agar 15 g/L, dan pH $\pm 5,6$. Dan Fungsi media PDA antara lain : menumbuhkan kapang dan khamir, mengamati morfologi koloni jamur, merangsang pembentukan spora, dan memelihara kultur murni jamur.

2. Sabouraud Dextrose Agar (SDA)

Sabouraud Dextrose Agar (SDA) yaitu media standar yang paling banyak digunakan dalam pemeriksaan mikologi klinik. Media ini mengandung pepton, dekstrosa, dan agar dengan pH sekitar 5,6. Kondisi pH yang asam memungkinkan SDA menghambat pertumbuhan sebagian besar bakteri sehingga lebih selektif terhadap pertumbuhan jamur (Acharya & Hare, 2022).

SDA digunakan secara luas untuk isolasi jamur patogen dari berbagai spesimen klinis seperti kulit, rambut, kuku, sputum, dan cairan tubuh lainnya. Media ini mampu mendukung pertumbuhan berbagai jenis jamur patogen seperti *Candida* sp., *Aspergillus* sp., *Trichophyton* sp., dan *Microsporum* sp. (Acharya & Hare, 2022).

Selain digunakan untuk isolasi primer pada jamur, SDA juga banyak dimanfaatkan untuk pemeliharaan kultur jamur dan pengamatan karakteristik koloni sebelum dilakukan pemeriksaan mikroskopis lebih lanjut (Acharya & Hare, 2022).

Menurut (Acharya & Hare, 2022), komposisi yang ada pada media SDA yaitu : Pepton 10 g/L, Dekstrosa 40 g/L, Agar 15 g/L, pH $\pm$ 5,6. Sedangkan fungsi media SDA antara lain : isolasi primer jamur patogen, media standar pemeriksaan mikologi klinik, pemeliharaan kultur jamur, dan menumbuhkan jamur dermatofita, khamir, dan kapang.

2.7.2 Pemeriksaan makroskopis jamur

Pemeriksaan makroskopis merupakan metode identifikasi pada awal jamur berdasarkan karakteristik koloni yang tumbuh pada media *Sabouraud Dextrose Agar* (SDA). Pengamatan dilakukan dengan cara melihat secara langsung bentuk dan sifat koloni pada media. Pemeriksaan ini penting, karena banyak spesies jamur yang memiliki karakteristik yang khas, sehingga dapat membantu mempersempit kemungkinan identifikasi sebelum dilakukan pemeriksaan mikroskopis (Putra, 2021).

Pengamatan makroskopis umumnya dilakukan setelah masa inkubasi, tergantung pada jenis jamur yang diperiksa. Koloni jamur yang tumbuh diamata

berdasarkan warna, tekstur, bentuk, ukuran, tepi koloni, elevasi, kecepatan pertumbuhan, dan warna bagian bawah koloni (*reverse pigment*). Hasil pengamatan kemudian dibandingkan dengan karakteristik standar berbagai spesies jamur (Paramita, 2021).

Meskipun pemeriksaan makroskopis tidak dapat digunakan sebagai satu-satunya dasar diagnosis, karena ada beberapa spesies jamur yang memiliki karakteristik koloni yang serupa. Oleh karena itu, pemeriksaan makroskopis harus disertakan dengan pemeriksaan mikroskopis maupun metode identifikasi lainnya agar memperoleh hasil yang lebih akurat (Tjampakasari *et al.*, 2024).

1. Warna Koloni

Warna koloni merupakan salah satu parameter utama dalam identifikasi jamur. Warna koloni dapat bervariasi mulai dari putih, krem, kuning, hijau, coklat hingga hitam. Perbedaan warna dipengaruhi oleh jenis pigmen yang dihasilkan jamur, koloni, serta kondisi media kultur yang digunakan (Putra, 2021).

2. Tekstur Koloni

Tekstur koloni merupakan gambaran permukaan koloni yang diamati secara visual maupun dengan bantuan ose steril. Tekstur koloni dapat berupa halus (*smooth*), berbulu (*cottony*), beludru (*velvety*), bertepung (*powdery*), maupun granular. Tekstur koloni berkaitan dengan struktur hifa dan pembentukan spora. Jamur yang menghasilkan banyak konidia biasanya memiliki tekstur bertepung atau granular, sedangkan jamur dengan pertumbuhan miselium yang dominan cenderung memiliki tekstur berbulu seperti kapas (Putra, 2021).

3. Bentuk Koloni

Bentuk koloni menggambarkan pola pertumbuhan koloni pada media kultur. Bentuk koloni dapat berupa bulat, oval, tidak beraturan, maupun menyebar. Bentuk koloni dipengaruhi oleh kecepatan pertumbuhan hifa dan arah perkembangan miselium selama inkubasi (Paramita, 2021).

4. Tepi Koloni (*Margin*)

Tepi koloni merupakan batas antara koloni dan media kultur. Pengamatan terhadap margin koloni dapat membantu membedakan spesies jamur tertentu. Tepi koloni dapat berbentuk rata (*entire*), bergelombang (*undulate*), bergerigi (*serrate*), berumbai (*filamentous*), atau tidak beraturan (Putra, 2021).

5. Elevasi Koloni

Elevasi koloni menunjukkan bentuk permukaan koloni jika diamati dari samping. Elevasi dapat berupa datar (*flat*), cembung (*convex*), menonjol dibagian tengah (*umbonate*), maupun berlipat-lipat (*rugose*). Karakteristik ini dapat membantu proses identifikasi jamur, karena beberapa spesies memiliki pola elevasi yang khas (Paramita, 2021).

6. *Reverse Pigment*

Reverse pigment adalah warna bagian bawah koloni yang terlihat dari dasar media kultur. Beberapa jamur ada yang menghasilkan pigment yang berdifusi kedalam media, sehingga menimbulkan warna khas pada bagian bawah koloni (Putra, 2021).

7. Kecepatan Pertumbuhan Koloni

Kecepatan pertumbuhan yaitu parameter yang diamati berdasarkan waktu yang dibutuhkan jamur untuk membentuk koloni pada media kultur. Beberapa jamur seperti *Aspergillus* dan *Candida* dapat tumbuh dalam waktu 2–5 hari, sedangkan dermatofita tertentu memerlukan waktu hingga 2–4 minggu untuk menghasilkan koloni yang matang (Nenoff *et al.*, 2023).

2.7.3 Pemeriksaan mikroskopis jamur

Pemeriksaan mikroskopis jamur merupakan identifikasi jamur berdasarkan pengamatan langsung terhadap struktur sel dan morfologi jamur menggunakan mikroskop. Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengamati bentuk hifa, spora, konidia, blastospora, klamidospora, serta struktur reproduksi lainnya yang menjadi ciri khas masing-masing spesies jamur. Pemeriksaan mikroskopis memiliki peranan penting dalam menegakkan diagnosis, karena dapat memberikan hasil yang lebih spesifik dibandingkan pemeriksaan makroskopis (Borman & Johnson, 2023).

Dalam laboratorium mikologi, pemeriksaan mikroskopis biasanya dilakukan setelah ditemukan pertumbuhan koloni pada media kultur. Hasil pengamatan mikroskopis digunakan untuk menginformasi identitas jamur yang sebelumnya telah diamati secara makroskopis. Kombinasi kedua metode tersebut dapat meningkatkan ketepatan identifikasi jamur penyebab infeksi (Nenoff *et al.*, 2023).

1. Pemeriksaan KOH (Kalium Hidroksida)

Pemeriksaan KOH yang digunakan untuk mendeteksi elemen jamur secara langsung dari spesimen klinis seperti kulit, kuku, rambut. Larutan KOH berfungsi melarutkan keratin dan debris sel, sehingga struktur jamur

menjadi lebih jelas saat terlihat dibawah mikroskop. Pada pemeriksaan ini dapat ditemukan : hifa bersepta, hifa tidak bersepta, spora, blastospora, pseudohifa. Metode KOH biasanya sering digunakan sebagai pemeriksaan skrinning awal karena cepat, mudah, dan memiliki biaya yang relatif rendah (Nenoff *et al.*, 2023).

2. Pemeriksaan *Lactophenol Cotton Blue* (LCB)

Lactophenol Cotton Blue (LCB) yaitu pewarna yang paling sering digunakan dalam identifikasi mikroskopis jamur. Komponen fenol berfungsi membunuh jamur, asam laktat untuk mempertahankan jamur, gliserol untuk mencegah preparat mengering, dan cotton blue mewarnai kitin pada dinding sel jamur agar struktur jamur tampak lebih jelas. Melalui pemeriksaan LCB dapat diamati : hifa, konidiofor, sporangium, vesike, konidia, fialid. Metode ini sangat penting untuk identifikasi jamur kapang (Tjampakasari *et al.*, 2024).

2.7.4 Struktur mikroskopis jamur

Menurut Hoffmann *et al.* (2023), struktur mikroskopis jamur yaitu karakter morfologi yang diamati menggunakan mikroskop dan meliputi hifa, miselium, konidia, spora, blastospora, pseudohifa, klamidospora, dan konidiofor. Struktur-struktur tersebut digunakan sebagai dasar identifikasi jamur dalam pemeriksaan mikologi.

1. Hifa

Hifa merupakan filamen panjang yang menyusun tubuh vegetatif jamur. Berdasarkan keberadaan sekatnya, hifa dibedakan menjadi Hifa bersepta (memiliki sekat) dan Hifa aseptik atau koenositik (tidak memiliki sekat).

2. Miselium

Miselium yaitu kumpulan hifa yang saling berhubungan dan membentuk jaringan vegetatif jamur. Miselium berfungsi sebagai struktur utama untuk menyerap nutrisi dari lingkungan dan berperan dalam pembentukan koloni jamur pada media kultur.

3. Konidia

Konidia yaitu spora seksual yang terbentuk pada ujung atau sisi hifa khusus. Konidia berfungsi sebagai alat reproduksi dan penyebaran jamur. Bentuk, ukuran, dan susunan konidia sering digunakan sebagai karakter penting dalam identifikasi spesies jamur.

4. Spora

Spora merupakan struktur reproduksi jamur yang berfungsi untuk mempertahankan kelangsungan hidup dan penyebaran organisme. Spora dapat terbentuk secara seksual maupun aseksual dan memiliki ketahanan yang tinggi terhadap kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan.

5. Blastospora

Blastospora merupakan spora yang terbentuk melalui proses pertunasan (*budding*) yang umumnya ditemukan pada jamur khamir seperti *Candida* sp., Blastospora biasanya berbentuk bulat oval dan berkembang dari sel induk menjadi sel baru.

6. Pseudohifa

Pseudohifa yaitu rangkaian sel khamir yang memanjang akibat proses pertunasan yang tidak terpisah sempurna. Struktur ini menyerupai hifa tetapi memiliki penyempitan pada setiap sambungan antar sel.

7. Klamidospora

Klamidospora yaitu spora berdinding tebal yang berfungsi sebagai alat pertahanan jamur terhadap kondisi lingkungan yang tidak mendukung. Struktur ini memiliki ketahanan tinggi terhadap kekeringan dan kekurangan nutrisi.

8. Konidiofor

Konidiofor adalah hifa khusus yang berfungsi sebagai tempat pembentukan konisia. Bentuk konidiofor berbeda-beda pada setiap spesies jamur sehingga sering digunakan sebagai dasar identifikasi mikroskopis.

