

# **ILMU MIKOLOGI DASAR DALAM KEHIDUPAN**

## **PENULIS :**

- **Ahmad Zil Fauzi**
- **Muhammad Subhan A. Sibadu**
- **Asrianto**
- **Hildegardis Missa**
- **Nurbidayah**
- **Anik Kusmiatun**
- **Fajrin Noviyanto**
- **Afifah Nur Shobah**
- **Budi Rianto Wahidi**
- **Afika Herma Wardani**



# **ILMU MIKOLOGI DASAR DALAM KEHIDUPAN**

**Ahmad Zil Fauzi  
Muhammad Subhan A. Sibadu  
Asrianto  
Hildegardis Missa  
Nurbidayah  
Anik Kusmiatun  
Fajrin Noviyanto  
Afifah Nur Shobah  
Budi Rianto Wahidi  
Afika Herma Wardani**



**GET PRESS INDONESIA**

# **ILMU MIKOLOGI DASAR DALAM KEHIDUPAN**

## **Penulis :**

Ahmad Zil Fauzi  
Muhammad Subhan A. Sibadu  
Asrianto  
Hildegardis Missa  
Nurbidayah  
Anik Kusmiatun  
Fajrin Noviyanto  
Afifah Nur Shobah  
Budi Rianto Wahidi  
Afika Herma Wardani

**ISBN : 978-623-125-213-5**

**Editor :** Ari Yanto., M.Pd

**Penyunting :** Tri Putri Wahyuni., S.Pd

**Desain Sampul dan Tata Letak :** Atyka Trianisa, S.Pd

**Penerbit :** GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

## **Redaksi :**

Jln. Palarik Air Pacah No 26 Kel. Air Pacah  
Kec. Koto Tangah Kota Padang Sumatera Barat  
Website : [www.getpress.co.id](http://www.getpress.co.id)  
Email : [adm.getpress@gmail.com](mailto:adm.getpress@gmail.com)

Cetakan pertama, Juni 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang  
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan  
dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

## **KATA PENGANTAR**

Segala Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT dalam segala kesempatan. Sholawat beriring salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan Buku Ilmu Mikologi Dasar Dalam Kehidupan ini.

Buku Ini Membahas Pengertian Mikologi Secara Umum Dan Menurut Para Ahli, Pentingnya Mempelajari Mikologi, Manfaat Mempelajari Mikologi, Sifat-sifat Umum Jamur, Morfologi Jamur, Taksonomi Jamur, Jenis-jenis Jamur, Penyakit Akibat Jamur, Perbedaan Jamur Dengan Bakteri, Virus Dan Sebagainya, Dampak Positif Jamur Dalam Kehidupan Sehari-hari, Dampak Negatif Jamur.

Proses penulisan buku ini berhasil diselesaikan atas kerjasama tim penulis. Demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca, saran dan masukan yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah mempercayakan mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia.

Padang, Mei 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

|                                                   |           |
|---------------------------------------------------|-----------|
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>                       | <b>i</b>  |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>                           | <b>ii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                        | <b>vi</b> |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                         | <b>x</b>  |
| <b>BAB 1 PENGERTIAN MIKOLOGI SECARA UMUM</b>      |           |
| <b>DAN MENURUT PARA AHLI .....</b>                | <b>1</b>  |
| DAFTAR PUSTAKA .....                              | 20        |
| <b>BAB 2 PENTINGNYA MEMPELAJARI MIKOLOGI.....</b> | <b>21</b> |
| 2.1 Mikologi.....                                 | 21        |
| 2.2 Mikologi Dalam Bidang Kesehatan .....         | 22        |
| 2.2.1 Bidang Farmasi .....                        | 24        |
| 2.3 Mikologi Dalam Bidang Industri .....          | 25        |
| 2.3.1 Khamir ( <i>yeast</i> ) .....               | 27        |
| 2.3.2 Kapang ( <i>mould</i> ) .....               | 29        |
| DAFTAR PUSTAKA .....                              | 32        |
| <b>BAB 3 MANFAAT MEMPELAJARI MIKOLOGI .....</b>   | <b>35</b> |
| 3.1 Pendahuluan.....                              | 35        |
| 3.2 Manfaat Secara Ekologis .....                 | 36        |
| 3.3 Manfaat jamur dibidang kesehatan .....        | 38        |
| 3.3.1 Kapang .....                                | 38        |
| 3.3.2 Khamir .....                                | 39        |
| 3.3.3 Jamur .....                                 | 39        |
| 3.3.4 Jamur sumber antibiotik.....                | 40        |
| 3.4 Manfaat jamur dibidang industri.....          | 41        |
| 3.5 Manfaat jamur dibidang penelitian ilmiah..... | 41        |
| DAFTAR PUSTAKA .....                              | 43        |
| <b>BAB 4 SIFAT-SIFAT UMUM JAMUR.....</b>          | <b>45</b> |
| 4.1 Hifa Dan Miselium .....                       | 45        |
| 4.2 Karakteristik Hifa.....                       | 48        |
| 4.3 Dinding Hifa .....                            | 50        |
| 4.4 Membran Hifa.....                             | 51        |
| 4.5 Kompartemen Lain Hifa .....                   | 51        |
| 4.6 Haustoria.....                                | 53        |
| 4.7 Plectenchym.....                              | 54        |
| 4.8 Stroma .....                                  | 54        |

|                                                               |            |
|---------------------------------------------------------------|------------|
| 4.9 Sklerotium .....                                          | 54         |
| 4.10 Spora .....                                              | 54         |
| 4.11 Perbedaan Hifa dan spora sebagai alat<br>reproduksi..... | 57         |
| 4.12 Sifat-Sifat Beberapa Jenis Jamur.....                    | 58         |
| 4.12.1 Mucor .....                                            | 58         |
| 4.12.2 Zygorhynchus.....                                      | 59         |
| 4.12.3 Rhizopus .....                                         | 59         |
| 4.12.4 Tamnidium.....                                         | 61         |
| 4.12.5 Aspergillus.....                                       | 62         |
| 4.12.6 Penicilium.....                                        | 64         |
| 4.12.7 <i>Trichothecium</i> .....                             | 65         |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                           | 67         |
| <b>BAB 5 MORFOLOGI JAMUR .....</b>                            | <b>69</b>  |
| 5.1 Pendahuluan.....                                          | 69         |
| 5.2 Morfologi Jamur Makroskopis .....                         | 70         |
| 5.3 Morfologi Jamur Mikroskopis .....                         | 75         |
| 5.4 Determinasi Jamur .....                                   | 77         |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                           | 85         |
| <b>BAB 6 TAKSONOMI JAMUR.....</b>                             | <b>87</b>  |
| 6.1 Pendahuluan.....                                          | 87         |
| 6.2 Filum Chytridiomycota .....                               | 90         |
| 6.3 Filum Neocallimastigomycota.....                          | 90         |
| 6.4 Filum Blastocladiomycota .....                            | 91         |
| 6.5 Filum Microsporidia .....                                 | 91         |
| 6.6 Filum Glomeromycota.....                                  | 91         |
| 6.7 Filum Ascomycota .....                                    | 94         |
| 6.8 Filum Basidiomycota.....                                  | 104        |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                           | 111        |
| <b>BAB 7 JENIS-JENIS JAMUR .....</b>                          | <b>113</b> |
| 7.1 Pendahuluan.....                                          | 113        |
| 7.2 Jamur Uniseluler dan Multiseluler.....                    | 114        |
| 7.2 Jamur Zygomycota.....                                     | 117        |
| 7.3 Jamur Ascomycota.....                                     | 121        |
| 7.4 Jamur Basidiomycota .....                                 | 122        |
| 7.5 Jamur Deuteromycota .....                                 | 124        |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                           | 126        |

|                                                                              |            |
|------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>BAB 8 PENYAKIT AKIBAT JAMUR.....</b>                                      | <b>129</b> |
| 8.1 Pendahuluan.....                                                         | 129        |
| 8.2 Dermatofitosis .....                                                     | 130        |
| 8.2.1 Klasifikasi Dermatofitosis.....                                        | 131        |
| 8.3 Kandiadiasis.....                                                        | 139        |
| 8.4 Aspergillosis .....                                                      | 140        |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                                         | 142        |
| <b>BAB 9 PERBEDAAN JAMUR, DENGAN BAKTERI,<br/>VIRUS DAN SEBAGAINYA .....</b> | <b>145</b> |
| 9.1 Pendahuluan.....                                                         | 145        |
| 9.2 Perbedaan Jamur, Dengan Bakteri, Virus Dan<br>Sebagainya .....           | 146        |
| 9.2.1 Jamur .....                                                            | 147        |
| 9.2.2 Bakteri dan Arkhaea .....                                              | 153        |
| 9.2.4 Algae .....                                                            | 155        |
| 9.2.5 Protozoa .....                                                         | 157        |
| 9.2.6 Virus.....                                                             | 158        |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                                         | 161        |
| <b>BAB 10 DAMPAK POSITIF JAMUR DALAM<br/>KEHIDUPAN SEHARI-HARI .....</b>     | <b>163</b> |
| 10.1 Pendahuluan .....                                                       | 163        |
| 10.2 Keajaiban Nutrisi Jamur .....                                           | 164        |
| 10.3 Peran Jamur dalam Pengobatan Tradisional<br>dan Modern.....             | 168        |
| 10.4 Jamur sebagai Bahan Pangan Kreatif .....                                | 172        |
| 10.5 Jamur dalam Konservasi Lingkungan.....                                  | 175        |
| 10.6 Potensi Ekonomi Jamur .....                                             | 179        |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                                         | 182        |
| <b>BAB 11 DAMPAK NEGATIF JAMUR .....</b>                                     | <b>187</b> |
| 11.1 Pendahuluan .....                                                       | 187        |
| 11.2 Jamur Patogen .....                                                     | 187        |
| 11.2.1 Mikosis Superfasialis .....                                           | 187        |
| 11.2.2 Mikosis Kutaneus .....                                                | 189        |
| 11.2.3 Mikosis Subkutaneus .....                                             | 190        |
| 11.2.4 Mikosis Sistemik.....                                                 | 191        |
| 11.2.5 Mikosis Oportunistik .....                                            | 192        |
| 11.3 Jamur Patogen pada Tanaman .....                                        | 192        |

|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| 11.4 Jamur Kontaminan Makanan.....      | 194 |
| 11.5 Deteriorasi Bahan oleh Jamur ..... | 194 |
| DAFTAR PUSTAKA.....                     | 196 |
| <b>BIODATA PENULIS</b>                  |     |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 2.1.</b> Sel Khamir .....                                                                                                                           | 28 |
| <b>Gambar 2.2.</b> Struktur morfologi jamur.....                                                                                                              | 30 |
| <b>Gambar 4.1.</b> Proses pembentukkan hifa.....                                                                                                              | 46 |
| <b>Gambar 4.2.</b> Bentuk hifa nonseptat dan septet.....                                                                                                      | 47 |
| <b>Gambar 4.3.</b> Struktur Hifa .....                                                                                                                        | 53 |
| <b>Gambar 4.4.</b> Abuskula / Historium.....                                                                                                                  | 54 |
| <b>Gambar 4.5.</b> Spora Aseksual .....                                                                                                                       | 56 |
| <b>Gambar 4.6.</b> Spora Seksual.....                                                                                                                         | 57 |
| <b>Gambar 4.7.</b> (a). Struktur Mucor, (b) Pembentukan<br>spora pada Mucor.....                                                                              | 59 |
| <b>Gambar 4.8.</b> Rhizopus (a). Pelczar et al., 1997 (b).<br>Frazier dan Westhoff (1978).....                                                                | 60 |
| <b>Gambar 4.9.</b> Siklus kehidupan seksual dan aseksual<br>pada <i>Rhizopus stolonifer</i> .....                                                             | 61 |
| <b>Gambar 4.10.</b> <i>Thamnidium</i> .....                                                                                                                   | 62 |
| <b>Gambar 4.11.</b> <i>Aspegillus</i> .....                                                                                                                   | 63 |
| <b>Gambar 4.12.</b> (a) Struktur penicillium, (b) Bentuk<br>kepala Spora .....                                                                                | 65 |
| <b>Gambar 4.13.</b> <i>Trichothecium</i> .....                                                                                                                | 66 |
| <b>Gambar 5.1.</b> Morfologi Jamur Makroskopis.....                                                                                                           | 71 |
| <b>Gambar 5.2.</b> Bentuk Tudung.....                                                                                                                         | 71 |
| <b>Gambar 5.3.</b> Jenis Bilah.....                                                                                                                           | 72 |
| <b>Gambar 5.4.</b> Bentuk Tangkai .....                                                                                                                       | 73 |
| <b>Gambar 5.5.</b> Bentuk Cincin .....                                                                                                                        | 73 |
| <b>Gambar 5.6.</b> Tipe Volva.....                                                                                                                            | 74 |
| <b>Gambar 5.7.</b> Jamur Makroskopis (a) <i>Boletus edulis</i> ,<br>(b) <i>Clavariadelphus pistillaris</i> , (c) <i>Agaricus</i><br><i>subrufescens</i> ..... | 74 |
| <b>Gambar 5.8.</b> Koloni Khamir Pada Media SDA.....                                                                                                          | 76 |
| <b>Gambar 5.9.</b> Koloni Kapang pada Media SDA .....                                                                                                         | 76 |
| <b>Gambar 5.10.</b> Koloni <i>Histoplasma capsulatum</i> .....                                                                                                | 77 |
| <b>Gambar 5.11.</b> Koloni khamir diamati dibawah<br>mikroskop .....                                                                                          | 77 |
| <b>Gambar 5.12.</b> Koloni <i>yeast like</i> diamati dibawah<br>mikroskop .....                                                                               | 78 |

|                                                                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Gambar 5.13.</b> Koloni filament diamati dibawah mikroskop .....                                                                                     | 78  |
| <b>Gambar 5.14.</b> (a) Hifa tidak bersepta (b) Hifa bersepta .....                                                                                     | 79  |
| <b>Gambar 5.15.</b> Konodiaspora pada <i>Aspergillus</i> .....                                                                                          | 81  |
| <b>Gambar 5.16.</b> Makrokonidia pada Epidemophyton .....                                                                                               | 82  |
| <b>Gambar 5.17.</b> Spora Aseksual Jamur .....                                                                                                          | 82  |
| <b>Gambar 5.18.</b> Reproduksi secara zigospora .....                                                                                                   | 83  |
| <b>Gambar 5.19.</b> (a) Reproduksi secara askospora (b) Reproduksi secara basidiospora .....                                                            | 84  |
| <b>Gambar 7.1.</b> Contoh jamur multiseluler .....                                                                                                      | 114 |
| <b>Gambar 7.2.</b> <i>Saccharomyces cereviseae</i> pada Scanning Electron Microscopy (SEM) .....                                                        | 115 |
| <b>Gambar 7.3.</b> Struktur <i>Candida albicans</i> : (A) sel yeast <i>Candida albicans</i> , (B) <i>Candida albicans</i> mulai membentuk biofilm ..... | 115 |
| <b>Gambar 7.4.</b> Bentuk umum tubuh buah jamur .....                                                                                                   | 116 |
| <b>Gambar 7.5.</b> Mekanisme infeksi <i>Rhizopus stolonifer</i> penyebab busuk pada buah .....                                                          | 118 |
| <b>Gambar 7.6.</b> Karakter morfologi <i>Mucor</i> .....                                                                                                | 119 |
| <b>Gambar 7.7.</b> Karakter morfologi <i>Rhizopus stolonifer</i> ....                                                                                   | 120 |
| <b>Gambar 7.8.</b> Jamur Ascomycota saat reproduksi seksual .....                                                                                       | 121 |
| <b>Gambar 7.9.</b> Jenis-jenis Morel: A. <i>Morcella esculenta</i> , B. <i>Morcella conica</i> , C. <i>Morcella elata</i> .....                         | 122 |
| <b>Gambar 7.10.</b> Jenis jamur Basidiomycota .....                                                                                                     | 123 |
| <b>Gambar 7.11.</b> Jamur yang bisa dikonsumsi manusia .....                                                                                            | 124 |
| <b>Gambar 7.12.</b> Spora (struktur reproduksi) Hyphomycetes akuatik .....                                                                              | 125 |
| <b>Gambar 8.1.</b> Grey Patch .....                                                                                                                     | 131 |
| <b>Gambar 8.2.</b> Kerion .....                                                                                                                         | 132 |
| <b>Gambar 8.3.</b> <i>Black dot ringworm</i> .....                                                                                                      | 133 |
| <b>Gambar 8.4.</b> Tinea Cruris .....                                                                                                                   | 133 |
| <b>Gambar 8.5.</b> Tinea pedis interdigital dengan gejala maserasi, deskuamasi, dan fisura di sela-sela kaki .....                                      | 134 |

|                                                                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Gambar 8.6.</b> Tinea pedis interdigital dengan gejala eritema dan bersisik diantara jari kaki dan kulit di sekitarnya.....                               | 135 |
| <b>Gambar 8.7.</b> Skala difus dan eritema pada telapak kaki pada pasien dengan tinea pedis hyperkeratosis (tipe moccasin) .....                             | 135 |
| <b>Gambar 8.8.</b> Tinea pedis vesikulobulosa (inflamasi) dengan vesikel pruritus .....                                                                      | 135 |
| <b>Gambar 8.9.</b> Tinea pedis vesikulobulosa (inflamasi) dengan vesikel pruritus .....                                                                      | 136 |
| <b>Gambar 8.10.</b> Tinea incognito pada pasien dengan tinea pedis yang diobati dengan kortikosteroid topical menyebabkan hilangnya gambaran khas lesi ..... | 136 |
| <b>Gambar 8.11.</b> Onikomikosis subungual distal dan lateral .....                                                                                          | 137 |
| <b>Gambar 8.12.</b> Onikomikosis putih superfisial .....                                                                                                     | 138 |
| <b>Gambar 8.13.</b> Onikomikosis subungual putih proksimal.....                                                                                              | 138 |
| <b>Gambar 8.14.</b> Dermatofitoma .....                                                                                                                      | 138 |
| <b>Gambar 8.15.</b> Candidiasis.....                                                                                                                         | 140 |
| <b>Gambar 8.16.</b> Aspergillois pada kulit.....                                                                                                             | 141 |
| <b>Gambar 9.1.</b> Perbandingan Ukuran Mikroorganisme.....                                                                                                   | 147 |
| <b>Gambar 9.2.</b> Bentuk tubuh jamur .....                                                                                                                  | 148 |
| <b>Gambar 9.3.</b> Bentuk spora seksual (a. Zygospora, b. Oospora).....                                                                                      | 149 |
| <b>Gambar 9.4.</b> Struktur kapang <i>Rhizopus stolonifer</i> .....                                                                                          | 150 |
| <b>Gambar 9.5.</b> Tubuh buah Basidiomycota.....                                                                                                             | 152 |
| <b>Gambar 9.6.</b> Tipe-tipe ascocarp .....                                                                                                                  | 152 |
| <b>Gambar 9.7.</b> Struktur Sel Bakteri.....                                                                                                                 | 153 |
| <b>Gambar 9.8.</b> Bentuk dan Ukuran Sel Arkhaea .....                                                                                                       | 154 |
| <b>Gambar 9.8.</b> Bentuk dan Ukuran Sel Bakteri.....                                                                                                        | 155 |
| <b>Gambar 9.9.</b> Morfologi algae mikroskopis <i>Pavlova notivaga</i> (a. Sel tunggal, b. Empat sel, c. Banyak sel, d. Sekelompok sel) .....                | 156 |
| <b>Gambar 9.10.</b> Protozoa.....                                                                                                                            | 158 |
| <b>Gambar 9.11.</b> Struktur Virus Corona .....                                                                                                              | 159 |

|                                                                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Gambar 11.1.</b> Pityriasis Versicolor .....                                                                                                            | 188 |
| <b>Gambar 11.2.</b> Dermatitis sebroik pada kepala.....                                                                                                    | 188 |
| <b>Gambar 11.3.</b> Tinea nigra pada telapak tangan .....                                                                                                  | 189 |
| <b>Gambar 11.4.</b> <i>Trichophyton rubrum</i> .....                                                                                                       | 190 |
| <b>Gambar 11.5.</b> Madurella foot. ....                                                                                                                   | 191 |
| <b>Gambar 11.6.</b> <i>Histoplasma capsulatum</i> apusan pada<br>sumsum tulang.....                                                                        | 192 |
| <b>Gambar 11.7.</b> Penyakit antraknosa pada buah mangga<br>(f) dan powdery mildew pada buah<br>pepaya (g).....                                            | 193 |
| <b>Gambar 11.8.</b> Kontaminasi jamur pada roti.....                                                                                                       | 194 |
| <b>Gambar 11.9.</b> Deteriorasi kayu karena jamur. (a)<br>sepotong kayu yang terkena busuk<br>putih, (b) sepotong kayu terkena jamur<br>busuk coklat ..... | 195 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabel 2.1.</b> Keuntungan & kerugian bahan pangan<br>dari mikroorganisme.....      | 26  |
| <b>Tabel 4.1.</b> Komposisi dinding sel jamur .....                                   | 50  |
| <b>Tabel 9.1.</b> Perbedaan Sel Prokariot dan Eukariot.....                           | 146 |
| <b>Tabel 9.2.</b> Perbedaan jamur, bakteri, arkhae, algae,<br>protozoa dan virus..... | 160 |

# **BAB 1**

## **PENGERTIAN MIKOLOGI SECARA UMUM DAN MENURUT PARA AHLI**

*Oleh Ahmad Zil Fauzi*

Kita mengenali fungi/jamur sebagai organisme yang memiliki tangkai dan tudung sehingga menyerupai payung. Kita juga sering menjumpai organisme tersebut pada serasah atau pada batang dan dahan kayu lapuk yang tumbuh dalam kondisi basah dan lembab. Atau kita dapat menggunakannya sebagai bahan makanan pengganti protein. Bahkan kita melabeli sesuatu yang sudah kedaluwarsa dari ada tidaknya jamur yang tumbuh. Fungi atau jamur pada umumnya merupakan organisme yang bersifat mikro dan banyak ditemukan dimana saja dipermukaan bumi (*ubiquitous*). Jamur dapat kita temukan di tanah, udara, perairan, hingga dalam tubuh organisme lain (tanaman, hewan, bahkan manusia).

Para ahli biologi memperkirakan sampai saat ini terdapat sekitar 144 ribu spesies jamur yang telah dikenali dan masih akan terus bertambah. Jamur dan bakteri bertanggung jawab secara langsung mengurai bahan organik di alam dan menghasilkan karbon, oksigen, nitrogen, dan fosfor ke dalam tanah dan atmosfer. Sejak zaman dahulu, jamur memiliki peranan penting dalam banyak proses rumah tangga dan industri, terutama dalam pembuatan roti, anggur, bir, dan keju tertentu. Secara garis besar kita mengetahui tiga bentuk morfologi jamur, yakni cendawan, yeast/ragi/khamir, dan kapang/mould. Jamur dalam bahasa Inggris disebut 'fungi'. Istilah fungi sendiri diadaptasi dari bahasa Latin yaitu 'fungus'. 'Fungus' berasal dari bahasa Yunani 'sphongos' yang berarti menyerupai spons sebagai penciri dari struktur makroskopis jamur. Ilmu yang mempelajari jamur dikenal dengan nama Mikologi.

Mikologi berasal dari bahasa Yunani, 'mykēs' yang berarti jamur -(meski istilah awal disebut 'myceto' )- dan 'logos', yang berarti ilmu pengetahuan. Secara umum, mikologi merupakan cabang Biologi yang mengkhususkan pembahasan pada organisme yang dikenal / disebut dengan Jamur, termasuk hubungan dengan organisme yang lain dalam jalur evolusi. Jadi mikologi adalah ilmu yang mempelajari tentang jamur, hubungannya satu sama lain dan organisme lain, dan biokimia unik yang membedakannya dari kelompok lain. Sejalan dengan alur ilmu pengetahuan yang telah ada, begitu juga dengan definisi ilmu mikologi yang terus diperbarui. Definisi Mikologi juga telah mengalami bebrapa perubahan hingga sampai tahapan definisi yang kita kenal sekarang. Definisi definisi ilmu Mikologi sejak era sebelum masehi hingga masa modern dapat dirangkum sebagai berikut :

### **1. Masa Sebelum Masehi**

Fungi pada masa sebelum masehi dianggap sebagai jenis tumbuhan tanpa klorofil yang muncul dari tanah atau bahan organik yang membusuk. Hal ini didasarkan pada tulisan Theophrastus (371-287 SM) seorang filsuf Yunani yang dikenal sebagai 'Bapak Botani'. Dalam tulisannya *Reasons of Vegetable Growth*, Theophrastus mengemukakan bahwa penyakit jamur yang menimpa pada tanaman adalah hukuman dari Dewa atas dosa dan kesalahan yang telah diperbuat.

### **2. Abad Pertengahan dan Renaisans.**

Pada masa ini Albertus Magnus (1193-1280), seorang sarjana Jerman yang menulis tentang berbagai organisme termasuk jamur. Menurut Magnus, fungi atau jamur dianggap sebagai tumbuhan yang tidak berbunga dan tidak berbuah, tumbuh dari bahan organik yang membusuk. Setelahnya muncul C.E Clusius (1601) yang menggambarkan banyak jamur melalui gambar cat air dalam "*Rariorum Plantarum Historia*".

Ilmuwan biologi lainnya yaitu Robert Hooke pada 1665 menerbitkan "*Micrographia*" yang berisi ilustrasi awal studi mikrofungi. Hooke juga menggambar sporangia dari *Mucor*

*sp.* dan teliospora dari jamur yang menyerang daun mawar yaitu spesies *Phragmidium mucronatum*. Pada masa ini pula hidup ahli botani Italia yang melakukan penelitian mendalam tentang jamur, yaitu Pier Antonio Micheli (1679–1737). Micheli dianggap sebagai pencetus ilmu Mikologi karena merupakan yang pertama kali menggunakan mikroskop untuk mempelajari spora jamur. Laporan pengamatan yang ditulis Micheli dalam "Nova Genera Plantarum" mengemukakan bahwa jamur adalah organisme yang berkembang biak melalui spora dan tumbuh dari miselium. Pada 1675 Van Sterbeek menerbitkan buku pertama yang sepenuhnya didedikasikan untuk jamur berjudul "Theatrum Fungorum dari het Toonel der campernoelien".

### **3. Abad ke-19.**

Pada medio abad ke-19 seorang ahli mikologi Swedia yaitu Elias Magnus Fries (1794–1878) mengembangkan sistem klasifikasi jamur yang ada dengan memisahkannya dari golongan tumbuhan. Fries mulai mempelajari semua aspek dalam ilmu Mikologi, termasuk morfologi, klasifikasi, dan ekologi. Abad ke-19 juga menandai dimulainya pengembangan penelitian ilmu Mikologi. Anton de Barry (1831-1888) yang merupakan ahli biologi Jerman yang dianggap sebagai pengagas ilmu Mikologi modern. Anton de Barry mengemukakan bahwa mikologi adalah studi tentang fungi, termasuk hubungan simbiosis, patogenisitas, dan peran ekologisnya.

### **4. Abad ke-20 hingga Sekarang.x**

Pengembangan ilmu Mikologi pada abad ke-20 tidak lepas dari kontribusi Constantin J. Alexopoulos (1907–1986) yang menulis buku "*Introductory Mycology*," dan menjadi salah satu buku pegangan para ilmuwan. Mikologi kemudian didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari fungi, mencakup aspek biologi, ekologi, genetika, dan biokimia. Selanjutnya pengembangan Mikologi muncul karena David L. Hawksworth memperluas konsep keanekaragaman/biodiversitas fungi. Mikologi pada akhirnya mencakup studi

tentang semua aspek fungi, termasuk peran mereka dalam ekosistem, manfaat ekonomi, dan implikasi medis.

Mikologi, sebagai disiplin ilmu yang komprehensif, mencakup berbagai aspek yang luas dan mendalam tentang fungi. Berikut ini adalah rincian mengenai bagaimana mikologi mencakup aspek-aspek tersebut:

### **A. Aspek Biologi**

#### **1. Morfologi dan Anatomi:**

a) Morfologi fungi melibatkan studi tentang bentuk dan struktur fungi pada berbagai tahapan siklus hidupnya. Ini termasuk pengamatan terhadap:

- Hifa: Struktur seperti benang yang membentuk jaringan miselium. Hifa dapat bersekat (septate) atau tidak bersekat (aseptate).
- Miselium: Jaringan massa hifa yang menyusun tubuh utama fungi. Miselium bertanggung jawab untuk penyerapan nutrisi dari substrat.
- Tubuh Buah: Struktur reproduktif yang terlihat pada fungi, seperti jamur payung (mushroom), yang memproduksi spora untuk penyebaran.
- Spora: Sel reproduktif yang dapat berkembang menjadi individu fungi baru. Spora dapat dihasilkan secara seksual atau aseksual.

b) Anatomi fungi : berfokus pada struktur internal dan organisasi seluler fungi. Ini mencakup:

- Dinding Sel: Struktur pelindung yang terdiri dari kitin, yang memberikan kekuatan dan integritas struktural.
- Septum: Dinding pemisah dalam hifa bersekat yang memungkinkan transportasi bahan antar sel.
- Organela Seluler: Komponen sel seperti nukleus, mitokondria, dan vakuola yang berfungsi dalam metabolisme dan reproduksi.
- Haustorium: Struktur khusus yang ditemukan pada fungi parasit yang menembus sel inang untuk menyerap nutrisi.

2. Genetika: Penelitian tentang materi genetik fungi, termasuk DNA, RNA, dan bagaimana fungi bereproduksi (seksual dan aseksual).

a) Materi Genetik Fungi

Fungi memiliki materi genetik yang terdiri dari DNA dan RNA. Materi genetik ini mengontrol semua fungsi seluler dan proses reproduksi fungi. Penelitian tentang materi genetik fungi mencakup berbagai aspek berikut:

1) DNA (*Deoxyribonucleic Acid*) :

- Struktur DNA: DNA fungi terdiri dari dua untai yang saling melilit membentuk heliks ganda, mirip dengan organisme lain. Molekul DNA ini mengandung informasi genetik yang diwariskan dari satu generasi ke generasi berikutnya.
- Genom Fungi: Ukuran genom fungi sangat bervariasi, tergantung pada spesiesnya. Genom ini mengandung semua gen yang diperlukan untuk fungsi dan reproduksi fungi.
- Gen: Segmen DNA yang mengkode protein atau RNA fungsional. Gen mengandung intron (bagian non-koding) dan ekson (bagian koding).

2) RNA (*Ribonucleic Acid*)

- mRNA (Messenger RNA): Menyalin informasi genetik dari DNA dan membawanya ke ribosom untuk sintesis protein.
- tRNA (Transfer RNA) dan rRNA (Ribosomal RNA): Berperan dalam proses translasi, membantu membentuk protein berdasarkan urutan mRNA.
- RNAi (RNA interference): Proses regulasi genetik di mana RNA mengatur ekspresi gen, sering terlibat dalam respon pertahanan terhadap virus.

b) Reproduksi Fungi

Reproduksi Fungi

Fungi dapat bereproduksi secara seksual dan aseksual. Proses reproduksi ini melibatkan perubahan dalam materi genetik yang memungkinkan adaptasi dan evolusi. Penjelasan singkat dapat kita pahami sebagai berikut :

1) Reproduksi Aseksual, yang terbagi atas :

- Pembelahan Spora: Fungi menghasilkan spora aseksual yang dapat berkembang menjadi individu baru. Contoh spora aseksual termasuk konidia (pada *Aspergillus*) dan sporangiospora (pada *Rhizopus*).
- Pembelahan Biner: Beberapa fungi uniseluler seperti ragi *Saccharomyces cerevisiae* bereproduksi dengan membelah diri menjadi dua sel anak.
- Pembentukan Klamidospora: Spora bertahan yang terbentuk dalam kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan.

2) Reproduksi Seksual

- Plasmogami: Fusi sitoplasma dua sel dari dua individu yang berbeda (misalnya, hifa) tanpa fusi inti. Ini menghasilkan sel dengan dua inti haploid (dikariotik).
- Kariogami: Fusi inti haploid untuk membentuk inti diploid.
- Meiosis: Pembelahan sel yang mengurangi jumlah kromosom menjadi setengah, menghasilkan spora seksual haploid. Spora ini akan berkembang menjadi individu baru yang memiliki variasi genetik.

c) Studi Genetika Fungi mencakup beberapa aspek diantaranya :

1) Genomika

- Sekuen Genom: Penentuan urutan DNA untuk memahami struktur genom fungi. Proyek

sekuensing genom membantu mengidentifikasi gen yang terlibat dalam metabolisme, patogenisitas, dan adaptasi lingkungan.

- Genomik Komparatif: Membandingkan genom dari berbagai spesies fungi untuk mengidentifikasi gen yang unik dan gen yang dipertahankan.

## 2) Proteomik

- Studi Protein: Analisis protein yang diekspresikan oleh fungi untuk memahami fungsi biologis dan interaksi protein.

## 3) Mutagenesis

- Mutasi Genetik: Menginduksi mutasi untuk mempelajari fungsi gen tertentu dan efeknya pada fenotipe fungi.

## 4) Transgenik

- Rekayasa Genetik: Memodifikasi gen fungi untuk penelitian atau aplikasi industri. Contoh: Produksi protein terapeutik oleh fungi yang telah dimodifikasi secara genetik.

## 5) Regulasi Gen

- Ekspresi Gen: Mengkaji bagaimana gen diekspresikan dan diatur dalam berbagai kondisi lingkungan atau tahapan perkembangan.

3. Fisiologi: Studi tentang proses biologis dalam fungi, seperti pertumbuhan, metabolisme, dan siklus hidup. Fisiologi fungi melibatkan studi tentang berbagai proses biologis yang memungkinkan fungi untuk bertahan hidup, tumbuh, dan bereproduksi. Berikut ini adalah rincian dari sub bahasan fisiologi fungi yang meliputi pertumbuhan, metabolisme, dan siklus hidup.

### a) Pertumbuhan Fungi

Pertumbuhan fungi melibatkan peningkatan ukuran dan kompleksitas sel serta perkembangan struktur seperti hifa dan miselium.

- 1) Pertumbuhan Hifa, Hifa adalah struktur seperti benang yang memanjang melalui pembelahan dan pemanjangan sel di ujungnya. Hifa tumbuh melalui mekanisme apikal, di mana sel baru terbentuk di ujung hifa.
  - Pembentukan Miselium: Miselium adalah jaringan massa hifa yang tumbuh dan menyebar ke lingkungan sekitar untuk mencari nutrisi. Miselium dapat tumbuh di atau di dalam substrat.
  - Pembelahan Sel: Pertumbuhan hifa melibatkan pembelahan sel dan sintesis dinding sel baru. Pembelahan ini dapat terjadi pada ujung hifa atau pada septa di dalam hifa yang bersekat.
  - Penyebaran Hifa: Hifa dapat tumbuh dan menyebar melalui substrat dengan memanfaatkan enzim yang menguraikan bahan organik.
- 2) Faktor Pertumbuhan, Pertumbuhan fungi dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan, termasuk:
  - Nutrisi: Ketersediaan karbon, nitrogen, fosfor, dan mineral lainnya. Fungi biasanya memanfaatkan bahan organik sebagai sumber karbon.
  - Suhu: Setiap spesies fungi memiliki kisaran suhu optimum untuk pertumbuhan. Beberapa fungi tumbuh baik pada suhu rendah (psikrofilik), suhu sedang (mesofilik), atau suhu tinggi (termofilik).
  - pH: Fungi umumnya tumbuh baik pada pH netral hingga sedikit asam, meskipun ada spesies yang toleran terhadap pH ekstrem.
  - Kelembaban: Kelembaban tinggi biasanya mendukung pertumbuhan fungi karena mereka memerlukan air untuk metabolisme dan pertumbuhan.
- b) Metabolisme Fungi, Metabolisme fungi melibatkan serangkaian reaksi biokimia yang memungkinkan fungi untuk memperoleh energi dan membangun

molekul yang diperlukan untuk pertumbuhan dan reproduksi.

- 1) Metabolisme Karbohidrat. Fungi menguraikan karbohidrat kompleks (seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin) menjadi gula sederhana melalui enzim ekstraseluler.
  - Glikolisis: Proses penguraian glukosa menjadi piruvat dengan menghasilkan ATP dan NADH.
  - Siklus Asam Sitrat (Krebs): Mengoksidasi asetil-CoA menjadi  $\text{CO}_2$  dan menghasilkan NADH,  $\text{FADH}_2$ , dan ATP.
  - Rantai Transpor Elektron: Menghasilkan ATP melalui fosforilasi oksidatif.
- 2) Metabolisme Protein. Fungi memecah protein menjadi asam amino melalui protease.
  - Sintesis Protein: Asam amino digunakan untuk sintesis protein yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan fungsi sel.
  - Katabolisme Asam Amino: Menghasilkan energi dan prekursor metabolit penting.
- 3) Metabolisme Lipid. Fungi menguraikan lipid menjadi asam lemak dan gliserol.
  - Beta-Oksidasi: Menguraikan asam lemak menjadi asetil-CoA.
  - Sintesis Lipid: Digunakan untuk membangun membran sel dan penyimpanan energi.
- 4) Metabolit Sekunder.

Fungi juga menghasilkan metabolit sekunder seperti antibiotik, mikotoksin, dan pigmen. Metabolit ini sering dihasilkan dalam kondisi pertumbuhan tertentu atau sebagai respon terhadap stress lingkungan.
4. Taksonomi dan Klasifikasi: Sistem pengelompokan fungi berdasarkan karakteristik genetik dan morfologi untuk memahami hubungan evolusioner antara berbagai jenis fungi.

## **B. Aspek Ekologi**

### **1. Peran Ekologis:**

Fungi memiliki peranan penting sebagai dekomposer dalam ekosistem di alam raya.. Mereka bertanggung jawab untuk menguraikan bahan organik kompleks dan mengembalikan nutrisi penting ke dalam tanah, yang sangat penting untuk siklus nutrisi dan kesehatan ekosistem. Berikut ini adalah uraian mendetail tentang peran ekologis fungi sebagai dekomposer.

#### **a) Proses Dekomposisi**

- 1) Penguraian bahan organik. Fungi menguraikan berbagai bahan organik di alam seperti daun mati, kayu, bangkai hewan, dan bahan organik lainnya.

Proses ini melibatkan beberapa tahapan :

- Kolonisasi: Hifa fungi tumbuh dan menyebar di dalam bahan organik, mengkolonisasi substrat yang akan diuraikan.
- Sekresi Enzim: Fungi mengeluarkan enzim ekstraseluler seperti selulase, ligninase, dan protease yang memecah molekul besar menjadi molekul yang lebih kecil yang dapat diserap oleh hifa.
- Absorpsi Nutrisi: Molekul yang lebih kecil hasil dari penguraian diserap oleh hifa fungi untuk digunakan dalam metabolisme dan pertumbuhan

- 2) Enzim Dekomposisi yang berperan diantaranya :

- Selulase: Menguraikan selulosa, komponen utama dinding sel tanaman, menjadi glukosa.
- Ligninase: Menguraikan lignin, senyawa kompleks yang memberikan kekuatan dan kaku pada dinding sel tanaman.
- Hemicellulase: Menguraikan hemiselulosa, polisakarida yang terdapat bersama selulosa di dinding sel tanaman.

- Protease: Menguraikan protein menjadi asam amino.

b) Siklus Nutrisi.

Proses dekomposisi fungi menghasilkan perbaikan yang mendasar di dalam struktur tanah sehingga memperkaya dan meningkatkan kesuburan tanah dengan nutrisi yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman.

Melalui proses dekomposisi, fungi memecah bahan organik kompleks menjadi nutrisi sederhana seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, yang kemudian dilepaskan ke dalam tanah.

- 1) Nitrogen: Fungi menguraikan protein dan bahan organik yang mengandung nitrogen, mengubahnya menjadi amonia dan nitrat yang dapat diserap oleh tanaman.
- 2) Fosfor: Fungi membantu menguraikan bahan organik yang mengandung fosfor, mengubahnya menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman.
- 3) Kalium: Proses dekomposisi oleh fungi juga melepaskan kalium yang terikat dalam bahan organik ke dalam tanah.

c) Dampak Ekologis

Aktivitas dekomposisi oleh fungi memberikan perubahan yang signifikan dalam proses daur ulang dan siklus energi di alam. Di ekosistem hutan misalnya, fungi dekomposer memainkan peranan penting dalam menguraikan kayu mati dan serasah daun. Hal tersebut bertujuan agar tanaman dan pohon yang baru memiliki nutrisi yang cukup. Beberapa dampak ekologis yang terjadi misalnya terjadinya siklus karbon. Fungi dekomposer berperan penting dalam siklus karbon dengan menguraikan bahan organik dan melepaskan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) kembali ke atmosfer melalui respirasi.

- 1) Penguraian Kayu dan Daun: Fungi menguraikan lignin dan selulosa dalam kayu dan daun, yang

mengembalikan karbon yang terikat dalam bahan organik ini ke siklus karbon global.

- 2) Pembentukan Humus: Proses dekomposisi oleh fungi membantu pembentukan humus, yang merupakan komponen penting dari tanah yang meningkatkan kapasitas retensi air dan nutrisi tanah.
  - 3) Penyimpanan Karbon: Proses dekomposisi yang lambat pada kayu mati dapat menyimpan karbon dalam jangka waktu yang lama, membantu mitigasi perubahan iklim.
2. Simbiotik: Hubungan mutualisme, seperti mikoriza (hubungan simbiosis antara fungi dan akar tanaman) dan liken (hubungan antara fungi dan alga atau sianobakteri).
- a) Mikoriza.

Mikoriza adalah hubungan simbiosis antara fungi dan akar tanaman. Dalam hubungan ini, fungi membantu tanaman dalam penyerapan nutrisi dan air dari tanah, sementara tanaman menyediakan karbohidrat hasil fotosintesis kepada fungi. Beberapa jenis mikoriza diantaranya :

1) Mikoriza Arbuskular.

- Mikoriza arbuskular memiliki ciri-ciri yaitu fungi menembus dinding sel akar tanaman dan membentuk struktur khusus yang disebut arbuskula di dalam sel korteks akar. Contohnya adalah *Glomus spp.*, merupakan fungi mikoriza arbuskular yang membantu dalam penyerapan fosfor pada berbagai tanaman pertanian.

Manfaat yang diperoleh tanaman dengan adanya mikoriza ini seperti :

- Meningkatkan penyerapan fosfor, nitrogen, dan mikronutrien lainnya;
- Meningkatkan ketahanan terhadap stres lingkungan seperti kekeringan dan serangan patogen.

## 2) Ektomikoriza.

- Ektomikoriza merupakan simbiosis fungi dan akar tanaman dengan cara menyelimuti akar tanaman tersebut dengan hifa yang tebal dan membentuk jaringan Hartig di antara sel-sel korteks akar tanpa menembus sel, sehingga menyerupai selubung pada akar. Kelompok fungi dapat berasal dari filum Basidiomycota dan Ascomycota. Manfaat yang diperoleh dengan adanya ektomikoriza diantaranya meningkatkan penyerapan nutrisi dan air, membantu dalam perlindungan terhadap patogen tanah, serta berperan dalam pembentukan struktur tanah. Contohnya adalah *Rhizopogon spp.*, merupakan fungi ektomikoriza yang sering ditemukan pada akar pohon pinus, membantu dalam penyerapan nutrisi dan air.

## b) Liken.

Liken adalah hubungan simbiosis antara fungi dan alga atau sianobakteri. Dalam hubungan ini, fungi (mikobion) menyediakan struktur dan perlindungan, sementara alga atau sianobakteri (fotobion) melakukan fotosintesis untuk menghasilkan karbohidrat yang dapat dimanfaatkan oleh fungi. Struktur liken terdiri dari lapisan atas (korteks atas), lapisan fotobion (tempat alga atau sianobakteri berada), medula (lapisan fungi utama), dan korteks bawah yang bisa memiliki rhizina (struktur seperti akar untuk menempel pada substrat). Beberapa manfaat liken dapat disebutkan yaitu :

### 1) Berperan sebagai pionir ekosistem.

Liken dapat kita jumpai sebagai bentuk simbiosis yang dapat hadir terlebih dahulu dalam lingkungan atau habitat yang baru. Liken memiliki kemampuan untuk membantu membentuk tanah dengan melapukkan batuan.

2) Sebagai Indikator Lingkungan.

Liken dapat digunakan sebagai indikator kualitas udara suatu wilayah karena kelompok liken ini sangat sensitif terhadap polusi udara.

3) Pemberi nutrisi bagi Ekosistem.

Liken memiliki kemampuan untuk memfiksasi nitrogen (jika fotobionnya adalah sianobakteri), yang kemudian dilepaskan ke dalam ekosistem saat liken telah terdekomposisi.

Beberapa contoh liken yaitu :

- *Cladonia rangiferina* (Lichen Reindeer Moss): Liken yang tumbuh di lingkungan tundradan menjadi sumber makanan bagi rusa kutub.
- *Usnea spp.*, merupakan liken yang tumbuh di hutan dan digunakan sebagai indikator kualitas udara karena kepekaannya terhadap polusi.

3. Studi Fungi Patogen.

Fungi patogenik adalah fungi yang menyebabkan penyakit pada tanaman, hewan, dan manusia. Studi tentang fungi patogenik menjadi sangat penting bagi pengendalian penyakit dan kesehatan lingkungan, karena diperlukan untuk memahami mekanisme infeksi, dampak penyakit, serta pengendalian dan pencegahan penyakit tersebut. Dampak fungi patogenik terhadap kesehatan diantaranya :

a) Fungi Patogenik pada Tanaman.

Fungi patogenik pada tanaman bertanggung jawab atas berbagai penyakit tanaman yang dapat menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan dalam pertanian dan hortikultura. Contohnya antara lain :

- *Phytophthora infestans*, menyebabkan penyakit busuk daun pada kentang dan tomat.
- *Magnaporthe oryzae*, menyebabkan penyakit blas pada padi.

- *Fusarium oxysporum*, menyebabkan layu fusarium pada berbagai tanaman termasuk pisang (*Fusarium wilt* atau *Panama disease*).
  - *Botrytis cinerea*, menyebabkan kerusakan pada anggur, stroberi, dan berbagai tanaman hortikultura.
- b) Fungi Patogenik pada Hewan.
- Fungi patogenik juga menyebabkan berbagai penyakit pada hewan, termasuk hewan ternak dan hewan peliharaan, yang berdampak pada kesehatan hewan dan industri peternakan.
- c) Fungi Patogenik pada Manusia.
- Fungi patogenik pada manusia menyebabkan berbagai penyakit yang disebut mikosis, yang dapat berkisar dari infeksi superfisial hingga sistemik yang serius. Beberapa diantaranya :
- *Candida albicans* menyebabkan kandidiasis, termasuk infeksi mulut (thrush), infeksi genital, dan infeksi sistemik pada individu dengan sistem imun yang lemah.
  - *Aspergillus fumigatus* menyebabkan aspergillosis yang invasif ataupun paru.
  - *Histoplasma capsulatum* menyebabkan histoplasmosis yang merupakan infeksi endemic di daerah tertentu, misalnya menyerang paru-paru dan dapat menyebar ke organ lain terutama pada individu dengan imunitas yang lemah.

### C. Manfaat Fungi bagi Manusia dan Lingkungan

Beberapa manfaat yang dapat kita kaji dalam studi mikologi untuk manusia dan lingkungan yaitu :

#### 1. Bidang Medis.

Fungi memiliki peran penting sebagai sumber obat-obatan dalam bidang medis. Fungi menghasilkan senyawa-senyawa yang digunakan dalam pengobatan penyakit-penyakit tertentu, seperti antibiotik dan obat-obatan untuk menurunkan kolesterol. Berikut adalah

uraian mendetail tentang manfaat fungi sebagai sumber obat dalam bidang medis:

a) Antibiotik dari fungi.

Fungi menghasilkan senyawa-senyawa antibiotik yang efektif melawan bakteri patogen terutama dari genus seperti *Penicillium* dan *Streptomyces*. Beberapa diantaranya :

- *Penicillium chrysogenum* menghasilkan antibiotik penisilin yang memiliki kemampuan melawan berbagai bakteri gram positif.
- *Cephalosporium acremonium* menghasilkan cephalosporin yang digunakan dalam pengobatan infeksi bakteri yang resisten terhadap penisilin.
- *Streptomyces nodosus* menghasilkan Amphotericin B yang digunakan sebagai antifungal untuk infeksi jamur sistemik.

b) Obat Statin dari Fungi.

Selain antibiotik, fungi juga menghasilkan senyawa statin yang digunakan untuk menurunkan kolesterol dalam tubuh. Statin bekerja dengan menghambat enzim HMG-CoA reduktase, yang merupakan langkah awal dalam produksi kolesterol oleh tubuh. Beberapa statin yang dihasilkan oleh fungi adalah:

- *Aspergillus terreus* menghasilkan Lovastatin yang digunakan untuk mengobati hiperkolesterolemia dan mencegah penyakit kardiovaskular.
- Simvastatin, dihasilkan oleh modifikasi kimia dari lovastatin, memiliki efek serupa dalam menurunkan kolesterol.

2. Bidang Bioteknologi.

Fungi memiliki peran penting dalam industri fermentasi untuk produksi berbagai bahan kimia seperti alkohol, asam organik, enzim, dan bahan kimia lainnya. Mereka digunakan sebagai agen fermentasi karena kemampuan mereka untuk menghasilkan enzim-enzim yang penting

dalam proses fermentasi. Berikut adalah uraian tentang manfaat fungi dalam bioteknologi industri fermentasi :

a) Produksi Alkohol.

Sejak dahulu *Saccharomyces cerevisiae* digunakan secara luas dalam industri untuk fermentasi gula menjadi alkohol, khususnya etanol. Proses fermentasi ini digunakan dalam pembuatan bir, anggur, minuman beralkohol lainnya, serta dalam produksi bioetanol sebagai bahan bakar alternatif.

b) Produksi Asam Organik.

Golongan spesies *Aspergillus niger* digunakan dalam industri untuk produksi asam organik seperti asam sitrat, asam laktat, dan asam asetat melalui proses fermentasi substrat yang sesuai.

c) Produksi Enzim.

Fungi seperti *Trichoderma reesei* dan *Aspergillus oryzae* memiliki kemampuan untuk menghasilkan berbagai enzim yang penting dalam industri, seperti selulase, amilase, lipase, dan protease. Enzim-enzim ini digunakan dalam berbagai proses industri termasuk produksi bioetanol, produksi pakan ternak, dan industri makanan.

d) Produksi Bahan Kimia Lain.

Fungi juga dapat digunakan dalam industri untuk produksi berbagai bahan kimia lainnya seperti pigmen, antibiotik, senyawa biokimia, dan bahan kimia lain yang memiliki aplikasi dalam industri farmasi, kosmetik, dan pangan.

3. Bidang Pertanian.

Pemanfaatan fungi dalam bidang pertanian difokuskan mulai dari peningkatan kesehatan tanah, pendukung pertumbuhan tanaman hingga fungsi pengendalian hayati (*biological control*) untuk mengatasi hama dan penyakit tanaman. Beberapa contoh diantaranya :

a) Spesies *Beauveria bassiana*, dan *Metarhizium anisopliae* digunakan sebagai agen biokontrol untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman. Mereka

bekerja dengan cara menyerang patogen atau hama, memproduksi enzim yang dapat merusak sel-sel patogen, atau melalui kompetisi ruang dan nutrisi.

- b) *Trichoderma spp.* digunakan untuk mengontrol patogen tanaman.
- c) *Gliocladium virens* dan *Trichoderma harzianum* digunakan untuk mengendalikan penyakit tanah seperti layu fusarium dan *damping-off*, karena memiliki peranan dalam pengendalian penyakit tanaman melalui produksi antibiotik alami dan enzim yang dapat menghancurkan dinding sel patogen.

#### 4. Pengelolaan Lingkungan.

Fungi juga memainkan peran yang sangat penting dalam pengelolaan lingkungan, terutama dalam proses bioremediasi, pengelolaan limbah, dan degradasi polutan.

##### a) Bioremediasi.

Fungi digunakan dalam bioremediasi untuk menguraikan polutan organik dan anorganik di lingkungan, termasuk hidrokarbon, pestisida, logam berat, dan pewarna sintetis. Kemampuan fungi untuk menghasilkan enzim-enzim seperti laccase, peroksidase, dan lignin peroksidase membuat mereka efektif dalam menguraikan senyawa-senyawa yang sulit terurai.

##### b) Pengelolaan Limbah.

Fungi juga digunakan dalam pengelolaan limbah organik melalui proses dekomposisi. Fungi membantu menguraikan bahan organik dalam limbah, mengurangi volume limbah, dan menghasilkan kompos yang kaya nutrisi yang dapat digunakan sebagai pupuk.

##### c) Degradasi Polutan.

Fungi memiliki kemampuan untuk menguraikan berbagai polutan, termasuk senyawa xenobiotik yang tahan lama di lingkungan. Fungi memanfaatkan enzim-enzim oksidatif untuk mengubah polutan

menjadi senyawa yang kurang berbahaya, sehingga membantu dalam proses pembersihan lingkungan.

5. Bidang Pangan.

Produksi makanan dan minuman berbasis fungi, seperti roti, keju, tempe, dan minuman fermentasi seperti bir dan anggur telah dikenal dan diproduksi sejak masa silam. Fungi memiliki peran penting dalam produksi berbagai makanan dan minuman, berkontribusi terhadap keberagaman pangan dan peningkatan nilai gizi. Secara spesifik misalnya, fungi berperan dalam proses fermentasi, digunakan pula dalam produksi protein alternatif, dan peningkatan rasa dan tekstur makanan. Beberapa proses diantaranya :

- a) Produksi roti menggunakan ragi bertujuan untuk menguraikan gula dalam adonan, menghasilkan karbon dioksida yang membuat adonan mengembang.
- b) Produksi anggur dan bir menggunakan ragi untuk memfermentasi gula menjadi alkohol dan karbon dioksida, sehingga memberikan rasa khas pada minuman tersebut.
- c) Produksi protein alternatif (mycoprotein) yang ramah lingkungan sebagai pengganti daging dari spesies *Fusarium venenatum*.
- d) Kelompok fungi seperti *Aspergillus oryzae* dan *Rhizopus oligosporus* digunakan dalam produksi makanan fermentasi seperti miso, kecap, dan tempe. Proses fermentasi ini meningkatkan rasa dan tekstur produk, serta meningkatkan ketersediaan nutrisi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Lawrey, James D. and Diederich, Paul. (2003). Lichenicolous Fungi: Interactions, Evolution, and Biodiversity. *The Bryologist* 106(1), 80-120.
- Lounès-Hadj Sahraoui, Anissa., Calonne-Salmon, Maryline., Labidi, Sonia, et.al. (2022).Chapter 3 - Arbuscular mycorrhizal fungi-assisted phytoremediation: Concepts and future perspectives. Available at <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128228937000082>.Elsevier. London
- Manoharachary, C., Kunwar, I.K., Reddy, S.V. (2010). Biodiversity, phylogeny and evolution of fungi. In: Sharma, V.P. (eds) *Nature at Work: Ongoing Saga of Evolution*. Springer, New Delhi.
- Parapouli, M., Vasileiadis, A., Afendra, A.S., Hatziloukas, E.,(2020). *Saccharomyces cerevisiae* and its industrial applications. *AIMS Microbiol.* Feb 11;6(1):1-31. doi: 10.3934/microbiol.2020001.
- Rooshero,I.G., Sjamsuridzal, W., dan Oetari, A.(2014). *Mikologi Dasar dan Terapan*. Yayasan Obor. Jakarta.
- Rossmann, A.Y. (1996). The Evolution of Fungal Diversity. In: Colwell, R.R., Simidu, U., Ohwada, K. (eds) *Microbial Diversity in Time and Space*. Springer, Boston, MA.
- Suharno, Tanjung, R.H.R., dan Sufaati,S.(2020). *Fungi Mikoriza Arbuskular Mempercepat Rehabilitasi Lahan Tambang*. UGM Press.Yogyakarta
- Sharma, Juhi., Kumar, V., Prasad, R., Gaur, N.A.Engineering of *Saccharomyces cerevisiae* as a consolidated bioprocessing host to produce cellulosic ethanol: Recent advancements and current challenges (2022). <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2022.107925>. Available at : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0734975022000210>

# **BAB 2**

## **PENTINGNYA MEMPELAJARI MIKOLOGI**

***Oleh Muhammad Subhan A. Sibadu***

### **2.1 Mikologi**

Indonesia memiliki keanekaragaman hayati, baik di daratan maupun di lautan. Seperti berbagai jenis flora, fauna, dan mikroorganisme. Salah satu manifestasi dari keanekaragaman makhluk hidup di Indonesia adalah keberadaan mikroorganisme, termasuk bakteri, virus, jamur, dan protozoa. Di antara jenis-jenis mikroorganisme tersebut, jamur merupakan salah satu yang melimpah di lingkungan alam Indonesia (Anggraini *et al.*, 2019).

Dalam bidang Biologi, ada suatu disiplin ilmu yang fokus mempelajari aspek tertentu dari ilmu pengetahuan, dan salah satunya adalah mikologi. Mikologi merupakan cabang ilmu biologi yang meneliti berbagai aspek jamur (Alvianda *et al.*, 2017). Asal-usul kata "Mikologi" berasal dari bahasa Yunani, di mana "mykes" berarti jamur dan "logos" berarti ilmu. Mikologi adalah suatu disiplin ilmu yang meneliti jamur atau fungi (Utami, 2021).

Jamur memiliki peran yang signifikan dalam kehidupan manusia. Jamur dapat hidup dan berkembang biak di berbagai tempat, baik di alam maupun dalam tubuh manusia. Jamur terbagi atas ragi dan kapang, di mana sekitar 100 spesies diantara keduanya dapat mengakibatkan mikosis (Wasilah *et al.*, 2023).

Jamur dan fungi sebenarnya memiliki arti yang berbeda. Fungi merujuk pada kelompok besar organisme eukariotik heterotrof yang mencerna makanan diluar sel tubuh dan menyerap nutrisi ke dalam sel-selnya. Sementara jamur adalah salah satu bagian kelompok dari fungi itu sendiri. Dengan

demikian, fungi tidak hanya terbatas pada kelompok jamur saja dan tidak semua organisme dalam fungi dapat disebut sebagai jamur (Wasilah et al., 2023).

Beberapa terminologi yang umum digunakan dalam studi mikologi melibatkan: (Djasfar et al., 2023).

1. Fungi: Merupakan istilah yang mencakup semua jenis jamur, termasuk yang berukuran makroskopis maupun mikroskopis.
2. Mushroom: Istilah yang digunakan untuk fungi yang bersifat makroskopis.
3. Kapang atau Molds: Mengacu pada fungi yang bersifat mikroskopik dengan struktur filamen multiseluler.
4. Yeast atau Khamir: Merupakan istilah untuk fungi mikroskopik yang bersifat uniseluler.
5. Cendawan: Sama dengan fungi, digunakan sebagai istilah umum untuk menyebutkan fungi, baik yang berukuran makroskopis maupun mikroskopis.

## **2.2 Mikologi Dalam Bidang Kesehatan**

Mikologi adalah cabang ilmu yang mengkaji fungi. Lebih dari 50.000 spesies fungi telah diidentifikasi, dan sebagian besar di antaranya memberikan manfaat bagi manusia. Fungi ditemukan di lingkungan alam dan memiliki peran penting dalam proses dekomposisi dan daur ulang bahan organik. Beberapa fungi memiliki kontribusi positif terhadap kualitas hidup manusia dengan berpartisipasi dalam produksi makanan dan minuman. Tambahan, fungi juga memiliki peran sebagai sumber obat-obatan, menghasilkan metabolit sekunder bioaktif seperti antibiotik (contohnya, penisilin) dan obat immunosupresif (seperti siklosporin) (Djasfar et al., 2023).

Beberapa jamur berperan penting dalam industri obat-obatan, sementara yang lain dapat menjadi penyebab penyakit atau menghasilkan zat-zat beracun.

Penemuan jamur penyebab penyakit dimulai oleh para ilmuwan seperti Pasteur dan Koch yang awalnya fokus pada bakteri patogen pada manusia, kemudian diikuti dengan penyelidikan lebih lanjut pada abad ke-19 di Eropa. Pelopor

seperti Remark (1837) dan Scholein (1839) mempelajari jamur yang menyebabkan penyakit kulit di Berlin, sementara Grubby (1642) menemukan keberadaan jamur pada kulit di Paris. Upaya oleh De Bary dan Duxlaux (1886) untuk membiakkan jamur dari kulit hanya berhasil mengisolasi jenis yang bersifat saprofit. Verusjsky (1887), murid dari Duxlaux, menemukan metode perbenihan yang dapat digunakan untuk menanam jamur patogen dari kulit. Sabauraud (1887) juga berhasil menemukan perbenihan yang cocok untuk jamur patogen, dikenal sebagai "Perbenihan Sabauraud", yang masih digunakan hingga saat ini. Menurut Conant, Dodge, dan rekan-rekan mereka, perbenihan ini merupakan yang paling sesuai untuk pertumbuhan jamur patogen dibandingkan dengan jenis perbenihan lainnya.

Penyakit dermatomikosis, yang dikenal sebagai *Athlete's foot*, telah lama dikenal, seperti yang disebutkan oleh Pelburry Fox, Pellezari (1888), dan Withfield (1908), namun jamur penyebabnya baru berhasil dibiakkan oleh Djelaledin Moukhtar pada tahun 1892, diikuti oleh Sabauraud pada tahun 1910. Penyakit dermatomikosis di Indonesia merupakan masalah yang penting dengan berbagai variasi seperti Kurap (*Eczema Maginatum* atau *Tinea Cruris*), Kurap besi atau kaskado (*Tinea Imbrikata*), Panu (*Tinea Versicolor*), Favus (*Tinea Favosa* atau *Tinea Capitis*), dan *Tinea Corporis*. Penyakit ini merupakan infeksi kronis yang memerlukan perhatian khusus terhadap manusia dan hewan.

Dalam lingkungan hidupnya, jamur harus bersaing dan ini menghasilkan metabolit yang dikenal sebagai antibiotik, antibiotik ini bertindak sebagai agen "anti kehidupan" terhadap organisme lain di sekitarnya, terutama bakteri dan jamur. Banyak jamur yang digunakan dalam industri farmasi dimanfaatkan sebagai sumber antibiotik. Beberapa juga digunakan sebagai fungisida dan komponen dalam pengobatan tradisional seperti supu kakabu di Indonesia. Namun, beberapa jenis jamur memiliki efek samping yang serupa dengan tanaman penyebab halusinasi, seperti *Clytocybe*, sehingga penjualannya dibatasi.

Salah satu senyawa yang memiliki khasiat menurunkan kadar kolesterol dan berefek anti virus yaitu lentinan terkandung pada jamur seperti Shiitake. Peran yang paling penting dari jamur dalam industri farmasi dimulai setelah Dr. Alexander Fleming menemukan Penisilin dari jamur *Penicillium notatum* pada tahun 1929. Penelitian lanjutan menghasilkan berbagai jenis antibiotik lainnya dari jamur, seperti asam aspergilat dari *Aspergillus flavus*, klavisin dari *Aspergillus clavatus*, fumasigin dari *Aspergillus fumigatus*, dan patulin dari *Penicillium patulum* (Suryani et al., 2020).

### **2.2.1 Bidang Farmasi**

Jamur harus mampu bersaing dengan lingkungannya. Sifat kompetitif ini menyebabkan keluarnya metabolit yang disebut antibiotik untuk menghambat kehidupan organisme, biasanya bakteri dan jamur, di luar tubuh.

Sebagian besar jamur di industri farmasi digunakan sebagai antibiotik. Selain itu juga digunakan sebagai fungisida dan campuran obat herbal seperti kakabu di Indonesia.

Ada jamur lain yang hidup berdampingan dengan tanaman halusinogen, seperti *Clitocybo*, sehingga penjualannya dibatasi. Contoh jamur lainnya adalah shiitake yang mengandung lentin, senyawa yang dapat menurunkan kolesterol darah. dan juga memiliki sifat anti-inflamasi dan menghambat pertumbuhan virus.

Peranan jamur yang paling penting dalam dunia medis muncul setelah Dr. Alexander Fleming (1929) menemukan penisilin dari jamur *Penicillium notatum*.

Setelah itu banyak jamur berbeda yang menghasilkan antibiotik, dan menemukan asam aspergillic dari *aspergillus nflavus*, klavisin dari *Aspergillus clavatus*, fumasigin dari *Aspergillus fumigatus* dan patulin dari *Penicillium patulum* (Suryani et al., 2020).

### **Antibiotik**

Antibiotik adalah zat yang dihasilkan oleh mikroorganisme atau bahan biologis yang mempunyai efek

antagonis terhadap mikroorganisme lain pada konsentrasi 100  $\mu\text{m}/\text{ml}$  atau kurang. Banyak antibiotik diproduksi oleh spesies jamur umum, namun sebagian besar diproduksi oleh berbagai bakteri mirip jamur, yaitu kelompok Actinomycetes, dan sangat sedikit yang diproduksi oleh bakteri alami, kecuali yang diproduksi oleh Bacillus (Suryani et al., 2020).

Antibiotik sulit diproduksi. dapat dideteksi di lingkungan alam, karena antibiotik dapat diserap langsung ke dalam tanah, dan terlebih lagi organisme tersebut harus dalam keadaan berkembang sebelum dapat menghasilkan antibiotik. Jika tidak, keberhasilan antibiotik sulit dilihat (Suryani et al., 2020).

Produksi antibiotik merupakan salah satu bentuk antagonis yang mempunyai peran langsung, antara lain yaitu parasit dan predator, serta persaingan yang berdampak langsung pada penyediaan kebutuhan hidup (Suryani et al., 2020).

## **2.3 Mikologi Dalam Bidang Industri**

Bersamaan dengan kemajuan teknologi dan pengetahuan di industri makanan Indonesia, saat ini muncul berbagai produk makanan bernilai gizi tinggi hasil fermentasi mikroorganisme. Selain mengolah produk mentah menjadi produk jadi atau setengah jadi, proses ini juga efektif dalam memperlambat kerusakan makanan, melibatkan penggunaan enzim yang dapat dikelola secara tradisional atau dengan teknologi modern. Manfaat yang diperoleh dari pengolahan makanan ini mendorong kesadaran masyarakat untuk mengonsumsi makanan sehat fungsional, yang merupakan hasil fermentasi mikroorganisme seperti bakteri atau jamur (Sulastri et al., 2022).

Pengolahan bahan pangan dengan menggunakan mikroorganisme memerlukan proses yang bersih dan higienis guna mencegah kerusakan dan pembusukan yang dapat mempersingkat umur simpan bahan makanan tersebut. Pengolahan yang tidak hati-hati dapat memicu pertumbuhan organisme patogen yang berpotensi menyebabkan penyakit jika dikonsumsi. Oleh karena itu, sanitasi yang baik dan kehygienisan

menjadi persyaratan penting untuk menghindari kontaminasi mikroorganisme selama proses pengolahan pangan. Kehadiran mikroorganisme dalam makanan tidak hanya tergantung pada karakteristik fisik dan nutrisi makanan, melainkan juga dipengaruhi oleh berbagai faktor ekstrinsik dan intrinsik makanan serta interaksinya (Sulastri et al., 2022).

Peran mikroorganisme dalam bahan pangan dapat dikategorikan menjadi dua, yaitu peran yang bersifat menguntungkan dan peran yang bersifat merugikan (Azara and Saidi, 2020).

**Tabel 2.1.** Keuntungan & kerugian bahan pangan dari mikroorganisme

| No. | Keuntungan                                                                                                                                                                                                            | Kerugian                                                                                                                                                                                             |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.  | Pemanfaatan mikroorganisme dalam menghasilkan produk fermentasi tertentu. Contoh produk makanan hasil fermentasi melibatkan mikroorganisme antara lain tempe, oncom, tape, tauco, yogurt, nata, kecap, dan lain-lain. | Menyebabkan kerusakan pada bahan makanan, yang ditandai dengan perubahan karakteristik seperti kelembaban, lendir, bau busuk, perubahan rasa menjadi asam, pertumbuhan jamur, serta perubahan warna. |
| 2.  | Mikroorganisme juga menghasilkan produk metabolit seperti asam amino, enzim, antibiotik, asam organik, dan lain-lain..                                                                                                | Menyebabkan beberapa penyakit pada manusia seperti disentri, tipus, TBC, korela, anthrax, dan sebagainya.                                                                                            |

Sumber : (Azara and Saidi, 2020).

Jamur dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama, yaitu jamur uniseluler yang disebut khamir, contohnya *Saccharomyces cerevisiae*, dan jamur multiseluler yang disebut

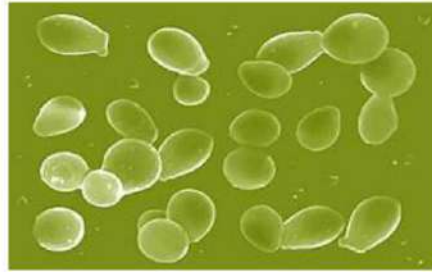
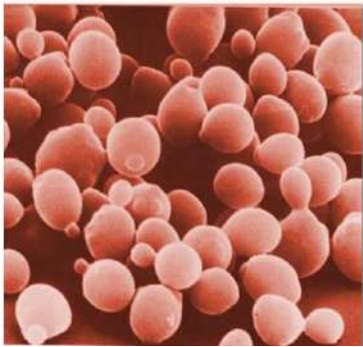
kapang, dengan contoh seperti *Aspergillus fumigatus*. Selain itu, berdasarkan ukuran, jamur terbagi menjadi mikrofungi, yang strukturnya hanya dapat terlihat dengan mikroskop, dan makrofungi, yang membentuk tubuh buah. Kelompok makrofungi kemudian dapat dibagi menjadi dua lagi, yaitu jamur yang dapat dikonsumsi (*Edible mushroom*), seperti *Pleurotus ostreatus* (jamur tiram) dan *Auricularia auricula* (jamur kuping), dan jamur yang beracun, seperti *Amanita pallioides*, *Rusula emetica*, dan sejenisnya (Suryani *et al.*, 2020).

### **2.3.1 Khamir (*yeast*)**

*Yeast* atau sering disebut dengan khamir adalah kelompok mikroorganisme yang banyak tersebar di alam. Bisa ditemukan di udara, akuatik, dan terestrial. Selain itu juga bisa ditemukan sebagai parasit, saprofit maupun endofit pada daun, bunga, buah yang sudah matang, biji-bijian, jamur, eksudat, serangga, kotoran dan tanah. Habitat yang disukai oleh khamir adalah pada jaringan tanaman, daun, bunga, buah-buahan, produksi fermentasi, tanah dan juga air (Akbar *et al.*, 2019).

*Yeast* memiliki variasi ukuran, dengan panjang berkisar antara 5 hingga 20  $\mu\text{m}$  dan lebar 1 hingga 10  $\mu\text{m}$ . Bentuk sel *yeast* juga bervariasi, mencakup kokus, silindris, basil, dan apikulat. Pertumbuhan *yeast* optimal terjadi pada pasokan air yang mencukupi, karena *yeast* tumbuh pada konsentrasi solut (gula atau garam) yang lebih tinggi dibandingkan dengan bakteri (Puspita *et al.*, 2020).

Khamir memiliki bentuk yang beragam, dapat berupa bulat (sferoid), elips, batang, atau silindris, mirip dengan bentuk buah jeruk, sosis, dan sejenisnya. Bentuk yang konsisten ini dapat digunakan untuk proses identifikasi. Klasifikasi khamir dapat dilakukan dalam kelompok-kelompok seperti Ascomycetes, Basidiomycetes, dan Deuteromycetes (Suryani *et al.*, 2020).



**Gambar 2.1.** Sel Khamir

(Sumber : Suryani & Taupiqurrahman, 2021)

Khamir pemanfaatannya dalam bidang industri telah berlangsung lama karena khamir membantu berbagai proses pembuatan produk industri, seperti industri makanan, minuman, pengolahan limbah, pembuatan bahan kimia, dan masih banyak lagi yang lain (Akbar et al., 2019).

Khamir dapat memiliki dampak bermanfaat maupun merugikan manusia. Khamir yang tidak diinginkan dapat ditemukan pada makanan dan menyebabkan kerusakan pada sauerkraut, jus buah, sirup, molase, madu, selai, daging, dan sebagainya (Hidayat dkk, 2006). Sementara itu, khamir atau ragi memiliki peran yang sangat signifikan dalam produksi minuman beralkohol. Untuk memenuhi kebutuhan akan minuman beralkohol seperti bir dan anggur, ragi anaerob juga digunakan untuk menghasilkan alkohol. Selain itu, ragi juga dibudidayakan untuk keperluan pembuatan roti dan sebagai tambahan protein pada pakan hewan (Utami, 2021).

Terdapat berbagai jenis khamir yang memiliki peran penting dalam proses fermentasi, Beberapa di antaranya adalah: (Utami, 2021).

1. *Saccaromyces cerevisiae*, yang merupakan khamir sangat terkenal dalam industri pengolahan makanan, terutama dalam pembuatan wine dan bir. Dalam bidang pangan, *Saccaromyces cerevisiae* (ragi roti) digunakan untuk mengembangkan adonan roti. Khamir ini berkembang biak secara vegetatif dengan membentuk tunas, memiliki sel

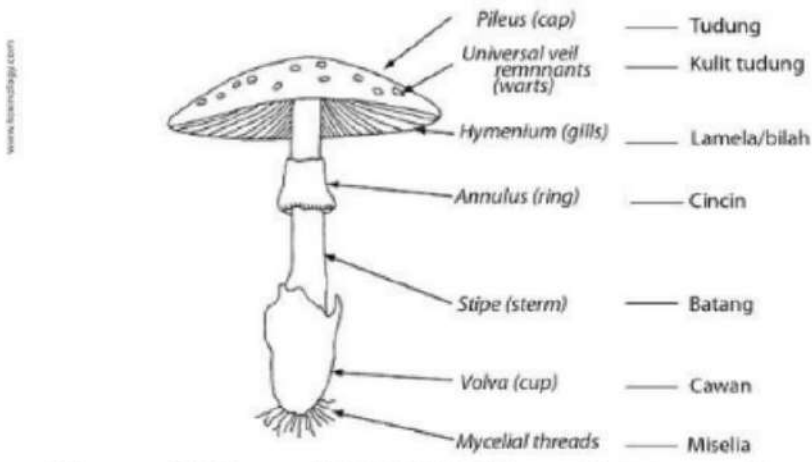
- berbentuk ellipsoid atau silindris. Meskipun mampu membentuk pseudohifa, hifa tidak memiliki septum. Aksospora berbentuk ellipsoid pendek dengan dinding tipis, biasanya satu hingga empat per askus, kadang-kadang lebih. Khamir ini tidak dapat tumbuh hanya dengan nitrat sebagai satu-satunya sumber energi.
2. *Saccaromyces roxii*, merupakan khamir yang digunakan dalam pembuatan kecap dan memberikan kontribusi pada pembentukan aroma.

### **2.3.2 Kapang (*mould*)**

Istilah "jamur" meliputi beragam bentuk organisme, termasuk yang kecil maupun besar, yang dapat dikenal dengan nama kapang, cendawan, lapuk, kulat, dan sebagainya. Dengan kata lain, "jamur" adalah istilah taksonomi yang sama dengan bakteri, ganggang, lumut, dan paku-pakuan.

Jamur merupakan jenis tumbuhan yang sangat sederhana, memiliki inti sel, berspora, tidak memiliki klorofil, dan berbentuk sel atau benang bercabang-cabang dengan dinding sel yang terbuat dari selulosa atau khitin atau keduanya. Umumnya, jamur berkembang biak baik secara seksual maupun aseksual (Suryani et al., 2020).

Jamur memiliki tubuh buah yang besar sehingga dapat dilihat secara langsung dengan mata tanpa bantuan alat. Secara umum, bentuk tubuh buah jamur mirip dengan payung pada permukaan substratnya. Pada tubuh buahnya, terdapat batang tegak yang berperan sebagai penyangga untuk tudung, dan tudung tersebut bisa memiliki bentuk mendatar atau membulat (Djasfar et al., 2023).



**Gambar 2.2.** Struktur morfologi jamur  
(Sumber : Djasfar dkk, 2014)

Terdapat beberapa jenis kapang atau jamur yang memiliki peran penting dalam proses fermentasi, seperti yang dijelaskan oleh Hidayat dkk, 2006. Beberapa di antaranya adalah: (Utami, 2021).

1. *Aspergillus niger*: Digunakan dalam produksi asam sitrat, yang merupakan asam organik yang umum digunakan dalam industri pangan, seperti pembuatan permen dan minuman kemasan. *Aspergillus niger* juga dapat mengkontaminasi makanan, termasuk roti tawar (Utami, 2021).
2. *Rhizopus oryzae*: Berperan penting dalam pembuatan tempe. Aktivitas jamur ini memproses nutrisi pada tempe menjadi bahan yang dapat dikonsumsi manusia. Enzim yang dihasilkan meningkatkan kelarutan protein, dan tempe juga dikembangkan menjadi produk isoflavon yang berkontribusi pada kesehatan (Utami, 2021).
3. *Neurospora sitophila*: Sumber beta karoten dalam fermentasi tradisional, terlibat dalam produksi oncom di Jawa Barat. Penelitian telah dilakukan untuk menghasilkan spora sebagai sumber beta karoten yang dapat digunakan

- dalam makanan dan memberikan warna yang menarik (Utami, 2021).
4. *Monascus purpureus*: Kurang dikenal dalam kalangan mikrobiologis, namun menghasilkan produk seperti angkak di Cina, hasil fermentasi pada beras. Jamur ini menghasilkan pewarna alami yang umumnya digunakan dalam masakan Cina. Zat aktif dalam angkak telah ditemukan memiliki manfaat kesehatan dan dijual dalam bentuk kapsul (Utami, 2021).
  5. *Penicillium sp.*: Terkenal karena kemampuannya menghasilkan antibiotika seperti penisilin. Selain untuk antibiotika, beberapa spesies *Penicillium* juga digunakan dalam pembuatan keju khusus (Utami, 2021).

## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, G.P, Kusdiyantini, E., Wijanarka, 2019. Isolasi dan Karakterisasi secara Morfologi dan Biokimia Khamir dari Limbah Kulit Nanas Madu (*Ananas comosus* L.) untuk Produksi Bioetanol. Berkala Bioteknologi 2, 1–11.
- Alvianda, M.R., Harlis, Budiarti<sup>3</sup>, R.S., 2017. Identifikasi Jamur Selulolitik Pada Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Sebagai Pengayaan Praktikum Mikologi. Artikel Ilmiah 1–8.
- Anggraini, I., Ferniah, R.S., Kusdiyantini, E., 2019. Isolasi Khamir Fermentatif dari Batang Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum*. L) dan Hasil Identifikasinya Berdasarkan Sekuens Internal Transcribed Spacer. Berkala Bioteknologi 2, 12–22.
- Azara, R., Saidi, I.A., 2020. Buku Ajar Mikrobiologi Pangan. UMSIDA Press , Sidoarjo.
- Djasfar, S.P., Vidiana, H., Margareta, A., Maulidayanti, S., Fusvita, A., Hasbi, N., Supratman, L., Ali, N.F.M., Lasmini, T., Wijayanti, E., Rosyunita, 2023. Mikologi Kesehatan.
- Puspita, D., Nadia, E., Immanuela, E., Titania, M. V, 2020. Isolasi, Identifikasi dan Uji Produksi Yeast yang Diisolasi Dari Nira Kelapa. BIOSFER, J.Bio. & Pend.Bio 5, 1–5.
- Sulastri, E., Indriani, C., Zainudin, M., Wardhani, S., Astriani, M., Ariyanto, E., 2022. Review: Peran Mikrobiologi Pada Industri Makanan. Jurnal Indobiosains 4, 1–8.
- Suryani, Y., Taupiqurrahman, O., Kulsum, Y., 2020. Mikologi. PT. Freeline Cipta Granesia, Padang.
- Umam, M.S., 2016. Mikroorganisme (Bakteri, Khamir, Dan Kapang) Dalam Industri Beserta Karakteristiknya. Malang.
- Utami, U.F., 2021. Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular Pada Tanaman Kopi Robusta (*Coffea Chanepora*) Dan Kopi Arabika(*Coffea Arabica*) Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah Sebagai Referensi Mata Kuliah Mikologi (Skripsi). UIN Ar-Raniry Darussalam, Banda Aceh.

Wasilah, S.Z., Nasution, J., Rahmiati, Fadillah, M.A., Bangu, H., Supriyanto, Salim, M., Darsono, K., Anwar, A.Y., Asikin, Z.F., Nurhayati, E., Malik, N., 2023. Mikologi. Eureka Media Aksara, Purbalingga.



# **BAB 3**

## **MANFAAT MEMPELAJARI MIKOLOGI**

*Oleh Asrianto*

### **3.1 Pendahuluan**

Pernahkah Anda terpikirkan tentang organisme lain dilingkungan kita selain hewan dan tumbuhan? Sekelompok organisme yang memiliki peran yang sangat penting dalam yang memiliki implikasi yang luar biasa bagi ekologi, kesehatan manusia dan penemuan ilmiah. Sekelompok organisme tersebut adalah jamur. Mikologi merupakan merupakan disiplin ilmu biologi yang menggambarkan dan mempelajari tentang jamur (Gandjar dkk, 2006).

Secara ekologi jamur memainkan peran sebagai decomposer alami yang ada dalam. Jamur dapat mengurai tanaman dan hewan mati, selanjutnya senyawa yang diurai menjadi nutrisi yang meningkatkan hara tanah. Di luar perannya pentingnya secara ekologi, jamur menjalin hubungan simbiosis dengan organisme lain. Jamur mikoriza merupakan hubungan simbiosis yang sangat luar biasa yang menggambarkan pola interaksi yang produktif antara jamur dengan berbagai jenis tanaman. Dengan mempelajari pola interaksi ini, kita dapat mengungkap rahasia simbiosis ini, yang selanjutnya berpotensi mengarah pada praktik pertanian yang lebih baik.

Berbagai macam jamur yang dapat dimakan (edible) menawarkan sumber vitamin, mineral, dan antioksidan yang lezat dan bergizi. Selain itu, jamur telah lama dimanfaatkan secara tradisional untuk mengobati berbagai macam penyakit. Dalam studi penelitian modern banyak mengungkap potensi senyawa aktif jamur untuk mengatasi berbagai penyakit. Memperdalam pengetahuan tentang jamur dapat membuka kemungkinan baru untuk mengobati penyakit dan meningkatkan kualitas kesehatan manusia.

Jamur merupakan diantara bahan komoditas material dalam bidang industri. Beberapa jenis jamur menghasilkan enzim untuk produksi roti, pembuatan keju dan proses fermentasi yang menghasilkan makanan dan minuman yang memiliki nilai gizi yang tinggi. Dengan mempelajari jamur secara mendalam dapat meningkatkan potensi pada pengembangan aplikasi industri baru.

Mikologi, ilmu yang mempelajari jamur, memiliki potensi ilmiah yang luar biasa dan tak terbatas. Jamur menawarkan wawasan unik tentang evolusi, ekologi, dan rekayasa genetika. Keanekaragaman jenis jamur dan jalur biokimianya yang kompleks menyimpan kunci untuk membuka pengobatan medis baru, bahan bakar nabati, dan teknologi inovatif. Semakin dalam kita meneliti dunia jamur, semakin besar pula potensi penemuan ilmiah yang dapat kita temukan.

### **3.2 Manfaat Secara Ekologis**

Jamur memainkan peran penting dibidang lingkungan. Paling tidak terdapat tiga tipe mikroorganisme dilingkungan. Saprofitik, mikroorganisme yang dapat mengurai lignin dan selulosa yang ditemukan pada tanaman yang telah mati atau membusuk. Patogen, kelompok mikroorganisme yang dapat menyerap nutrisi dari tanaman hidup, bahkan seringkali dapat membunuh tanaman tersebut. Simbiotik, mikroorganisme yang mendapatkan nutrisi dari tanaman hidup akan tetapi mikroorganisme juga memberikan berbagai nutrisi yang memungkinkan tanaman mendapatkan keuntungan.

Jamur merupakan organisme yang dapat ditemukan diberbagai lingkungan dimuka bumi. Jamur pengurai atau saprotrofik memainkan peran utama dalam siklus karbon dan nutrisi. Kekayaan spesies jamur yang berasosiasi dengan serasah tanaman sangat tinggi, diperkirakan satu tangka daun tanaman dapat dihuni hingga 177 spesies jamur (Deacon et al. 2006). Jamur dapat menyediakan nutrisi penting untuk kesuburan tanah sekaligus menyediakan nutrisi yang dapat diserap oleh tanaman. ungi mengeluarkan enzim-enzim pencernaan ekstraseluler, seperti lipase, protease dan karbohidrase ke

lingkungan sekitarnya. Enzim-enzim tersebut memecah molekul-molekul besar seperti protein menjadi asam amino, lipid menjadi asam lemak dan gliserol, amilum menjadi glukosa. Fungi juga dapat memiliki enzim selulolase untuk menguraikan selulosa, lignase untuk menguraikan senyawa lignin.

Jamur pathogen pada tanaman menjadi sebab menurunnya produktivitas suatu komoditas suatu tanaman. Pemahaman yang baik pada jamur pathogen dapat memberikan manfaat yang penting bagi manusia diantaranya memahami agen penyebab penyakit tanaman, mencegah kontaminasi pangan dan kerusakan pangan dan mengembangkan biopestisida yang efektif dalam pengendalian pathogen tanaman.

Jamur mikoriza merupakan jenis jamur yang dapat bersimbiosis dengan berbagai jenis tanaman. Interaksi kedua jenis organisme yang berbeda ini merupakan interaksi positif yang saling menguntungkan keduanya. Jamur dapat mengalirkan air dan hara yang diserapnya dari lingkungan yang kemudian dapat digunakan oleh tanaman untuk meningkatkan laju pertumbuhan, disamping itu keberadaan jamur pada tanaman dapat meningkatkan ketahanan tanaman dari serangan berbagai patogen, sementara tanaman memberikan hasil ruang hunian dan hasil fotosintesis bagi jamur. Secara umum terdapat dua jenis mikoriza, ektomikoriza yang tipe interaksinya dengan tanaman inang tidak menembus sel tanaman. Endomikoriza berpenetrasi sampai ke dalam jaringan tanaman.

Tidak semua jenis jamur simbion memiliki memiliki efek yang sama terhadap tanaman. Pemahaman terhadap strain-strain sangat penting dalam aplikasi pertanian. Jamur *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum* memiliki beberapa keunggulan: pertama, memiliki miselium empat kali lebih besar dibandingkan jamur lainnya; kedua, reproduksinya terjadi diluar akar dengan spora yang sangat kecil; ketiga, toleransi salintasnya lebih tinggi dari tingkatnya biasanya yang dianggap memadai (<https://symborg.com>).

Pengetahuan ilmiah tentang mikoriza membawa manfaat bagi peningkatan hasil panen suatu komoditas. Hal ini dapat dicapai melalui beberapa cara, yaitu:

1. Meningkatkan penyerapan nutrisi tanaman: Mikoriza membantu tanaman menyerap air dan nutrisi penting dari tanah lebih efektif.
2. Mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia: Mikoriza dapat mengurangi kebutuhan tanaman terhadap pupuk kimia, sehingga lebih ramah lingkungan dan hemat biaya.
3. Meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen dan kekeringan: Mikoriza membantu tanaman melawan penyakit dan hama, serta meningkatkan toleransi terhadap kekeringan.

### **3.3 Manfaat jamur dibidang kesehatan**

Jamur memiliki dampak yang baik bagi kesehatan. Sejak lampau jamur telah menjadi salah satu jenis makanan sumber protein dan karbohidrat. Demikian juga jamur jamur diolah secara tradisional untuk kepentingan pengobatan penyakit. Namun pengetahuan modern juga mengungkap jamur juga menjadi agen infeksius yang dapat menyebabkan berbagai penyakit.

#### **3.3.1 Kapang**

Beberapa jenis produk makanan yang beredar dipasaran menggunakan kapang (mold) sebagai starter. Tempe yang menjadi salah satu makanan ikonik indonesia memanfaatkan kapang jenis *Rhizopus* spp. Beberapa produk lain seperti oncom melibatkan kapang *Neuspora* sp. Pembuatan tape melibatkan *Amylomyces rouxii*, *Mucor* sp, *Rhizopus oryzae*, *Endomycopsis burtonii* dan *Saccharomycopsis fibuligera* (Gandjar dkk, 2006). Selain produk diatas beberapa produk seperti kecap hasil fermentasi *Aspergillus*. Angkak yang yakini memiliki manfaat kesehatan seperti peningkatan Hb, menurunkan hipertensi, dan beragam manfaat lainnya merupakan hasil fermentasi kapang *Monascus purpureus* (Hidayat dkk, 2016)

Pemanfaatan kapang dalam fermentasi makanan memiliki dampak yang luar biasa dalam hal organoleptik dan peningkatan nilai gizi yang jauh lebih tinggi daripada bahan mentahnya (Gandjar dkk, 2006).

Namun beberapa jenis kapang memiliki dampak negatif yang menyebabkan alergi dan permasalahan pernapasan. Beberapa jenis kapang memproduksi racun yang dikenal sebagai mikotoksin. Diantara jenis kapang tersebut adalah genus *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Fusarium* dan *Culvularia* (Gandjar dkk, 2006).

Mempelajari kapang dapat meningkatkan pemahaman tentang potensi-potensi kapang sebagai starter dalam fermentasi makanan dan minuman yang memiliki penerimaan dan nilai gizi yang tinggi dalam pemenuhan alternatif nilai gizi masyarakat. Demikian juga pemahaman yang luas kapang patogen dapat menjadi upaya tindakan preventif dan kuratif dalam meningkatkan taraf kesehatan masyarakat.

### **3.3.2 Khamir**

Khamir (*yeast*) banyak dimanfaatkan sebagai starter dalam berbagai produk fermentasi makanan dan minuman. Teh fungus atau kombucha merupakan produk fermentasi dari bakteri *Acetobacter aceti* subsp. *Xylinum* dan khamir *Pichia fermentans* & *Kloeckera apiculata* (Gandjar dkk, 2006). Teh kombucha memiliki segudang manfaat bagi kesehatan seperti anti hipertensi, anti diabetes, anti kanker (Wang et al. 2022) .

Khamir *S. cereviceae* banyak dimanfaatkan dalam fermentasi makanan. Disamping itu khamir ini memiliki dampak yang luas dalam kesehatan meliputi aktivitas probiotik, biofortifikasi folat, degradasi mikotoksin dan penyerapan mikotoksin (Janabian et al. 2010).

### **3.3.3 Jamur**

Jamur (*mushroom*) sejak dahulu dimanfaatkan sebagai bahan makanan dan obat. Jamur memiliki keragaman yang tinggi, sebagian jenis jamur dapat dikonsumsi namun sebagian yang lain memiliki racun yang berdampak merugikan jika

dikonsumsi. Beberapa jenis jamur yang dikonsumsi adalah jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*), jamur kuping (*Auricularia auricula*), jamur shitake (*Lentinus edodes*) dan masih banyak lagi jenis jamur lainnya (Hidayat dkk, 2016). Disamping sebagai bahan makanan alternatif beberapa jenis jamur dimanfaatkan sebagai obat berbagai penyakit. Di Tiongkok Ganoderma telah lama dibudidayakan dan dimanfaatkan untuk pengobatan penyakit (Gandjar dkk, 2006). Ekstrak Ganoderma diyakini mampu mengatasi tumor, penyakit hati dan darah tinggi serta hiperglikemia (Hidayat dkk, 2016).

Jamur yang menghasilkan racun memiliki efek yang bervariasi, beberapa jamur seperti *Amanita phalloides* dapat menyebabkan kematian (Gandjar dkk, 2006). Selain itu jamur genus *Psilocybe*, *Conocybe*, *Gymnopilus* dan *Panaeolus* jika dikonsumsi dapat menyebabkan halusinasi. Jamur *Chlorophyllum molybdites* dapat menyebabkan gastroenteritis akut 1-3 jam setelah mengkonsumsi jamur tersebut. Racun muscarin pada genus *Clitocybe* dan *Inocybe* dapat menyebabkan toksisitas koligenik. Racun amatoksin pada spesies *Galerina* dan *Lepiota* dapat menyebabkan toksisitas hati. Spesies *Gyromitra*, *Paxina* dan *Cyathipodia micropus* mengandung racun gyromitrin yang bisa menyebabkan kejang (Tran and Juergens, 2023).

#### **3.3.4 Jamur sumber antibiotik**

*Alexander fleming* merupakan tokoh penting dalam penggunaan senyawa aktif mikroorganisme dalam melawan penyakit. Antibiotik pertama yang diproduksi massal dalam melawan infeksi luka akibat perang adalah Penisilin yang diekstrak dari *Penicillium notatum*, selanjutnya berkembang penemuan-penemuan antibiotik dari kelompok jamur dan bakteri. Diantara antibiotik yang ditemukan dari kelompok jamur adalah Grisulvin yang disolasi dari *Penicillium griseofulvum*. Antibiotik ini aktif dalam menghambat pertumbuhan jamur dermatofit (Asrianto, 2021). Selain itu Jamur *Cephalosporium acremonium* menghasilkan antibiotik cephalosporin (Hidayat dkk, 2016)

### 3.4 Manfaat jamur dibidang industri

Manifestasi pengetahuan jamur berimplikasi pada munculnya industri-industri yang menggunakan jamur untuk menghasilkan berbagai produk dibidang pertanian, lingkungan, pangan, dan kesehatan.

Pengetahuan bahwa jamur menghasilkan berbagai senyawa dalam proses fermentasi menyebabkan berkembangnya industri yang memungkinkan produksi berbagai senyawa kimia yang menjadi bahan dasar atau tambahan dalam industri lain.

Asam sitrat yang menjadi bahan dalam industri makanan dan minuman dapat disintesis dari berbagai jenis jamur seperti *Aspergillus niger*, bahkan merupakan spesies utama produsen terbaik sampai saat ini (Gandjar dkk, 2006 ; Beherah, 2020).

Asam glukonat yang digunakan yang dimanfaatkan dalam berbagai keperluan disintesis dari genus *Aspergillus*, *Penicillium*, *Scopulariopsis*, *Gonatobotrys* dan *Gliocladium* (Moresi and Parente, 2014). Selain itu beberapa produk lain seperti asam itakonat dihasilkan oleh *Aspergillus terreus* dan *A. itaconicus*; asam fumarat oleh *Rhizopus* spp. dan *Candida* sp.; asam suksinat oleh *Apergillus oryzae* (Gandjar dkk, 2006).

Beberapa jenis enzim juga dihasilkan oleh jamur seperti enzim  $\alpha$  amilase,  $\beta$  amilase, glukoamilase,  $\beta$  protease, pektinase, lipase dan selulase. Selain itu Jamur juga dapat menghasilkan vitamin seperti riboflavin, dan  $\beta$  karoten (Gandjar dkk, 2006).

### 3.5 Manfaat jamur dibidang penelitian ilmiah

Jamur, organisme yang sering dianggap sederhana, telah memainkan peran luar biasa dalam membuka tabir pengetahuan biologi fundamental. Penelitian terhadap jamur, terutama ragi roti (*S. cerevisiae*), menjadi pionir dalam penemuan biokimia dan metabolisme seluler di akhir abad ke-19 dan awal abad ke-20. Penemuan-penemuan ini meletakkan fondasi bagi pemahaman kita tentang proses-proses vital dalam sel.

Pada era selanjutnya, jamur *Neurospora* menjadi primadona penelitian genetika dan biokimia. Studi mutan jamur

ini di era 1920-an sampai 1940-an mengantarkan pada penemuan teori "satu gen, satu enzim", sebuah pilar fundamental dalam genetika modern. Kontribusi jamur tak berhenti di situ. Hingga saat ini, jamur terus menjadi model organisme yang ideal untuk mempelajari biologi sel dan molekuler, rekayasa genetika, dan berbagai disiplin ilmu biologi dasar lainnya (Alexopoulos et al. 2024).

## DAFTAR PUSTAKA

- Alexopoulos, C. John Moore,. David and Ahmadjian,. Vernon (2024, March 26). fungus. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/fungus>
- Asrianto, 2021. Bahan Ajar Mikrobiologi. Amerta Media. Jawa Tengah.
- Behera BC. Citric acid from *Aspergillus niger*: a comprehensive overview. Crit Rev Microbiol. 2020 Nov;46(6):727-749. doi: 10.1080/1040841X.2020.1828815. Epub 2020 Oct 12. PMID: 33044884.
- Deacon, L. J., Pryce-Miller, E. J., Frankland, J. C., Bainbridge, B. W., Moore, P. D., & Robinson, C. H. (2006). Diversity and function of decomposer fungi from a grassland soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(1), 7-20.
- Gandjar, I., Sjamsuridzal, W., & Oetari, A. (2006). Mikologi: Dasar dan Terapan. *Jakarta: Yayasan Obor Indonesia*.
- Hidayat, N., Wignyanto, Sumarsih, S., & Putri, A. I. (2016). *Mikologi Industri*. Universitas Brawijaya Press.
- Moslehi-Jenabian S, Pedersen LL, Jespersen L. Beneficial effects of probiotic and food borne yeasts on human health. *Nutrients*. 2010 Apr;2(4):449-73. doi: 10.3390/nu2040449. Epub 2010 Apr 1. PMID: 22254033; PMCID: PMC3257658.).
- Moresi, M., & Parente, E. (2014). FERMENTATION (INDUSTRIAL)| Production of Some Organic Acids (Citric, Gluconic, Lactic, and Propionic) Encyclopedia of Food Microbiology. In *Encyclopedia of Food Microbiology* (pp. 804-815). -Amsterdam: Elsevier Science-Amsterdam: North-Holland.
- Tran, H. H., & Juergens, A. L. (2023). Mushroom toxicity. In *StatPearls [Internet]*. StatPearls Publishing.
- Wang B, Rutherford-Markwick K, Zhang XX, Mutukumira AN. Kombucha: Production and Microbiological Research. *Foods*. 2022 Oct 31;11(21):3456. doi: 10.3390/foods11213456. PMID: 36360067; PMCID: PMC9658962.)

<https://symborg.com/ph/news-fp/glomus-iranicum-var-tenuihypharum/> diakses pada tanggal 20 April 2024

# **BAB 4**

## **SIFAT-SIFAT UMUM JAMUR**

*Oleh Hildegardis Missa*

### **4.1 Hifa Dan Miselium**

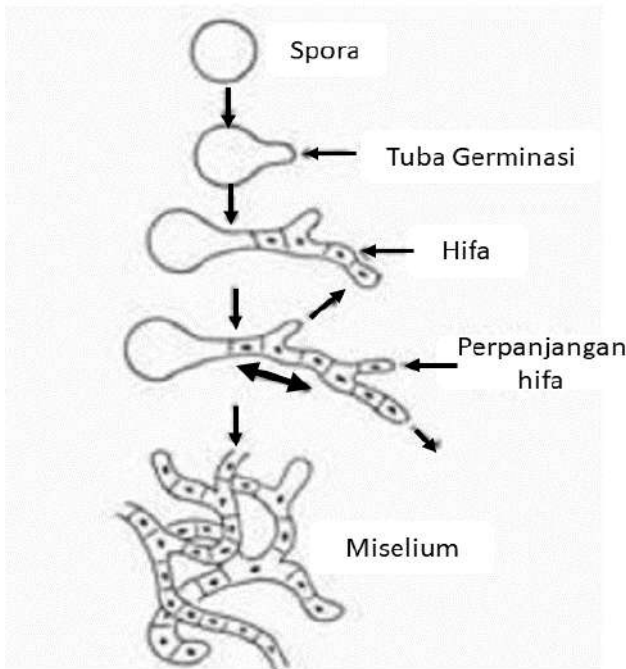
Hifa adalah bagian dalam jamur yang berbentuk panjang dan tampak seperti tabung tipis. Hifa terbentuk dari perkembangan spora atau konidium, dan merupakan organisme bersel satu yang penting bagi kehidupan jamur, beberapa Hifa pada jamur memiliki septat yang berfungsi untuk membagi sel namun tidak semua hifa memiliki septat. Hifa di dalam tubuh jamur akan berkumpul dan membentuk miselium (Sari, n.d.).

Miselium terdiri dari sejumlah hifa yang bersatu untuk menciptakan jamur multiseluler. Beberapa jenis miselium mampu mengambil nutrisi dari makhluk mati atau membusuk. Miselium vegetatif adalah jenis miselium yang tumbuh pada tumbuhan dan memperoleh makanan dari tumbuhan tersebut. Struktur hifa yang dikenal sebagai Haustorium memungkinkan miselium jamur vegetatif masuk ke sel inang. Salah satu nama Haustorium adalah akar isap. Miselium generatif mengacu pada miselium yang mengalami diferensiasi untuk menghasilkan organ reproduksi (Susilo, 2020).

Hifa merupakan organ reproduksi seksual pada jamur. Jamur dalam tahap perkembangannya dikenal dengan berbagai nama sebagai hifa dan miselium. Salah satu cara jamur mendapatkan makanannya adalah dengan menguraikan bahan organik di lingkungannya. Miselium adalah keseluruhan massa hifa, sementara filamen yang membentuk miselium (Wasilah et al., 2023).

Prosesnya dimulai dengan perkecambahan spora menjadi tabung germinal, yang kemudian terus berkembang menjadi filamen panjang, dan akhirnya menjadi gumpalan hifa yang disebut miselium. Hifa mulai berkembang atau berkembang ketika intinya berdiferensiasi membentuk sel yang bertambah

panjang pada bagian ujung yang lebih dewasa atau sering dikenal dengan pertumbuhan apikal (Sastrahidayat, 2011).

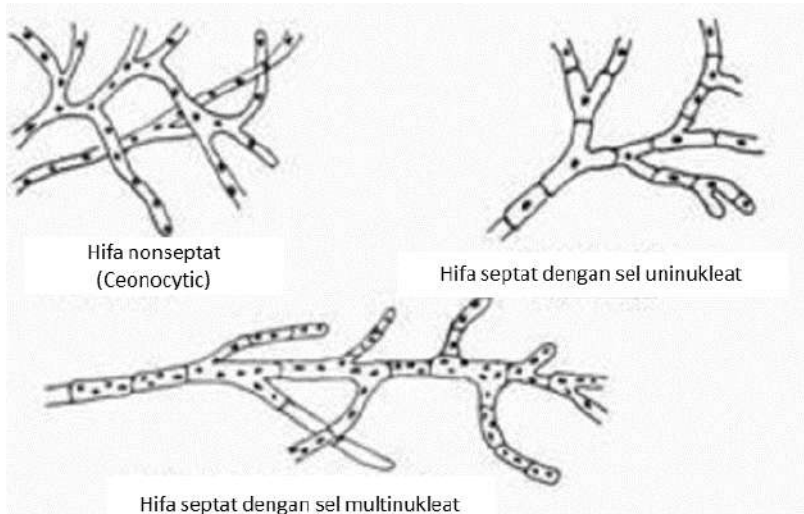


**Gambar 4.1.** Proses pembentukan hifa  
((Sastrahidayat, 2011)

Berdasarkan struktur hifa, jamur dapat dimedakan menjadi dua kelompok yaitu:

1. Hifa tidak bersekat atau nonseptat, pada kelas *Phycomycetes* (*Zygomycetes* dan *Oomycetes*)
2. Hifa bersekat atau septat yang membagi hifa dalam ruangan-ruangan, dimana setiap ruangan mempunyai satu atau lebih inti sel (Nukleus), pada *Ascomycetes*, *Basidiomycetes* dan *Deuteromycetes*.

Septum atau septa, semacam pembatas ruangan, tidak tertutup rapat sehingga memungkinkan sitoplasma mengalir bebas antar ruangan (Liu et al., 2015).



**Gambar 4.2.** Bentuk hifa nonseptat dan septat  
((Wasilah et al., 2023))

Meskipun peran sebenarnya hifa bervariasi dari satu spesies jamur ke spesies jamur lainnya, akan sangat membantu jika kita memiliki pemahaman yang luas tentang fungsi hifa berikut:

### 1. Membantu penyerapan nutrisi untuk jamur

Jamur parasit mendapatkan nutrisi dari inangnya melalui beberapa hifanya. Hifa jamur khusus ini memiliki ujung unik yang disebut haustoria. Ujung hifa dapat memperoleh nutrisi dengan cara menembus dinding sel tumbuhan atau jaringan biologis lainnya.

### 2. Menyerap nutrisi dari tanah

Mikoriza dan jenis jamur lainnya membentuk interaksi simbiosis dengan tanaman yang menguntungkan kedua belah pihak. Arbuskula adalah hifa khusus yang dibuat dan ditempelkan jamur pada akar; mereka membantu tanaman mendapatkan air dan nutrisi dari tanah.

Filum tumbuhan yang menjadi inang bagi jamur juga termasuk arbuskula, yang berarti mereka berbagi nutrisi dengan jamur. Dalam pendekatan ini, hifa membantu

perkembangan tanaman dengan meningkatkan serapan unsur hara.

### **3. Perangkap hewan**

Perangkap nematoda yang efektif adalah hifa yang terdapat pada struktur beberapa spesies jamur. Jamur menangkap makhluk ini menggunakan hifa yang membentuk jaring dan cincin.

### **4. Alat Transportasi Nutrisi**

Agar nutrisi dapat mencapai lokasi yang jauh, spesies jamur tertentu memanfaatkannya, hal ini disebabkan oleh hifa yang memiliki struktur tali busur (Rini et al., 2023).

## **4.2 Karakteristik Hifa**

Ada beberapa jenis karakteristik hifa yang bisa digunakan untuk klasifikasi jenis jamur, seperti:

1. Mengikat. Hifa dengan karakteristik mengikat memiliki dinding sel yang tebal dan bercabang
2. Generatif. Dinding sel yang tipis dan banyak septa merupakan ciri khas hifa yang menunjukkan sifat generatif. Tumbuhan sering kali memiliki hifa generatif pada gelatin atau lendirnya. Selain itu, hifa memiliki kemampuan untuk membentuk struktur yang digunakan selama proses reproduksi. Hifa harum ditemukan di sebagian besar jamur.
3. Rangka. Hifa rangka mengandung dinding sel yang panjang dan tebal, biasanya jenis ini memiliki sedikit septa (Ngatirah, 2017).

Bentuk hifa ada 3 macam yaitu:

1. Asepta yaitu hifa yang tidak bersekat mengandung banyak inti disebut senositik (Coenocytic)
2. Septa dengan sel-sel uninukleat disebut monositik hifa
3. Septa dengan sel-sel multinukleat (Harahah et al., 2021).

Hifa biasanya memiliki diameter berkisar antara 3 hingga 30  $\mu\text{m}$ . Untuk melindungi sitoplasma dari radiasi UV, dinding sel hifa tua mengandung molekul lipid dan melanin, dan

ketebalannya berkisar antara 100 hingga 150  $\mu\text{m}$ . Sesuai dengan tujuannya, hifa meliputi:

1. Hifa vegetatif yang umumnya rebah di atas substrat, berfungsi untuk menyerap nutrisi dan substrat.
2. Hifa fertil Khususnya hifa yang bertugas untuk reproduksi dan tumbuh secara vertikal di permukaan substrat. Sporangiofor atau konidiofor adalah hifa yang subur. Sebuah koloni akhirnya terbentuk ketika jumlah hifa bertambah dan mereka bergabung bersama untuk menciptakan jaringan miselium yang padat. Miselium udara atau hifa udara adalah dua istilah yang menggambarkan hal yang sama.
3. Stolon yaitu hypha panjang menegak yang terdapat pada *Rhizopus* spp dan *Mucor* spp
4. Klamidospora Sel yang mendominasi, yaitu sel hifa berdinding tebal, akan berkecambah pada lingkungan yang ideal (Suryani & Cahyanto, 2022).

Anastomosis hifa Khususnya, ketika dua atau lebih ujung hifa terhubung dengan bagian menonjol dari setiap sel hifa, sitoplasma dan nukleus bergabung membentuk hifa baru, yang kemudian menjadi miselium atau jalan (Sari, n.d.)

Macam-macam hifa berdasarkan proses pembentukannya:

1. Hifa palsu atau Psuedohifa Siklus hidup jamur uniseluler dimorfik, seperti ragi (*Candida*, *Kluyveromyces*, dan *Pichia* spp.), mencakup fase ragi dan fase hifa selama produksi pseudomycelium. Bakteri pembentuk miselium sejati, seperti *Trichosporon* spp., juga ditemukan pada kelompok kamir.
2. Hifa sejati khususnya, hifa, yang merupakan struktur tabung jamur, mengembangkan partisi atau tidak. Kehadiran inti tunggal di setiap sel hifa disebut monokariotik. Hifa diakariotik adalah hifa yang setiap selnya secara konsisten mengandung dua inti. Hifa basidiomycetes dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis:
  - a. Hifa primer terutama hifa yang berkembang dari satu basidiospora dan mengandung beberapa inti; setelah

terbentuknya partisi, setiap sel mempunyai inti tunggal (homokariotik)

- b. Hifa sekunder adalah hifa yang berkembang ketika hifa monokariotik yang kompatibel bergabung bersama.
- c. Hifa tertier menghasilkan lamela dengan basidium yang menampung basidiospora, dan hifa berfungsi sebagai penopang tubuh buah di ujungnya. (Harahap et al., 2021; Rini et al., 2023).

### 4.3 Dinding Hifa

Selulosa, senyawa mirip lignin, dan sejumlah komponen organik lainnya menyusun sebagian besar dinding hifa atau dinding sel (Haryati et al., 2021). Komponen dinding hifa tersaji pada tabel.

**Tabel 4.1.** Komposisi dinding sel jamur

| No. | Kategori dinding sel | Kelompok Jamur                                    | Genus                                                                        |
|-----|----------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | Sellulose - Glycogen | Acasiomycetes                                     | Poltsphondylium, Dictyostellium                                              |
| 2   | Sellulose - B-Glucan | Oomycetes<br>Hyphochytridi                        | Phytophthora, Phythium, Saprolegnia                                          |
| 3   | Sellulose - Chitin   | Oomycetes<br>Zygomycetes                          | Rhizidiomyces<br>Mucor, Phycomyces                                           |
| 4   | Chitin - Chitosan    | Chytridiomycetes                                  | Zygorchynchus, Allomyces                                                     |
| 5   | Chitin - B Glucan    | Ascomycetes,<br>Deuteromycetes,<br>Basidiomycetes | Blastocladiella, Neurospora, Ajekkomycetes, Aspergilus, Schizophyllum, Forme |
| 6   | Mannan - B Clucan    | Ascomycetes,                                      | Polyporus, Sporobolomyces,                                                   |

| No. | Kategori dinding sel              | Kelompok Jamur | Genus                         |
|-----|-----------------------------------|----------------|-------------------------------|
| 7   | Chitin - Mannan                   | Basidiomycetes | Rhodotorula, Sporobolomycetes |
| 8   | Galactosomine -galactosa polymers | Tricomycetes   | Rhodotorula, Amoebidium       |

#### 4.4 Membran Hifa

Membran sel lapisan yang terletak di balik dinding sel yang kokoh dan berfungsi melindungi isi di dalamnya. Sterol, fosfolipid, dan protein (sebagai molekul amorf) membentuk susunan kimiawi membran sel jamur (Purnamawati et al., 2022).

#### 4.5 Kompartemen Lain Hifa

Mikroskop elektron isi sel jamur dapat difasilitasi oleh adanya kompartemen pada hifa. Struktur yang terlibat dapat meluas ke luar nukleus dan mencakup badan mikro (perioksisom, glioksisom, hidrogenosom, dan lisosom), aparatus Golgi, ribosom, dan retikulum endoplasma (Sa'diyah et al., 2021). Berikut akan dijelaskan secara terperinci mengenai organel-organel yang telah disebutkan

##### 1. Mitokondri

Mitokondria berbentuk lingkaran, oval, atau memanjang dapat dilihat pada sitoplasma sel jamur. Ada ribosom di dalam matriks mitokondria.

##### 2. Ribosom

Meskipun sebagian besar ribosom mengapung bebas di sitoplasma, sebagian kecil berikatan dengan membran inti atau retikulum endoplasma. Ribosom bertanggung jawab untuk sintesis polipeptida. Matriks mitokondria juga mengandung ribosom ini.

##### 3. Aparatus Golgi

Di antara banyak fungsi aparatus Golgi adalah pemrosesan dan sekresi glikoprotein, salah satu komponen dinding sel. Selain vesikel yang berkontribusi pada perkembangan

dinding sel, aparatus Golgi mengeluarkan bahan ekstraseluler seperti lapisan sel spora dalam pembelahan dan sitoplasma berinti banyak.

4. *Microbodies*

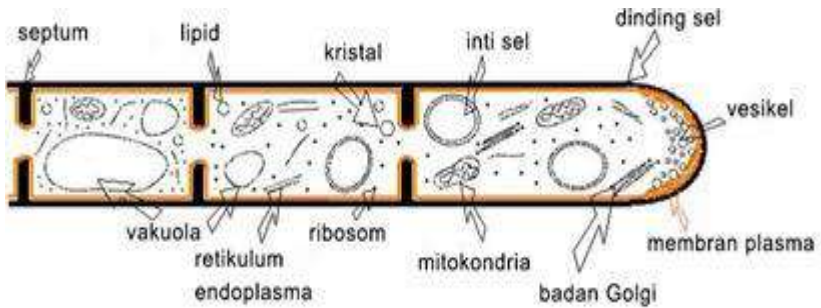
*Mikrobodies* termasuk lisosom, hidrogenosom, glioksisom, dan perioksisom yang mengandung katalase. Enzim yang berpartisipasi dalam siklus glio-oksalat dan oksidasi asam lemak ditemukan di glikosom. Untuk proses anaerobik seluler, hidrogenase ditempatkan di hidrogenosom. Misalnya, lisosom mengontrol disintegrasi septum, yang memungkinkan inti sel bermigrasi dari satu sel ke sel lainnya, atau, dalam kasus jamur parasit, disintegrasi dinding sel inang.

5. Vesikel

Vesikel berlimpah di dekat tempat perkembangan dinding sel, terutama di hifa apikal, dan menyerupai kantung. Enzim yang terdapat pada vesikel tertentu memungkinkan dinding sel yang sudah ada sebelumnya mengembang, sedangkan komponen dinding sel baru dimasukkan pada vesikel lain. Pengikatan pewarna dan toksin, serta ekskresi enzim ekstraseluler, adalah fungsi lain dari vesikel. Selain itu, kitosan, yang merupakan vesikel kecil, mengandung enzim yang diperlukan untuk produksi kitin dan berkontribusi pada proses mengubah prekursor menjadi fibril kitin.

6. Nukleus/ Inti

Inti jamur bersifat eukariotik, artinya ia memiliki semua komponen yang diperlukan untuk membangun kromosom: selubung inti, inti itu sendiri, dan bahan inti (kromatin). Inti tersebar di seluruh tubuh jamur dengan hifa nonseptat (senosit, ceonosit), tetapi dalam sel dengan hifa bersekat (htpha bersekat), terdapat satu, dua, atau bahkan lebih inti.



**Gambar 4.3.** Struktur Hifa  
(Haksoro & Setiawan, 2021)

## 4.6 Haustoria

Haustoria merupakan hifa jamur mikoriza yang sangat terspesialisasi. Jamur mikoriza mampu memakan nutrisi yang terdapat pada makanan yang dikonsumsi hewan karena haustoria. Dalam hubungan yang saling menguntungkan, jamur dan akar tanaman bekerja sama menghasilkan jamur mikoriza. Karena jaringan miselium jamur yang luas mengekstraksi mineral tanah lebih efisien dibandingkan akar tanaman, jamur mikoriza dapat meningkatkan pengiriman fosfat dan mineral tanaman. Sebagai gantinya, tanaman memberi jamur mikoriza nutrisi organik seperti karbohidrat. Jamur mikoriza ektomikoriza dan arbuskular dikenal sebagai jamur mikoriza (Sastrahidayat, 2011).

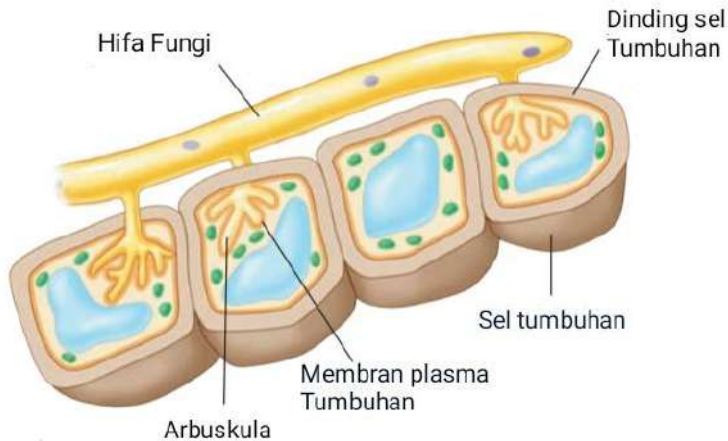
### 1. Fungi ektomikoriza

Ektomikoriza (ectomycorrhizal fungi, dari kata Yunani ektos, luar), membentuk selubung hifa di atas permukaan akar dan juga tumbuhan ke dalam ruang ekstraseluler pada korteks akar.

### 2. Fungi Mikoriza arbuskular

Dengan melakukan invaginasi (mendorong ke dalam) membran sel akar, jamur mikoriza mampu menyebarkan hifa bercabang melalui dinding sel akar dan masuk ke dalam tabung.

Jamur mikoriza secara alami dapat mengkolonisasi tanah dengan menyebarkan spora; spora yang diangkut oleh air dan angin dapat mencapai lokasi baru dengan cukup cepat.



**Gambar 4.4.** Abuskula / Historium  
(Zulfredi et al., 2015)

#### 4.7 Plectenchym

Plectenchym khususnya jaringan miselium, yang dapat berupa jaringan longgar (prosekim) atau padat (pseudofrenkim). (Purnamawati et al., 2022).

#### 4.8 Stroma

Stroma khususnya hifa yang dijalin rapat yang berfungsi sebagai sistem pendukung perkembangan komponen lainnya (Purnamawati et al., 2022).

#### 4.9 Sklerotium

Sklerotium khususnya anyaman tebal yang berfungsi menempel menyerupai rhizopora.

#### 4.10 Spora

Spora mewakili ujung hifa jamur, yang membesar hingga berbentuk wadah, dan protoplasma berubah menjadi spora,

yang digunakan jamur untuk berkembang biak. Ada dua jenis spora yang dikenali: aseksual dan seksual.

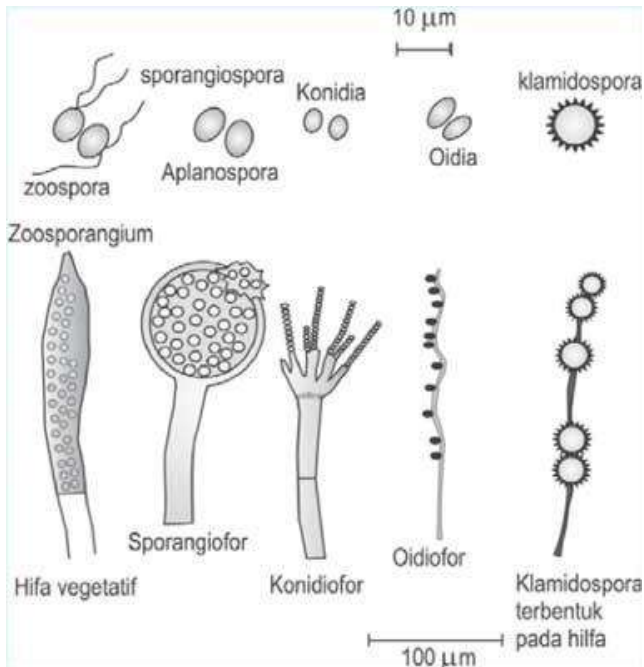
1. Spora Aseksual.

Spora aseksual terdiri dari

- a. Konidiospora atau konidium terbentuk di ujung sisi suatu hifa. Konidia dapat berukuran besar dan bersel banyak (makrokonidia) atau kecil dan bersel tunggal (mikrokonidia).
- b. Sporangiospora diproduksi dalam kantung yang dikenal sebagai sporangium, terletak di ujung hifa berbeda yang dikenal sebagai sprangiosphorus. Zoospora merupakan sprangiospora yang dapat bergerak sendiri, sedangkan aplanospora bersifat nonmotil dan tidak dapat bergerak sama sekali.
- c. Arthrospora disebut Oidium atau Oidiospora terbentuk karena terputusnya sel-sel hifa
- d. Klamidospora adalah spora berdinding tebal dan bersel tunggal yang berkembang di lingkungan yang tidak kondusif bagi perkembangan jamur. Kondisi ekstrim, seperti kekeringan dan paparan bahan kimia, tidak mampu merusak spora ini.
- e. Blastospora terbentuk pada bagian tengah hifa, yang merupakan kuncup atau tunas pada jamur uniseluler yaitu khamir (Sa'diyah et al., 2021).

Berdasarkan ukuran, spora terbagi dalam

- a. Mikrospora atau mikrokonidia umumnya pada golongan kapang dan kamir
- b. Makrospora atau makrokonidia banyak terdapat pada beberapa jamur pathogen



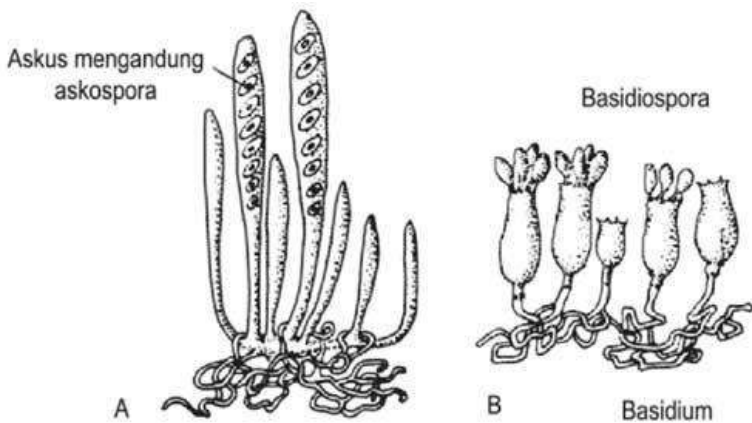
**Gambar 4.5.** Spora Aseksual  
(Wasilah et al., 2023)

## 2. Spora Seksual

Spora seksual terdiri dari :

- Askospora, berkembang dalam kantung yang dikenal sebagai ascus dan terdiri dari satu sel. Satu kelompok bakteri yang disebut ascomycetes menghasilkan spora di organ yang disebut kandung kemih ascus.
- Basidiospora termasuk dalam famili Basidiomycetes dan bercirikan memiliki sel tunggal dan berkembang dalam basidium, struktur berbentuk gada.
- Zigospora disebut juga gametisit, Ketika dua hifa cocok secara seksual, mereka menghasilkan gametangia, yaitu spora yang sangat besar dan berdinding tebal.
- Oospora, merupakan spora yang terbentuk dari pertemuan agar terjadi pembuahan sehingga terciptalah oospora, antara oogonium, gamet betina, dan antheridium, gamet jantan.

Penciptaan spora aseksual dan seksual dapat terjadi dengan berbagai cara dan periode berbeda di dalam satu jamur, namun struktur dan cara perkembangan spora cukup konsisten untuk digunakan dalam identifikasi dan kategorisasi.



**Gambar 4.6.** Spora Seksual  
(Wasilah et al., 2023)

#### **4.11 Perbedaan Hifa dan spora sebagai alat reproduksi**

Hifa adalah sel jamur yang muncul dari organisme inang dalam bentuk tabung bercabang. Jamur mengandalkan dinding sel yang kuat untuk melindungi bentuk utama perkembangan vegetatifnya, yaitu hifa. Septa adalah dinding yang membagi hifa pada sebagian besar spesies. Septa ini berfungsi sebagai dinding silang internal untuk sel hifa; namun, mereka memiliki lubang mikroskopis yang memungkinkan organel diangkut antar sel (Susilo, 2020).

Jamur parasit mendapatkan makanannya dari sel inang melalui haustorium yang dibuat oleh hifa. Hal lainnya adalah tidak semua hifa memiliki septa di dalamnya. "Asepta hyphae" menggambarkan jenis hifa khusus ini (Sastrahidayat, 2011).

Pada jamur, siklus hidupnya dimulai dari spora. Jamur memiliki banyak ciri reproduksi dengan tumbuhan, namun analisis evolusi menunjukkan bahwa jamur lebih dekat

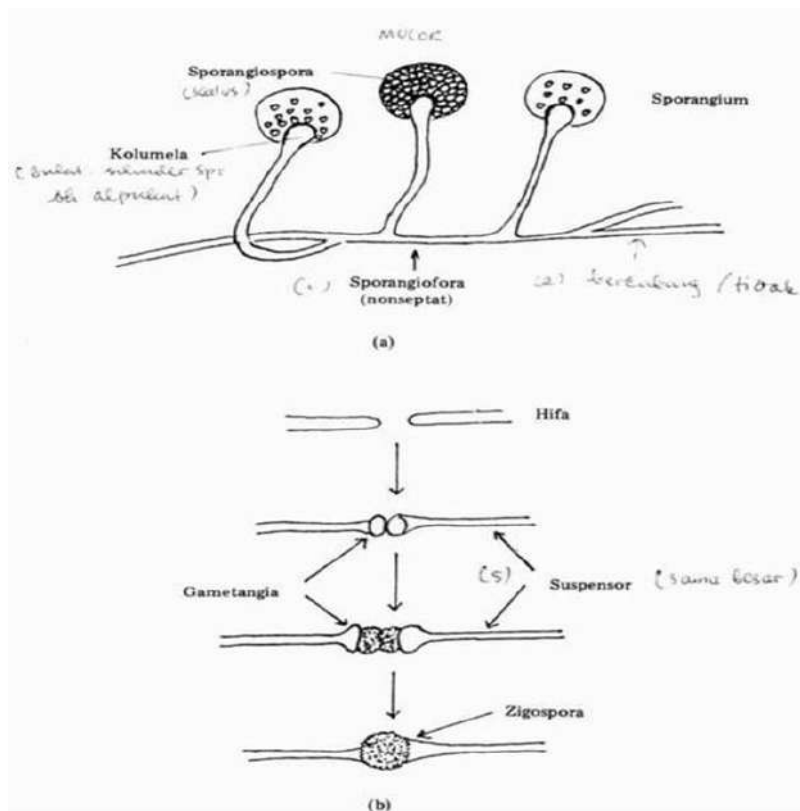
hubungannya dengan hewan dibandingkan tumbuhan. Fakta bahwa sebagian besar jamur berkembang biak melalui spora membuatnya sangat mirip dengan tumbuhan lumut. Sebuah sel individu dan kromosomnya berubah menjadi spora. Terdapat serangkaian instruksi lengkap untuk membuat miselium utama baru (komponen jamur yang tertanam) di dalam setiap spora jamur (Batubara et al., 2023). Reproduksi seksual dan aseksual dimungkinkan pada jamur; yang pertama melibatkan pembelahan mitosis, sedangkan yang kedua melibatkan hifa. (Haksoro & Setiawan, 2021). Faktor lingkungan dan spesies jamur berdampak pada strategi reproduksi yang digunakan jamur. Oleh karena itu komponen reproduksi jamur adalah hifa dan spora. Jamur berkembang biak secara aseksual melalui spora dan secara seksual melalui hifa (Suryani & Cahyanto, 2022).

## **4.12 Sifat-Sifat Beberapa Jenis Jamur**

### **4.12.1 Mucor**

Ciri-ciri Spesifik Mucor adalah sebagai berikut:

1. Hifa nonsepta
2. Sporangiofora tumbuh pada seluruh bagian miselium, dan bentuknya sederhana atau bercabang
3. Kolumela berbentuk bulat, silinder atau seperti buah advokat
4. Spora halus dan teratur,
5. Suspensor zigospora sama besar
6. Tidak membentuk stolon, rizoid atau sporangiola (Sporangia kecil yang mengandung beberapa spora)



**Gambar 4.7.** (a). Struktur Mucor, (b) Pembentukan spora pada Mucor. (Sari, n.d.)

#### 4.12.2 Zygorhynchus

Zygorhynchus dapat ditemukan di dalam tanah dan memiliki banyak ciri dengan Mucor; namun, suspensor zigosporanya lebih besar dan berasal dari cabang tetangga pada hifa yang sama, menjadikannya homotalik. (Wasilah et al., 2023).

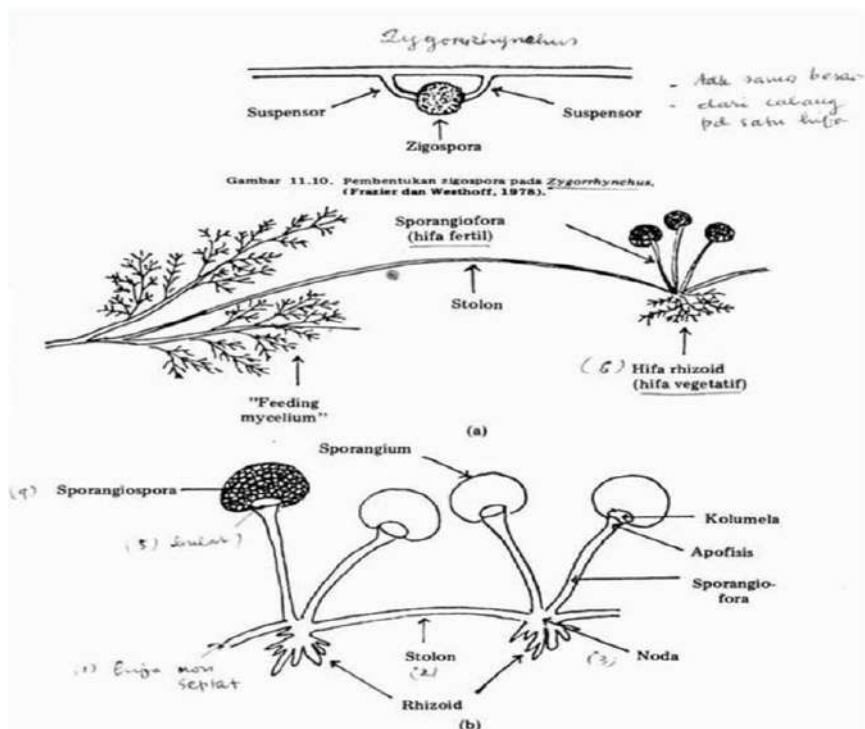
#### 4.12.3 Rhizopus

*Rhizopus* Karena sering berkembang dan merusak roti, maka dikenal dengan sebutan jamur roti. *R. stolonifer* dan *R. Nigricans* merupakan dua spesies yang sering ditemukan pada roti. Selain perannya dalam pembusukan makanan, beberapa spesies *Rhizopus* juga digunakan dalam produksi makanan fermentasi tradisional. Misalnya, *R. Oligosporus* dan *R. Oryzae*

masing-masing digunakan dalam fermentasi beberapa jenis tempe dan oncom hitam.

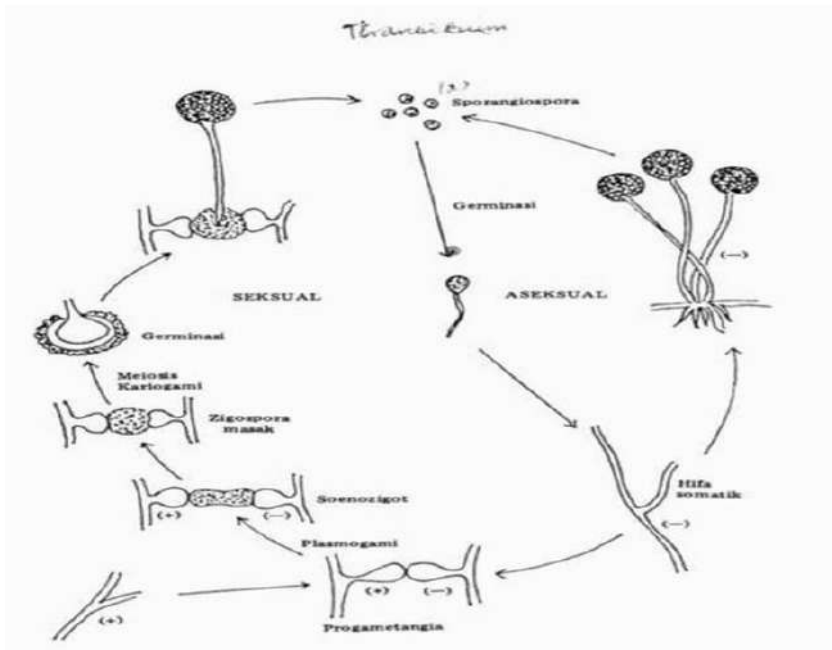
Ciri-ciri spesifik *Rhizopus* adalah sebagai berikut:

1. Hifa nonsepta
2. Mempunyai stolon dan rhizoid yang warnanya gelap jika sudah tua
3. Sporangiofora tumbuh pada noda dimna terbentuk juga rizoid
4. Sporangia biasanya besar dan warna hitam
5. Kolumela agak bulat dan apofisis berbentuk seperti cangkir
6. Tidak mempunyai sporangiola
7. Membentuk hifa vegetatif yang melakukan penetrasi pada substrat, dan hifa fertil yang memproduksi sporangia pada ujung sporangiofora
8. Pertumbuhannya cept, membentuk miselium seperti kapas.



**Gambar 4.8.** *Rhizopus* (a). Pelczar et al., 1997 (b). Frazier dan Westhoff (1978).(Harahap et al., 2021)

Pertumbuhan pembentukan zigospora dan perkembangan aseksual keduanya terlihat pada gambar 4.9.



**Gambar 4.9.** Siklus kehidupan seksual dan aseksual pada *Rhizopus stolonifer* (Suryani & Cahyanto, 2022)

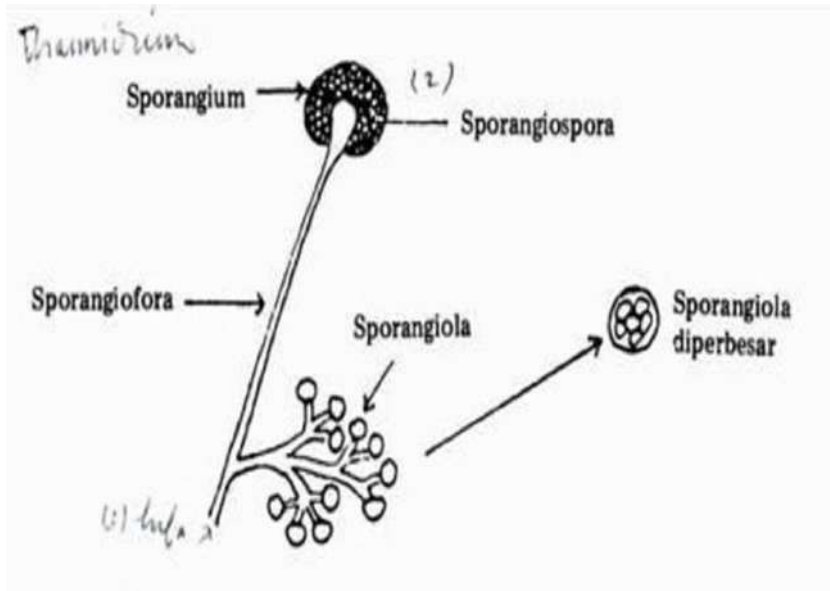
*Rhizopus* bersifat heterotalik, artinya memerlukan dua thallus, yang satu thallus positif dan thallus negatif lainnya, untuk bereproduksi secara seksual.

#### 4.12.4 Thamnidium

Jamur dari keluarga thamnidium, seperti *T. Elegans*, sering kali menghuni daging yang didinginkan. Thamnidium mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

1. Hifa nonsepta
2. Sporangiofora membawah sporangium besar pada ujungnya dan sekumpulan sporangiola di bagian bawah dekat dengan dasar. Sporangiola berkembang dari sporangiofor dan

merupakan sporangium kecil dengan dua hingga dua belas spora, jika tidak lebih.



**Gambar 4.10. *Thamnidium***  
(Wasilah et al., 2023)

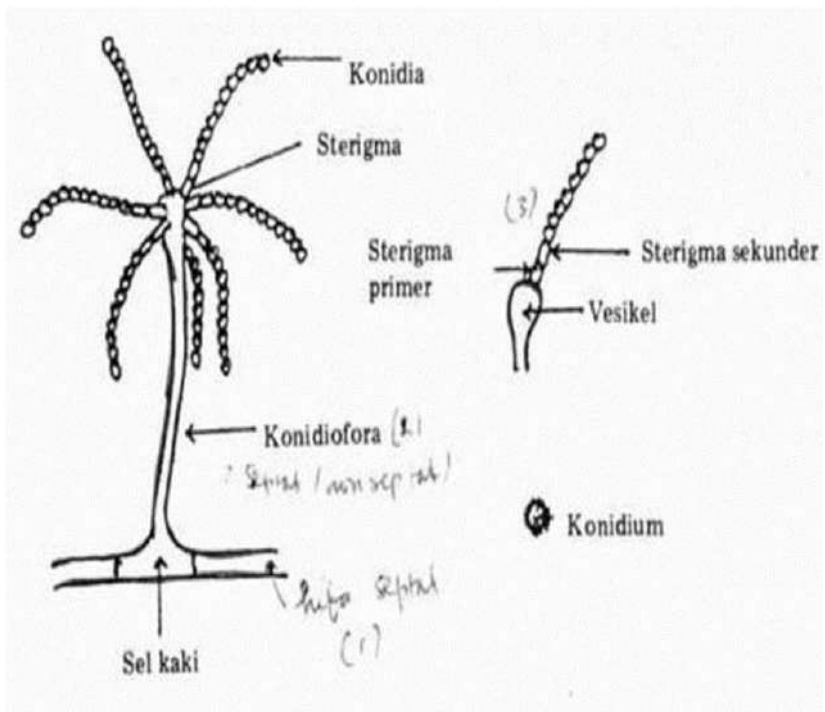
#### 4.12.5 *Aspergillus*

*Aspergillus* Umum terjadi di alam, dan meskipun sebagian besar spesies dapat menyebabkan pembusukan makanan, sejumlah kecil spesies sebenarnya dapat digunakan untuk tujuan fermentasi. Kepala besar, padat, bulat, berwarna hitam, coklat kehitaman, atau ungu kecokelatan yang mengandung konidia merupakan ciri khas kelompok *A. niger*. Kasar dan berpigmen, konidia (Harahap et al., 2021).

*Kelompok A. flavus-oryzae* termasuk jamur yang sering menyebabkan pembusukan makanan, tetapi juga spesies yang berperan penting dalam fermentasi beberapa makanan tradisional dan produksi enzim. Kecap dan tauco memulai proses fermentasinya dengan menggunakan *A. oryzae*. Sklerotia dapat dibentuk oleh konidia dalam kategori ini, yang berwarna kekuningan hingga kehijauan (Ngatirah, 2017).

Ciri spesifik *Aspergillus* adalah sebagai berikut

1. Hifa septa dan miselium bercabang, Hifa vegetatif, yang seringkali tidak berwarna, terletak di bawah permukaan, sedangkan hifa subur biasanya terlihat di atas.
2. Koloni kompak
3. Konidiofora septat atau nonseptat, muncul di “ *foot cell*” (yaitu sel miselium yang membengkak dan berdinding tebal)
4. Konidiofora membengkak menjadi vesikel pada ujungnya, dibawah sterigmata dimana tumbuh konidia.
5. Sterigmata atau fialida biasanya sederhana, berwarna atau tidak berwarna
6. Konidia membentuk rantai yang berwarna hijau, coklat atau hitam
7. Beberapa spesies tumbuh baik pada suhu 37°C atau lebih.



**Gambar 4.11. *Aspegillus***  
(Rini et al., 2023)

#### 4.12.6 *Penicilium*

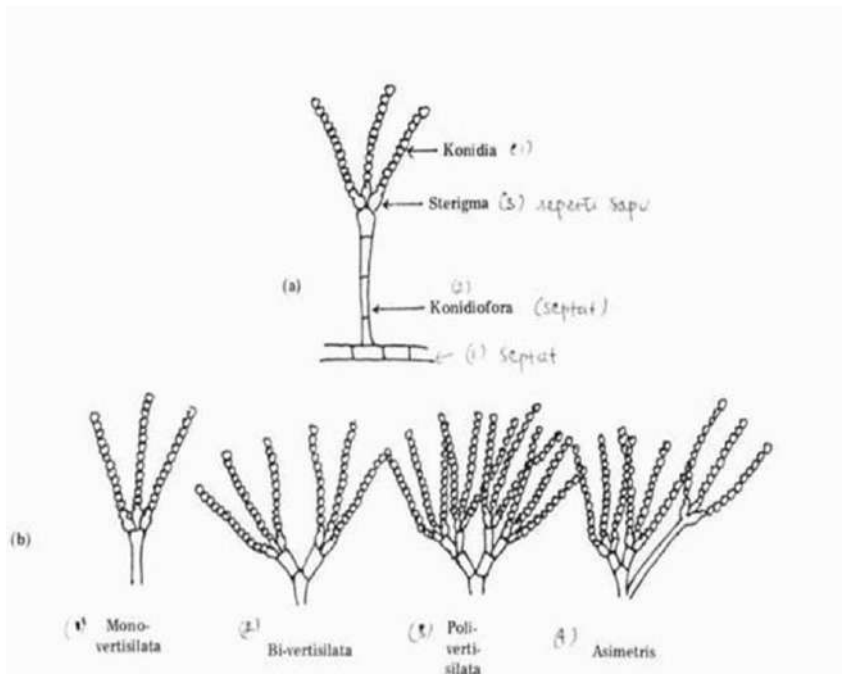
Kapang *Penicilium* Ditemukan secara alami dan mempunyai peranan penting dalam bidang mikrobiologi pangan. Buah-buahan, sayur-sayuran, dan biji-bijian merupakan sasaran umum jamur ini. Produksi antibiotik adalah aplikasi industri lain dari penisillium, misalnya penisilin yang diproduksi oleh *P. notatum* dan *P. chrysogenum* (Liu et al., 2015).

Dalam pematangan keju digunakan misalnya keju Konidia abu-abu *P. camemberti* dan konidia hijau kebiruan *P. requereforti* masing-masing bertanggung jawab dalam pembuatan keju camembert dan keju biru. Banyak spesies berbeda yang membentuk keluarga penisilin, yang dibagi lagi menjadi banyak keluarga. Spora yang mengandung penisilin yang dibawa oleh kepala bercabang mengidentifikasi spesies ini sebagai salah satu dari beberapa kelompok besar (Zulfredy et al., 2015). Bentuk dari *Penicilin* adalah sebagai berikut:

1. *Penisilin* tunggal dan sederhana disebut monovertililata
2. *Penlisilan* ganda dan simentris disebut bivertililata
3. *Penisilin* kompleks (polivertililata) dan simetris
4. *Polivertililata* tidak simetris

Ciri-ciri spesifik *Penicilin* adalah sebagai berikut:

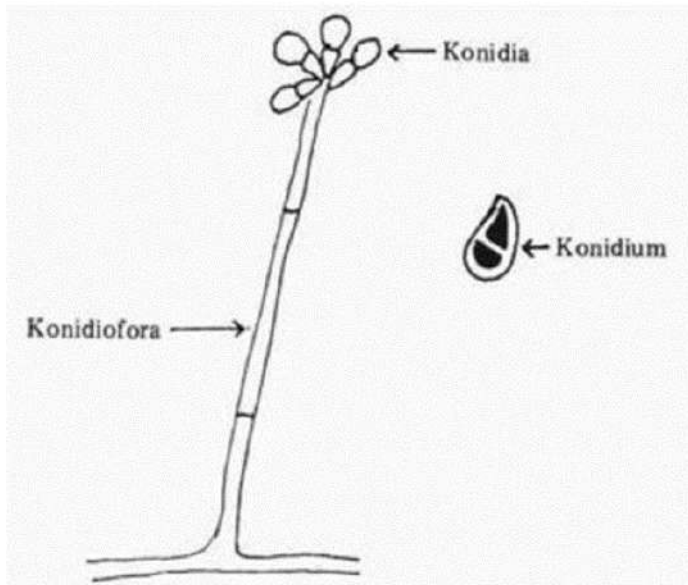
1. Hifaseptat, miselium bercabang biasanya tidak berwarna
2. Konidiofora septat dan muncul diatas permukaan, berasal dari hifa di bawah permukaan, bercabang atau tidak bercabang
3. Kepala yang membawa spora berbentuk seperti sapu, dengan sterigmata atau fialida muncul dalam kelompok
4. Konidia membentuk rantai karena muncul satu per satu dari sterigmata
5. Konidia pada waktu masih sudah berwarna hijau, kemudian berubah menjadi kebituan atau kecoklatan



**Gambar 4.12.** (a) Struktur penicillium, (b) Bentuk kepala Spora (Haryati et al., 2021)

#### 4.12.7 *Trichothecium*

*Trichothecium roseum* berwarna merah muda adalah hama umum pada kayu, kertas, apel, persik, dan melon, serta mentimun dan tanaman lainnya. Konidia, yang merupakan kumpulan dua sel di ujung konidiofor pendek, merupakan tanda adanya jamur ini. Di daerah tempat menempelnya konidiofor (Purnamawati et al., 2022).



**Gambar 4.13.** *Trichothecium*  
(Sa'diyah et al., 2021)

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustina Sari, D. (n.d.). *Dasar-Dasar Mikrobiologi*.  
<https://www.researchgate.net/publication/370871795>
- Batubara, G. M. C., Desiani, A., & Amran, A. (2023). Klasifikasi Jamur Beracun Menggunakan Algoritma Naïve Bayes dan K-Nearest Neighbors. *Jurnal Ilmu Komputer Dan Informatika*, 3(1), 33–42.  
<https://doi.org/10.54082/jiki.68>
- Haksoro, E. L., & Setiawan, A. (2021). Pengenalan Jamur Yang Dapat Dikonsumsi Menggunakan Metode Transfer Learning Pada Convolutional Neural Network. *Jurnal ELTIKOM: Teknologi Informasi Dan Komputer*, 5(2).
- Harahap, D. G. S., Noviantari, A., Hidana, R., Yanti, N. A., Nugroho, E. D., Nurdyansyah, F., Widyastuti, D. A., Pratiwi, R. H., Nendissa, D. M., Nendissa, S. J., Nurmallasari, A., Noer, S., Watuguly, T. W., Setyowati, E., & Estikomah, S. A. (2021). *Dasar-Dasar Mikrobiologi Dan Penerapannya* (A. Masruroh, Ed.; 1st ed., Vol. 1). Widina Bhakti Persada Bandung. [www.penerbitwidina.com](http://www.penerbitwidina.com)
- Haryati, S., Dirgahayu, P., Sari, Y., Setyawan, S., Mashuri, Y. A., Sri, S., & Negara, K. S. P. (2021). *Infeksi Jamur Dan Parasit Pada Kulit*.
- Liu, H., Zhao, X., Guo, M., Liu, H., & Zheng, Z. (2015). Growth and metabolism of *Beauveria bassiana* spores and mycelia. *BMC Microbiology*, 15(1).  
<https://doi.org/10.1186/s12866-015-0592-4>
- Ngatirah. (2017). *Mikrobiologi Umum* (Vol. 1). [www.instierjogja.ac.id](http://www.instierjogja.ac.id)
- Purnamawati, A. V. M., Imakulata, M. M., & Tokan, M. K. (2022). *Fungi Identifikasi Jamur Kelas Basidiomycetes* (A. S. Ardan, Ed.; 1st ed., Vol. 1). Tangguh Denara Jaya.
- Rini, W. N. E., Lesmana, O., & Butar, M. B. (2023). *Mikrobiologi Dan Parasitologi Lingkungan* (1st ed.). Eureka Media Aksara.
- Sa'diyah, A., Latumahina, F. S., Anita, Sutrisno, Birahy, D. C., Yusal, M. S., Khairina, A., Raningsih, N. M., Jumiarni, D.,

- Awwanah, M., Meylani, V., Purwati, E. W., Sari, N. I. P., & Meiyasa, F. (2021). *Dasar-Dasar Mikrobiologi Dan Penerapannya* (1st ed., Vol. 1). Widina Bhakti Persada Bandung. [www.penerbitwidina.com](http://www.penerbitwidina.com)
- Sastrahidayat, I. R. (2011). *Ilmu Jamur (Mikologi)* (A. Manshur, Ed.). UB Press.
- Susilo. (2020). *Mikrobiologi Dasar* (N. Rosyadi & M. Setyaningsih, Eds.; 1st ed.). Ahlimedia Press (Anggota IKAPI: 264/JTI/2020). [www.instierjogja.ac.id](http://www.instierjogja.ac.id)
- Wasilah, S. Z., Nasution, J., Rahmiati, Fadillah, M. A., Bangu, H., Supriyanto, Salim, M., Darsono, K., Anwar, A. Y., Asikin, Z. F., Nurhayati, E., & Malik, N. (2023). *Mikologi* (R. Yunus & N. Malik, Eds.; 1st ed., pp. i–53). Eureka Madia Aksara.
- Yani Suryani, H., & Tri Cahyanto, Ms. (2022). *Pengantar Jamur Mikroskopis* (I. A. Rahman, Ed.; 1st ed.). Gunung Djati Publising.
- Zulfredi, Elfiati, D., & Delvian. (2015). *Status dan Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) pada Lahan Produktif dan Lahan Non Produktif*.

# BAB 5

## MORFOLOGI JAMUR

*Oleh Nurbidayah*

### 5.1 Pendahuluan

Jamur atau dikenal dengan sebutan fungi merupakan organisme kemoheterotrof yang menggunakan senyawa organik sebagai nutrisi namun tidak mampu membuat sendiri. Jamur juga dapat bersifat saprofit apabila sumber nutrisi didapatkan dari bahan organik yang mati, namun beberapa juga dapat bersifat parasit yaitu memanfaatkan bahan organik yang berasal dari organisme yang masih hidup. Fungi parasit merugikan karena menyebabkan penyakit pada manusia, hewan, maupun tanaman (Pratiwi, 2008).

Kebanyakan jamur berukuran mikroskopis, tetapi ada beberapa yang berukuran besar yang mampu menghasilkan tubuh buah (*sporocarps*) yang jelas terlihat (Leonard, 2010). Jamur dapat dijadikan bahan makanan seperti cendawan (*mushroom*) yang merupakan jamur menguntungkan, pembuatan bahan makanan seperti *Saccharomyces cerevisiae* dan dapat bersifat merugikan karena dapat menyebabkan suatu penyakit dengan cara mengkontaminasi menghasilkan mikotoksin seperti *Aspergillus*, maupun bersifat pathogen seperti golongan *Trichophyton*.

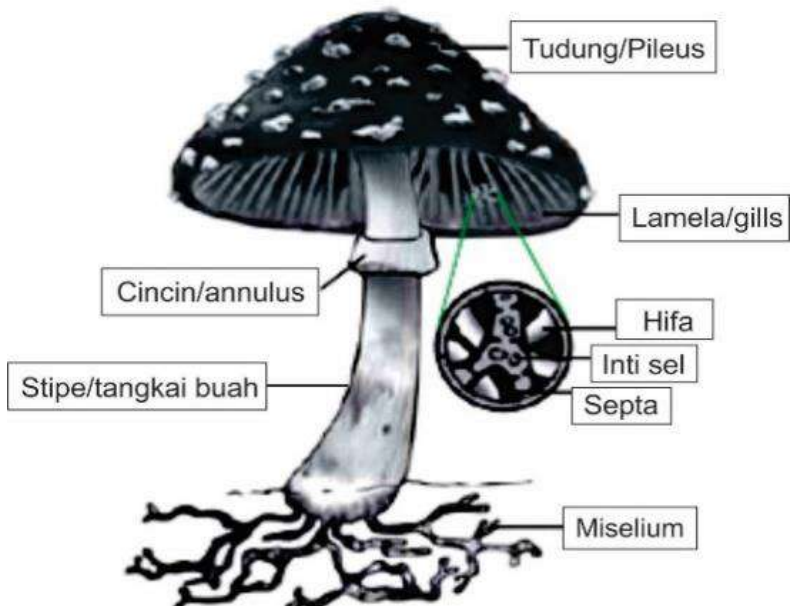
Jamur yang memiliki tubuh buah relatif berukuran besar sehingga dapat di amati secara langsung oleh mata tanpa alat bantu. Pada umumnya, bentuk tubuh buah jamur tampak seperti payung pada permukaan media. Pada tubuh buahnya terdapat batang tegak sebagai penyangga tudung berbentuk mendatar atau membulat (Achmad dkk, 2011). Tubuh fungi disebut talus karena tidak memiliki akar, batang, maupun daun sejati.

Fungi termasuk organisme eukariotik, tidak berpindah tempat, tidak berklorofil, bersifat uniseluler dan multiseluler, dan berkembang biak secara seksual dan aseksual. Berdasarkan

ukurannya fungi dibagi menjadi fungi makroskopis (mushroom) dan fungi mikroskopis (kapang dan khamir) (Warsilah, dkk 2023). Fungi mikroskopis yaitu berupa kapang dan khamir dengan ciri kapang berupa filamen atau punya miselium, sedangkan khamir bersifat uniseluler atau bersel tunggal dan tidak mempunyai filamen (Waluyo, 2007). Khamir bersifat fakultatif yaitu dapat tumbuh baik dengan keadaan aerobik dan anaerobik. Kisaran suhu spesies saprofitik tumbuh baik pada suhu 22–30°C dan spesies patogenik pada suhu optimum lebih tinggi, yaitu 30-37°C. Beberapa juga akan tumbuh pada atau mendekati 0°C seperti fungi yang dapat menyebabkan kerusakan pada daging atau sayur sayuran pada penyimpanan suhu dingin (Waluyo, 2007).

## **5.2 Morfologi Jamur Makroskopis**

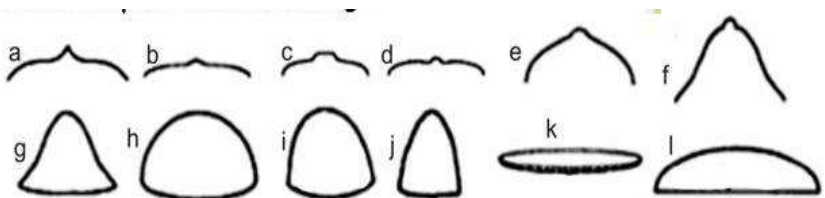
Jamur makroskopis merupakan jamur yang ukurannya relatif lebih besar (makroskopik) dibandingkan dengan jamur mikroskopis, dan mampu dilihat menggunakan mata telanjang, dapat disentuh dan dipetik, juga memiliki warna dan bentuk yang bervariasi, (Nasution et al, 2018). Warna jamur seperti ada yang memiliki warna merah muda, coklat, putih, kuning, putih kekuningan, orange, sampai dengan hitam. Selain memiliki warna yang bermacam-macam, bentuk tubuh buah juga bervariasi seperti bentuk kipas, payung, ginjal, terompet, dan setengah lingkaran (Rahma et al, 2018). Habitat tumbuh jamur seperti tanah subur, pepohonan yang lapuk, dan sisa-sisa daun yang jatuh di tanah (Purwanto et al, 2017). Struktur tubuh tersusun dari hifa yang berukuran 3 – 30 µm, dengan ukuran hifa tua sebesar 100 – 150 µm.



**Gambar 5.1.** Morfologi Jamur Makroskopis

Struktur tubuh jamur makroskopis terdiri atas bagian tubuh yaitu:

1. *Pileus* (tudung) yang merupakan bagian atas dan menopang pada tangkai. Untuk membedakan jamur satu dengan yang lainnya dapat dilihat dari bentuk tudung, permukaan tudung, dan tepi tudung yang bervariasi.

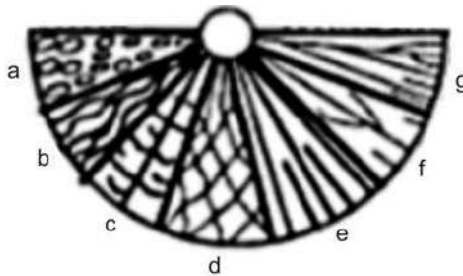


**Gambar 5.2.** Bentuk Tudung

Keterangan:

- a. Berpuncak runcing (Cuspidate)
- b. Sedikit menonjol (Plane W/slight umbo)
- c. Tonjolan rata (Plane W/flattened umbo)
- d. Berpapila (Plane/papillate)

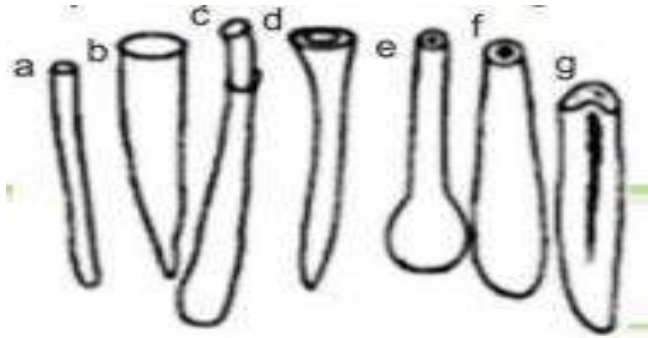
- e. Berpapila cembung (Mammilate/pappilate)
  - f. Bentuk lonceng (Campanulate)
  - g. Cembung/setengah bulat (Convex/hemispheric)
  - h. Berbentuk parabola (Broadly parabolic)
  - i. Parabola kecil (Small parabolic)
  - j. Berbentuk kerucut (Conic)
  - k. Lebar (Plane)
  - l. Cembung melebar (Broadly convex)
2. *Lamella* (bilah) terdapat pada bagian bawah tudung yang berbentuk helaian-helaian. Pada bagian bilah dapat diamati jenis bilah, pelekatan bilah, dan tepi bilah.



**Gambar 5.3.** Jenis Bilah

Keterangan:

- |                                     |                                      |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| a. Berpori (Porioid)                | e. Teratur/tertata (Regular)         |
| b. Beralu (Crisped)                 | f. Bercabang dari tepi (Back forked) |
| c. Bergaris melintang (Intervenose) | g. Bercabang ke tepi (Margin stipe)  |
| d. Bersilangan (Anastamosed)        |                                      |
3. *Stipe* (tangkai tubuh buah) yang merupakan tangkai yang menempel pada tudung dan tumbuh tegak. Pada bagian tangkai dapat diamati bentuk tangkai, letak tangkai, dan permukaan tangkai.

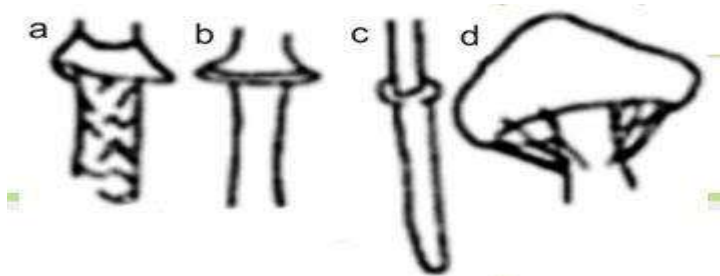


**Gambar 5.4.** Bentuk Tangkai

Keterangan:

- a. Ukuran sama dari pangkal sampai ujung (Equal)
- b. Kuat dan meruncing pada bagian dasar (Solid)
- c. Kecil bagian pangkal dan ujung (Tapered at base at apex)
- d. Bentuk obor dengan rongga (Flared)
- e. Dasar bulat (Bulbous base)
- f. Bagian dasar membulat (Clavate)
- g. Tidak berbentuk bulat (Compressed)

4. *Annulus* (cincin) adalah bagian tangkai terdapat lingkaran seperti cincin dan dapat dilihat macam bentuk cincin dari jamur.



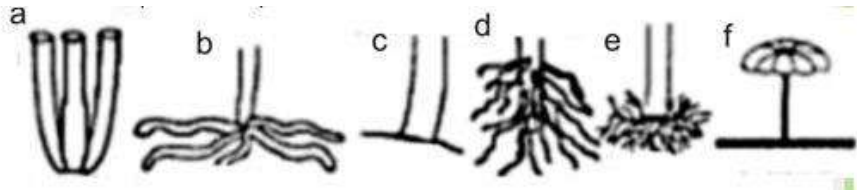
**Gambar 5.5.** Bentuk Cincin

Keterangan:

- a. Membrane tunggal (Single edged membranous)
- b. Membrane ganda (Double edged membranous)
- c. Terbalik (Uprturned)

d. Berselaput (Cortina)

5. *Volva* (cawan) adalah sisa pembungkus pada dasar tangkai dapat diamati tipe volva dan dasar tangkai jamur.



**Gambar 5.6.** Tipe Volva

Keterangan:

a. Bercabang (Caespitose)

b. Rhizoid (Rhizoids)

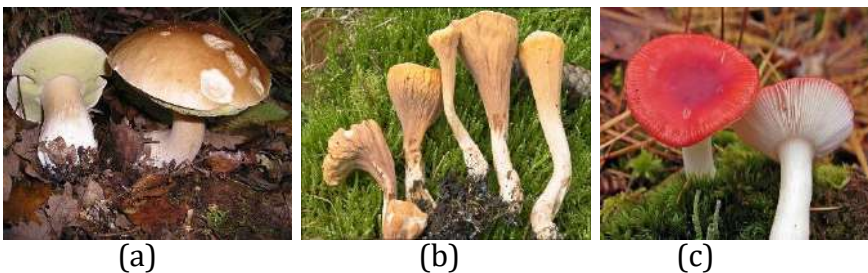
c. Menempel pada dasar (Inserted/insititious base)

d. Berserabut (Strigose)

e. Menempel langsung tapi berserabut (Mycenal pad)

f. Menempel pada rhizoid (Attached to rhiomorph)

Contoh jamur kelas Basidiomycota dengan struktur tubuh dapat dilihat dengan mata telanjang seperti pada Bangsa Agaricales dan Bangsa Aphyllophorales atau polyporales seperti gambar berikut.



**Gambar 5.7.** Jamur Makroskopis (a) *Boletus edulis*, (b) *Clavariadelphus pistillaris*, (c) *Agaricus subrufescens*

Manfaat jamur makroskopis oleh manusia sebagai bahan makanan dan obat-obatan, biodegradator limbah, pengembangan tanaman dan pertanian, namun ada juga yang

bersifat racun (Suryani, 2022). Peran jamur pada lingkungan yaitu menguraikan bahan organik yang kompleks menjadi sederhana sehingga dapat dimanfaatkan bagi organisme lain. Selain itu, jamur berperan dalam menyuburkan tanah sebagai penyediaan nutrisi untuk tanaman (Nasution et al, 2013). Oleh sebab itu, jamur sering didapatkan pada lingkungan yang lembab (Rahma et al, 2018).

Golongan jamur Basidiomycota dan beberapa dari Ascomycota adalah jamur yang dapat dilihat dengan mata telanjang. Sifat fungi Basidiomycota yaitu multiseluler yang hifanya terisolasi. Pada substrat terdapat hifa vegetatif, seperti kulit-kulit kayu, tanah dan pada sisa-sisa makhluk hidup (bersifat saprofit) pada tempat yang lembab atau basah, sedangkan yang akan membentuk tubuh buah (basidiokarp) adalah hifa generatif, namun beberapa ada yang tidak (Suryani, 2022).

## **5.3 Morfologi Jamur Mikroskopis**

### **1. Yeast atau ragi**

Yeast merupakan jamur uniseluler yang berbentuk oval sampai lonjong, silinder, yaitu dengan panjang 1-5 mm atau 20-50 mm, dan lebar 1-10 mm, berkembangbiakan dengan cara membelah diri (aseksual), dan membentuk tunas (Waluyo, 2007). Koloni yeast terlihat licin (smooth), berwarna krem, dengan permukaan cembung (mononjol di atas media), dan mempunyai bau khas ragi. Yeast ada 2 macam, yaitu:

- a. Yeast murni merupakan khamir yang membentuk blastospora dan tidak mempunyai hifa maupun pseudohifa. Contoh: *Saccharomyces cerevisiae*
- b. Yeast like merupakan khamir yang dapat membentuk pseudohifa (hifa semu). Contoh: *Candida albicans*



**Gambar 5.8.** Koloni Khamir Pada Media SDA

## 2. Mold atau kapang

Kapang merupakan jamur multiseluler (mempunyai inti  $>1$ ), yang membentuk benang-benang hifa/filamen. Ciri-ciri koloni jamur berbentuk tampak kasar (rough) dan memiliki serabut/granuler, dengan warna dan tekstur yang bervariasi.

Contoh: *Rhizopus sp*, *Mucor sp*, *Trichophyton sp*, dan lain-lain:



**Gambar 5.9.** Koloni Kapang pada Media SDA

## 3. Dimorfik

Dimorfik merupakan jamur yang memiliki dua bentuk koloni yaitu berbentuk yeast apabila berada pada sel inang dengan suhu inkubasi  $37^{\circ}\text{C}$  dan berbentuk mold apabila pada suhu ruang berkisar  $25\text{-}30^{\circ}\text{C}$ . Contoh: *Histoplasma capsulatum*



**Gambar 5.10.** Koloni *Histoplasma capsulatum*

## 5.4 Determinasi Jamur

### 1. Koloni

#### a. Koloni ragi (*yeast colony*)

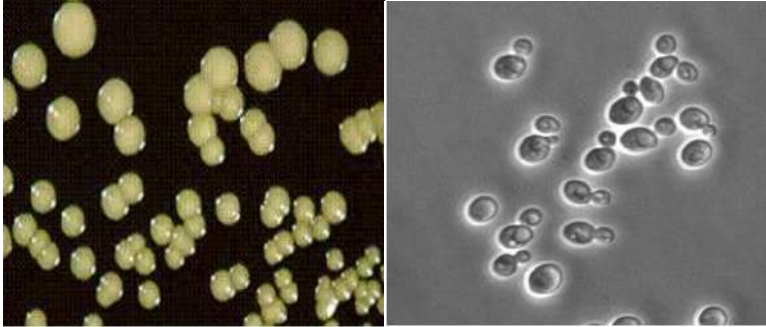
Sel ragi secara mikroskopis diatas permukaan media tampak berwarna krem, menonjol kepermukaan, dan berbau khas ragi, dan tampak dibawah mikroskop membentuk tunas dan pada jamur-jamur tertentu ada yang membentuk askospora.



**Gambar 5.11.** Koloni khamir diamati dibawah mikroskop

#### b. Koloni menyerupai ragi (*yeast like colony*)

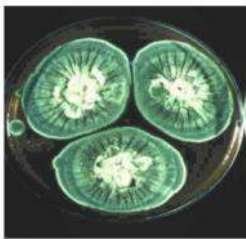
Koloni tampak secara mikroskopis terdiri dari sel-sel ragi dan hifa semu (pseudohifa).



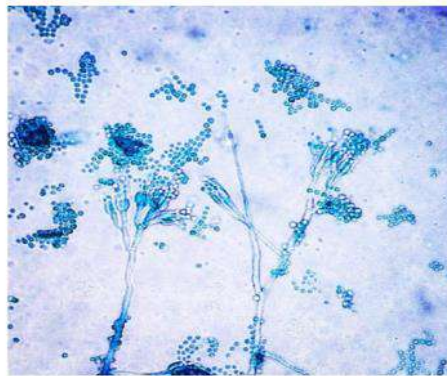
**Gambar 5.12.** Koloni *yeast like* diamati dibawah mikroskop

c. Koloni filament (*mold colony*)

Terdiri dari hifa sejati yang membentuk miselium dan juga spora.



Koloni kapang  
Contoh: *Penicillium*



**Gambar 5.13.** Koloni filament diamati dibawah mikroskop

## 2. Hifa

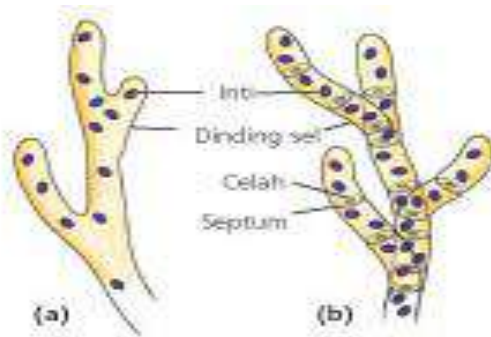
Hifa berbentuk benang-benang atau disebut filamen yang terdiri atas beberapa komponen yaitu dinding sel, cairan sel (protoplasma) dan inti sel (78ea rah). Klasifikasi hifa menurut fungsinya dapat dibedakan atas 3 macam yaitu:

- a. Hifa aerial merupakan hifa yang arah pertumbuhannya kearah bawah (substrat) memiliki fungsi untuk mencukupi nutrisi.

- b. Hifa produktif merupakan hifa yang pertumbuhannya menuju ke atas permukaan, berfungsi membentuk alat-alat reproduksi yaitu spora.

Klasifikasi hifa menurut bentuknya dapat dibedakan menjadi 3 macam yaitu:

- a. Hifa tidak bersepta (senositik) yaitu hifa dengan adanya sel-sel memanjang seperti pipa yang di dalamnya tidak dipisahkan oleh dinding.
- b. Hifa bersepta merupakan bentuk hifa yang terpisah-pisah sehingga terlihat banyak sel yang dibatasi oleh dinding pemisah. Hifa bersepta dapat dibedakan menjadi hifa bersepta uninuklead dan hifa bersepta multinuklead. Uninuklead artinya dalam setiap dinding pemisah tampak terlihat satu nukleus, sedangkan hifa multinuklead pada satu setiap dinding pemisah terdapat beberapa nukleus.
- c. Hifa semu (pseudohifa) merupakan bentuk yang menyerupai rangkaian sel, namun sel-sel dapat berpisah sewaktu-waktu.



**Gambar 5.14.** (a) Hifa tidak bersepta (b) Hifa bersepta

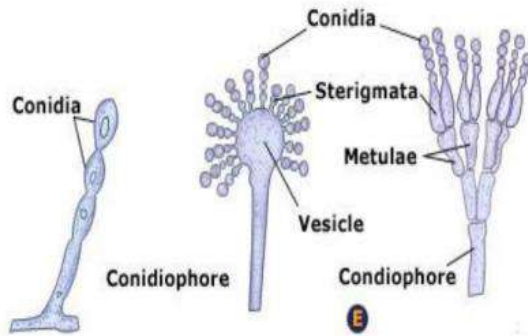
### 3. Spora

Spora pada jamur merupakan alat perkembangbiakan. Spora dibentuk oleh ujung hifa yang menggelembung membentuk seperti wadah dan protoplasmanya menjadi spora. Spora jamur terbagi atas spora aseksual dan spora seksual.

### a. Spora aseksual

Spora aseksual jamur umumnya diproduksi dalam jumlah banyak, berukuran kecil dan ringan, serta tahan terhadap keadaan kering. Spora aseksual mudah terbang di udara dan dapat tumbuh menjadi miselium baru ditempat lain yang sesuai. Klasifikasi spora aseksual yaitu:

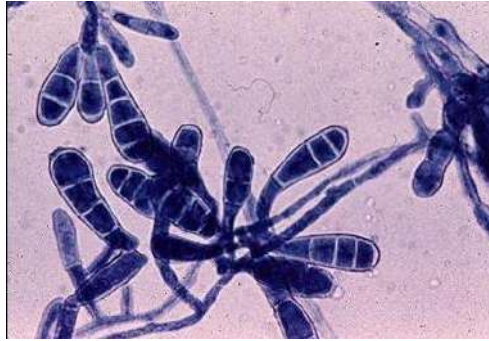
- 1) *Thallospora* dapat dibentuk langsung oleh miselium/hifa. Ada beberapa bentuk spora, yaitu:
  - a) *Blastospora*: berbentuk tunas pada sel induk, terjadi pada semua yeast atau ragi, disebut juga sel kuncup.  
Contoh: *Saccharomyces* dan *Candida*
  - b) *Klamidiospora*: spora yang terbentuk karena adanya bagian hifa yang membengkak dan menyimpan makanan, serta mempunyai dinding tebal terbentuk dalam ruas atau sebagai spora terminal filament hifa. Ukuran spora lebih besar dari hifa induk. Contoh: golongan *Trichophyton*.
  - c) *Artrospora*: spora bersel tunggal, terbentuk dari pemisahan potongan sel hifa (fragmentasi hifa bersepta menjadi sel tunggal yg agak menebal)  
Contoh: *Coccidioides* dan *Geotrichum*
- 2) *Konidiospora* dibentuk oleh hifa khusus, terbentuk pada ujung konidiofor. Ada 2 bentuk, yaitu:
  - a) *Mikrokonidia*: dibentuk dengan penggentingan hifa, terletak pada tangkai (konidiofor) dan bersel tunggal dalam bentuk rantai.  
Contoh: *Aspergillus*, *Penicillium*



**Gambar 5.15.** Konodiaspora pada *Aspergillus*

- b) Makrokonidia: spora yang bersel banyak dan besar terletak pada suatu tangkai (konidofor) yang berasal dari ujung hifa yang membentuk diri menjadi bentuk yang bulat atau serupa telur dan dapat berupa empat persegi panjang.

Contoh: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Microsporium*, *Epidemophyton*



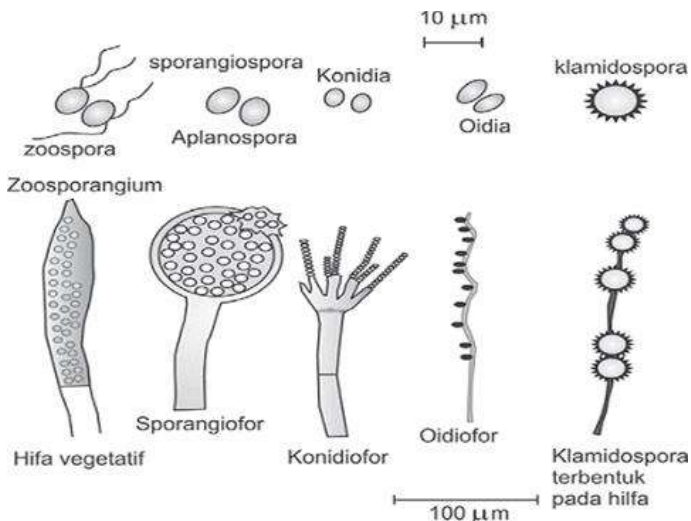
**Gambar 5.16.** Makrokonidia pada *Epidemophyton*

- 3) Sporangiospora terbentuk dalam suatu kantong yang disebut sporangium dan terletak pada sporangiofor. Sporangium adalah suatu struktur pada ujung sporangiofor, berupa ujung hifa yang menggembung membentuk suatu wadah, sedangkan protoplasnya membagi-bagi diri menjadi spora.

Contoh: *Rhizopus*, *Mucor*

- 4) Zoospora: Spora yang motil karena mempunyai flagella, berupa sel tunggal.

Contoh: *Saprolegnia*



**Gambar 5.17.** Spora Aseksual Jamur

## b. Spora Seksual

Reproduksi seksual jamur jarang terjadi dibandingkan dengan reproduksi aseksual. Pada umumnya reproduksi seksual terjadi setelah beberapa generasi reproduksi aseksual. Pada jamur kelas Basidiomycota reproduksi secara seksual lebih sering dibandingkan dengan reproduksi aseksual. Umumnya reproduksi seksual terbentuk pada struktur spesifik yang disebut *Fruiting Bodies*. Pada kapang tidak bersepta (senositik) terjadi reproduksi seksual dengan cara:

- 1) Oospora, berupa spora terbentuk antara gamet betina (*oogonium*) dan gamet jantan (*anteridium*) sehingga terjadi pembuahan (*oosfer*) untuk menghasilkan oospora, dalam satu oogonium terdapat 1-20 atau lebih oospora. Contoh: *Saprolegnia*.
- 2) Zigospora, berupa spora besar yang mempunyai dinding tebal, pembentukannya dari ujung-ujung penggabungan hifa-hifa dari satu miselium yang sama atau dari dua miselium berbeda. Spora ini tahan terhadap kekeringan dalam waktu yang lama.

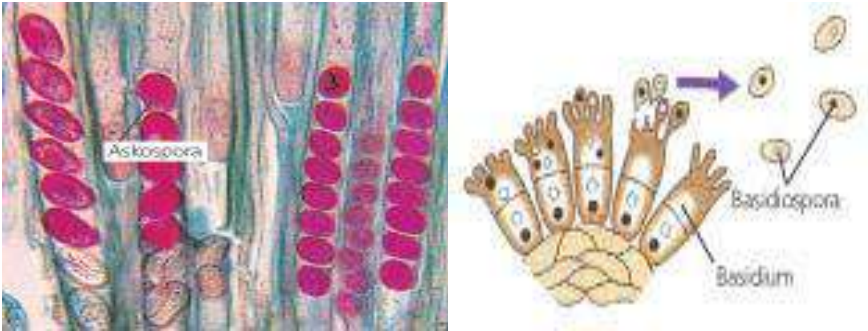


**Gambar 5.18.** Reproduksi secara zigospora

Pada kapang bersepta terjadi reproduksi seksual dengan cara:

- 1) Askospora, merupakan spora yang mempunyai sel tunggal yang dibentuk di dalam kantung disebut *askus*. Di setiap kantung askus tersebut terdapat askospora. Askospora ada yang berbentuk bulat, seperti helmet, jarum, oval.

- 2) Basidiospora, merupakan spora yang mempunyai sel tunggal terbentuk di atas struktur berbentuk gada disebut *basidium*, seringkali didapatkan 4 basidiospora pada satu basidium.



**Gambar 5.19.** (a) Reproduksi secara askospora (b) Reproduksi secara basidiospora

## DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, dkk. 2011. *Panduan Lengkap Jamur*. Jakarta: penebar swadaya.
- Campbell. 2012. *Biologi edisi kedelapan jilid 2*. Jakarta: Erlangga
- Darnetty. 2006. *Pengantar Mikologi*. Padang: Andalas University Press.
- Dwidjoseputro, D. 1978. *Pengantar Mikologi*. Penerbit Alumni, Bandung.
- Gandjar, I., Wellyzar, S., & Ariyanti, O. (2006). *Mikologi Dasar dan Terapan*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Leonard, P. 2010. A Guide to Collecting and Preserving Fungal Specimens for the Queensland Herbarium. Erisbane: Department of Environment and Resource Management.
- Lud, Waluyo. 2007. *Mikrobiologi Umum*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang Press.
- Nasotun, fadlan, dkk. 2018. Identifikasi jenis dan habitat jamur makroskopis di hutan larangan adat rumbio kabupaten kampar provinsi riau. *Wahana forestra jurnal kehutanan*, 13(1):64-76.
- Pratiwi, Sylvia T., 2008. *Mikrobiologi Farmasi*. Jakarta: Erlangga
- Purwanto, P.B., Nurzaman, M, dan Yusuf, M. 2017. Inventarisasi Jamur Makroskopis di Cagar Alam Nusakambangan Timur Kabupaten 116 Cilacap Jawa Tengah. *Proceeding Biology Education Conference*. 14(1): 79 – 82.
- Rahma, K., Mahdi, N., & Hidayat, M. (2018). Karakteristik jamur makroskopis di perkebunan kelapa sawit kecamatan meureubo aceh barat. *Prosiding Biotik*, 2(2), 157- 164.
- Siregar, RS. 2002. *Penyakit Jamur Kulit*. EGC.
- Suryani, Yani. 2022. *Pengantar Jamur Makroskopis*. Gunung Djati Publishing. Bandung.
- Warsilah, dkk. 2023. *Mikologi*. Purbalingga: Eureka Media Aksara.



# BAB 6

## TAKSONOMI JAMUR

*Oleh Ahmad Zil Fauzi*

### 6.1 Pendahuluan

Seperti keseluruhan organisme yang ada di bumi, ilmu taksonomi diperlukan pula untuk mempelajari mikologi. Ilmu taksonomi dalam mikologi didefinisikan sebagai bagian dari mikologi yang mempelajari klasifikasi, penamaan, dan identifikasi jamur; baik yang bersifat uniseluler mikroskopik hingga berukuran makroskopik/cendawan. Ahli mikologi menggunakan berbagai teknik dan prinsip dalam ilmu taksonomi untuk mengatur keanekaragaman jamur ke dalam kerangka sistematis.

Beberapa aspek dari taksonomi adalah :

1. Aspek Klasifikasi.

Ahli mikologi mengkategorikan jamur berdasarkan kualitas fisik, struktur reproduksi, susunan genetik, peran ekologis, dan kriteria lainnya. Jamur juga kemudian dikelompokkan secara historis dengan penekanan pada ciri-ciri fisik seperti hifa, spora, dan tubuh buah. Namun seiring dengan kemajuan metode molekuler, informasi genetik semakin penting dalam mengembangkan taksonomi jamur.

2. Aspek Hirarki.

Aspek Hirarki dalam taksonomi menggambarkan bagaimana jamur tersusun dalam berbagai tingkatan yang berbeda. Secara umum, terdapat beberapa tingkatan dalam hierarki ini, mulai dari kategori luas yang terdiri dari banyak spesies hingga pengelompokan yang lebih terspesialisasi. Hirarki dalam taksonomi jamur, menyerupai tingkatan yang umum digunakan untuk organisme lain disusun dari yang paling umum hingga yang paling spesifik. Taksonomi jamur menggunakan tingkatan kerajaan (kingdom), filum (atau divisi), kelas, ordo, famili, genus, dan spesies.

### 3. Aspek Penamaan.

Tata nama binomial mengatur penamaan ilmiah jamur. Secara khusus, setiap spesies diberi nama ilmiah yang unik dan berasal dari bahasa latin atau dibuat menyerupai struktur bahasa latin. Nama ilmiah tersebut terdiri dari dua suku kata. Suku kata pertama merupakan nama genus (bersifat generik) dan suku kata kedua merupakan nama spesies/individu (bersifat spesifik). Nama genus ditulis menggunakan huruf kapital pada awal kata dan nama spesies ditulis menggunakan huruf kecil pada seluruh kata. Keseluruhan nama ilmiah tersebut ditulis atau dicetak miring atau diberi garis bawah. Misalnya, *Agaricus bisporus* atau jamur kancing; kata pertama yakni nama genus 'agaricus' ditulis '*Agaricus*' atau 'Agaricus' dan kata kedua yaitu nama spesies 'bisporus' ditulis '*bisporus*' atau 'bisporus'.

### 4. Aspek Identifikasi.

Ahli mikologi mengidentifikasi jamur menggunakan berbagai pendekatan sifat mikroskopis dan makroskopis, pengujian biokimia, dan molekuler. Prosedur identifikasi yang dilakukan juga menggunakan kunci dikotomis identifikasi yang spesifik untuk jamur hingga mengarahkan pada penemuan spesies jamur yang baru.

### 5. Aspek Evolusi.

Tasonomi jamur juga tidak bisa dilepaskan dari keterkaitan dalam hubungan lintas evolusi dengan organisme lain. Dalam menyusun sejarah evolusi jamur, para ahli mikologi menggunakan analisis filogenetik berbasis molekuler termasuk sekuensing DNA untuk memastikan hal tersebut dalam hubungan antar spesies yang telah ada.

### 6. Aspek Perubahan Taksonomi.

Taksonomi mikologi dapat berkembang seiringnya perubahan pemahaman dan metode ilmiah dalam klasifikasi. Bila terdapat penemuan spesies baru maka akan merevisi hubungan terhadap spesies yang sudah ada. Perubahan database dan literatur ilmiah yang

mendukungnya akan merevisi taksonomi mikologi menjadi lebih baik di masa yang akan datang.

Jamur sebagai sebuah kerajaan (Kingdom) dikelompokkan berdasarkan kesamaan cara reproduksi seksual dan didukung menggunakan data molekuler. Data molekuler yang dimaksud yaitu dengan menafsirkan pengurutan 18S rRNA sehingga memperlihatkan hubungan kekerabatan baru yang telah terdiferensiasi antar genus yang satu dengan genus yang lain. Para ahli mikologi meyakini bahwa evolusi pada jamur pertama-tama mengakibatkan hilangnya flagel pada kelompok Chytridiomycota sekitar 600-800 juta tahun yang lalu. Pada periode tersebut juga terjadi peralihan habitat dari jamur akuatik menuju terestrial yang ditandai dengan pengembangan filamen jamur aseptat bercabang. Selanjutnya sekitar 500 juta tahun yang lalu terjadi evolusi filamen bersepta pada kelompok jamur yang saat ini digolongkan kedalam filum Glomeromycota dan terpisah dari kelompok jamur Basidiomycota dan Ascomycota.

Klasifikasi jamur telah mengalami perubahan yang sangat signifikan sejak tahun 1990-an. Terdapat peningkatan dan penghapusan diantara takson jamur yang telah lebih dahulu diketahui. Sebagai contoh, ordo Blastocladales yang sebelumnya menjadi bagian dari filum Chytridiomycota telah dinaikkan statusnya menjadi filum Blastocladiomycota. Sebaliknya filum Zygomycota tidak lagi dianggap sebagai filum tersendiri dan ditolak dari klasifikasi filogenetik jamur karena masih ada keraguan tentang hubungan antara kelompok-kelompok jamur yang secara tradisional ditempatkan dalam filum ini. Konsekuensi dari keputusan ini adalah pembentukan filum Glomeromycota dan empat subfilum yang dianggap sebagai *incertae sedis* (bahasa Latin yang artinya 'posisi yang tidak pasti'), yaitu : *Mucoromycotina*, *Kickxellomycotina*, *Zoopagomycotina*, dan *Entomophthoromycotina*.

Klasifikasi filogenetik berdasarkan *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi* yang mengadopsi susunan filogenetik AFTOL (*Assembling the Fungal Tree of Life*), telah membagi kerajaan/kingdom jamur menjadi 7 filum (Chytridiomycota,

Blastocladiomycota, Neocallimastigomycota, Microsporidia, Glomeromycota, Ascomycota, dan Basidiomycota), 10 subfilum, 35 kelas, 12 subkelas, dan 129 ordo.

## 6.2 Filum Chytridiomycota

*Chytridiomycota* merupakan kelompok jamur sejati (Eumycota) yang paling sederhana dan diperkirakan muncul pada akhir periode pra-Kambrium sekitar 500 juta tahun yang lalu. Habitat ekologi dan struktur selnya memiliki banyak kesamaan dengan protista. Anggota Chytridiomycota secara umum bersifat uniseluler, beberapa organisme bersifat multiseluler dan membentuk hifa koenositik (hifa yang tidak memiliki sekat antar selnya), memiliki kitin pada dinding selnya meski terdapat satu kelompok yang memiliki kitin dan selulosa pada dinding selnya, menghasilkan gamet dan zoospora diploid yang dapat bergerak dengan bantuan flagel.

Filum ini terdiri dari dua kelas :

1. Kelas Chytridiomycota, beranggotakan tiga ordo/bangsa :
  - a. Ordo Chytridiales, dengan contoh genera Chytridium, Chytriumyces, dan Nowakowskiella.
  - b. Ordo Rhizophydiales, dengan contoh genera Rhizophydium.
  - c. Ordo Spizellomycetales, dengan contoh genera Spizellomyces dan Powellomyces.
2. Kelas Monoblepharidomycetes. Anggota kelas ini dicirikan memiliki jalur reproduksi aseksual dengan zoospora atau autospora; thallus berserabut, bercabang atau tidak bercabang; terdiri dari 1 ordo.  
Ordo Monoblepharidales, contoh genus adalah Monoblepharis.

## 6.3 Filum Neocallimastigomycota

Anggota filum ini ditemukan pada saluran pencernaan herbivora; bersifat anaerobik; memiliki zoospora dengan satu atau lebih flagela posterior; tidak memiliki mitokondria tetapi mengandung hidrogenosom (penghasil hidrogen, organel yang terikat membran yang menghasilkan energi dalam bentuk

adenosin trifosfat, atau ATP); terdiri dari 1 kelas. Kelas Neocallimastigomycetes, beranggotakan 1 ordo saja : Ordo Neocallimastigales, contoh genus adalah Neocallimastix.

## **6.4 Filum Blastocladiomycota**

Kelompok jamur bersifat parasit pada tumbuhan dan hewan, ada yang bersifat saprotrof; akuatik dan terestrial; berflagel; bergantian antara generasi haploid dan diploid (meiosis zigotik); terdiri dari 1 kelas. Kelas Blastocladiomycetes, beranggotakan 1 ordo saja : Ordo Blastocladales, dapat bersifat parasit (pada berbagai substrat, termasuk buah-buahan yang membusuk) atau saprotrofik; contoh genus termasuk Allomyces dan Coelomomyces.

## **6.5 Filum Microsporidia**

Anggota filum ini bersifat parasit pada hewan dan protista; uniseluler; mitokondria yang sangat tereduksi. Filum tidak terbagi lagi karena kurangnya hubungan filogenetik yang terdefinisi dengan baik di dalam kelompok.

## **6.6 Filum Glomeromycota**

Anggota filum ini dicirikan khusus dengan kemampuannya untuk bersimbiosis dengan akar tanaman dan pohon (asosiasi mikoriza arbuskular).

1. Kelas Archaeosporomycetes, memiliki 1 ordo :  
Ordo Archaeosporales, bersifat mikoriza arbuskular; contoh genera termasuk Archaeospora dan Geosiphon.
2. Kelas Glomeromycetes, memiliki 4 ordo :
  - a. Ordo Diversisporales, bersifat mikoriza arbuskular; membentuk kompleks spora; contoh genera termasuk Acaulospora, Diversispora, dan Pacispora.
  - b. Ordo Gigasporales, bersifat mikoriza arbuskular; menggunakan sel tambahan ekstra radikal sebagai pengganti vesikula pada akar tanaman.
  - c. Ordo Glomerales, bersifat mikoriza arbuskular; membentuk spora tunggal, kelompok spora yang

longgar, atau sporokarp (tubuh buah) yang kompak; contoh genus adalah Glomus.

3. Kelas Paraglomeromycetes, memiliki 1 ordo :

Ordo Paraglomerales bersifat mikoriza arbuskular; contoh genus adalah Paraglomus.

a. Subfilum Mucoromycotina (*incertae sedis*; tidak termasuk dalam filum mana pun) bersifat parasit, saprotrofik, atau ektomikoriza (membentuk asosiasi simbiosis mutualisme dengan tanaman); reproduksi aseksual atau seksual; miselium bercabang; terdiri dari 3 ordo termasuk spesies yang dulu dikelompokkan ke dalam filum Zygomycota.

1) Ordo Mucorales, bersifat parasit atau saprotrofik; berserabut; spora nonmotil (aplanospora); miselium koenositik; reproduksi aseksual dengan pembentukan sporangiospora; contoh genus termasuk Mucor, Parasitella, Phycomyces, Pilobolus, dan Rhizopus.

2) Ordo Endogonales, bersifat saprotrof atau mikoriza; berserabut; miselium koenositik; sporokarp bawah tanah; contoh genus termasuk Endogone, Peridiospora, Sclerogone, dan Youngiomyces.

3) Ordo Mortierellales, bersifat parasit atau saprofit; miselium halus, bercabang-cabang (arachnoid); sporangia dengan 1 atau banyak spora; dapat membentuk klamidospora (spora aseksual berdinding tebal); menghasilkan bau seperti bawang putih; contoh genus antara lain Mortierella, Dissophora, dan Modicella.

b. Subfilum Entomophthoromycotina (*incertae sedis*), bersifat patogen, saprotrofik, atau parasit; miselium koenositik atau septat; rizoid yang dibentuk oleh beberapa spesies; konidiofor bercabang atau tidak bercabang; konidia dikeluarkan secara paksa; terdiri dari 1 ordo.

Ordo Entomophthorales, spesies bersifat parasit utama pada serangga, beberapa mungkin saprotrofik di tanah;

miselium koenositik, dapat menjadi septat; contoh genus termasuk Entomophthora, Ballocephala, Conidiobolus, Entomophaga, dan Neozygites.

- c. Subfilum Subfilum Zoopagomycotina (incertae sedis) bersifat endoparasit (hidup di dalam tubuh) atau ektoparasit (hidup di atas tubuh) pada nematoda, protozoa, dan jamur; thallus bercabang atau tidak bercabang; reproduksi aseksual dan seksual; terdiri dari 1 ordo.

Ordo Ordo Zoopagales, anggota ordo ini bersifat parasit pada amuba, rotifera, nematoda, dan protozoa lainnya; reproduksi aseksual dengan konidia yang dibuahi secara tunggal atau berantai, tidak dikeluarkan secara paksa; contoh genus antara lain Cochlonema, Rhopalomyces, Piptocephalis, Sigmoidomyces, Syncephalis, dan Zoopage.

- d. Subfilum Kickxellomycotina (incertae sedis), umumnya bersifat saprotrofik, dapat menjadi parasit pada jamur, dapat membentuk asosiasi simbiosis; thallus terbentuk dari penempelan pada jamur lain; miselium bercabang atau tidak bercabang; reproduksi aseksual dan seksual; terdiri dari 4 ordo.

- 1) Ordo Kickxellales, anggota utama ordo ini bersifat saprofit; miselium bercabang banyak dan kadang-kadang bersifat koenositik; contoh genus antara lain Kickxella, Coemansia, Linderina, dan Spirodactylon.
- 2) Ordo Digenetritales, bersifat mikoparasit; contoh genus antara lain Dimargaris, Dispira, dan Tieghemomyces.
- 3) Ordo Harpellales, bersifat endosimbiotik, ditemukan di saluran pencernaan serangga, termasuk lalat lalat dan lalat batu; thallus sederhana atau bercabang, septate; reproduksi aseksual dengan trikospora; reproduksi seksual zigomiseta; contoh genus termasuk Harpella, Furculomyces, Legeriomyces, dan Smittium.

- 4) Ordo Asellariales, bersifat endosimbiotik, ditemukan pada saluran pencernaan arthropoda; thallus bercabang, septate, dilekatkan oleh sel koenositik basal; reproduksi aseksual dengan arthrospora; contoh genus antara lain Asellaria dan Orchesellaria.

## 6.7 Filum Ascomycota

Bersimbiosis dengan alga membentuk lumut, ada yang parasit atau saprofit pada tumbuhan, hewan, atau manusia; ada yang bersel satu, tetapi kebanyakan berserabut; hifa bersepta dengan satu, jarang lebih, perforasi pada septa; sel tidak berinti satu atau berinti banyak; reproduksi aseksual dengan pembelahan, pertunasan, atau fragmentasi atau dengan konidia yang biasanya dihasilkan pada hifa sporiferous (penghasil spora), konidiofor, reproduksi seksual dengan berbagai cara yang menghasilkan produksi meiospora (askospora) yang dibentuk oleh pembentukan sel bebas dalam struktur seperti kantung (askus), yang diproduksi dalam tubuh terbuka atau tertutup yang khas yang disebut juga askokarp/ascomata. Filum Ascomycota terdiri atas 3 sub filum :

- a. Subfilum Taphrinomycotina, bersifat patogen pada beberapa tanaman; uniseluler atau berserabut; askus diproduksi di permukaan tanaman tanpa membentuk askokarp, dan terdiri atas 4 kelas.
  - 1) Kelas Taphrinomycetes, terdiri atas 1 ordo saja :  
Ordo Taphrinales, bersifat parasit pada tanaman, menyebabkan pembentukan empedu; askus telanjang; contoh genus termasuk Taphrina dan Protomyces.
  - 2) Kelas Neoelectomycetes terdiri dari 1 ordo saja :  
Ordo Neoelectales bersifat parasit pada akar tanaman; menghasilkan askokarp yang besar; membentuk konidia seperti ragi; contoh genus adalah Neoelecta.
  - 3) Kelas Pneumocystidomycetes, terdiri atas 1 ordo saja :

Ordo Pneumocystidales, bersifat parasit pada alveoli paru-paru beberapa vertebrata; reproduksi aseksual dengan pembelahan; contoh genus adalah *Pneumocystis*.

- 4) Kelas Schizosaccharomycetes, terdiri atas 1 ordo saja :

Ordo Schizosaccharomycetales (*fission yeasts*), bersifat saprotrofik dalam sari buah; reproduksi aseksual dengan pembelahan; askospora melebur membentuk kelompok yang terdiri atas 4 atau 8 askospora; contoh genus adalah *Schizosaccharomyces*.

- b. Subfilum Saccharomycotina (*true yeasts*), bersifat saprotrofik pada tumbuhan dan hewan, termasuk manusia, kadang-kadang patogen pada tumbuhan dan manusia; uniseluler; ditemukan dalam rantai pendek; reproduksi aseksual dengan pertunasan atau pembelahan; dan dapat menyebabkan infeksi umum pada manusia; terdiri atas 1 kelas.

Kelas Saccharomycetes, terdiri atas 1 ordo saja :

Ordo Saccharomycetales (ragi ascomycete), bersifat saprotrofik atau patogen pada tanaman dan manusia; dinding sel tidak memiliki kitin; askus terbentuk secara tunggal atau berantai; contoh genus termasuk *Saccharomyces*, *Candida*, *Dipodascopsis*, dan *Metschnikowia*.

- c. Subfilum Pezizomycotina merupakan kelompok jamur yang dapat bersimbiosis dengan alga membentuk lumut; mengandung semua ascomycetes yang mampu menghasilkan ascomata; banyak yang membentuk ascocarps, dan terdiri atas 10 kelas.

- 1) Kelas Arthoniomycetes, terdiri atas 1 ordo saja :

- a) Ordo Arthoniales, jamur yang dapat membentuk lumut; menghasilkan askus memanjang untuk mengeluarkan spora; contoh genus termasuk *Arthonia*, *Dirina*, dan *Roccella*.

- 2) Kelas Dothideomycetes, terdiri atas 10 ordo :
- a) Ordo Ordo Capnodiales (*sooty molds*/kapang jelaga) jamur yang dapat tumbuh pada embun madu yang dikeluarkan oleh serangga atau pada eksudat pada daun tanaman; pigmen melanoid pada dinding sel hifa; termasuk dalam subkelas Dothideomycetidae; contoh genus termasuk Capnodium, Scorias, dan Mycosphaerella.
  - b) Ordo Dothideales, jamur yang membentuk lumut; askus berkelompok dalam lokus; termasuk dalam subkelas Dothideomycetidae; contoh genus termasuk Dothidea, Dothiora, Sydowia, dan Stylodothis.
  - c) Ordo Hysteriales, jamur yang ditemukan di cabang-cabang pohon berkayu; stroma berbentuk perahu, terbuka dengan celah memanjang yang membuatnya seperti apothecium; contoh genus termasuk Hysterium dan Hysteropatella.
  - d) Ordo Jahnulales, anggota jamur ini dapat ditemukan pada lingkungan air tawar; askospora ditutupi dengan selubung gelatin lengket atau pelengkap apikal; hifa yang diadaptasi untuk menempel pada substrat basah; contoh genus termasuk Aliquandostipite, Jahnula, dan Patescospora.
  - e) Ordo Myriangiales, jamur bersifat parasit pada serangga, epifit pada daun dan batang; banyak ditemukan di daerah tropis atau subtropis; termasuk dalam subkelas Dothideomycetidae; contoh genus antara lain Myriangium dan Elsinoe.
  - f) Ordo Pleosporales, beberapa bersifat patogen pada tanaman; termasuk dalam subkelas Pleosporomycetidae; contoh genus termasuk

- Pleospora, Phaeosphaeria, Lophiostoma, Sporormiella, dan Helminthosporium.
- g) Ordo Botryosphaeriales (*incertae sedis*; tidak ditempatkan di subkelas mana pun) contoh genus termasuk Botryosphaeria dan Guignardia.
  - h) Ordo Microthyriales (*incertae sedis*; tidak ditempatkan di subkelas mana pun), saprofit atau epifit pada batang dan daun.
  - i) Ordo Patellariales (*incertae sedis*; tidak ditempatkan dalam subkelas apa pun) contoh genus adalah Patellaria.
  - j) Ordo Trypetheliales (*incertae sedis*; tidak dimasukkan ke dalam subkelas apapun) dapat membentuk lumut; sebagian besar memiliki askospora hialin.
- 3) Kelas Eurotiomycetes, bersifat parasit pada hewan, askospora bulat, saprotrofik di tanah; termasuk subkelas Chaetothyriomycetidae, Eurotiomycetidae, dan Mycocaliciomycetidae; terdiri dari 7 ordo.
- a) Ordo Chaetothyriales, bersifat patogen pada manusia atau saprotrofik pada tanaman; ascocarps mengandung filamen steril pada organ reproduksi; termasuk dalam subkelas Chaetothyriomycetidae; contoh genus antara lain Capronia, Ceramothyrium, dan Chaetothyrium.
  - b) Ordo Pyrenulales, bersifat parasit, saprotrofik, atau bersimbiosis dengan ganggang membentuk lumut; termasuk dalam subkelas Chaetothyriomycetidae; contoh genus termasuk Pyrenula dan Pyrgillus.
  - c) Ordo Verrucariales, jamur yang dapat membentuk lumut pada bebatuan dan substrat lainnya; bersifat *perithecia* (ascocarps tertutup dengan pori-pori di bagian atas), termasuk dalam subkelas Chaetothyriomycetidae; contoh

- genus termasuk *Agonimia*, *Dermatocarpon*, *Polyblastia*, dan *Verrucaria*.
- d) Ordo *Coryneliales*, membentuk lumut; askus pada *ascostromata*, termasuk dalam subkelas *Eurotiomycetidae*; contoh genus antara lain *Corynelia* dan *Caliciopsis*.
  - e) Ordo *Eurotiales*, bersifat parasit pada hewan, saprofit di tanah; termasuk dalam subkelas *Eurotiomycetidae*; contoh genus diantaranya *Eurotium*, *Penicillium*, *Talaromyces*, *Elaphomyces*, *Trichocoma*, dan *Byssosclamyces*.
  - f) Ordo *Onygenales*, membentuk lumut; askus terbentuk dalam *mazaedium* (tubuh buah yang terdiri dari massa bubuk spora bebas yang diselingi benang steril, tertutup dalam *peridium* atau struktur dinding), contoh genus antara lain *Onygena*, *Gymnoascus*, *Trichophyton*, dan *Arthroderma*.
  - g) Ordo *Mycocaliciales*, Saprofit pada lumut; termasuk jamur kalikoid yang tidak berlumut; *ascmata* bertangkai atau sesil; termasuk dalam subkelas *Mycocaliciomycetidae*; contoh genus antara lain *Mycocalicium*, *Chaenothecopsis*, *Stenocybe*, dan *Sphinctrina*.
- 4) Kelas *Laboulbeniomyces*, jamur yang bersifat parasit pada serangga; terdiri atas 2 ordo.
- a) Ordo *Laboulbeniales*, jamur bersifat parasit pada serangga (ordo *Diptera*); askospora menempel dan menembus eksoskeleton serangga untuk menyerap nutrisi; contoh genus termasuk *Laboulbenia*, *Rickia*, dan *Ceratomyces*.
  - b) Ordo *Pyxidiophorales*, jamur bersifat ektoparasit pada mandibula arthropoda, dapat bersifat mikoparasit; contoh genus antara lain *Pyxidiophora*.

- 5) Kelas Lecanoromycetes, jamur dapat membentuk lumut; puncak ascus tebal dengan kanal sempit; termasuk subkelas Acarosporomycetidae, Lecanoromycetidae, dan Ostropomycetidae; terdiri atas 10 ordo.
- a) Ordo Acarosporales termasuk dalam subkelas Acarosporomycetidae; contoh genus termasuk Acarospora, Pleopsidium, dan Sarcogyne.
  - b) Ordo Lecanorales, jamur membentuk lumut, termasuk lumut rusa, lumut cawan, dan lumut jenggut; termasuk dalam subkelas Lecanoromycetidae; contoh genus antara lain Cladonia, Lecanora, Parmelia, Ramalina, dan Usnea
  - c) Ordo Peltigerales, jamur membentuk lumut; thallus mungkin besar dan lobate; termasuk lumut anjing; termasuk dalam subkelas Lecanoromycetidae; contoh genus termasuk Coccocarpia, Collema, Nephroma, Pannaria, dan Peltigera.
  - d) Ordo Teloschistales, jamur membentuk lumut; ditemukan di bebatuan yang dekat dengan laut; termasuk lumut laut oranye dan lumut pantai (sisik kuning); termasuk dalam subkelas Lecanoromycetidae; contoh genus termasuk Caloplaca, Teloschistes, dan Xanthoria.
  - e) Ordo Agyriales, jamur membentuk lumut; termasuk dalam subkelas Ostropomycetidae; contoh genus antara lain Agyrium, Placopsis, Trapelia, dan Trapeliopsis.
  - f) Ordo Baeomycetales, jamur membentuk lumut, ascomata bertangkai atau sesil; termasuk lumut topi; termasuk dalam subkelas Ostropomycetidae; contoh genus antara lain Baeomyces.
  - g) Ordo Ostropales, jamur membentuk lumut, apotaksis dapat berupa capitate-stipitate atau

sessile turbinate; termasuk lumut lesung pipit, lumut gomphillus, dan lumut aksara biasa; termasuk dalam subkelas Ostropomycetidae; contoh genus antara lain Ostropa, Stictis, Gyalecta, Gomphillus, Graphis, Odontotrema, Porina, dan Thelotrema.

- h) Ordo Umbilicariales, jamur membentuk lumut, tumbuh di bebatuan; thallus sering kali berdaun dan melekat pada substrat dengan umbilikus; contoh genus termasuk Lasallia dan Umbilicaria.
  - i) Ordo Pertusariales, jamur membentuk lumut; tumbuh di bebatuan, lumut, dan kulit kayu; ascocarps mungkin tidak ada; termasuk dalam subkelas Ostropomycetidae; contoh genus termasuk Coccotrema, Icmadophila, Ochrolechia, dan Pertusaria.
  - j) Ordo Candelariales (*incertae sedis*; tidak dimasukkan ke dalam subkelas mana pun) , jamur membentuk lumut; umumnya tumbuh di bebatuan dan semak belukar; thallus berwarna kuning hingga oranye; sebagian besar nitrofil; contoh genus antara lain Candelaria dan Candelariella.
- 6) Kelas Leotiomyces, jamur bersifat parasit pada tanaman, terutama buah-buahan; berdinding tipis, askus tidak bersekat, umumnya dengan cincin apikal amiloid; termasuk jamur *mildews*; terdiri atas 5 ordo.
- a) Ordo Cyttariales, jamur bersifat parasit pada tanaman, askokarp berbentuk bulat, contoh genus termasuk Cyttaria.
  - b) Ordo Erysiphales, parasit pada tanaman; askospora atau konidia berkecambah pada daun dan batang; miselium bersekat-sekat, bercabang-cabang; contoh genus antara lain Erysiphe, Blumeria, dan Uncinula.

- c) Ordo Helotiales, patogen pada tanaman, bersifat saprofit, endofit, mikoriza, mikoparasit, atau bersimbiosis pada akar; konidia tidak bersekat dengan hifa yang berbeda; contoh genus antara lain *Dactylella*, *Hymenoscyphus*, dan *Ascocoryne*.
  - d) Ordo Rhytismatales, patogen pada tanaman; askospora panjang dan tipis, memiliki cincin apikal, dan berkembang dalam jaringan inang; contoh genus antara lain *Rhytisma*, *Lophodermium*, dan *Cudonia*
  - e) Ordo Thelebolales, termasuk jamur *Coprophilus* (tumbuh di atas kotoran); askomata kecil, berbentuk cakram hingga bulat; mungkin memiliki askospora; contoh genus antara lain *Thelebolus*, *Coprotus*, dan *Ascozonus*.
- 7) Kelas Lichinomycetes, terdiri atas 1 ordo saja :  
Ordo Lichinales, jamur membentuk lumut; askus dapat berupa lecanoralean atau prototunicate; contoh genus termasuk *Heppia*, *Lichina*, dan *Peltula*.
- 8) Kelas Orbiliomycetes, jamur bersifat parasit atau saprofit, banyak ditemukan pada kulit kayu; termasuk beberapa jamur cawan; terdiri dari 1 ordo saja :  
Ordo Orbiliales, jamur bersifat parasit pada nematoda, tidak membentuk lumut; askus tidak berumah dua, dapat bercabang dua dan memiliki tangkai yang lentur, contoh genus termasuk *Orbilia* dan *Hyalorbilia*.
- 9) Kelas Pezizomycetes, jamur saprofit pada kayu, tanah, atau kotoran; askus bersekat, terdiri atas 1 ordo saja :  
Ordo Pezizales, contoh genus antara lain *Peziza*, *Glaziella*, *Morchella*, *Pyronema*, *Terfezia*, dan *Tuber*.
- 10) Kelas Sordariomycetes, jamur bersifat patogen pada tanaman, menyebabkan pembentukan sariawan, beberapa bersifat saprotrofik; askomata

biasanya perithecial dengan ostiolus yang menonjol, termasuk subkelas Hypocreomycetidae, Sordariomycetidae, dan Xylariomycetidae; terdiri atas 19 ordo :

- a) Ordo Coronophorales, contoh genus diantaranya adalah Nitschkia, Scortechinia, Bertia, dan Chaetosphaerella.
- b) Ordo Hypocreales, contoh genus diantaranya adalah Hypocrea, Nectria, Cordyceps, Claviceps, dan Niesslia.
- c) Ordo Melanosporales, contoh genus adalah Melanospora.
- d) Ordo Microascales, contoh genus termasuk Microascus, Petriella, Halosphaeria, Lignincola, dan Nimbospora.
- e) Ordo Boliniales, contoh genus antara lain Camarops dan Apiocamarops.
- f) Ordo Calosphaeriales, contoh genus diantaranya Calosphaeria, Togniniella, dan Pleurostoma.
- g) Ordo Chaetosphaeriales, contoh genus antara lain Chaetosphaeria, Melanochaeta, Zignoëlla, dan Striatosphaeria.
- h) Ordo Coniochaetales, contoh genus antara lain Coniochaeta dan Coniochaetidium.
- i) Ordo Diaporthales, contoh genera antara lain Diaporthe, Gnomonia, Cryphonectria, dan Valsa.
- j) Ordo Ophiostomatales, contoh genera antara lain Ophiostoma dan Fragosphaeria.
- k) Ordo Sordariales, terutama saprofit di tanah dan kotoran; ascomata soliter dan perithecial; termasuk spesies yang biasa digunakan dalam penelitian genetika; termasuk dalam subkelas Sordariomycetidae; contoh genera antara lain Sordaria, Podospora, Neurospora, Lasiosphaeria, dan Chaetomium.

- l) Ordo Xylariales, Saprotofik; askus tidak bersekat; beberapa dengan konidia putih; termasuk dalam subkelas Xylariomycetidae; contoh marga antara lain Xylaria, Hypoxylon, Anthostomella, Diatrype, dan Graphostroma.
- m) Ordo Lulworthiales (*incertae sedis*; tidak ditempatkan di subkelas mana pun) contoh genus termasuk Lulworthia dan Lindra.
- n) Ordo Meliolales (*incertae sedis*; tidak ditempatkan di subkelas mana pun), Hidup pada organisme lain (biotrof) di daerah tropis; miselium gelap, dangkal, biasanya memiliki pelengkap (hifa atau setae); askus pada lapisan basal dalam perithecia ostiolate tanpa pelengkap; contoh genus antara lain Meliola.
- o) Ordo Phyllachorales (*incertae sedis*; tidak ditempatkan di subkelas mana pun), Parasit pada tumbuhan dan saprofit pada tumbuhan rawa asin; beberapa menghasilkan perithecia yang terlindung di dalam stroma, yang lain tidak menghasilkan stroma; contoh genus adalah Phyllachora.
- p) Ordo Trichosphaeriales (*incertae sedis*; tidak ditempatkan di subkelas mana pun) Patogen pada tanaman, saprotofik pada kayu; ascomata bulat, gelap, dan dangkal, beberapa menghasilkan spora muriform (berbentuk batu bata); contoh genus adalah Trichosphaeria.
- q) Pezizomycotina (*incertae sedis*; tidak ditempatkan dalam kelas apa pun), terdiri atas 3 ordo :
  - Ordo Lahmiales, jamur patogen pada pohon, terutama aspen; contoh genus adalah Lahmia.
  - Ordo Medeolariales, contoh adalah Medeolaria.

- Ordo Triblidiales, contoh genus adalah Huangshania, Pseudographis, dan Triblidium.

## 6.8 Filum Basidiomycota.

Filum Basidiomycota merupakan filum dengan jumlah kelompok jamur dengan anggota paling banyak, mulai dari cendawan/mushrooms, jamur karat (*rusts*), jamur lendir (*smuts*), jamur gel (*jelly fungi*), jamur tongkat (*club fungi*), jamur karang (*coral*), jamur susun (*shelf fungi*), *puffballs*, *stinkhorns*, hingga jamur sarang-burung (*bird's-nest fungi*). Basidiomycota memiliki ciri umum berupa bersifat parasit atau saprofit pada tanaman atau serangga; berserabut; hifa bersepta, dengan septa biasanya menggembung (dolipore) dan berlubang di bagian tengah; miselium terdiri atas dua jenis: primer yang terdiri dari sel-sel yang tidak berinti, digantikan oleh sekunder yang terdiri dari sel-sel dikariotik, sering kali memiliki sambungan penjepit seperti jembatan di atas septa; reproduksi aseksual dengan fragmentasi, oidia (sel hifa yang berdinding tipis, bebas, dan berperilaku sebagai spora), atau konidia; reproduksi seksual dengan fusi hifa (somatogami), fusi oidium dengan hifa (oidisasi), atau fusi spermatozoa (struktur jantan nonmotil yang mengosongkan isinya ke dalam struktur betina reseptif selama plasmogami) dengan hifa reseptif yang terspesialisasi (spermatisasi), menghasilkan hifa dikariotik yang pada akhirnya menghasilkan basidia, baik secara tunggal di hifa atau dalam berbagai bentuk basidiospora (juga disebut basidiomata).

1. Subfilum Pucciniomycotina, jamur bersifat patogen pada tanaman terrestrial; terdiri atas 8 kelas :
  - a. Kelas Pucciniomycotina, terdiri atas 5 ordo :
    - 1) Ordo Septobasidiales, parasit pada tanaman, beberapa anggota parasit pada atau bersimbiosis dengan serangga Homoptera; basidiospora berkecambah pada serangga, dengan haustoria yang melingkar di dalam serangga; contoh genus termasuk Septobasidium dan Auriculoscypha.

- 2) Ordo Pachnocybales, parasit pada tanaman; basidiospora tidak berinti; konidia tunggal; dinding sel hifa pecah saat percabangan; contoh genus termasuk Pachnocybe.
  - 3) Ordo Helicobasidiales, contoh genus Helicobasidium dan Tuberculina.
  - 4) Ordo Platygloaeales, contoh genus Platygloea dan Eocronartium.
  - 5) Ordo Pucciniales, contoh genus Puccinia dan Uromyces.
- b. Kelas Cystobasidiomycetes, parasit pada tumbuhan; basidiomisetes bersepta sederhana; terdiri atas 3 ordo :
- 1) Ordo Cystobasidiales, contoh genus Cystobasidium, Occultifur, dan Rhodotorula.
  - 2) Ordo Erythrobasidiales, contoh genus termasuk Erythrobasidium, Sporobolomyces, dan Bannoa.
  - 3) Ordo Naohideales, contoh genus adalah Naohidea.
- c. Kelas Agaricostilbomycetes, terdiri atas 2 ordo :
- 1) Ordo Agaricostilbales, contoh genus Agaricostilbum dan Chionosphaera.
  - 2) Ordo Spiculogloaeales, contoh genus Mycogloea dan Spiculogloea.
- d. Kelas Microbotryomycetes, patogen pada tanaman, beberapa bersifat mikoparasit; termasuk beberapa ragi; terdiri dari 4 ordo :
- 1) Ordo Heterogastridiales, contoh genus Heterogastridium.
  - 2) Ordo Microbotryales, contoh genus Microbotryum dan Ustilentyloma.
  - 3) Ordo Leucosporidiales, contoh genus Leucosporidiella, Leucosporidium, dan Mastigobasidium.
  - 4) Ordo Sporidiales, contoh genus termasuk Sporidiobolus dan Rhodosporidium.
- e. Kelas Atractiellomycetes, terdiri atas 1 ordo saja :
- Ordo Atractiellales, contoh genus Atractiella, Saccoblastia, Helicogloea, dan Phleogena.

- f. Kelas *Classiculomycetes*, terdiri atas 1 ordo saja :  
Ordo *Classiculales*, contoh genera *Classicula* dan *Jaculispora*
  - g. Kelas *Mixiomycetes*, terdiri atas 1 ordo saja :  
Ordo *Mixiales*, Parasit terutama pada pakis; khamir blastospora; contoh genus adalah *Mixia*.
  - h. Kelas *Cryptomycocolacomycetes*, terdiri atas 1 ordo saja:  
Ordo *Cryptomycocolacales*, Parasit pada serangga seperti kumbang kulit kayu, beberapa bersifat mikoparasit; terkadang menyatu dengan sel inang menggunakan pori kecil pada kolakosom; contoh marga adalah *Cryptomycocolax* dan *Colacosiphon*.
2. Subfilum *Ustilaginomycotina*, jamur bersifat parasit pada tumbuhan sebagai hifa dikariotik; fase ragi haploid bersifat saprofit; terdiri dari 2 kelas :
- a. Kelas *Ustilaginomycetes*, jamur bersifat parasit (fase dikariotik) dan saprotrof (fase haploid); termasuk jamur lendir; terdiri dari 3 ordo :
    - 1) Ordo *Urocystales*, Parasit pada tanaman seperti panah, menyebabkan penyakit lepuh, miselia dapat membentuk kelompok padat pada daun dan tangkai daun (tangkai daun); contoh genus *Urocystis*, *Ustacystis*, dan *Doassansiopsis*.
    - 2) Ordo *Ustilaginales*, Parasit pada tanaman, menyebabkan penyakit busuk pada banyak biji-bijian sereal, termasuk jagung, dan beras; contoh genus *Ustilago* dan *Cintractia*.
  - b. Kelas *Exobasidiomycetes*, jamur patogen pada tanaman; termasuk jamur lendir; terdiri dari 7 ordo :
    - 1) Ordo *Doassansiales*, contoh genus *Doassansia*, *Rhamphospora*, dan *Nannfeldtiomyces*.
    - 2) Ordo *Entilomatales*, Parasit dan patogen pada tanaman, menyebabkan penyakit hawar daun padi dan hawar daun dahlia; membentuk balistospora; contoh genus *Entyloma* dan *Tilletiopsis*.

- 3) Ordo Exobasidiales, contoh genus *Exobasidium*, *Climacodon*, dan *Dicellomyces*.
  - 4) Ordo *Geoglossales*, contoh genus *Geoglossa*, *Phragmotelia*, *Tilletia*, dan *Tilletiopsis*.
  - 5) Ordo *Malasseziales*, jamur bersimbiosis pada kulit hewan tetapi dapat menjadi patogen, terutama menyerang anjing dan kucing, contoh genus adalah *Malassezia*.
  - 6) Ordo *Microstromatales*, contoh genus *Microstroma*, *Sympodiomyces*, dan *Volvocisporium*.
  - 7) Ordo *Tilletiales*, Parasit pada rumput-rumputan (famili *Poaceae*); pembentuk ballistospore; basidiospore primer dapat berkonjugasi, membentuk dikaryon yang mampu menginfeksi inang; contoh genus *Tilletia*, *Conidiosporomyces*, dan *Erratomyces*.
3. Subfilum *Agaricomycotina*, jamur parasit atau bersimbiosis pada tumbuhan, hewan, dan cendawan lain, beberapa bersifat saprofit atau mikoriza; basidia mungkin tidak terbagi atau memiliki septa melintang atau memanjang; termasuk cendawan/mushroom, jamur kurung, puffballs, terdiri atas 3 kelas :
- a. Kelas *Tremellomycetes*, terdiri atas 3 ordo :
    - 1) Ordo *Cystofilobasidiales*, contoh genus *Cystofilobasidium*, *Mrakia*, dan *Itersonilia*.
    - 2) Ordo *Filobasidiales*, contoh genus termasuk *Filobasidiella* dan *Cryptococcus*.
    - 3) Ordo *Tremellales*, contoh genus diantaranya *Tremella*, *Trichosporon*, dan *Christiansenia*.
  - b. Kelas *Dacrymycetes*, terdiri atas 1 ordo saja :  
Ordo *Dacrymycetales*, contoh genus *Dacrymyces*, *Calocera*, dan *Guepinopsis*.
  - c. Kelas *Agaricomycetes*, kelompok jamur bersifat parasit, patogen, simbiotik, atau saprotrofik; sebagian besar terestrial, dengan sedikit anggota akuatik; termasuk

subkelas Agaricomycetidae dan Phallomycetidae; terdiri atas 17 ordo :

- 1) Ordo Agaricales, Sebagian besar bersifat saprofit, sebagian bersifat parasit pada tanaman (menyebabkan busuk akar), sebagian lagi bersifat mikoriza; basidia diproduksi berlapis-lapis (hymenia) di bagian bawah tubuh buah yang berdaging (basidiokarp), di dalam tabung (bolet), atau pada insang (jamur); termasuk jamur topi tinta dan beberapa spesies bintang tanah dan puffballs dalam keluarga Lycoperdaceae; termasuk dalam subkelas Agaricomycetidae; contoh genus Agaricus, Armillaria, Coprinus, dan Pleurotus.
- 2) Ordo Atheliales, contoh genus Athelia, Piloderma, dan Tylospora.
- 3) Ordo Boletales, contoh genus Boletus, Scleroderma, Coniophora, dan Rhizopogon
- 4) Ordo Gomphales, contoh genus Gomphus, Gautieria, dan Ramaria.
- 5) Ordo Hysterangiales, contoh genus Hysterangium, Phallo-gaster, Gallacea, dan Austrogautieria.
- 6) Ordo Phallales, contoh genus Phallus, Clathrus, dan Claustula.
- 7) Ordo Auriculariales (*incertae sedis*; tidak dimasukkan ke dalam subkelas mana pun), contoh genus Auricularia, Exidia, dan Bourdotia.
- 8) Ordo Cantharellales (*incertae sedis*; tidak ditempatkan di subkelas mana pun) contoh genus Cantharellus, Botryobasidium, Craterellus, dan Tulasnella.
- 9) Ordo Corticiales (*incertae sedis*; tidak ditempatkan di subkelas mana pun), contoh genus Corticium, Vuilleminia, dan Punctularia.
- 10) Ordo Gloeophyllales (*incertae sedis*; tidak dimasukkan ke dalam subkelas manapun) contoh genus Gloeophyllum, Neolentinus, dan Veluticeps.

- 11) Ordo Hymenochaetales (*incertae sedis*; tidak ditempatkan di subkelas mana pun); contoh genus Hymenochaete, Phellinus, dan Trichaptum.
- 12) Ordo Polyporales (*incertae sedis*; tidak ditempatkan di subkelas mana pun) contoh genus Polyporus, Fomitopsis, dan Phanerochaete.
- 13) Ordo Russulales (*incertae sedis*; tidak ditempatkan di subkelas mana pun), contoh genus Russula, Aleurodiscus, Bondarzewia, Hericium, Peniophora, dan Stereum.
- 14) Ordo Sebaciniales (*incertae sedis*; tidak ditempatkan di subkelas mana pun), Bersimbiosis dengan tanaman, beberapa membentuk asosiasi mikoriza; membentuk jaringan hifa pada dan di dalam akar; kladospora dihasilkan di dalam sel akar atau di permukaan akar; contoh genus Sebacina, Tremellodendron, dan Piriformospora.
- 15) Ordo Thelephorales (*incertae sedis*; tidak ditempatkan di subkelas mana pun), contoh genus Thelephora, Bankera, dan Polyozellus.
- 16) Ordo Trechisporales (*incertae sedis*; tidak dimasukkan ke dalam subordo mana pun), contoh genus Trechispora, Sistotremastrum, dan Porpomyces.
- 17) Basidiomycota (*incertae sedis*; termasuk basidiomycota yang tidak ditempatkan dalam subfilum; terdiri dari 2 kelas.
- 18) Kelas Wallemiomycetes, terdiri dari 1 ordo saja :
  - Ordo Wallemiales, bersifat patogen pada manusia, mengandung alergen yang diketahui; ditemukan di tanah, jerami, dan tekstil; spora biasanya berwarna coklat dan terbentuk dalam rantai; contoh genus adalah Wallemia.
  - Kelas Entorrhizomycetes, bersifat patogen atau saprofit pada akar tanaman; terdiri dari 1 ordo.
  - Ordo Entorrhizales, bersifat patogenik atau saprotrofik; hifa menjepit; terdapat dolipore

dan parenthesome; mengandung satu-satunya jamur lendir yang menyebabkan pembentukan empedu pada akar; contoh genus adalah Entorrhiza.

## DAFTAR PUSTAKA

- Lücking, R., Aime, M.C., Robbertse, B. et al. Fungal taxonomy and sequence-based nomenclature. *Nat Microbiol* 6, 540–548 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41564-021-00888-x>
- Naranjo-Ortiz, M.A. and Gabaldón, T. (2019), Fungal evolution: diversity, taxonomy and phylogeny of the Fungi. *Biol Rev*, 94: 2101-2137. <https://doi.org/10.1111/brv.12550>
- Putra, Ivan. (2021). Panduan Karakterisasi Jamur Makroskopik Di Indonesia: Bagian 1 -Deskripsi Ciri Makroskopis (*Guide for Indonesian Macroscopic fungi Characterization: Part I - Description of Macroscopic Characteristics*). Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea. 10. 25-37. 10.18330/jwallacea.2021.vol10iss1pp25-37.
- Salah, Mariam (2020) The NHBS Guide to Fungi Identification. Available at <https://www.nhbs.com/blog/the-nhbs-guide-to-fungi-identification>.
- Sastrahidayat, Rochdjatu. (2011). Ilmu Jamur (Mikologi). Universitas Brawijaya Press. Malang.
- Yani, Suryani., Cahyanto, Tri. (2022). Pengantar Jamur Mikroskopis. Gunung Djati Publishing. Kampus UIN Sunan Gunung Djati. Bandung.
- Zhou LW, May TW. Fungal taxonomy: current status and research agendas for the interdisciplinary and globalisation era. *Mycology*. 2022 Jul 25;14(1):52-59. doi: 10.1080/21501203.2022.2103194. PMID: 36816771; PMCID: PMC9930751.
- Putra, Ivan. (2021). Panduan Karakterisasi Jamur Makroskopik Di Indonesia: Bagian 1 -Deskripsi Ciri Makroskopis (*Guide for Indonesian Macroscopic fungi Characterization: Part I - Description of Macroscopic Characteristics*). Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea. 10. 25-37. 10.18330/jwallacea.2021.vol10iss1pp25-37.



# BAB 7

## JENIS-JENIS JAMUR

*Oleh Anik Kusmiatun*

### 7.1 Pendahuluan

Jamur adalah organisme eukariotik dimana organel selnya terikat membran dan inti yang jelas. Secara historis, pada awalnya jamur termasuk dalam Kingdom Plantae (tumbuhan). Namun, karena jamur tidak memiliki klorofil dan komponen dinding sel dan membran selnya berbeda dengan tumbuhan, maka jamur dipisahkan dari tumbuhan menjadi kelompok tersendiri yaitu Kingdom Fungi. Selain itu, jamur dibedakan dari semua organisme hidup lainnya berdasarkan cara pertumbuhan dan cara jamur memperoleh asupan nutrisi. Jamur multiseluler tumbuh dari ujung filamen (hifa) yang membentuk tubuh organisme (miselia). Struktur penyusun dinding sel jamur terbuat dari kitin.

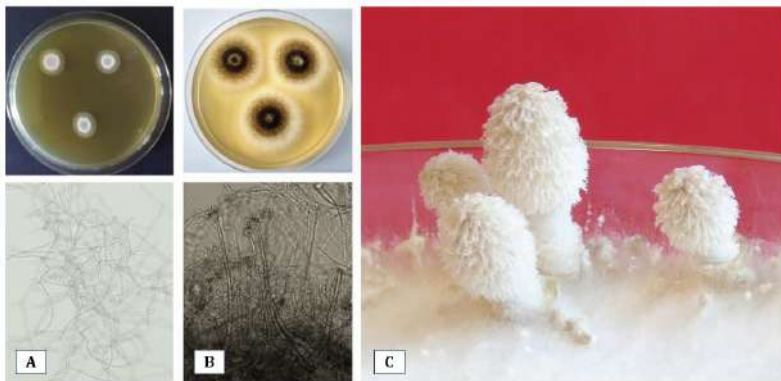
Jamur adalah komponen keanekaragaman hayati dan berperan penting dalam proses ekosistem termasuk siklus energi, remediasi dan siklus bahan organik (misalnya, karbon, nitrogen, fosfor, dan air), serta membantu dalam pembentukan mineral di dalam tanah (Averill *et al.*, 2014; Rusterholz *et al.*, 2023). Jamur memperoleh asupan nutrisi untuk pertumbuhannya dengan cara mencerna bahan organik secara eksternal sebelum menyerapnya ke dalam miselia. Jenis jamur yang banyak berperan dalam siklus energi dan degradasi bahan organik, yaitu *Sordariomycetes*, *Leotiomycetes*, *Archaeosporomycetes*, dan *Agaricomycetes* (Liu *et al.*, 2023).

Cara hidup jamur ada yang saprofit, simbiosis mutualisme, dan simbiosis parasitisme. Jamur yang hidup dengan cara saprofit memperoleh nutrisi dengan menguraikan organisme yang sudah mati, misalnya kayu yang sudah lapuk, serasah daun, atau bagian dari tumbuhan yang sudah mati (Wahyudi *et al.*, 2016). Jamur juga dapat melakukan simbiosis

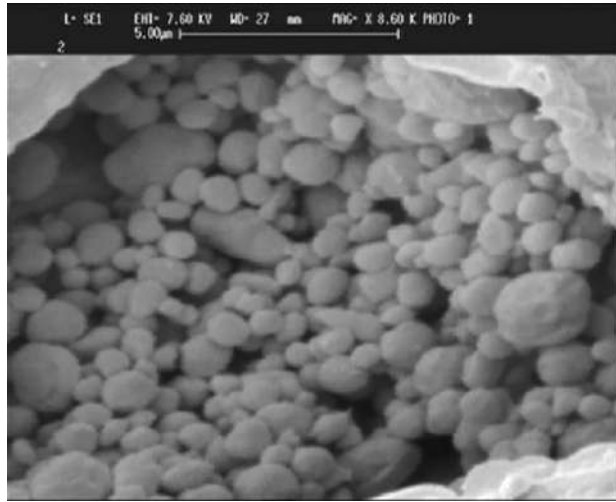
mutualisme dengan organisme lain, misalnya jamur Mikoriza yang tumbuh pada akar tanaman membantu dalam penyerapan air dan tumbuhan akan memberikan hasil fotosintesis kepada jamur (Bagyaraj, 2014). Ada beberapa jenis jamur yang sifatnya parasit, yaitu jamur yang menyerap nutrisi dari tubuh inangnya dan merugikan bagi inang (Ilicic & Grossart, 2022; Gao *et al.*, 2023)

## 7.2 Jamur Uniseluler dan Multiseluler

Struktur jamur ada yang tersusun atas satu sel (uniseluler) dan ada juga yang banyak sel (multiseluler). Struktur jamur multiseluler terdiri atas miselium (Gambar 7.1), sedangkan jamur uniseluler misalnya khamir/ragi/yeast tidak membentuk miselium. Contoh jamur uniseluler yang termasuk ke dalam kelompok ragi (*yeast*), yaitu *Saccharomyces cerevisiae* dan *Candida albicans*. Ragi *Saccharomyces cerevisiae* adalah jamur uniseluler yang membelah secara asexual dengan tunas atau fisi (Gambar 7.2). Jamur *S. cerevisiae* banyak dimanfaatkan untuk industri makanan dan minuman, produksi bioetanol karena jamur ini dapat melakukan fermentasi (Parapouli *et al.*, 2020).

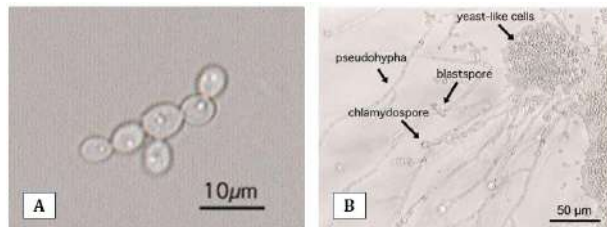


**Gambar 7.1.** Contoh jamur multiseluler: (A) Miselium vegetatif jamur *Aspergillus niger*, (B) Pembentukan konidia *Aspergillus niger*, (C) Pembentukan kompleks multiseluler (tubuh buah jamur *Coprinopsis cinerea*)  
(Sumber: Nagy *et al.*, 2020)



**Gambar 7.2.** *Saccharomyces cerevisiae* pada *Scanning Electron Microscopy* (SEM)  
(Sumber: Salari & Salari, 2017)

*Candida albicans* adalah yeast patogen oportunistik yang dapat menyebabkan infeksi *candidiasis* pada manusia jika kondisi imunitas manusia mulai menurun. Plak yang terbentuk pada bagian tubuh yang terinfeksi adalah biofilm yang dibentuk oleh *C. albicans* untuk melindungi dirinya sendiri. Untuk membentuk biofilm, sel ragi pertama-tama melekat pada permukaan sel inang (Gambar 7.3). Setelah melekat, sel ragi tumbuh dan membelah, membentuk sekelompok kecil sel ragi. Sel-sel di bagian luar plak hifa beralih tumbuh sebagai hifa, yang melindungi sel-sel ragi di bawahnya.



**Gambar 7.3.** Struktur *Candida albicans*: (A) sel yeast *Candida albicans*, (B) *Candida albicans* mulai membentuk biofilm  
(Sumber: Roehl, 2016)

Jenis-jenis jamur berdasarkan ukurannya ada dua, yaitu jamur mikroskopis dan makroskopis. Jamur mikroskopis adalah jenis jamur yang berukuran sangat kecil dan hanya dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop. Jamur makroskopis adalah jamur yang memiliki tubuh buah, berukuran besar, bentuknya jelas, serta dapat langsung dilihat dengan mata tanpa harus menggunakan mikroskop. Jamur makroskopis bisa dengan mudah dikenali karena memiliki tubuh buah yang bentuknya beraneka ragam (Gambar 7.4).



**Gambar 7.4.** Bentuk umum tubuh buah jamur: (A) Bertangkai-bertudung-berlamela, (B) Bertangkai-bertudung-berpori, (C) Selapis melekat pada substrat (resupinate/crustlike), (D) Bulat-lonjong-bertangkai semu/tidak bertangkai, (E) Berbentuk mangkuk, (F) Memiliki jala/tudung pengantin, (G) Berbentuk bintang, (H) Tubuh buah keras, (I) Bergelatin/jeli, (J) Berbentuk koral, (K) Berbentuk mangkuk dengan peridiol di dalamnya (Sumber: Putra, 2020)

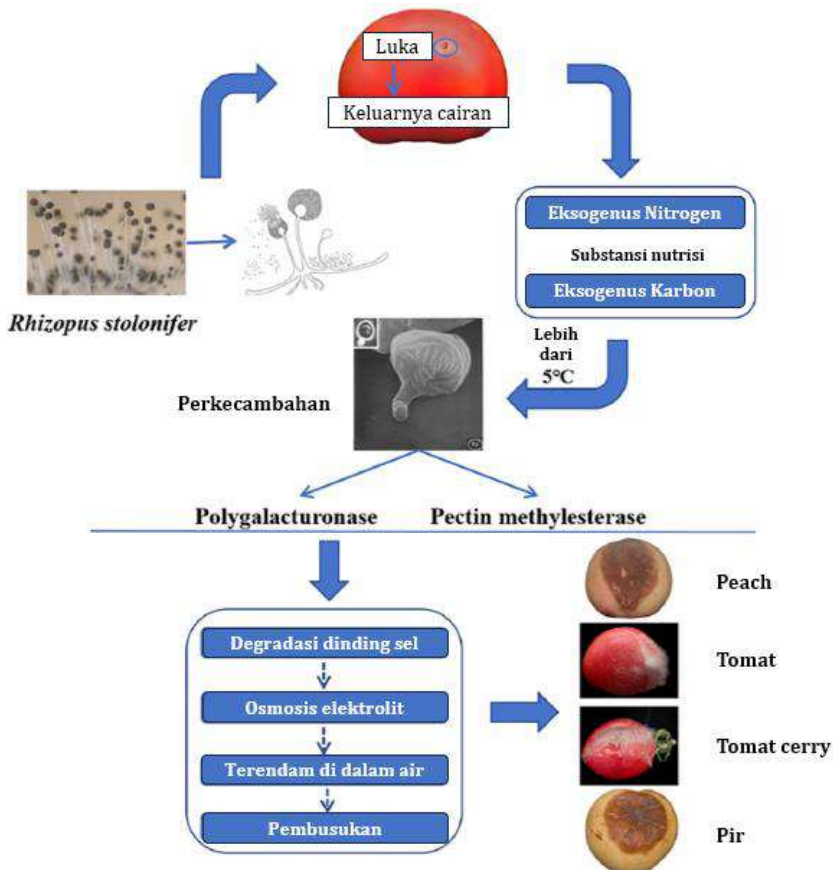
Jenis-jenis jamur berdasarkan spora seksual yang dihasilkan dikelompokkan menjadi empat Filum, yaitu Zygomycota, Ascomycota, Basidiomycota, dan Deuteromycota.

## 7.2 Jamur Zygomycota

Ciri-ciri jamur Zygomycota adalah sebagai berikut:

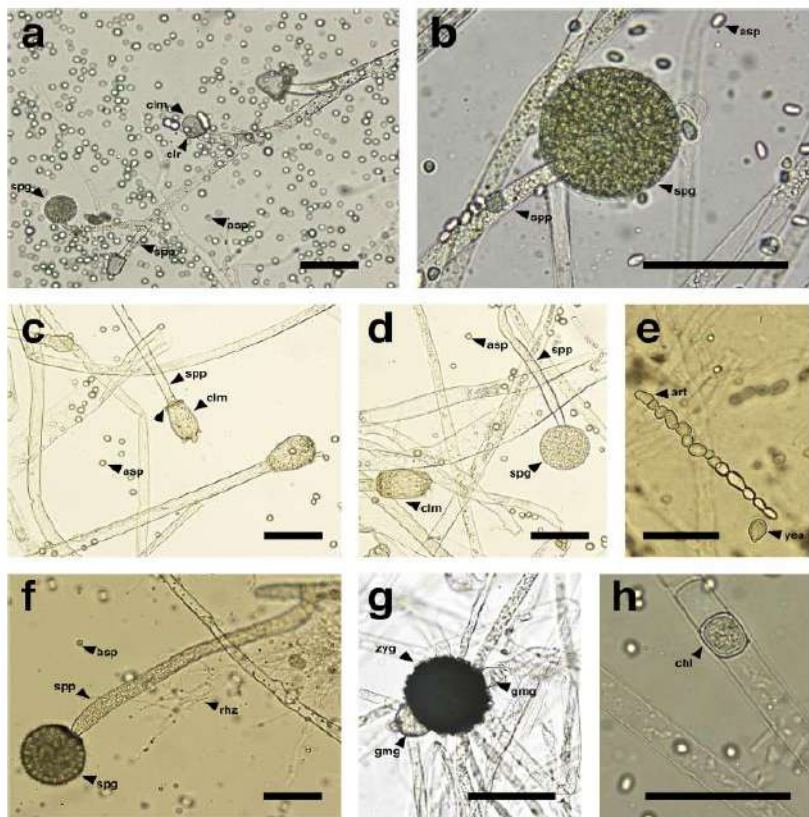
1. Hifanya tidak bersekat, memiliki beberapa inti sel (senositik);
2. Berkembangbiak secara seksual dengan membentuk zigospora;
3. Berkembangbiak secara aseksual atau vegetatif dengan membentuk sporangiospora.

Talus Zygomycota adalah haploid, dinding sel hifa tersusun dari kitin dan kitosan. Reproduksi vegetatif pada zygomycetes menghasilkan spora nonmotil yang disebut sporangiospora. Jamur ini bersifat saprofit atau patogen lemah yang dapat menyebabkan jamur pada saat pascapanen dan busuk lunak. Proses penyakit busuk lunak dimulai ketika sporangiospora di udara, menembus luka di berbagai bagian tanaman (Gambar 7.5). Enzim selulase dan pektinase, yang diproduksi oleh jamur, menurunkan lamella tengah dan dinding sel jaringan tanaman, menyebabkan busuk yang lembut dan berair. Nutrisi yang dilepaskan digunakan oleh jamur untuk menghasilkan miselium yang terdiri dari hifa jamur. Akhirnya, kelembaban hilang dari jaringan yang terdegradasi, yang menjadi keras dan seperti mumi.



**Gambar 7.5.** Mekanisme infeksi *Rhizopus stolonifer* penyebab busuk pada buah  
(Sumber: Liu *et al.*, 2024)

Beberapa spesies *Mucor* merupakan jenis jamur yang termasuk kelompok Zygomycota (Gambar 8.6). Beberapa spesies *Mucor* patogen tertentu merupakan ancaman bagi kesehatan hewan dan manusia dan diidentifikasi lebih sering sebagai agen penyebab mikosis, terutama pada pasien dengan imunitas yang rendah. Sebaliknya, ada beberapa spesies *Mucor* telah digunakan selama berabad-abad dalam pembuatan makanan untuk pematangan keju atau produksi makanan fermentasi.



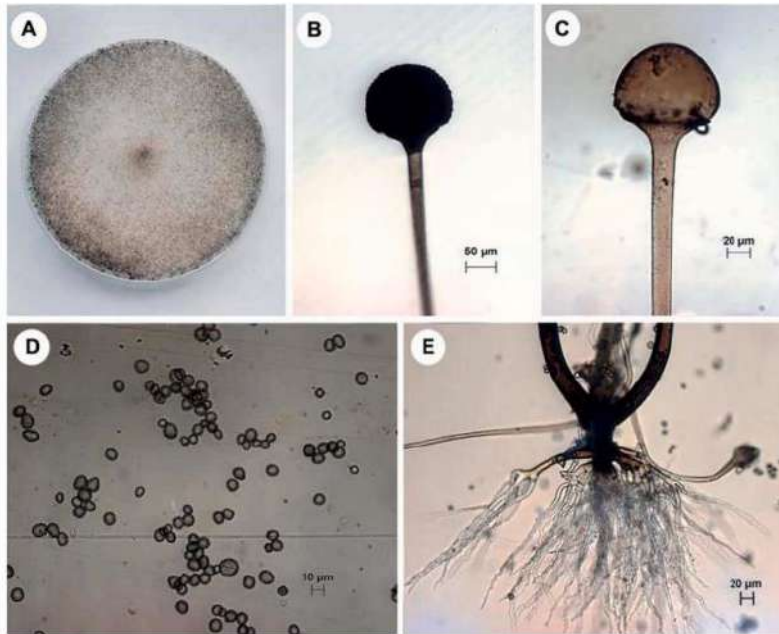
Keterangan:

art=artospora; asp = spora aseksual; chl=klamidospora;  
clm=columella; clr=collar; gmg=gametangium; rhz=rhizoid;  
spg=sporangium; spp=sporangiofor; yea=bentuk yeast;  
zyg=zygospora. Ukuran skala=50 mm.

**Gambar 7.6.** Karakter morfologi *Mucor*: a. *Mucor circinelloides*, b. *Mucor hiemalis*, c-d. *Mucor spinosus*, e. *Mucor circinelloides*, f. *Zygospora Mucor hiemalis*, h. Klamidospora *Mucor racemosus*.  
(Sumber: Morin-Sardin *et al.*, 2017)

Contoh lain dari jamur Zygomycota adalah *Rizophus stolonifer* (Gambar 7.7). Meskipun *R. stolonifer* paling dikenal tumbuh pada roti, saprofit ini juga menyebabkan busuk lembut buah dan sayuran berdaging, umbi, bunga, dan biji. Talus terdiri

dari struktur hifa yang dikenal sebagai rizoid (cabang hifa pendek yang menyerupai akar), yang menembus substrat makanan, dan stolon (cabang hifa yang lebih panjang) yang melewati permukaan substratum. Jamur menghasilkan sporangiospora aseksual (mitospora) yang terbentuk pada ujung *columella* dari sporangiofor.



Keterangan:

- A. Pertumbuhan miselia pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA) setelah 48 jam inkubasi;
- B. Sporangium dan sporangiofor;
- C. *Columella*;
- D. Sporangiospora;
- E. Rhizoid dan stolon.

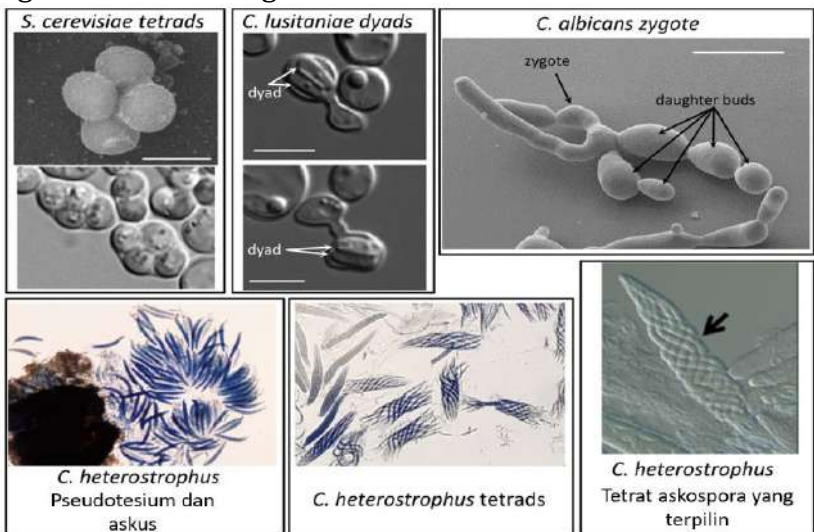
**Gambar 7.7.** Karakter morfologi *Rhizopus stolonifer*  
(Sumber: Kwon & Lee, 2006)

### 7.3 Jamur Ascomycota

Ciri-ciri jamur Ascomycota adalah sebagai berikut:

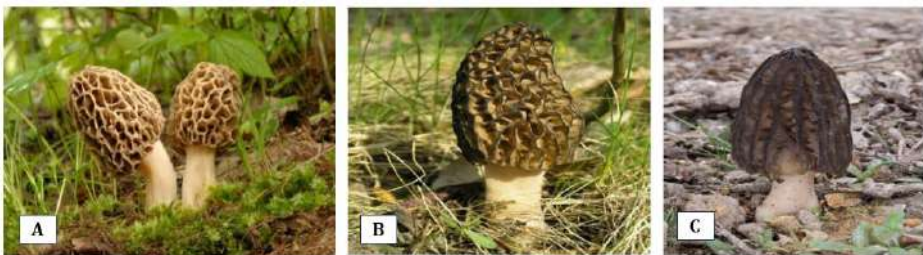
1. Hifanya bersekat, setiap sel hifanya memiliki satu inti sel;
2. Berkembangbiak secara seksual dengan membentuk askospora;
3. Berkembangbiak secara asexual dengan membentuk konidia.

Ascomycota adalah kelompok jamur terbesar dan paling beragam yang masih ada. Karakter utama dari kelompok ini adalah *ascus*, struktur seperti kantung tempat produksi askospora (Gambar 7.8). Ada tiga kelas utama anggota Ascomycota yang bersifat patogen, yaitu Saccharomycotina (contoh: *Saccharomyces* dan *Candida*), Taphrinomycotina (contoh: *Schizosaccharomyces pombe*), dan Pezizomycotina (contoh: *Eurotiomycetes*, *Dothideomycetes*, *Sordariomycetes*, dan *Leotiomycetes*). Sekitar 1/3 sampai 1/2 dari spesies Ascomycota bersimbiosis dengan ganggang atau cyanobacteria dalam bentuk *Lichen*, sementara semakin banyak genera, seperti *Morchella*, *Helvella*, dan *Leotia*, ditemukan membentuk ektomikoriza dengan tanaman inang.



**Gambar 7.8.** Jamur Ascomycota saat reproduksi seksual  
(Sumber: Bennett & Turgeon, 2016)

*Morchella esculenta* adalah genus jamur yang dapat dimakan juga dikenal sebagai Guchi, jamur morel, morel kuning, dan morel spons. Morel adalah salah satu yang paling spesies jamur liar yang penting dan bermanfaat secara ekonomi (Gambar 7.9). Secara alami Morel tumbuh di perbukitan pada ketinggian 2500-3500 m di habitat hutan dengan lingkungan dingin. Morel mengandung karbohidrat, protein, serat, semua vitamin penting, mineral dan senyawa aromatik. Karena rasa, rasa, dan teksturnya yang unik, ia digunakan dalam resep masakan yang berbeda di seluruh dunia. Morel memiliki sifat farmakologis, yang meliputi: sifat antioksidan, antitumor, antimikroba dan anti-inflamasi, juga bertindak sebagai stimulan kekebalan karena adanya berbagai senyawa aktif. Morel bisa beracun jika dimakan mentah dan menghasilkan begitu banyak reaksi merugikan jika penggunaanya tidak tepat.



**Gambar 7.9.** Jenis-jenis Morel: A. *Morchella esculenta*, B. *Morchella conica*, C. *Morchella elata*  
(Sumber: Raman *et al.*, 2018)

#### 7.4 Jamur Basidiomycota

Ciri-ciri jamur Basidiomycota antara lain:

1. Hifanya bersekat, setiap sel hifanya memiliki satu inti sel;
2. Berkembangbiak secara seksual dengan membentuk basidiospora yang dihasilkan di dalam basidium;
3. Berkembangbiak secara aseksual dengan membentuk konidia.



**Gambar 7.10.** Jenis jamur Basidiomycota: A. *Maramius candidus*, B. *Entoloma procerum*, C. *Mycena* sp., D. *Cyathus* sp., E. *Tremella fuciformis*, F. *Auricularia auricula*, G. *Marasmius haematocephalus*, H. *Lepiota* sp., I. *Marasmius androsaceus*, J. *Ramariopsis kunzei*, K. *Schyzopylum commune*, L. *Lactarius gerardii* var. *Subrubasens*  
(Sumber: Amin *et al.*, 2019)

Basidiomycota adalah filum terbesar kedua dari Kingdom Fungi dan mengandung beragam jenis jamur. Dari perkiraan 2,2-3,8 juta spesies jamur di bumi, hampir 150.000 spesies yang telah dinamai sekarang, lebih dari 40.000 spesies tergolong kelompok Basidiomycota (Hawksworth and Lücking, 2017). Jamur Basidiomycota termasuk jenis jamur makroskopis karena memiliki tubuh buah (basidiokarp) yang besar. Basidiomycota adalah jenis jamur yang memiliki variasi bentuk, warna dan ukuran basidiokarpnya beragam (Gambar 7.10). Jamur Basidiomycota banyak tumbuh di lingkungan dengan kelembaban udara 76% dan suhu 29 °C (Amin *et al.*, 2019).



**Gambar 7.11.** Jamur yang bisa dikonsumsi manusia: (A) *Agaricus bisporus*, (B) *Pleurotus ostreatus*, (C) *Lentinula edodes*, (D) *Grifola frondosa*, (E) *Ganoderma lingzhi*, (F) *Hypsizus marmoreus*, (G) *Cantharellus cibarius*, (H) *Sparasis crispa*, (I) *Flammulina velutipes*

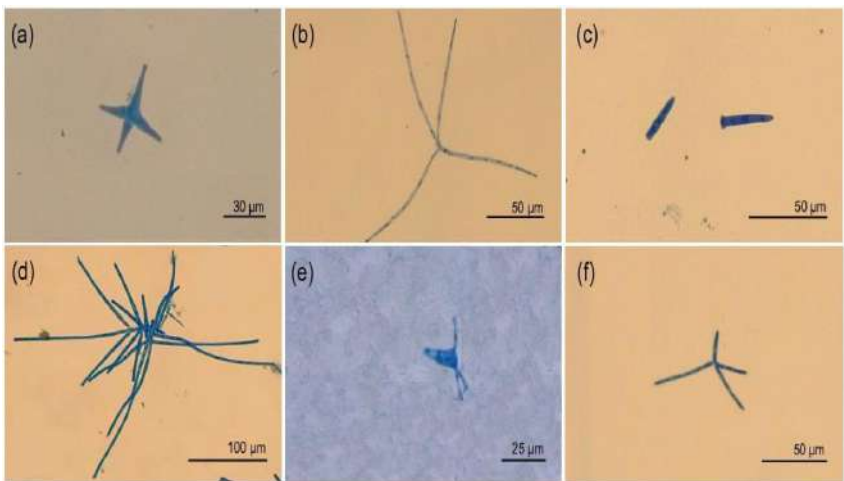
(Sumber: [www.commonswikimedia.org](http://www.commonswikimedia.org))

Beberapa jenis jamur dari kelompok Basidiomycota yang dikonsumsi oleh manusia (*edible mushrooms*) karena mengandung nutrisi yang baik bagi tubuh (Gambar 7.11). Kandungan nutrisi pada jamur antara lain protein, asam amino esensial, karbohidrat, lemak, vitamin, mineral, senyawa fenolic, terpenoid, alkaloid, dan triterpenoid (Rauf *et al.*, 2023). Selain itu, jamur juga bermanfaat bagi tubuh karena mengandung senyawa antioksidan, anti-kolesterol, anti-arterosklerotik, anti-iskemik, anti-hipertensi, dan anti-inflamasi (Galappaththi *et al.*, 2021).

## 7.5 Jamur Deuteromycota

Jamur Deuteromycota biasa disebut dengan jamur *imperfecti* atau jamur yang tidak sempurna karena belum

diketahui cara reproduksi seksualnya. Cara reproduksi aseksual jamur Deuteromycota yaitu membentuk konidia yang menghasilkan spora. Spora dari jenis jamur ini memiliki bentuk yang beragam (Gambar 7.12). Jamur ini memiliki struktur hifa bersekat, cara hidupnya ada yang saprofit dan parasit. Contoh jamur Deuteromycota yaitu Hyphomycetes. Hyphomycetes akuatik memainkan peran penting dalam dekomposisi detritus secara enzimatik, sehingga dapat meningkatkan palatabilitas dan kualitas gizi hasil perombakan sampah untuk invertebrata.



**Gambar 7.12.** Spora (struktur reproduksi) Hyphomycetes akuatik: (a) *Heliscella stellata*, (b) *Tetrachaetum elegans*, (c) *Neonectriac lugdunensis*, (d) *Dendrospora erecta*, (e) *Clavariopsis aquatica* dan (f) *Articulospora tetraclad* (Sumber: Barros & Seena, 2022)

## DAFTAR PUSTAKA

- Amin, N., Eriawati, E., & Firyal, C. F. 2019. Jamur Basidiomycota di Kawasan Wisata Alam Pucok Krueng Raba Kabupaten Aceh Besar. *BIOTIK: Jurnal Ilmiah Biologi Teknologi dan Kependidikan*, 7(2), 155-162.
- Averill, C., Turner, B. L., and Finzi, A. C. 2014. Mycorrhiza-mediated competition between plants and decomposers drives soil carbon storage. *Nature*, 505, 543–545. doi: 10.1038/nature12901
- Bagyaraj, D. J. 2014. Mycorrhizal fungi. *Proceedings of the Indian National Science Academy*, 80(2), 415-428.
- Barros, J., & Seena, S. 2022. Fungi in freshwaters: prioritising aquatic hyphomycetes in conservation goals. *Water*, 14(4), 605. <https://doi.org/10.3390/w14040605>
- Bennett, R. J., & Turgeon, B. G. 2016. Fungal sex: the Ascomycota. *Microbiology Spectrum*, 4(5), 1-28. doi:10.1128/microbiolspec.FUNK-0005-2016.
- Galappaththi, M. C. A., Dauner, L., Madawala, S., & Karunarathna, S. C. 2021. Nutritional and medicinal benefits of oyster (*Pleurotus*) mushrooms: a review. *Fungal Biotech*, 1(2), 65-87.
- Gao, F., Luo, L., & Zhang, L. 2023. A new galactoglucomannan from the mycelium of the medicinal parasitic fungus *Cordyceps cicadae* and its immunomodulatory activity in vitro and in vivo. *Molecules*, 28(9), 3867.
- Hawksworth, D. L., & Lücking, R. (2017). Fungal diversity revisited: 2.2 to 3.8 million species. *Microbiology Spectrum*, 5(4), 1-17. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.funk-0052-2016>
- Ilicic, D., & Grossart, H. P. 2022. Basal parasitic fungi in marine food webs—A mystery yet to unravel. *Journal of Fungi*, 8(2), 114.
- Kwon, J. H., & Lee, C. J. 2006. Rhizopus soft rot on pear (*Pyrus serotina*) caused by *Rhizopus stolonifer* in Korea. *Mycobiology*, 34(3), 151-153.

- Liu, S., Xiong, C., Lin, L., Keyhani, N. O., Zhu, M., Zhao, Z., ... & Qiu, J. 2023. Assessing the structure and diversity of fungal community in plant soil under different climatic and vegetation conditions. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1288066. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1288066>
- Liu, Q., Chen, Q., Liu, H., Du, Y., Jiao, W., Sun, F., & Fu, M. 2024. *Rhizopus stolonifer* and related control strategies in postharvest fruit: A review. *Heliyon* 10, e29522. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29522>
- Morin-Sardin, S., Nodet, P., Cotton, E., & Jany, J. L. 2017. Mucor: A Janus-faced fungal genus with human health impact and industrial applications. *Fungal Biology Reviews*, 31(1), 12-32. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2016.11.002>
- Nagy, L. G., Varga, T., Csernetics, Á., & Virágh, M. 2020. Fungi took a unique evolutionary route to multicellularity: Seven key challenges for fungal multicellular life. *Fungal Biology Reviews*, 34(4), 151-169.
- Parapouli, M., Vasileiadis, A., Afendra, A. S., & Hatziloukas, E. 2020. *Saccharomyces cerevisiae* and its industrial applications. *AIMS Microbiology*, 6(1), 1-31.
- Putra, I. P. 2021. Panduan karakterisasi jamur makroskopik di Indonesia: Bagian 1–Deskripsi ciri makroskopis. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 10(1), 25-37. <https://doi.org/10.18330/jwallacea.2021.vol10iss1pp25-37>
- Raman, V. K., Saini, M., Sharma, A., & Parashar, B. 2018. *Morchella esculenta*: a herbal boon to pharmacology. *International Journal of Development Research*, 8(3), 19660-19665.
- Rauf, A., Joshi, P. B., Ahmad, Z., Hemeg, H. A., Olatunde, A., Naz, S., ... & Simal-Gandara, J. 2023. Edible mushrooms as potential functional foods in amelioration of hypertension. *Phytotherapy Research*, 37(6), 2644-2660.
- Roehl, T. *Candida albicans*. Published October 14, 2016. <https://www.fungusfactfriday.com/162-candida-albicans/>
- Rusterholz, H. P., Huber, K., and Baur, B. 2023. Invasion of a horticultural plant into forests: *Lamium galeobdolon*

*argentatum* affects native above-ground vegetation and soil properties. *Plants*, 12, 1527. doi: 10.3390/plants12071527

Salari, R., & Salari, R. 2017. Investigation of the best *Saccharomyces cerevisiae* growth condition. *Electronic Physician*, 9(1), 3592.

Wahyudi, T. R., Rahayu, S., & Azwin, A. 2016. Keanekaragaman jamur Basidiomycota di hutan tropis dataran rendah Sumatera, Indonesia (studi kasus di Arboretum Fakultas Kehutanan Universitas Lancang Kuning Pekanbaru). *Wahana Forestra: Jurnal Kehutanan*, 11(2), 98-111.

# **BAB 8**

## **PENYAKIT AKIBAT JAMUR**

*Oleh Fajrin Noviyanto*

### **8.1 Pendahuluan**

Indonesia merupakan negara tropis yang terletak di garis khatulistiwa, yang ditandai dengan tingkat kelembaban yang tinggi. Kelembaban yang tinggi memudahkan tumbuhnya jamur. Kulit memiliki banyak peran penting, termasuk perlindungan, penyerapan, ekskresi, persepsi, pengaturan suhu tubuh, produksi vitamin D, dan keratinisasi. Kulit memiliki peran penting dalam kelangsungan hidup dan estetika, berfungsi sebagai metode untuk mempertahankan penampilan, menunjukkan ras, dan berfungsi sebagai alat komunikasi nonverbal (Wasitaatmadja, 2010).

Infeksi jamur kulit, atau dermatomikosis, adalah penyakit kulit yang umum terjadi di daerah tropis. Keberadaan udara yang lembab mendorong pertumbuhan infeksi jamur pada kulit (Putra, 2008). Berdasarkan Profil Kesehatan Indonesia tahun 2010, penyakit kulit dan jaringan subkutan merupakan penyakit terbanyak ketiga pada pasien rawat jalan di rumah sakit di seluruh Indonesia, dengan jumlah kunjungan sebanyak 192.414 kunjungan. Menurut Kementerian Kesehatan pada tahun 2011, penyakit kulit masih menjadi penyakit yang paling banyak diderita di Indonesia.

Mayoritas individu menunjukkan ketidakpedulian terhadap lingkungan yang tidak sehat dan perilaku negatif. Selain itu, tinggal di negara tropis seperti Indonesia membuat individu sangat rentan terhadap infeksi jamur kulit. Biasanya, penyakit jamur kulit dapat sembuh dengan sendirinya. Penyakit jamur kulit yang tidak diobati, terlambat diobati, atau salah penanganan dapat memperparah kondisi pasien. Salah satu konsekuensi dari infeksi jamur kulit adalah kerontokan rambut secara permanen atau penurunan fungsi pendengaran. Selain

itu, proses terapi membutuhkan investasi yang signifikan baik dari segi waktu maupun sumber daya keuangan untuk menemui dokter kulit atau mencari perawatan medis di rumah sakit. Hal ini dapat memperburuk kondisi pasien. Penyakit kulit yang tidak diobati dapat secara signifikan menurunkan kualitas hidup pasien dengan menghambat aktivitas sehari-hari mereka (Tur, E., Maibach, H.I., 2018).

## 8.2 Dermatofitosis

Dermatofitosis mengacu pada infeksi superfisial pada kulit, kuku, dan rambut yang disebabkan oleh *Trichophyton*, *Microsporum*, dan *Epidermophyton*. Jamur ini memiliki kemampuan untuk menyusup ke seluruh lapisan luar kulit, yang dikenal sebagai stratum korneum, dan memicu sistem kekebalan tubuh inang, yang mengakibatkan timbulnya gejala. Kelas jamur yang bertanggung jawab menyebabkan dermatitis dikenal sebagai dermafytia. Jamur ini termasuk dalam kelas imperfecti, yang menunjukkan kurangnya cara reproduksi yang berbeda. Dermafytia memiliki tiga genera: *Microsporum*, *Trichophyton*, dan *Epidermophyton*. Dermafytia dan keratofilik memiliki beberapa ciri yang sama. Misalnya, karakteristik, klasifikasi, antigen, dan kebutuhan nutrisi untuk berkembang biak dan menimbulkan penyakit (Widati dan Budimulja, 2015).

Dermatofitosis dapat ditularkan melalui tiga rute yang berbeda: antropofilik, zoofilik, dan geofilik. Penularan antropofilik dapat terjadi baik secara langsung maupun tidak langsung dari satu orang ke orang lain. Penularan tidak langsung dapat terjadi melalui lantai kolam renang atau melalui udara di rumah sakit atau klinik. Penularan ini dapat terjadi dengan atau tanpa menimbulkan respon inflamasi. Penularan zoonosis mengacu pada penularan penyakit dari hewan ke manusia melalui kontak langsung atau tidak langsung dengan bulu hewan. Sumber utama penularan termasuk anjing, kucing, sapi, kuda, dan tikus. Penularan secara geografis dapat terjadi ketika manusia dan tanah saling bertukar patogen. Virus ini menginfeksi individu secara intermiten dan menginduksi peradangan (Adiguna, 2004).

### 8.2.1 Klasifikasi Dermatofitosis

Simons dan Gohar mengklasifikasikan onikomikosis, trikomikosis, dan dermatomikosis berdasarkan area tubuh tertentu yang terserang penyakit. Menurut Harlim (2017), dermatofitosis dapat dikategorikan berdasarkan lokasinya, antara lain: *Tinea capitis* mengacu pada infeksi jamur pada kulit kepala. *Tinea capitis* adalah kondisi dermatologis yang muncul dengan kulit bersisik, peradangan, rambut rontok, dan terkadang manifestasi klinis yang intens yang disebut sebagai kerion.

Dalam bidang perawatan kesehatan, *tinea capitis* bermanifestasi dalam tiga bentuk utama:

1. Grey Patch

*Tinea capitis*, infeksi jamur yang disebabkan oleh genus *Microsporum*, dibedakan dengan munculnya papula merah kecil di sekitar rambut, yang kemudian membesar dan berkembang menjadi bercak-bercak pucat dan bersisik. Individu yang menderita penyakit rambut sering mengalami gejala seperti gatal-gatal, rambut beruban dan tidak bergairah, helai rambut rapuh yang mudah patah dan terlepas dari folikel, dan kurangnya sensasi nyeri saat rambut dicabut. Jamur menyusup ke seluruh rambut di wilayah tersebut, mengakibatkan kerontokan rambut yang terlokalisasi. Tempat itu tampak sebagai area yang gelap.



**Gambar 8.1.** Grey Patch (Harlim, 2017)

## 2. Kerion

Kerion adalah respons inflamasi yang menonjol pada tinea capitis, yang ditandai dengan pembengkakan seperti sarang lebah. Jika sumber perkembangan kerion ini adalah *Microsporum canis* atau *Microsporum gypseum*, kerion ini dapat terlihat. Jika penyebabnya adalah *Trichophyton tonsurans*, hampir tidak terlihat, dan jika penyebabnya adalah *Trichophyton violaceum*, hampir tidak terlihat. Penyakit-penyakit ini dapat menyebabkan terbentuknya bekas luka, termasuk kerontokan rambut yang berlangsung lama dan terkadang jaringan parut yang terlihat.



**Gambar 8.2.** Kerion (Harlim, 2017)

## 3. Black dot ringworm

Kurap bintik hitam adalah sejenis infeksi jamur. Agen penyebab utamanya adalah *Trichophyton tonsurans* dan *Trichophyton violaceum*. Selama tahap pertama penyakit, gejalanya sangat mirip dengan kondisi yang disebabkan oleh spesies *Microsporum*. Rambut yang terinfeksi terletak di dekat mulut folikel, dan ujungnya padat dengan spora. Puncak rambut di dalam folikel rambut ini memiliki warna

kayu hitam yang khas. Respon inflamasi akan lebih parah jika tinea capitis disebabkan oleh *Trichophyton mentagrophytes* atau *Trichophyton verrucosum*.



**Gambar 8.3.** *Black dot ringworm* (Harlim, 2017)

a. Tinea Cruris

Tinea Cruris adalah suatu kondisi medis. Keluhan ini menimbulkan rasa gatal yang hebat pada paha, perineum, bokong, dan bahkan daerah genital. Ruam kulit memiliki batas yang jelas dengan batas yang sangat aktif, terdiri dari pustula atau papula, terlihat kemerahan dan bersisik, dan memburuk dengan keringat.



**Gambar 8.4.** *Tinea Cruris* (Harlim, 2017)

b. Tinea pedis

Tinea pedis mengacu pada infeksi jamur pada kaki. Tinea pedis adalah penyakit jamur yang disebabkan oleh dermatofita yang memengaruhi kaki, khususnya area di antara jari-jari kaki atau sisi kaki. Penyakit ini dapat muncul sebagai masalah yang menetap atau berulang. Etiologi utamanya adalah jamur antropofilik, yaitu *Trichophyton rubrum*, *Trichophyton interdigitale*, dan *Epidermophyton floccosum* (Ilkit and Durdu, 2015). Tinea pedis mempengaruhi sekitar 3% dari populasi global, dengan kejadian yang lebih besar pada remaja dan orang dewasa dibandingkan dengan anak-anak. Insiden terbesar terjadi pada individu yang berusia antara 16 dan 45 tahun. Laki-laki memiliki prevalensi tinea pedis yang lebih tinggi dibandingkan dengan perempuan. Penularan di dalam keluarga merupakan cara penyebaran yang sering terjadi, dan penularan juga dapat terjadi melalui kontak tidak langsung dengan barang-barang pribadi individu yang terinfeksi (Leung *et al.*, 2023).



**Gambar 8.5.** Tinea pedis interdigital dengan gejala maserasi, deskuamasi, dan fisura di sela-sela kaki (Leung *et al.*, 2023)



**Gambar 8.6.** Tinea pedis interdigital dengan gejala eritema dan bersisik diantara jari kaki dan kulit di sekitarnya (Leung *et al.*, 2023)



**Gambar 8.7.** Skala difus dan eritema pada telapak kaki pada pasien dengan tinea pedis hyperkeratosis (tipe moccasin) (Leung *et al.*, 2023)



**Gambar 8.8.** Tinea pedis vesikulobulosa (inflamasi) dengan vesikel pruritus (Leung *et al.*, 2023)



**Gambar 8.9.** Tinea pedis vesikulobulosa (inflamasi) dengan vesikel pruritus (Leung *et al.*, 2023)



**Gambar 8.10.** Tinea incognito pada pasien dengan tinea pedis yang diobati dengan kortikosteroid topical menyebabkan hilangnya gambaran khas lesi (Leung *et al.*, 2023)

c. Tinea unguium

Tinea unguium mengacu pada infeksi jamur pada kuku. Onikomikosis adalah infeksi jamur yang terjadi ketika jamur menyerang dan berkembang biak di kuku, sehingga mengakibatkan berbagai kelainan pada lempeng kuku seperti keruh, tebal, dan distorsi. Onikomikosis dikategorikan ke dalam tiga kelompok utama: dermatofita (*Trichophyton*), spesies candida, dan jamur non-dermatofita (NDM). Tinea unguium adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan onikomikosis yang disebabkan oleh dermatofita. Tinea pedis disebabkan oleh dermatofita yang berada pada

protein keratin. Penyakit ini sering dimulai pada lempeng kuku kaki dan dapat menyebar ke tinea unguium. Kuku kaki ketiga adalah area yang paling sering terkena. Meskipun tinea unguium pada jari tangan dan kaki kadang-kadang dapat disebabkan oleh infeksi dari tinea mantis atau tinea pedis, kejadian tinea unguium pada jari tangan lebih jarang terjadi dibandingkan dengan tinea unguium pada jari kaki (Harada, 2011). Tinea unguium lebih sering terjadi pada orang dengan diabetes, gangguan imunodefisiensi seperti infeksi HIV atau penggunaan obat immunosupresif jangka panjang, dan insufisiensi sirkulasi perifer (Harada, 2011).

Jamur yang bertanggung jawab atas onikomikosis dapat dikategorikan ke dalam dua kelompok: dermatofita, *Candida albicans*, dan jamur non-dermatofita lainnya, seperti ragi yang sebagian besar berasal dari genus *Candida*, genus *Fusarium*, dan spesies *Aspergillus*.



**Gambar 8.11.** Onikomikosis subungual distal dan lateral (Harada, 2011)



**Gambar 8.12.** Onikomikosis putih superfisial (Harada, 2011)



**Gambar 8.13.** Onikomikosis subungual putih proksimal (Harada, 2011)



**Gambar 8.14.** Dermatofitoma (Harada, 2011)

d. *Tinea Korporis*

*Tinea korporis* adalah suatu kondisi dermatologis yaitu suatu kondisi yang diakibatkan oleh invasi jamur dermatofita pada kulit yang tidak berbulu atau gundul, termasuk berbagai spesies *Trichophyton*, *Microsporum*, dan *Epidermophyton*. Kondisi ini bermanifestasi pada epidermis tubuh, kecuali tengkorak, daerah inguinal, telapak tangan, dan permukaan plantar.

### 8.3 Kandidiasis

Kandidiasis adalah penyakit jamur yang lazim terjadi di Indonesia. Kandidiasis dapat menyerang individu dari kedua jenis kelamin laki-laki dan perempuan dan semua kelompok usia. Kandidiasis sebagian besar disebabkan oleh patogen yang dapat ditularkan melalui benda mati atau kontak fisik secara langsung (Widaty, 2016). Kandidiasis intertriginosa merupakan mayoritas (62,2%) kasus kandidiasis kulit, seperti yang dilaporkan oleh Rahmadhani dan Astari pada tahun 2016. *Candida albicans* adalah spesies yang dominan secara global, terhitung sekitar 66% dari semua *Candida* sp. *Candida albicans* adalah organisme saprofit yang berada di sistem pencernaan, serta pada kulit, uretra, vagina, dan di bawah kuku. Infeksi *Candida albicans* melalui aliran darah merupakan etiologi yang paling dominan. *Candida albicans* adalah mikroorganisme utama yang bertanggung jawab atas kelainan kulit, vagina, dan mukosa mulut. Spesies selain *albicans*, seperti *C. dubliniensis*, *C. glabrata*, *C. guilliermondii*, *C. krusei*, *C. lusitaniae*, *C. parapsilosis*, *C. pseudotropicalis*, dan *C. tropicalis*, juga sering bertanggung jawab atas kelainan tersebut (Widaty, 2016).

Kandidiasis dapat bermanifestasi pada lipatan anatomis yang ditandai dengan kelembapan dan suhu yang tinggi, seperti lipatan ketiak, pangkal paha, dan lipatan kulit lainnya. Hal ini paling sering terlihat pada mereka yang memiliki diabetes melitus dan obesitas. Sesuai temuan Mitchell (2013), daerah yang terkena menunjukkan eritema dan peningkatan kelembapan

*Candida* sp. adalah patogen yang sebagian besar mempengaruhi individu dengan sistem kekebalan tubuh yang terganggu, tetapi seringkali tidak menyebabkan penyakit pada mereka yang memiliki sistem kekebalan tubuh yang utuh. Keadaan predisposisi inang yang mendasari menentukan jenis jamur tertentu dan perkembangan infeksi secara alami. Ketika hifa menunjukkan peningkatan daya rekat pada permukaan epitel, sel ragi memiliki kemampuan untuk berubah menjadi hifa. Hal ini dianggap sebagai mekanisme patogenik utama. Saat ini, diakui bahwa bentuk ragi memiliki kapasitas untuk menyusup dan tidak lagi dianggap sebagai komensal (Murtiastutik et al., 2016).



**Gambar 8.15.** Candidiasis (Ro, Odeigah and Biliaminu, 2013)

## 8.4 Aspergillosis

Aspergillosis mencakup spektrum penyakit yang luas yang disebabkan oleh beberapa spesies *Aspergillus*. Genus *Aspergillus* memiliki beberapa spesies, beberapa di antaranya berpotensi menyebabkan infeksi parah. Patogen utama yang bertanggung jawab atas aspergillosis termasuk *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus terreus*, dan *Aspergillus niger*. *A. fumigatus* dan *A. flavus* adalah organisme penyebab yang paling sering diidentifikasi, terhitung 60-90% dari semua infeksi Aspergillosis. Aspergillosis yang disebabkan oleh jamur-jamur ini lazim terjadi di Asia, Timur Tengah, dan Afrika (Kanaujia, Singh and Rudramurthy, 2023).

Aspergillosis memiliki potensi untuk mempengaruhi hampir setiap organ dalam tubuh manusia. Saluran pernapasan bagian bawah dan paru-paru, bersama dengan sinus hidung dan kulit, sering kali terkena infeksi. Kisaran penyakit yang disebabkan oleh aspergillosis ditentukan oleh kondisi sistem kekebalan tubuh individu yang terinfeksi dan adanya penyakit paru-paru yang sudah ada sebelumnya. Selain itu, kondisi lingkungan yang meningkatkan konsentrasi spora di udara, seperti rekonstruksi, perbaikan, dan pembangunan, terutama dalam lingkungan perawatan kesehatan yang kurang steril, dapat berkontribusi pada penyebaran penyakit ini (Rudramurthy *et al.*, 2016).

Aspergillosis superfisial dan kutaneus, yang secara khusus menargetkan lapisan permukaan kulit, kuku, kornea, atau saluran telinga, merupakan kondisi yang jarang terjadi dan jarang menyebar ke jaringan yang lebih dalam. Penyakit-penyakit ini terutama timbul sebagai akibat dari suntikan langsung, seperti otomikosis, keratitis, onikomikosis, dan aspergillosis kulit. Meskipun keratitis, otomikosis, dan onikomikosis sering menyerang individu dengan sistem kekebalan tubuh yang sehat, aspergillosis kulit lebih sering terlihat pada mereka yang memiliki sistem kekebalan tubuh yang lemah (Merad *et al.*, 2021).



**Gambar 8.16.** Aspergillosis pada kulit (Zhang *et al.*, 2023)

## DAFTAR PUSTAKA

- Adiguna, M.S., 2004. Epidemiologi Dermatomikosis di Indonesia. Dalam: Budimulya U, Kuswadhi, Bramono K, Menaldi SL, Dwihastuti P, Widati S, Editor: Dermatomikosis superfisialis. Edisi Ketiga. Balai Penerbit FKUI: h 1-6, Jakarta.
- Harada, N. (2011). Mikosis Superfisial. *Med.Mycol.J.*, 52: 77-95.
- Harlim, A. (2017). Penyakit Jamur Kulit. Pertemuan Ilmiah Tahunan PDUI Jaya, Jakarta.
- Ilkit, M. and Durdu, M. (2015) 'Tinea pedis: The etiology and global epidemiology of a common fungal infection', *Critical Reviews in Microbiology*, 41(3), pp. 374–388. Available at: <https://doi.org/10.3109/1040841X.2013.856853>.
- Kanaujia, R., Singh, S. and Rudramurthy, S.M. (2023) 'Aspergillosis: an Update on Clinical Spectrum, Diagnostic Schemes, and Management', *Current Fungal Infection Reports*, 17(2), pp. 144–155. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12281-023-00461-5>.
- Kemenkes RI, 2011. *Profil Kesehatan Republik Indonesia Tahun 2010*, Kemenkes RI, Jakarta.
- Leung, A.K.C. *et al.* (2023) 'Tinea pedis: an updated review', *Drugs in Context*. Bioexcel Publishing LTD. Available at: <https://doi.org/10.7573/dic.2023-5-1>.
- Merad, Y. *et al.* (2021) 'Aspergillus Genus and Its Various Human Superficial and Cutaneous Features', *Pathogens*, 10(6), p. 643. Available at: <https://doi.org/10.3390/pathogens10060643>.
- Putra, I.B., 2008. *Onikomikosis*. Departemen Ilmu Kesehatan Kulit dan Kelamin FK USU RSUP H.Adam Malik, Medan.
- Ramali LM. *Skin and Sexually Transmitted Infection Updates in Daily Practice*. Hal: 114. FKUNPAD, Bandung.
- Ro, S., Odeigah, L.O. and Biliaminu, S.A. (2013) *Article in Oral Health and Dental Management* . Available at: <https://www.researchgate.net/publication/259587494>.

- Rudramurthy, S. *et al.* (2016) 'High fungal spore burden with predominance of *Aspergillus* in hospital air of a tertiary care hospital in Chandigarh', *Indian Journal of Medical Microbiology*, 34(4), pp. 529–532. Available at: <https://doi.org/10.4103/0255-0857.195359>.
- Tur, E., Maibach, H.I., 2018. *Gender and dermatology*. United States. Springer. [https://books.google.co.id/books?id=TydaDwAAQBAJ&pg=PA193&lpg=PA193&dq=Tur,+E.,+Maibach,+H.I.,+2018.+Gender+and+dermatology.+United+States.+Springer.&source=bl&ots=Mkir5x7kai&sig=ACfU3U1id8Oy8EsehVS1Nzrf-6I4ITKJKg&hl=jv&sa=X&ved=2ahUKEwi1\\_4iu7pfzAhWegtFHb](https://books.google.co.id/books?id=TydaDwAAQBAJ&pg=PA193&lpg=PA193&dq=Tur,+E.,+Maibach,+H.I.,+2018.+Gender+and+dermatology.+United+States.+Springer.&source=bl&ots=Mkir5x7kai&sig=ACfU3U1id8Oy8EsehVS1Nzrf-6I4ITKJKg&hl=jv&sa=X&ved=2ahUKEwi1_4iu7pfzAhWegtFHb)
- Wasitaatmadja, S.M, 2010: *Anatomi kulit-faal kulit*. Dalam: Djuanda, A (eds). Ilmu penyakit kulit dan kelamin edisi keenam. Fakultas Kedokteran Uiversitas Indonesia, pp: 3-7, Jakarta.
- Widati S dan Budimulja U. 2015. *Dermatofitosis*. Dalam: Djuanda A, Hamzah Has, Aisah S, editor. Ilmu Penyakit Kulit dan Kelamin. Edisi Ketujuh. Balai Penerbit FKUI, Jakarta.
- Zhang, R. *et al.* (2023) 'Primary Cutaneous Aspergillosis Due to *Aspergillus fumigatus* in an Immunocompetent Patient with Diabetes Mellitus After Tattooing: A Case Report and Review of Literature', *Infection and Drug Resistance*, Volume 16, pp. 791–797. Available at: <https://doi.org/10.2147/IDR.S398858>.



# **BAB 9**

## **PERBEDAAN JAMUR, DENGAN BAKTERI, VIRUS DAN SEBAGAINYA**

*Oleh Afifah Nur Shobah*

### **9.1 Pendahuluan**

Jamur atau disebut juga dengan fungi merupakan kelompok mikroorganisme yang terdapat pada hampir seluruh muka bumi. Fungi memiliki keanekaragaman cukup tinggi. Sehingga fungi dikelompokkan dalam satu kingdom tersendiri pada sistem klasifikasi makhluk hidup. Klasifikasi terbaru dari fungi terbagi menjadi lima kelompok jamur (Fungi) yaitu Phylum Chytridiomycota, Zygomycota, Glomeromycota, Ascomycota, dan Basidiomycota. Keberadaan fungi di seluruh dunia diperkirakan mencapai 1,5 juta spesies. Akan tetapi, jumlah fungi yang telah teridentifikasi hingga saat ini sekitar 100.000 spesies (Bella, Rondonuwu and Tangapo, 2022).

Terdapat kelompok fungi yang bermanfaat maupun merugikan dalam kehidupan. Salah satu manfaat dari fungi yaitu berperan sebagai pengurai bahan organik menjadi unsur yang lebih sederhana untuk dapat digunakan oleh mikroorganisme lain misalnya bakteri. Selain itu fungi juga dapat digunakan untuk bahan pangan dan obat. Sedangkan peranan merugikan dari fungi yaitu dapat menyebabkan berbagai penyakit sehingga disebut dengan fungi patogen. Selain fungi terdapat kelompok mikroorganisme lain seperti bakteri, arkhaea, algae, protozoa dan virus.

Mikroorganisme dapat dikategorikan menjadi mikroorganisme seluler dan mikroorganisme aseluler. Mikroorganisme seluler terdiri atas lima kelompok yaitu jamur (fungi), bakteri, arkhaea, algae dan protozoa. Lima kelompok mikroorganisme tersebut dibedakan kembali menjadi dua berdasarkan struktur dan fungsi selnya yaitu sel prokariot dan

sel eukariot. Selain lima kelompok mikroorganisme seluler, terdapat kelompok mikroorganisme aseluler yaitu virus (Retnaningrum dkk., 2017).

**Tabel 9.1.** Perbedaan Sel Prokariot dan Eukariot

| Karakteristik            | Sel Prokariot                        | Sel Eukariot                                                                              |
|--------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ukuran sel (diameter)    | 0,2-2 µm                             | 10-100 µm                                                                                 |
| Inti sel                 | Daerah nukleoid (tidak bermembran)   | Nukleus dengan membran ganda                                                              |
| Organel bermembran ganda | Tidak ada                            | Ada                                                                                       |
| Dinding sel              | Komplek, tersusun atas peptidoglikan | Sederhana, tersusun atas selulosa, kitin dan pektin (beberapa tidak memiliki dinding sel) |
| Flagela                  | Tersusun dari dua protein            | Beberapa sel tanpa dinding sel memiliki flagela                                           |
| DNA                      | Single circular kromosom             | Multiple linear kromosom                                                                  |
| Pembelahan sel           | Pembelahan biner                     | mitosis                                                                                   |
| Sitoskeleton             | Tidak ada                            | Ada                                                                                       |

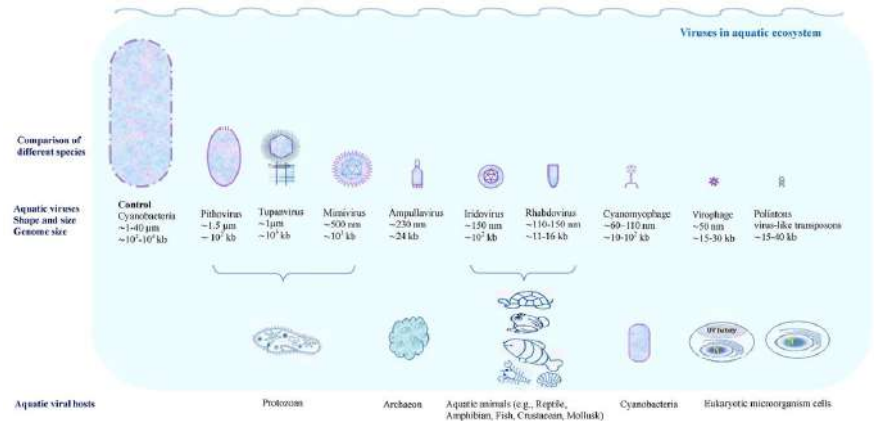
Sumber : (Panawala, 2017)

## 9.2 Perbedaan Jamur, Dengan Bakteri, Virus Dan Sebagainya

Jamur (fungi), bakteri, arkhaea, algae dan protozoa serta virus termasuk ke dalam mikoorganisme. Mikroorganisme disebut juga dengan mikroba. Mikroorganisme merupakan suatu

organisme dengan ukuran yang mikroskopis sehingga tidak dapat dilihat secara langsung dengan mata telanjang sehingga membutuhkan alat bantu yang dinamakan mikroskop.

Akan tetapi dalam kaitannya dengan kehidupan sehari-hari kita mengenal adanya jamur (fungi) mikroskopis dan makroskopis. Bentuk tubuh buah jamur membedakan pengelompokan jamur tersebut menjadi jamur makroskopis dan jamur mikroskopis. Jamur makroskopis yaitu jamur memiliki tubuh buah yang dapat terlihat tanpa menggunakan alat bantu (mikroskop), sedangkan jamur mikroskopis menggunakan alat bantu yaitu mikroskop untuk melihat bentuk morfologi dari jamur (Bimo Purwanto *et al.*, 2017).



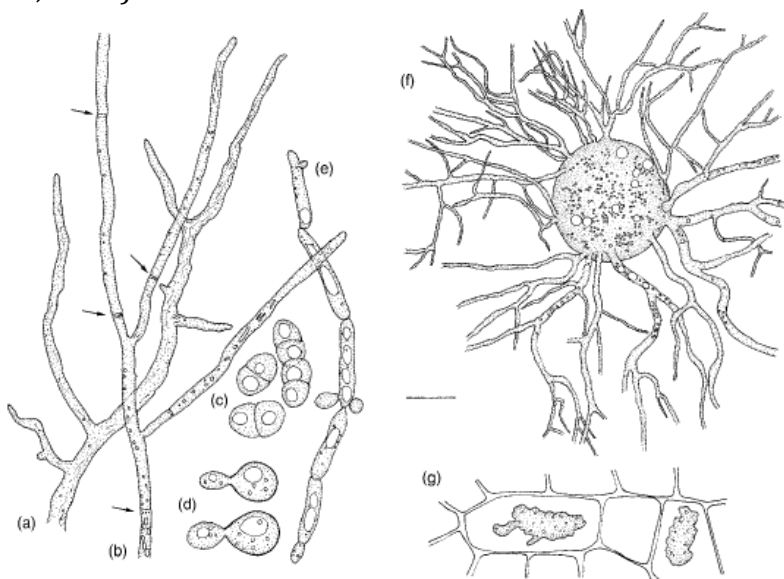
**Gambar 9.1.** Perbandingan Ukuran Mikroorganisme (Zhang *et al.*, 2022)

### 9.2.1 Jamur

Jamur merupakan organisme eukariotik, bersel tunggal (uniseluler) atau multiseluler dengan struktur tubuh berupa benang yang disebut hifa. Hifa yang mengalami pertumbuhan kemudian akan membentuk miselium. Fungi termasuk dalam organisme heterotrof karena menggunakan karbon organik untuk pemenuhan nutrisi tubuhnya. Fungi bereproduksi secara seksual dan aseksual melalui fragmentasi, pembentukan tunas dan lain sebagainya (Gambar 9.2).

Jamur memenuhi nutrisi dalam tubuhnya dengan cara mencerna makanan secara eksternal dan menyerap nutrisi

secara langsung melalui dinding selnya. Jamur bersifat heterotrof seperti halnya dengan hewan, jamur memperoleh karbon dan sumber energinya dari organisme lain. Beberapa jamur memperoleh nutrisi dari inang yang hidup baik tumbuhan atau hewan, sehingga disebut biotrof. Sedangkan apabila nutrisi jamur diperoleh dari tumbuhan atau hewan mati dan disebut saprotrof (saprofit). Beberapa jamur juga menginfeksi inang yang masih hidup, dan membunuh sel inang dalam memperoleh nutrisinya sehingga disebut nekrotrof (Little, 2014).



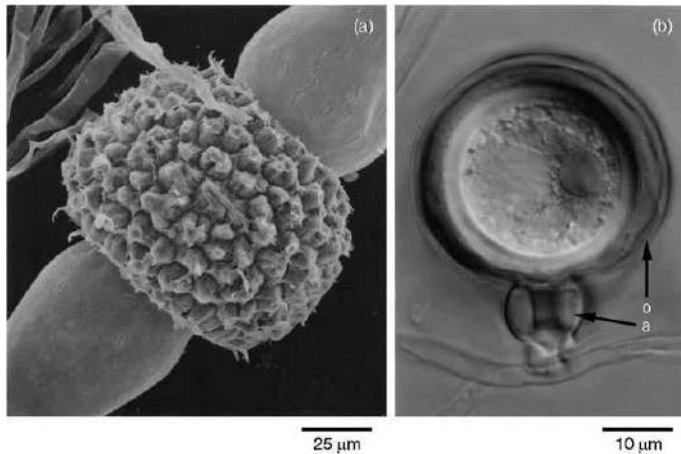
**Gambar 9.2.** Bentuk tubuh jamur (a. Hifa aseptat, b. Hifa septat, c. Sel yeast *Schizosaccharomyces*, d. Sel yeast *Dioszegia takashimae*, e. Pseudohypha *Candida parapsilosis*, f. *Thallus Rhizophlyctis rosea*, g. Plasmodia of *Plasmodiophora brassicae*) (Webster and Weber, 2007)

Terdapat tiga kelompok true fungi yang terdiri atas khamir (*yeast*), kapang (*mold*) dan cendawan (*mushroom*).

Khamir disebut juga dengan *yeast*. *Yeast* merupakan fungi uniseluler eukariot bersifat fakultatif anaerob yang terlihat dalam bentuk oval dengan ukuran lebar 1-5µm dan panjang 5-30µm. Selain itu *yeast* memiliki dinding sel yang tersusun atas

polisakarida. Reproduksi dari *yeast* yaitu secara aseksual dengan pembentukan tunas.

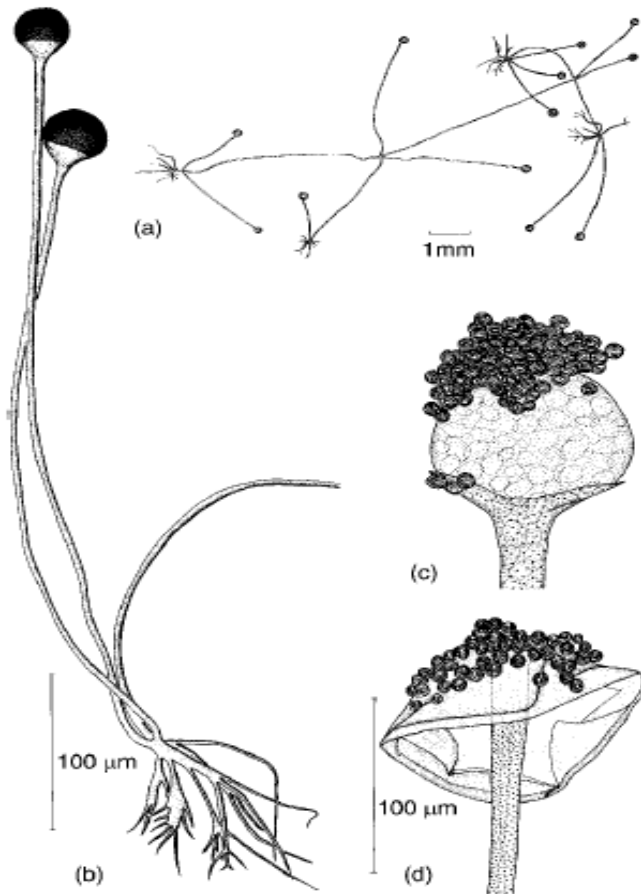
Kapang (*mold*) merupakan fungi berfilamen multinukleat bersifat obligat aerob yang tubuhnya tersusun dari hifa. Sekumpulan dari hifa membentuk miselium. Miselium berfungsi untuk penyerapan zat hara. Kapang memiliki dinding sel yang tersusun atas kitin, selulosa atau keduanya. Reproduksi kapang yaitu secara aseksual (konidiospora, sporangiospora dan arthospora) dan seksual (zygospora dan ascospora) (Gambar 9.3 dan 9.4) (Subandi, 2012).



**Gambar 9.3.** Bentuk spora seksual (a. Zygospora, b. Oospora) (Webster and Weber, 2007)

Menurut (Webster and Weber, 2007), tidak semua jamur tumbuh dengan hifa. Beberapa jamur tumbuh sebagai sel *yeast* terpisah yang membelah melalui pembelahan yang disebut tunas (Gambar 9.2d). Beberapa spesies *yeast*, termasuk patogen tertentu pada manusia dan hewan, bersifat dimorfik, yaitu mampu beralih antara pertumbuhan hifa dan pertumbuhan seperti bentuk satu sel. Tahapan peralihan antara sel *yeast* dan hifa sejati juga muncul dan ada disebut pseudohifa (Gambar. 9.2e). Beberapa jamur tumbuh sebagai *thallus*, yaitu struktur berdinding di dalamnya dimana protoplasma terkonsentrasi pada satu atau lebih banyak pusat dari cabang-cabang yang

berbentuk seperti akar (rizoid) bercabang (Gambar 9.2f). Jamur patogen pada tanaman dan organisme, tumbuh sebagai plasmodium telanjang (Gambar 9.2g) dengan massa protoplasma berinti tunggal atau berinti banyak tidak dikelilingi oleh dinding selnya sendiri, atau sebagai pseudoplasmodium seperti sel amoeboid yang mempertahankan membran plasma masing-masing.



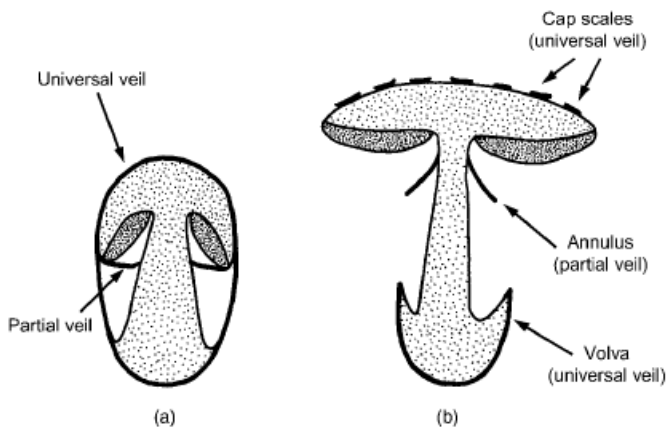
**Gambar 9.4.** Struktur kapang *Rhizopus stolonifer* (a. Gambar skematis dengan struktur seperti stolon dengan perkembangan rizoid dan sporangiofor, b. Sporangiofor dengan rizoid, c. Sporangium pecah, kolumella dengan spora yang menempel, d. Kolumella yang mengalami invaginasi) (Webster and Weber, 2007)

Cendawan atau disebut dengan *mushroom* seringkali juga disebut dengan jamur makroskopis. Jamur makroskopis dapat terlihat dengan mata telanjang karena memiliki tubuh buah. Tubuh buah jamur, jamur payung, jamur braket, dll., merupakan contoh basidiokarpa atau basidiomata yang menghasilkan spora seksual (basidiospora) pada basidia. Basidiocarp tersusun dari hifa dikariotik, yang bersatu membentuk tubuh buah jamur (Gambar 9.5).

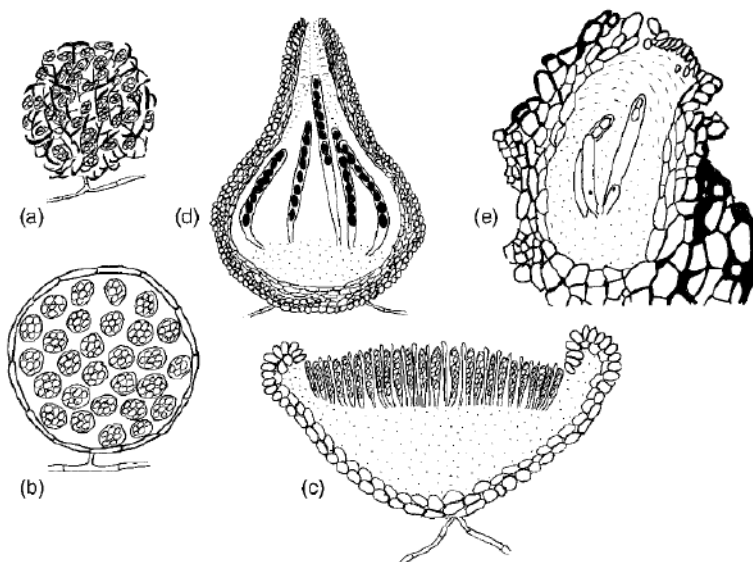
Sedangkan ascomycetes dikenali dari ciri-ciri tubuh buahnya yang disebut ascocarp, yaitu struktur yang mengelilingi asci. Asci tidak dikelilingi oleh hifa, tetapi pada sebagian besar ascomycetes asci dikelilingi oleh hifa untuk membentuk ascocarp (yaitu tubuh buah ascus) atau ascoma (Webster and Weber, 2007).

Menurut (Webster and Weber, 2007), Ascomycota menghasilkan spora seksual pada tubuh buahnya (yaitu sebagai hasil fusi inti sel dan meiosis) yang disebut ascospora. Ascospora terkandung dalam sel berbentuk bulat atau silindris yang disebut asci. Asci dapat mengeluarkan ascosporanya secara eksplosif. Asci terkadang telanjang, dan tertutup dalam kumpulan hifa yang disebut ascocarp atau ascoma. Ascocarp memiliki bentuk sangat bervariasi bentuknya, dan memiliki beberapa tipe yaitu *cleistothecia*, *gymnothecia*, *apothecia*, *perithecia* dan *pseudotrichia* (Gambar 9.6). a. *Cleistothecia* : Bentuk asci benar-benar ada tertutup, dan tidak memiliki lubang ascocarp khusus, Cleistothecium yang dimodifikasi merupakan ciri khasnya dari Erysiphales. b. *Gymnothecia* : terdiri dari jaring yang longgar dari hifa. Keduanya ditemukan di Plektomicetes. c. *Apothecia* : ascocarp berbentuk piring disebut dengan kumpulan hifa tidak subur yang menopang suatu lapisan dari asci yang melapisi sisi atas tubuh buah. d. *Perithecia* : bentuk tubuh buah seperti labu dibuka oleh pori atau ostiola. Dinding perithecia terbentuk dari sel-sel steril yang berasal dari hifa yang mengelilingi ascogonium selama perkembangan. Contoh Pyrenomycetes (misalnya Sphaeriales dan Hypocreales).

e. *Pseudotesia* : perithecia di asci terkandung dalam satu atau beberapa rongga (lokula) terbentuk dalam ascostroma yang sudah ada sebelumnya



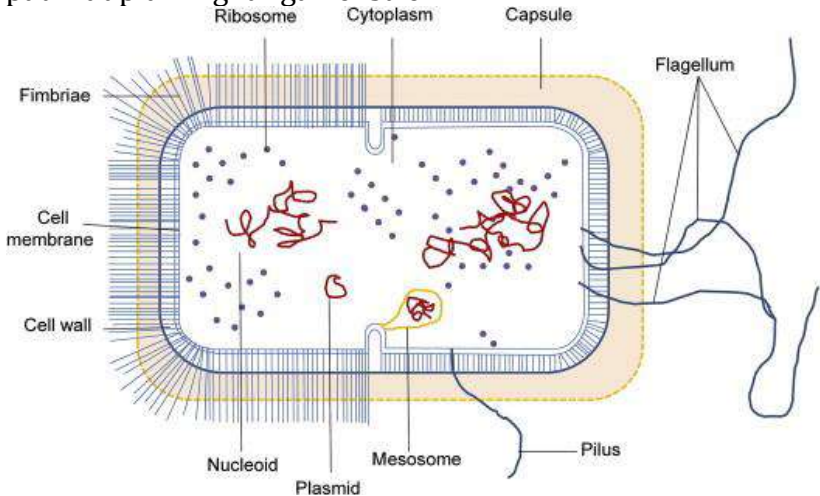
**Gambar 9.5.** Tubuh buah Basidiomycota (Webster and Weber, 2007)



**Gambar 9.6.** Tipe-tipe ascocarp (a. *Gymnotechia*, b. *Cleistothecia*, c. *Apothecia*, d. *Peritechia*, e. *Pseudotechia*) (Webster and Weber, 2007)

### 9.2.2 Bakteri dan Arkhaea

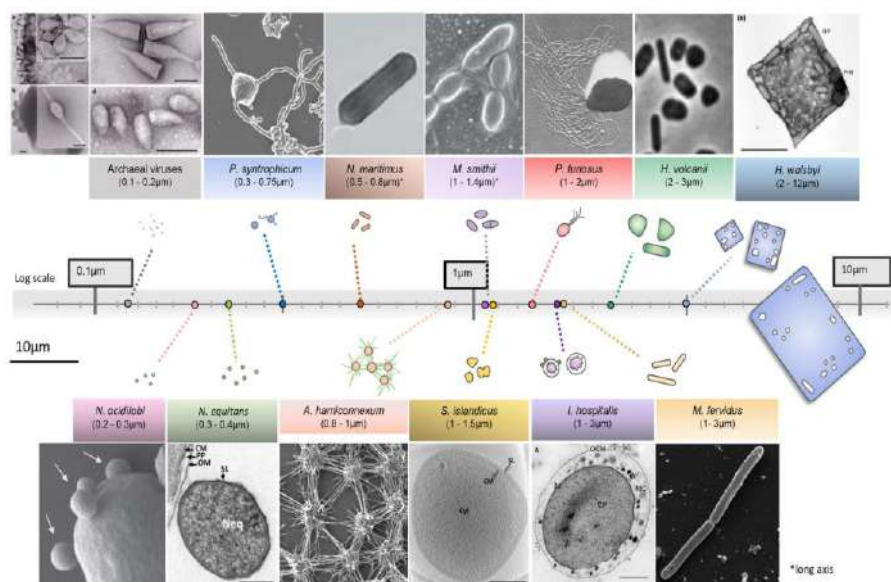
Bakteri merupakan organisme prokariotik uniseluler yang dikelompokkan menjadi Eubakteri dan Arkhaea (Gambar 9.7). Arkhaea serupa dengan eubakteria tetapi berbeda dalam hal ciri fisiologis. Bakteri terdiri atas organisme prokariot baik non patogen dan patogen yang semuanya terdapat di daratan maupun di perairan. Selain itu kelompok prokariot yang bersifat heterotrof dan fotoautotrof juga dikelompokkan dalam bakteri. Sedangkan kelompok arkhaea termasuk organisme prokariot tanpa peptidoglikan pada dinding selnya. Arkhaea umumnya dapat hidup di lingkungan ekstrem.



**Gambar 9.7.** Struktur Sel Bakteri (Basic Biology of Oral Microbes, 2015)

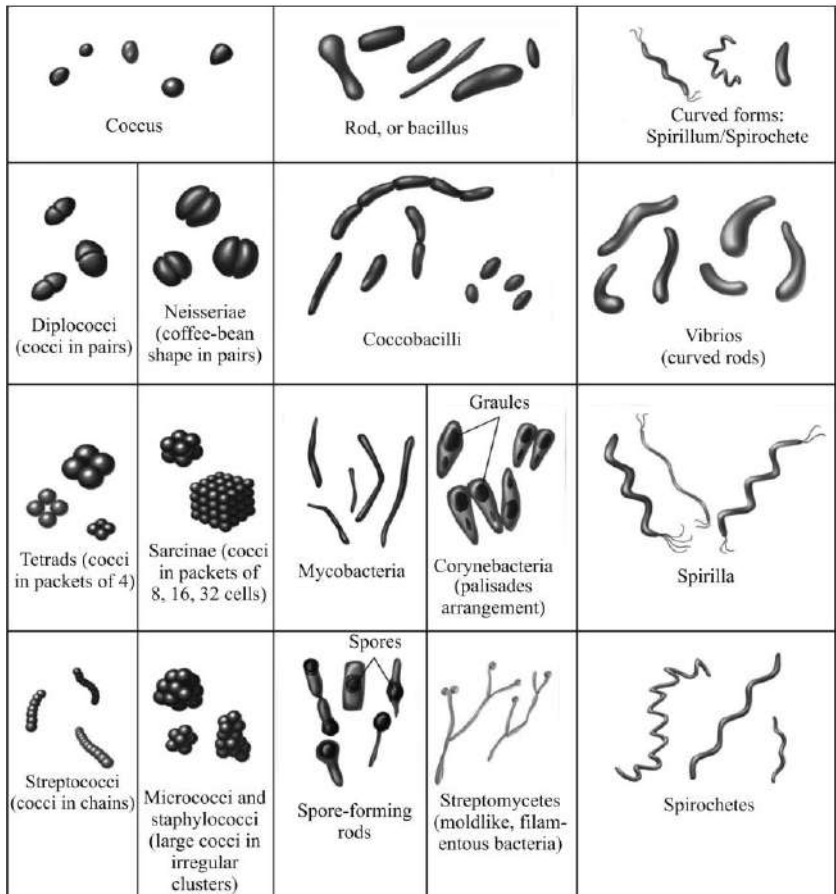
Arkhaea, merupakan salah satu dari tiga kelompok domain. Arkhae termasuk prokariot yang sangat beragam, yang mencakup sejumlah ekstrimofil yang tumbuh di lingkungan dengan habitat seperti sumber air panas, danau garam, dan gunung berapi bawah laut. Arkhaea umumnya seperti bakteri bersifat mesofilik. Arkhaea dapat berperan sebagai patogen manusia. Arkhaea berbeda dari eukarya dan bakteri dalam hal sifat genetik, biokimia, dan struktur. Arkhaea memiliki flagelin dan ikatan eter lipid serta kekurangan murein di dinding selnya

(Eckburg, Lepp and Relman, 2003). Bentuk dan ukuran sel arkhaea terlihat pada Gambar 9.8.



**Gambar 9.8.** Bentuk dan Ukuran Sel Arkhaea (van Wolferen *et al.*, 2022)

Morfologi dasar dari bakteri yaitu bulat (*coccus*; tunggal, *cocci*; jamak), batang (*bacillus*; tunggal, *bacilli*; jamak), dan spiral. Bentuk spiral dari bakteri yaitu tidak dalam bentuk lurus dan memiliki satu atau lebih lekukan. Bentuk spiral terbagi menjadi *vibrio* (seperti koma), *spirilla* (berpilin kaku) dan *spirochaeta* (berpilin fleksibel) (Talip Al-mohanna, 2016). Ukuran bakteri sangat bervariasi. Satuan yang digunakan untuk mengukur mikroba adalah µm dan nm. Bentuk *coccus* berdiameter 1 µm. Basil dapat dibagi lagi menjadi *coccobacilli*, *brevibacteria*, dan basil panjang, dengan ukuran panjang sekitar 1–10 µm dan lebar 0,3–1 µm. *Spirochetes* berukuran panjang sekitar 6–20 µm dan lebar 0,1–0,2 µm (Basic Biology of Oral Microbes, 2015).



**Gambar 9.8.** Bentuk dan Ukuran Sel Bakteri (Talip Al-mohanna, 2016)

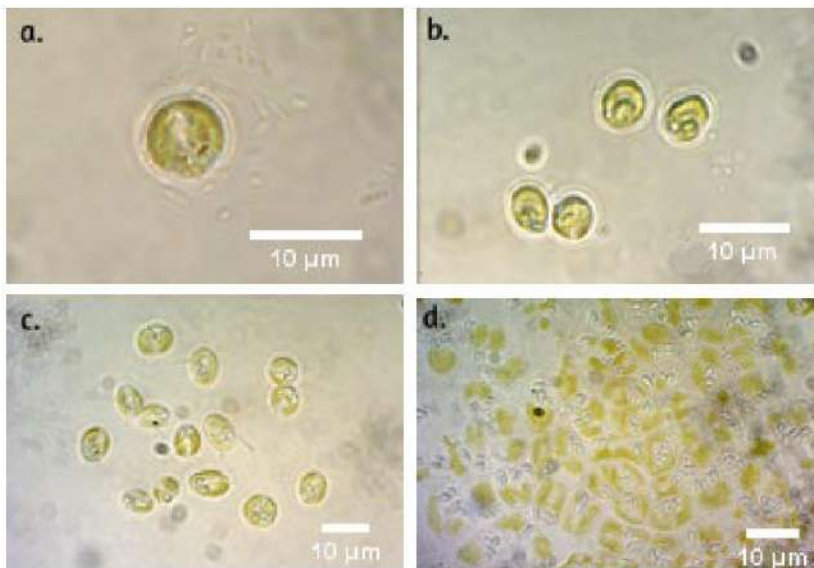
#### 9.2.4 Algae

Algae merupakan organisme eukariotik, bersel tunggal (uniseluler) dan dapat pula bersifat multiseluler. Algae termasuk organisme fotoautotrof. Algae dapat berfotosintesis akan tetapi algae tidak memiliki struktur seperti halnya pada tanaman yaitu akar, batang dan daun. Algae dengan beragam warna karena memiliki pigmen penyerap cahaya yaitu klorofil a, karotenoid dan fikobilin.

Struktur tubuh algae berupa *thallus*. Algae tersusun atas empat tipe berdasarkan struktur tubuhnya yaitu algaee

uniseluler, algae kolonial, algae berfilamen dan algae multiseluler. Struktur algae uniseluler terdapat pada organisme akuatik dalam bentuk fitoplankton. Algae kolonial memiliki struktur dengan sel yang berkelompok, terkoordinasi dan terspesialisasi sehingga memungkinkan algae untuk bergerak, makan dan bereproduksi secara efisien. Algae filamentous memiliki *thallus* dengan bentuk batang ramping dan tersusun berderet terkait satu sama lain. Struktur terspesialisasi ini disebut *holdfast*, yang tertanam pada batuan. Algae multiseluler memiliki *thallus* serupa daun yang besar dengan bentuk seperti pisau atau silet (*blade*), seperti batang (*stipe*). Algae dapat mengapung di air karena adanya *pneumatocyst* yaitu struktur dau menyerupai pisau/silet yang berisi rongga udara (Pratiwi, 2014).

Algae bereproduksi secara asexual maupun seksual. Reproduksi secara asexual pada algae multiseluler dilakukan dengan fragmentasi *thallus*, sedangkan pada algae uniseluler yaitu dengan pembelahan inti.



**Gambar 9.9.** Morfologi algae mikroskopis *Pavlova notivaga* (a. Sel tunggal, b. Empat sel, c. Banyak sel, d. Sekelompok sel) (Nor *et al.*, 2023)

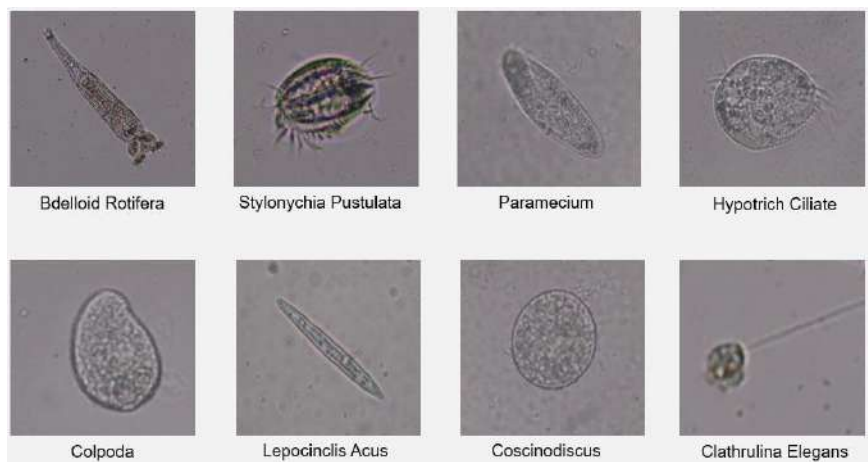
### 9.2.5 Protozoa

Protozoa merupakan hewan bersel satu yang ditemukan di sebagian besar habitat di seluruh dunia. Protozoa dapat hidup bebas, tetapi dapat pula menginfeksi hewan tingkat tinggi. Protozoa termasuk ke dalam sel eukariot uniseluler mikroskopis, memiliki struktur internal yang relatif kompleks dan melakukan aktivitas metabolisme yang kompleks. Beberapa protozoa memiliki struktur alat gerak seperti pseudopodia, cilia, dan flagella. Reproduksi Protozoa secara umum dengan pembelahan biner, bersifat asexual; beberapa pembelahan asexual terjadi dalam beberapa bentuk. Reproduksi seksual dan asexual terjadi di Sporozoa.

Berdasarkan morfologi mikroskopis, protozoa saat ini diklasifikasikan menjadi empat filum yaitu Rhizopoda, Flagellata, Ciliata, dan Sporozoa. Kebanyakan spesies penyebab penyakit pada manusia adalah anggota filum Sporozoa dan Flagellata. Tahapan parasit protozoa yang aktif mencari makan dan berkembang biak sering disebut trofozoit. Kista merupakan stadium dengan selaput pelindung atau dinding yang menebal. Kista protozoa yang harus bertahan hidup di luar inang biasanya memiliki dinding yang lebih tahan dibandingkan kista yang terbentuk di jaringan.

Penyakit yang disebabkan oleh parasit protozoa pada manusia terutama yang terjadi di daerah tropis, misalnya adalah malaria, trypanosomiasis Afrika, dan leishmaniasis. Kebanyakan parasit protozoa pada manusia merupakan parasit obligat yang membutuhkan manusia (atau inang vertebrata lainnya) untuk menyelesaikan siklus hidupnya. Protozoa tidak dapat bertahan hidup di luar inangnya kecuali dalam kondisi tidak aktif. Protozoa bereproduksi secara asexual dengan pembelahan biner, tunas, atau pembelahan ganda (skizogoni). Beberapa bereproduksi secara seksual. Terdapat spesies yang hanya mempunyai tahap makan aktif (trofozoit) dan tahap kista tidak aktif. Penularan kista diantaranya melalui jalur *fecal-oral*. Beberapa protozoa memiliki beberapa tahapan morfologi dan siklus hidup yang kompleks; banyak di antaranya ditularkan

melalui vektor arthropoda (Milgroom, 2023). Berikut ini merupakan contoh dari Protozoa (Gambar 9.10).



**Gambar 9.10.** Protozoa (Kahraman, Karaş and Turan, 2024)

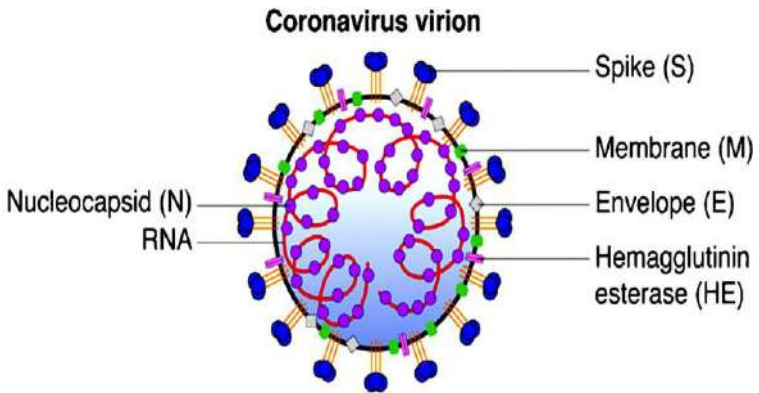
**9.2.6 Virus**

Virus merupakan suatu mikroorganisme parasit intraseluler obligat sebagai agen penginfeksi aseluler yang berukuran lebih atau paling kecil dibandingkan sebagian besar sel pada umumnya. Virus hanya mempunyai salah satu materi genetik dalam bagiannya yaitu DNA (*Deoxyribonucleic acid*) atau RNA (*Ribonucleic acid*) saja. Virus mempertahankan hidup dengan tidak melakukan pembelahan secara biner (mitosis) sehingga virus melakukan perbanyakan diri dengan cara replikasi. Virus melakukan replikasi di dalam sel tubuh inangnya untuk dapat bertahan hidup. Replikasi diri virus dapat terjadi dalam sel bakteri, tumbuhan atau hewan (Pratiwi, 2014)

Virus memiliki aktivitas utama dengan menyerang sel inang atau organisme lain yang dijadikan sebagai bahan untuk menggandakan diri menjadi lebih banyak. Selain di dalam tubung inang, virus tidak memiliki kemampuan untuk bermetabolisme seperti organisme yang lain. Oleh karena itu virus disebut organisme inert.

Virus memiliki diameter berukuran sekitar 16 nm (circovirus) hingga lebih 300 nm (poxvirus). Ukuran virus yang

kecil menjadikannya agen *ultrafilterable*, yaitu virus tidak tertahan oleh filter tahan bakteri. Virion atau partikel virus, terdiri dari protein dan dikelilingi membran lipid, yang disebut sebagai selubung. Virus hanya mengandung satu jenis asam nukleat, hanya DNA atau RNA. Virus tidak berkembang biak dengan pembelahan, seperti halnya pada bakteri, *yeast* atau sel lain, tetapi virus melakukan replikasi di dalam sel-sel inang hidup yang diinfeksi (Modrow *et al.*, 2013).



**Gambar 9.11.** Struktur Virus Corona (Prayitno *et al.*, 2021)

Jamur, bakteri, arkhaea, algae, protozoa dan virus termasuk dalam mikroorganisme. Berdasarkan uraian sebelumnya di atas maka dapat disimpulkan perbedaan antara jamur, bakteri dan virus serta mikroorganisme lainnya. Hal ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini (Tabel 9.2).

**Tabel 9.2.** Perbedaan jamur, bakteri, arkhae, algae, protozoa dan virus

| Perbedaan         | Jamur                    | Bakteri dan Archaea      | Algae                    | Protozoa                     | Virus     |
|-------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|-----------|
| Domain            | Eukariot                 | Prokariot                | Eukariot                 | Eukariot                     | Aseluler  |
| Kingdom           | Fungi                    | Monera                   | Protista                 | Protozoa                     | Aseluler  |
| Jenis sel         | Uniseluler, multiseluler | Uniseluler               | Uniseluler, multiseluler | Uniseluler                   | Aseluler  |
| Ukuran            | 5-30µm                   | 1-20 µm                  | 5-20 µm                  | 10-1000 µm                   | 16-300 nm |
| Perolehan nutrisi | Heterotrof               | Heterotrof/ fotoautotrof | Fotoautotrof             | Heterotrof                   | Tidak ada |
| Materi genetik    | DNA, RNA                 | DNA, RNA                 | DNA, RNA                 | DNA, RNA                     | DNA/ RNA  |
| Tipe reproduksi   | Seksual, aseksual        | Pembelahan biner         | Seksual, aseksual        | Aseksual, seksual (Sporozoa) | Replikasi |
| Dinding sel       | Kitin, selulosa          | Peptidoglikan            | Selulosa                 | Tidak ada                    | Aseluler  |

## DAFTAR PUSTAKA

- 'Basic Biology of Oral Microbes' (2015) in *Atlas of Oral Microbiology*. Elsevier, pp. 1–14. Available at: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-802234-4.00001-x>.
- Bella, I., Rondonuwu, S. and Tangapo, A.M. (2022) 'Inventarisasi Jamur Makroskopis di Perkebunan Kelapa Tengatuel Desa Tokin Baru Kecamatan Motoling Timur (Inventory of Macroscopic Fungi in Tengatuel Coconut Plantation of Tokin Baru Village, East Motoling District)', *JOURNAL of Biotechnology and Conservation in WALLACEA*, 02, pp. 16–28. Available at: <https://doi.org/10.35799/jbcw.v2i1.42211>.
- Bimo Purwanto, P. *et al.* (2017) 'Inventarisasi Jamur Makroskopis di Cagar Alam Nusakambangan Timur Kabupaten Cilacap Jawa Tengah', 14(1).
- Eckburg, P.B., Lepp, P.W. and Relman, D.A. (2003) 'Archaea and their potential role in human disease', *Infection and Immunity*, pp. 591–596. Available at: <https://doi.org/10.1128/IAI.71.2.591-596.2003>.
- Kahraman, İ., Karaş, İ.R. and Turan, M.K. (2024) 'Real-Time Protozoa Detection from Microscopic Imaging Using YOLOv4 Algorithm', *Applied Sciences*, 14(2), p. 607. Available at: <https://doi.org/10.3390/app14020607>.
- Little, C.R. (2014) *Introduction to Fungi*. Available at: <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/PathogenGroups/Pages/IntroFungi.aspx>.
- Milgroom, M.G. (2023) 'Protozoa', in *Biology of Infectious Disease*. Cham: Springer International Publishing, pp. 71–87. Available at: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-38941-2\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-031-38941-2_6).
- Modrow, S. *et al.* (2013) 'Viruses: Definition, Structure, Classification', in *Molecular Virology*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 17–30. Available at: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-20718-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-20718-1_2).
- Nor, S. *et al.* (2023) *GROWTH AND MORPHOLOGICAL FEATURES OF LOCALLY ISOLATED MICROALGAE CYCLOTELLA AND*

PAVLOVA, Siti Nor Ani Azaman et al. *Malaysian Journal of Microscopy*.

Panawala, L. (2017) *Difference Between Prokaryotic and Eukaryotic Cells*. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/314051827>.

Prayitno, J. et al. (2021) *BIOTEKNOLOGI & BIOSAINS INDONESIA Review of Virus Inactivation Technologies for Covid-19 Pandemic Control*. Available at: <http://ejurnal.bppt.go.id/index.php/JBBI>.

Pratiwi, S.T. 2014. *Mikrobiologi Farmasi*. Erlangga, Jakarta.

Retnaningrum, E., S. Darmasiwi dan A.R. Siregar. 2017. *Bahan Ajar Mikrobiologi*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Subandi. 2012. *Mikrobiologi Perkembangan, Kajian dan Pengamatan dalam Perspektif Islam*. Remaja Rosdakarya, Bandung.

Talip Al-mohanna, M. (2016) *MORPHOLOGY AND CLASSIFICATION OF BACTERIA*. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/315803754>.

Webster, J. and Weber, R. (2007) *Introduction to Fungi*. Cambridge University Press, Newyork.

van Wolferen, M. et al. (2022) 'The cell biology of archaea', *Nature Microbiology*. Nature Research, pp. 1744–1755. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41564-022-01215-8>.

Zhang, Q.Y. et al. (2022) 'Recent insights into aquatic viruses: Emerging and reemerging pathogens, molecular features, biological effects, and novel investigative approaches', *Water Biology and Security*. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.watbs.2022.100062>.

# **BAB 10**

## **DAMPAK POSITIF JAMUR DALAM KEHIDUPAN SEHARI-HARI**

*Oleh Budi Rianto Wahidi*

### **10.1 Pendahuluan**

Meskipun sering dianggap sebagai tumbuhan tanpa daun, akar, atau biji, jamur tetap bukanlah tanaman atau tumbuhan. Jamur diklasifikasikan berbeda dari tumbuhan, jamur termasuk dalam kingdom fungi, sementara tumbuhan diklasifikasikan dalam *kingdom plantae*. Keberadaan jamur sering dijumpai di lingkungan yang sama dengan tumbuhan dan memiliki beberapa kesamaan morfologis, reproduksi, dan ekologi, mereka memiliki perbedaan yang signifikan dalam struktur, metabolisme, dan siklus hidup mereka. Oleh karena itu, secara ilmiah, jamur dianggap sebagai kelompok organisme yang berbeda dari tanaman atau tumbuhan. Jamur memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan meningkatkan kualitas kehidupan sehari-hari manusia. Jamur dapat membantu dalam proses daur ulang bahan organik, membersihkan lingkungan dari polutan, dan membantu pertumbuhan tanaman dengan membentuk hubungan simbiotik dengan akar.

Peran jamur tidak bisa diremehkan dalam mendukung keberlangsungan hidup manusia dan alam. Kegunaan atau pemanfaatan jamur dalam kehidupan sehari-hari baik sebagai sumber makanan maupun pengobatan telah digunakan berabad-abad lalu (Procházka *et al.*, 2023). Pemanfaatan jamur sebagai sumber pangan telah tercatat sejak zaman prasejarah, dimana manusia purba mengumpulkan jamur sebagai sumber makanan, bahkan beberapa tabib atau dukun memanfaatkan jamur sebagai obat (Procházka *et al.*, 2023). Kehadiran jamur dalam budaya makanan juga tercermin dalam berbagai masakan

tradisional di berbagai belahan dunia, seperti dalam masakan Cina, Jepang, Italia, dan berbagai negara lainnya. Kandungan nutrisi yang tinggi, seperti protein, serat, vitamin, dan mineral, menjadikan jamur sebagai opsi sumber pangan yang sehat. Jamur juga dapat menjadi pilihan yang baik bagi mereka yang ingin menjaga kesehatan tanpa mengonsumsi produk hewani atau dengan kata lain mengikuti pola makan vegetarian.

Selain itu, jamur juga memiliki rasa yang khas dan dapat diolah menjadi berbagai hidangan lezat, menambah variasi dalam masakan sehari-hari. Jamur menyediakan sumber protein nabati yang penting bagi tubuh manusia. Konsumsi jamur secara teratur dapat membantu memperbaiki asupan gizi dan memperkaya pola makan sehari-hari. Selain itu, kandungan serat dalam jamur membantu dalam pencernaan dan menjaga kesehatan saluran pencernaan. Vitamin dan mineral yang terdapat dalam jamur berfungsi sebagai bahan pendukung berbagai fungsi tubuh dan memperkuat sistem kekebalan tubuh. Dalam bab ini, akan dipelajari beragam manfaat atau dampak positif jamur dalam berbagai aspek kehidupan. Melalui pemahaman yang baik tentang manfaat jamur, kita dapat lebih menghargai keberagaman hayati yang luar biasa dan memanfaatkannya secara bertanggung jawab demi kesehatan, keberlanjutan, dan kesejahteraan bersama.

## **10.2 Keajaiban Nutrisi Jamur**

Jamur merupakan sumber nutrisi yang kaya dan beragam, serta menjadi bagian penting dari berbagai masakan di seluruh dunia. Jamur memiliki kandungan nutrisi yang bervariasi, namun secara umum, mereka mengandung protein, serat, vitamin B kompleks, serta mineral seperti selenium, zat besi, dan seng. Beberapa jenis jamur juga dikenal mengandung senyawa antioksidan, yang dapat melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan akibat radikal bebas. Dengan beragam kandungan nutrisinya, jamur merupakan pilihan makanan yang sehat dan dapat menjadi alternatif yang lezat untuk protein hewani. Sebagai sumber pangan, jamur kancing (*Agaricus bisporus*) merupakan sumber protein nabati yang baik dan mengandung

sedikit lemak, sementara jamur shiitake (*Lentinula edodes*) dikenal karena kandungan beta-glukan yang dapat meningkatkan sistem kekebalan tubuh. Jamur cremini (*Agaricus bisporus*) kaya akan vitamin B kompleks dan asam amino esensial, sementara jamur enoki (*Flammulina velutipes*) memiliki kandungan serat tinggi yang baik untuk pencernaan.

Selain memiliki kandungan nutrisi yang baik, jamur juga merupakan sumber vitamin dan mineral penting, yang berperan dalam menjaga sistem kekebalan tubuh dan meredakan peradangan. Jamur portobello (*Agaricus bisporus*) mengandung vitamin D yang penting dalam menjaga kesehatan tulang dan sistem kekebalan tubuh. Kekurangan vitamin D telah dikaitkan dengan risiko osteoporosis, penyakit jantung, dan gangguan autoimun. Dengan memasukkan jamur ke dalam menu makanan, baik sebagai bahan makanan utama maupun tambahan, secara tidak langsung akan meningkatkan asupan vitamin D secara alami dan secara signifikan mendukung kesehatan tulang dan sistem kekebalan tubuh. Jamur memiliki kemampuan unik untuk mensintesis vitamin D ketika terpapar sinar matahari, dengan menggunakan senyawa ergosterol sebagai prekursor vitamin D. Penelitian telah menunjukkan bahwa jenis-jenis jamur tertentu, terutama yang terpapar sinar matahari sebelum panen, dapat mengandung kadar vitamin D yang signifikan, yang pada akhirnya menyediakan kontribusi penting untuk asupan nutrisi kita.

Jenis jamur lain yaitu jamur cremini (*Agaricus bisporus*), dikenal memiliki kandungan vitamin B kompleks, termasuk riboflavin (vitamin B2) dan niasin (vitamin B3). Vitamin B2 adalah nutrisi penting yang diperlukan oleh tubuh untuk metabolisme energi yang optimal. Jamur, meskipun tidak dikenal sebagai sumber vitamin B2 seperti daging atau produk susu, tetapi sebenarnya mengandung jumlah yang signifikan dari nutrisi ini. Kandungan riboflavin menurut (Mattila *et al.*, 2001) berkisar antara 4,2 – 5,1 mg/100gr berat kering untuk varietas *Agaricus bisporus*, dijelaskan lebih lanjut bahwa pada beberapa jenis jamur memiliki kandungan riboflavin yang lebih tinggi dari telur dan keju. Riboflavin dalam jamur tidak hanya membantu

tubuh dalam mengubah makanan menjadi energi, tetapi juga berperan dalam fungsi sistem saraf dan produksi sel darah merah. Kandungan vitamin B2 yang signifikan dalam jamur menambahkan nilai nutrisi dari makanan ini. Sebagai sumber riboflavin yang alami, jamur dapat menjadi pilihan yang baik untuk memenuhi kebutuhan nutrisi harian, terutama bagi mereka yang menjalani pola makan vegetarian. Selain itu, peran vitamin B2 dalam mendukung kesehatan mata juga menambah kepentingan konsumsi jamur secara teratur.

Meskipun sering kali tidak disadari, jamur sebenarnya merupakan sumber yang kaya akan niasin (vitamin B3). Niasin yang terkandung pada *Pleurotus ostreatus* cukup tinggi, yaitu 65 mg/100 gr berat kering, sedangkan pada varietas *Agaricus bisporus* berkisar antara 36,19-57 mg/100gr (Mattila *et al.*, 2001). Niasin sendiri merupakan nutrisi penting yang berperan dalam metabolisme energi, sintesis DNA, dan fungsi sistem saraf. Kandungan niasin dalam jamur menyediakan kontribusi yang signifikan terhadap asupan nutrisi harian kita. Niasin tidak hanya berperan dalam menjaga kesehatan tubuh secara umum, tetapi juga memiliki manfaat khusus bagi kesehatan jantung. Konsumsi niasin telah dikaitkan dengan penurunan risiko penyakit kardiovaskular, termasuk peningkatan kadar kolesterol baik (HDL) dan penurunan kadar kolesterol jahat (LDL). Dengan demikian, memasukkan jamur dalam menu makanan dapat membantu dalam menjaga kesehatan jantung dan mengurangi risiko penyakit yang berkaitan dengan kardiovaskular.

Jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) mengandung beberapa mineral penting yang dibutuhkan oleh tubuh manusia, contohnya zat besi dan fosfor. Zat besi memiliki peran penting terutama dalam pembentukan sel darah merah dan transportasi oksigen. Jamur ini sering dikonsumsi secara luas, karena mengandung jumlah zat besi yang cukup signifikan. Kandungan zat besi yang ditemukan pada *Pleurotus ostreatus* adalah 9,66 mg/kg berat kering, dengan asupan harian yang direkomendasikan sebesar 18 mg (Effiong *et al.*, 2023). Peran zat besi dalam menjaga kesehatan tubuh tidak bisa diabaikan. Kekurangan zat besi dapat menyebabkan anemia, kelelahan, dan

penurunan daya tahan tubuh. Kandungan zat besi pada *Pleurotus ostreatus* menjadikannya sebagai tambahan yang bermanfaat bagi asupan zat besi harian kita. Dengan memperhatikan kandungan zat besi dalam makanan yang dikonsumsi, termasuk jamur *Pleurotus ostreatus*, akan sangat penting dalam menjaga kesehatan yang optimal.

Selain zat besi, *Pleurotus ostreatus* juga mengandung mineral kalium atau potasium yang diperlukan untuk kesehatan tulang dan gigi, serta berperan dalam proses metabolisme energi dalam tubuh. Selain itu, kalium juga berperan penting dalam menjaga keseimbangan cairan dan tekanan darah dalam tubuh manusia dengan mengimbangi efek sodium dalam tubuh, sehingga membantu dalam pencegahan hipertensi dan penyakit kardiovaskular. Penelitian telah menunjukkan bahwa jamur tiram mengandung jumlah kalium yang signifikan yaitu 12,25 mg/kg berat kering (Effiong *et al.*, 2023), dengan rekomendasi asupan harian sebesar 3,5 mg untuk individu dewasa yang berusia di atas 18 tahun (Afolabi *et al.*, 2023). Kandungan mineral yang terkandung dalam jamur dapat memberikan kontribusi yang signifikan pada upaya pencegahan penyakit kronis yang terkait dengan pola makan yang tidak seimbang.

Dengan mengenal dan mengetahui jenis-jenis jamur yang dapat dikonsumsi serta kandungan nutrisinya, maka pola makan sehari-hari dapat diubah atau divariasikan sesuai kebutuhan dan kemampuan. Mengonsumsi jamur dapat menambah keberagaman pola makan kita dengan berbagai manfaat. Pertama, jamur adalah sumber protein tumbuhan yang berkualitas tinggi, menjadikannya pilihan yang baik bagi yang sedang mencari alternatif dari produk hewani. Kandungan protein pada jamur bervariasi antara 6,60 sampai 36,87 gr/100 gr dengan nilai rata-rata 23,80 gr/100gr berat keringnya (Zhou *et al.*, 2020). Kandungan protein dalam jamur membantu memenuhi kebutuhan tubuh akan nutrisi penting yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan pemeliharaan jaringan tubuh.

Selain protein, jamur juga memiliki kandungan serat yang cukup signifikan, yaitu berkisar 7,94% -18,63% (Uju and

Obiakor, 2014). Serat yang terdapat dalam jamur memiliki manfaat besar untuk kesehatan pencernaan. Serat membantu meningkatkan gerakan usus dan memperbaiki konsistensi tinja, yang membantu mencegah sembelit dan menjaga kesehatan usus secara umum. Selain itu, serat juga dapat membantu mengatur kadar gula darah dan kolesterol dalam tubuh, sehingga membantu mencegah penyakit jantung dan diabetes. Dengan mengonsumsi jamur yang kaya serat secara teratur, maka kesehatan pencernaan juga akan terjaga. Secara keseluruhan, kandungan protein, serat, vitamin dan mineral ini mendukung fungsi sistem kekebalan tubuh, metabolisme energi, kesehatan tulang dan gigi serta manfaat kesehatan yang beragam.

### **10.3 Peran Jamur dalam Pengobatan Tradisional dan Modern**

Penggunaan jamur dalam pengobatan tradisional di berbagai budaya sering kali didasarkan pada pengamatan empiris selama berabad-abad, meskipun sebagian besar klaim tentang manfaat kesehatannya masih membutuhkan penelitian ilmiah lebih lanjut untuk diuji dan divalidasi secara menyeluruh. Penggunaan jamur dalam pengobatan tradisional telah ada selama ribuan tahun di berbagai budaya di seluruh dunia. Beberapa contoh sejarah penggunaan jamur dalam pengobatan tradisional di berbagai budaya yaitu pengobatan tradisional cina, dimana salah satu jamur yang paling terkenal adalah jamur reishi (*Ganoderma lucidum*). Selain reishi, jamur lain seperti *Coriolus versicolor* juga digunakan dalam pengobatan tradisional cina dan jepang sebagai imunomodulator dan anti oksidan (Lee *et al.*, 2012).

Budaya dari negara lain yang menggunakan jamur sebagai pengobatan tradisional adalah Jepang. Di negara tersebut, jamur maitake (*Grifola frondosa*) telah digunakan dalam pengobatan tradisional untuk meningkatkan sistem kekebalan tubuh (Wu *et al.*, 2021). Selain itu, jamur seperti shiitake (*Lentinula edodes*) dan reishi (*Ganoderma lucidum*) juga populer di negara tersebut untuk tujuan kesehatan (Lee *et al.*,

2012; Rahmawati, 2015). Negara Amerika Utara dan Amerika Latin juga memiliki tradisi yang kuat dalam penggunaan jamur untuk tujuan pengobatan. Negara Brazil menggunakan jamur dari jenis *Agaricus campestris* dan *Agaricus bisporus* untuk mengobati berbagai penyakit (Gan, Nurul Amira and Asmah, 2013), meskipun penelitian ilmiah tentang efektivitasnya masih terbatas. Penduduk asli di Amerika Utara juga telah menggunakan jamur *calvatia* untuk menyembuhkan luka dan tujuan lain (Burk, 1983).

Negara maju seperti negara-negara di Eropa juga menggunakan jamur dalam pengobatan tradisional, meskipun mungkin tidak seumum di Cina atau Jepang. Beberapa jenis jamur telah digunakan dalam pengobatan tradisional di Yunani (Tsioutsiou *et al.*, 2019). Dari berbagai contoh diatas, jelas bahwa pemanfaatan jamur sebagai pengobatan tradisional telah digunakan di hampir semua budaya. Pengetahuan terkait manfaat jamur sebagai obat atau pun sebagai penunjang kesehatan mungkin diwariskan secara turun-menurun antar generasi atau dari nenek moyang mereka, tetapi satu hal yang perlu digarisbawahi bahwasanya khasiat dari beberapa jamur yang digunakan oleh berbagai budaya tersebut benar adanya dan terus dilestarikan dan digunakan hingga kini.

Penelitian telah dan terus dilakukan untuk memahami lebih lanjut tentang senyawa aktif dalam jamur dan potensi penggunaannya dalam pengobatan modern. Banyak penelitian pra klinis dan klinis telah dilakukan untuk menguji efektivitas jamur dalam pengobatan berbagai kondisi penyakit, termasuk kanker, diabetes, penyakit jantung, dan gangguan kekebalan tubuh (Bhambri *et al.*, 2022; Widyastuti and Tjokrokusumo, 2022; Ekiz *et al.*, 2023). Meskipun masih diperlukan lebih banyak penelitian untuk memvalidasi klaim-klaim ini, jamur terus menjadi subjek penelitian yang menarik dalam dunia kedokteran modern. Di antara berbagai jenis obat yang dihasilkan oleh jamur, polisakarida telah diakui sebagai salah satu yang paling penting dalam konteks pengobatan modern (Patel and Goyal, 2012). Fungsi polisakarida meliputi penyimpanan energi dalam bentuk glikogen dan amilum, serta

memberikan dukungan struktural dalam sel, Tidak terbatas itu saja, polisakarida juga memiliki sifat-sifat khusus yang bermanfaat dalam merangsang sistem kekebalan tubuh meliputi kemampuannya untuk meningkatkan respons imun tubuh, memicu produksi sel-sel kekebalan, dan mempercepat proses penyembuhan luka.

Selain polisakarida,  $\beta$ -glukan juga merupakan salah satu metabolit yang paling terkenal dan serbaguna yang dihasilkan oleh jamur (Chen and Seviour, 2007).  $\beta$ -glukan adalah jenis serat yang ditemukan dalam berbagai jenis jamur, serta beberapa tanaman, seperti *oat* dan *barley*.  $\beta$ -glukan telah menarik perhatian luas karena spektrum aktivitas biologisnya yang luas. Metabolit ini telah terbukti memiliki efek positif pada sistem kekebalan tubuh, membantu melawan infeksi, dan mempercepat proses penyembuhan luka. Karena potensinya yang besar dalam meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan manusia,  $\beta$ -glukan menjadi subjek penelitian yang menarik dalam bidang farmasi dan kesehatan. Dengan berbagai macam obat yang dihasilkan, baik polisakarida maupun  $\beta$ -glukan merupakan contoh utama dari potensi pengobatan dari sintesa jamur. Kedua senyawa tersebut menunjukkan bahwa jamur bukan hanya sumber gizi, tetapi juga memiliki potensi untuk menjadi sumber obat-obatan yang berharga dalam pengobatan modern.

Senyawa aktif lain seperti triterpenoids juga sering ditemukan pada jamur, jamur reishi merupakan salah satu jamur yang memiliki kandungan triterpenoids (Surahmida, 2018). Triterpenoids menarik minat peneliti karena potensi aktivitas farmakologisnya, termasuk efek antioksidan, anti-inflamasi, dan potensi anti-kanker. Senyawa polisakarida juga merupakan senyawa aktif yang terkandung pada jamur. Polisakarida adalah jenis karbohidrat kompleks dan dari beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa polisakarida jamur memiliki aktivitas antioksidan, anti-inflamasi, dan imunomodulator yang dapat bermanfaat dalam pengobatan berbagai kondisi penyakit. Kandungan polisakarida dapat ditemukan dalam berbagai jenis jamur, termasuk jamur *Ganoderma lucidum* (Bhambri *et al.*, 2022). Senyawa lectins juga ditemukan pada beberapa jenis

jamur, misalnya jamur kancing dan jamur reishi (Venturella *et al.*, 2021). Lectins adalah protein yang memiliki potensi dalam menghambat pertumbuhan sel-sel kanker serta meningkatkan aktivitas sistem kekebalan tubuh (Yau *et al.*, 2015).

Senyawa sterol, khususnya ergosterol, yang terdapat dalam jamur menunjukkan potensi sebagai agen anti-kanker dan antioksidan. Ergosterol, yang merupakan salah satu jenis sterol yang ditemukan secara alami dalam jamur (Rangsint *et al.*, 2023), telah menarik perhatian peneliti karena kemampuannya dalam menghambat pertumbuhan sel kanker dan melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan. Hal ini menjadikan ergosterol dan senyawa sterol lainnya dalam jamur sebagai fokus penelitian yang menjanjikan. Contoh jamur yang dikembangkan sebagai obat komersil adalah *Penicillium chrysogenum*. *Penicillium chrysogenum* menghasilkan senyawa yang penting dalam sintesis antibiotik penisilin (Nawfa, Purnomo and Putro, 2019). Penisilin adalah kelompok obat yang digunakan untuk mengobati berbagai infeksi bakteri. Senyawa yang dihasilkan oleh jamur ini digunakan sebagai bahan dasar dalam produksi penisilin melalui proses sintesis kimia. Penisilin juga merupakan salah satu obat antibiotik yang paling umum digunakan dalam pengobatan infeksi bakteri. Total senyawa aktif yang ditemukan dan berhasil diklasifikasikan pada jenis jamur ini berjumlah 277 senyawa aktif, terdiri dari golongan terpenoid, golongan flavonoid, golongan alkaloid dan lain-lain, berikut turunan senyawa aktif tersebut masing-masing (Shaaban *et al.*, 2023).

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa jamur memiliki kemampuan untuk menghasilkan beragam fungsi obat, dengan banyak sekali jenis jamur yang telah diidentifikasi. Dari beberapa contoh senyawa aktif yang ditemukan pada jamur diatas, dapat diambil kesimpulan bahwa jamur merupakan sumber potensial senyawa farmakologis baru yang dapat dimanfaatkan dalam pengembangan obat-obatan. Dalam upaya mencari bahan-bahan alami untuk pengobatan, para peneliti sering tertarik pada sumber-sumber alam yang belum sepenuhnya dieksplorasi. Hingga saat ini penelitian dan

pengembangan jamur, utamanya fokus pada pemanfaatan senyawa-senyawa aktif yang terkandung pada jamur masih dilakukan dan terus dikembangkan baik dalam riset skala laboratorium maupun sudah aplikatif. Dalam penelitian obat-obatan baru, peran jamur menjadi semakin penting. Kandungan senyawa-senyawa aktif dalam jamur, seperti  $\beta$ -glukan, triterpenoid, dan lainnya, menunjukkan potensi dalam pengobatan berbagai penyakit. Oleh karena itu, penelitian terus dilakukan untuk mengeksplorasi potensi jamur sebagai sumber senyawa farmakologis baru yang dapat digunakan dalam pengembangan obat-obatan modern.

#### **10.4 Jamur sebagai Bahan Pangan Kreatif**

Jamur telah menjadi bahan utama dalam berbagai hidangan dari berbagai belahan dunia karena keberagaman jenisnya dan cita rasanya yang khas. Meskipun belum terlalu umum di negara kita, penggunaan jamur sebagai bahan utama atau pun bahan pelengkap masakan juga telah banyak digunakan, contohnya tumis jamur dan sup jamur. Alasan jamur sering digunakan dalam berbagai hidangan adalah karena teksturnya yang unik, rasa yang kaya, dan kemampuannya untuk menambahkan rasa baru pada hidangan. Tekstur jamur sebagai bahan makanan bervariasi tergantung pada jenisnya. Beberapa jamur memiliki tekstur yang renyah, seperti jamur kancing. Sementara yang lain memiliki tekstur yang lebih lembut dan berair, seperti jamur enoki. Jamur juga dapat memiliki tekstur yang empuk dan kenyal setelah dimasak, seperti jamur shiitake atau oyster. Tekstur jamur sering memberikan tambahan lain dalam hidangan, memberikan variasi yang menarik dan sensasi saat dimakan. Hal ini membuat jamur menjadi pilihan populer dalam berbagai masakan di seluruh dunia, baik sebagai bahan utama maupun sebagai tambahan untuk memberikan tekstur dan rasa yang unik pada hidangan.

Keunikan lain pada jamur terletak pada kemampuan jamur untuk menyerap rasa dari bumbu yang digunakan dalam masakan. Jamur memiliki struktur sel yang porus, sehingga mampu menyerap berbagai rasa dengan baik. Selain itu juga,

beberapa jenis jamur juga memiliki aroma yang menarik, hal ini tentu saja dapat menambah kompleksitas pada hidangan. Penggunaan jamur tidak hanya sebatas tekstur dan aroma saja, dewasa ini jamur juga digunakan sebagai pengganti garam pada masakan (Rangel-Vargas *et al.*, 2021). Terdapat beberapa alasan yang mendasari mengapa jamur dapat menjadi alternatif pengganti garam, alasan pertama yaitu beberapa jenis jamur, seperti jamur shiitake, memiliki rasa umami atau gurih, mirip dengan rasa garam. Ini membuatnya menjadi kandidat yang dapat digunakan sebagai pengganti garam dalam beberapa aplikasi kuliner.

Alasan yang kedua, konsumsi garam berlebih telah dikaitkan dengan berbagai masalah kesehatan, termasuk tekanan darah tinggi dan risiko penyakit jantung. Dengan mengganti sebagian atau seluruh garam dalam masakan dengan jamur, dapat mengurangi asupan garam namun tetap mempertahankan rasa yang lezat dan memberikan manfaat tambahan dari nutrisi yang terkandung dalam jamur. Terakhir, keragaman nutrisi terutama mineral-mineral yang terdapat pada jamur dapat memberikan efek lain yang bermanfaat. Garam biasanya mengandung natrium dan klorida, sementara jamur mengandung mineral-mineral seperti magnesium, mangan, besi, kalsium, zinc dan selenium (Alam *et al.*, 2007). Meskipun kedua jenis bahan makanan tersebut mengandung mineral yang penting untuk kesehatan tubuh, penggantian mineral dalam garam dengan mineral yang terdapat dalam jamur tidak akan sama persis. Namun demikian, konsumsi jamur sebagai pengganti garam dapat memberikan manfaat tambahan dari mineral-mineral yang terkandung dalam jamur tersebut sehingga penggunaan garam dapat dikurangi.

Selain itu, jamur yang dikenal kaya akan nutrisi, rendah kalori, serta mengandung serat dan protein, menjadi pilihan populer bagi vegetarian. Ketersediaan jamur yang melimpah juga membuatnya menjadi bahan yang mudah diakses di pasar-pasar tradisional maupun supermarket di seluruh dunia. Ketersediaan yang melimpah tersebut didukung dengan kemudahan budidaya jamur, proses budidaya jamur yang relatif

sederhana dan tidak membutuhkan ruangan yang luas, menjadikan budidaya jamur dapat dilakukan di berbagai skala, mulai dari skala rumah tangga hingga komersial. Selain itu, jamur dapat tumbuh dengan cepat dan memiliki siklus panen yang singkat, sehingga memungkinkan untuk mendapatkan hasil secara berkala. Dengan berbagai manfaat dan fleksibilitasnya dalam penggunaan, tidak mengherankan bahwa jamur telah menjadi bahan utama dalam berbagai hidangan di berbagai budaya di seluruh dunia.

Sedikit membahas terkait teknik budidaya jamur, budidaya jamur ini secara umum melibatkan beberapa langkah dasar, termasuk persiapan substrat, inokulasi atau penanaman bibit jamur, pemeliharaan kondisi lingkungan yang sesuai seperti suhu dan kelembaban, serta panen dan pengolahan hasil panen. Beberapa teknik budidaya jamur yang umum digunakan antara lain budidaya jamur tiram di substrat jerami atau serbuk kayu, budidaya jamur shiitake di batang kayu, dan budidaya jamur kuping hitam di substrat seperti potongan bambu atau kayu. Selain itu, teknik budidaya jamur secara hidroponik juga semakin populer, di mana jamur ditanam dalam media tanam berair tanpa menggunakan tanah. Bahkan budidaya jamur dapat dilakukan di dalam ruangan, seperti di dalam kamar jamur, atau di luar ruangan, tergantung pada jenis jamur dan kondisi lingkungan yang dibutuhkan. Meskipun demikian, teknik maupun hasil yang diperoleh tentunya memiliki kelebihan dan kekurangannya sendiri, tergantung pada jenis jamur yang dibudidayakan dan kondisi lingkungan tempat budidaya dilakukan.

Saat membuat hidangan atau memasak dengan jamur, ada berbagai cara atau resep kreatif yang dapat dijelajahi untuk menghadirkan kelezatan jamur dalam masakan sehari-hari. Salah satu cara terpopuler untuk menggunakan jamur adalah dengan cara menggoreng untuk membuat tumisan yang lezat. Proses ini membantu memperkaya rasa jamur dan memberikan rasa yang khas pada hidangan. Tumisan jamur ini dapat disajikan sebagai hidangan pembuka yang ringan atau sebagai pelengkap untuk hidangan utama. Selain itu, jamur juga menjadi

pilihan populer untuk membuat sup yang hangat dan menggugah selera. Dengan tambahan sayuran seperti kentang, wortel, dan bawang bombay, sup jamur menjadi hidangan yang sehat dan menyenangkan untuk dinikmati di hari-hari yang sejuk. Proses memasaknya juga relatif mudah, membuat sup jamur menjadi pilihan yang populer bagi banyak orang yang ingin memasak dengan jamur.

Dengan keberagaman jenisnya, jamur juga menawarkan fleksibilitas dalam penggunaannya sebagai bahan dalam pembuatan saus, camilan, atau *topping*. Dalam konteks penggunaan sebagai saus, jamur dapat memberikan rasa dan tekstur yang lembut. Saat dipanggang, jamur tidak hanya menjadi camilan yang sehat, tetapi juga menjadi alternatif yang menarik bagi mereka yang ingin menikmati menu makanan dengan rasa yang lain. Selain itu, ketika dijadikan *topping*, jamur dapat menambah dan memberikan kesegaran dan tampilan yang alami. Selain hidangan hangat, jamur juga dapat diolah menjadi hidangan utama yang mengenyangkan. Misalnya, jamur portobello panggang dengan tambahan keju dapat menciptakan hidangan panggang yang lezat dan disukai oleh banyak orang. Dengan variasi cara memasak yang luas, jamur menjadi bahan yang serbaguna untuk diolah menjadi berbagai hidangan yang nikmat dan bergizi.

## **10.5 Jamur dalam Konservasi Lingkungan**

Jamur memiliki peran yang penting dalam membersihkan lingkungan dari polutan dan limbah organik melalui proses yang disebut bioremediasi (Deshmukh, Khardenavis and Purohit, 2016; Lubis, 2020). Beberapa jenis jamur memiliki kemampuan untuk mendegradasi atau mengurai senyawa-senyawa kimia berbahaya menjadi bentuk yang lebih aman atau bahkan menjadi nutrisi bagi mereka. Beberapa contoh jamur yang dapat digunakan sebagai agen bioremediasi berikut perannya yaitu :

1. Biodegradasi limbah organik: jamur memiliki kemampuan untuk mengurai materi organik seperti kayu, serat, dan bahan organik lainnya. Proses ini membantu dalam pengurai limbah organik seperti limbah industri tekstil (Christian *et al.*, 2007).

Jenis jamur yang memiliki kemampuan sebagai pengurai materi organik diantaranya dari filum *Basidiomycetes* (Amin, Eriawati and Firyal, 2019). Kelompok jamur ini meliputi berbagai jenis jamur yang memiliki kemampuan biodegradasi limbah organik, termasuk beberapa jenis jamur pelapuk putih dan jamur pelapuk coklat. Selain itu, jamur dari filum *Ascomycetes* juga memiliki kemampuan yang sama meskipun tidak seefektif jamur-jamur *Basidiomycetes*, beberapa jenis jamur *Ascomycetes* seperti *Aspergillus* sp. memiliki kemampuan untuk mendegradasi komponen selulosa (Purkan, 2015) dan bahan organik lainnya

2. Detoksifikasi polutan kimia: beberapa jenis jamur dapat menguraikan senyawa kimia berbahaya seperti minyak, pestisida, logam berat, dan senyawa organik toksik lainnya. Jamur tersebut menggunakan enzim-enzim tertentu untuk mengubah polutan tersebut menjadi bentuk yang kurang berbahaya atau bahkan menghilangkannya sepenuhnya. Contoh beberapa jenis jamur yang dapat menguraikan senyawa kimia berbahaya diantaranya *Aspergillus ustus* dan *Purpureocillium lilacinum* (Benguenab and Chibani, 2021). Jamur-jamur ini memiliki kemampuan untuk mendegradasi minyak dan hidrokarbon lainnya, dengan menggunakan enzim-enzim seperti lipase dan peroksidase yang dimiliki, jamur-jamur tersebut dapat mengurai minyak menjadi komponen yang lebih sederhana.
3. Degradasi insektisida: terdapat jenis jamur menunjukkan potensi yang signifikan dalam mendegradasi pestisida dan membantu membersihkan lingkungan dari kontaminasi pestisida yang berbahaya. Contoh jamur yang dapat berfungsi sebagai agen pendegradasi insektisida antara lain *Rhodotorula* sp (Bempelou *et al.*, 2018). Jamur ini menggunakan enzim-enzim seperti esterase dan dehidrogenase untuk mengubah struktur molekuler insektisida pestisida menjadi bentuk yang kurang beracun. *Aspergillus niger* juga memiliki kemampuan untuk mendegradasi pestisida (Subowo, 2013). *Aspergillus niger* menggunakan berbagai enzim seperti dehalogenase dan

monooksigenase untuk mengubah struktur kimia pestisida menjadi bentuk yang kurang beracun atau bahkan menghilangkannya sepenuhnya.

4. Pengikat logam berat: beberapa jenis jamur menunjukkan potensi dalam mengurangi kontaminasi logam berat di lingkungan dengan mengikat ion logam berat dan membentuk kompleks yang kurang toksik atau kurang berbahaya. Contoh jenis jamur yang dapat mengikat logam berat antara lain *Rhizopus* sp., jamur ini memiliki kemampuan untuk mengikat logam berat dari lingkungan. Senyawa-senyawa aktif yang dimiliki seperti glukana dan peptida dalam dinding sel jamur tersebut mampu mengikat ion logam berat seperti kadmium (Cd) (Dursun *et al.*, 2003). *Rhizopus* sp. sering digunakan dalam bioremediasi untuk membersihkan tanah dan air yang terkontaminasi logam berat. Jamur dari genus *Penicillium* sp. juga memiliki kemampuan untuk mengikat logam berat (Leitão, 2009). *Saccharomyces cerevisiae* atau yang biasa dikenal sebagai jamur bir atau ragi, juga memiliki kemampuan untuk mengikat logam berat (Savastru *et al.*, 2022). Senyawa  $\beta$ -glukan yang ada pada dinding sel jamur ini dapat digunakan untuk menangkap dan mengikat ion logam berat dan membentuk kompleks. *Saccharomyces cerevisiae* sering digunakan pada bidang bioteknologi untuk menghilangkan logam berat dari limbah cair industri.
5. Pengurai plastik: Beberapa penelitian menunjukkan bahwa terdapat jenis-jenis jamur tertentu yang dapat mengurai plastik (Rohmah, Shovitri and Kuswyasari, 2018; Temporiti *et al.*, 2022). Jamur tersebut menghasilkan enzim yang dapat memecah ikatan kimia dalam polimer plastik, seperti polietilen dan polistiren, menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana yang dapat dimetabolisme oleh jamur. Selain itu, jamur juga memiliki kemampuan metabolik untuk menguraikan polimer plastik menjadi senyawa-senyawa yang lebih kecil. Jamur dapat menggunakan senyawa-senyawa tersebut sebagai sumber karbon dan energi untuk pertumbuhan dan metabolisme jamur itu sendiri. Dengan

demikian, jamur dapat memanfaatkan plastik sebagai nutrisi untuk bertahan hidup dan berkembang biak. Jenis jamur yang dapat membantu menguraikan plastik adalah *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. dan *Fusarium* sp.

Budidaya jamur menawarkan potensi besar sebagai alternatif yang berkelanjutan dalam produksi pangan yang ramah lingkungan (Prasekti and Nugroho, 2021). Pertama-tama, jamur memiliki siklus hidup yang singkat dan dapat tumbuh dengan cepat, menjadikan jamur sebagai sumber protein yang efisien dan cepat diproduksi. Siklus hidup jamur termasuk cepat karena beberapa alasan utama yaitu jamur bereproduksi secara aseksual, banyak jenis jamur yang dapat berkembang biak secara aseksual melalui pembentukan spora atau fragmen tubuh jamur. Proses reproduksi aseksual ini memungkinkan jamur untuk memperbanyak diri dengan cepat tanpa perlu menunggu proses pembuahan antara dua individu, seperti yang terjadi pada reproduksi seksual pada tumbuhan atau organisme lain. Selain itu, jamur memiliki kemampuan untuk tumbuh dengan cepat ketika kondisi lingkungan mendukung pertumbuhan. Beberapa jenis jamur dapat menghasilkan miselium yang dapat tumbuh dan menyebar dengan cepat di dalam substrat yang kaya nutrisi.

Alasan lain adalah jamur merupakan organisme dekomposer yang mampu mendegradasi bahan organik menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana. Proses dekomposisi ini memungkinkan jamur untuk mendapatkan nutrisi dengan cepat dari bahan organik yang diuraikan, yang kemudian digunakan untuk mendukung pertumbuhan dan reproduksi mereka. Karena alasan-alasan tersebut, dalam waktu singkat jamur dapat dipanen berkali-kali, memberikan hasil yang lebih tinggi per satuan lahan dibandingkan dengan tanaman pangan lainnya. Hal ini membuat budidaya jamur menjadi solusi yang menarik dalam mengatasi kebutuhan protein global seiring dengan pertumbuhan populasi yang terus meningkat. Budidaya jamur dapat memanfaatkan bahan-bahan organik yang seringkali merupakan limbah pertanian atau limbah industri. Jamur

memiliki kemampuan untuk mendekomposisi bahan organik ini menjadi nutrisi yang kaya, seperti serat, vitamin, dan mineral.

Seperti yang telah diuraikan sebelumnya, budidaya jamur juga dapat dilakukan di berbagai skala, mulai dari skala rumah tangga hingga skala industri. Ini membuat budidaya jamur dapat diintegrasikan dengan mudah ke dalam sistem pertanian berkelanjutan, baik dalam kota maupun pedesaan. Selain itu, jamur dapat tumbuh di lingkungan yang berbeda-beda, termasuk di dalam ruangan dengan suhu dan kelembaban yang terkendali, sehingga dapat ditanam sepanjang tahun tanpa tergantung pada musim. Terakhir, budidaya jamur dapat memberikan alternatif pangan yang bergizi dan sehat bagi masyarakat. Dengan ragam jenis jamur yang dapat dibudidayakan, seperti jamur tiram, jamur kuping, dan jamur merang, budidaya jamur dapat memperkaya variasi bahan makanan di masyarakat dan membantu dalam mencapai ketahanan pangan yang berkelanjutan. Dengan demikian, budidaya jamur menawarkan peluang yang menarik dalam mendukung sistem pangan yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

## **10.6 Potensi Ekonomi Jamur**

Pada sub-bab ini akan diuraikan tentang potensi ekonomi jamur dimana baik itu konsumsi, pasokan, budidaya, bahkan sampai ke tingkat industri, jamur telah menjadi sumber penghasilan yang signifikan dan menciptakan lapangan kerja yang luas (Waris and Khasanah, 2019). Budidaya jamur dan produk turunannya menawarkan peluang bisnis yang menarik dan berpotensi menghasilkan keuntungan yang signifikan. Industri jamur telah berkembang pesat dan menjadi salah satu sektor bisnis yang menjanjikan, baik bagi individu maupun perusahaan. Penjualan produk jamur menciptakan arus pendapatan yang stabil bagi produsen jamur, baik itu petani kecil di pedesaan maupun perusahaan besar di perkotaan. Penciptaan lapangan kerja khususnya di bidang budidaya jamur mengalami peningkatan. Mulai dari petani jamur, teknisi budidaya, petugas pengemasan, hingga tenaga penjualan dan

pemasaran, industri jamur menyediakan pekerjaan bagi berbagai lapisan masyarakat. Di samping itu, terdapat pula lapangan kerja di industri lain seperti industri makanan dan minuman, farmasi, kosmetik yang menggunakan produk jamur sebagai bahan baku.

Industri jamur terus mengalami perkembangan dan inovasi dalam hal diversifikasi produk. Selain jamur segar dan kering, industri jamur juga menghasilkan produk bernilai tambah seperti minuman fungsional, suplemen gizi, dan kosmetik berbahan dasar jamur. Inovasi-inovasi ini tidak hanya memperluas pasar bagi produk jamur, tetapi juga menciptakan peluang bisnis baru yang dapat meningkatkan pendapatan dan lapangan kerja dalam industri jamur. Budidaya jamur seringkali dilakukan di daerah pedesaan yang membutuhkan pengembangan ekonomi lokal. Industri jamur memberikan peluang bagi petani-petani kecil dan pengusaha lokal untuk meningkatkan pendapatan dan memperkuat perekonomian daerah mereka. Selain itu, industri jamur juga dapat menjadi pendorong pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan dengan memanfaatkan limbah pertanian atau limbah industri sebagai bahan baku untuk budidaya jamur.

Permintaan akan produk jamur terus meningkat seiring dengan kesadaran masyarakat akan pentingnya makanan sehat dan gizi (Pambayun, 2021). Jamur dianggap sebagai sumber protein nabati yang kaya, rendah lemak, dan mengandung berbagai nutrisi penting seperti serat, vitamin, dan mineral. Permintaan ini menciptakan pasar yang luas bagi produk jamur segar, olahan, dan produk turunannya seperti suplemen gizi, minuman fungsional, dan kosmetik. Jamur juga merupakan komoditas yang diminati di pasar internasional, sehingga membuka peluang ekspor yang menguntungkan bagi negara-negara penghasil jamur. Kontribusi dan potensi jamur tidak hanya dalam meningkatkan pendapatan dan lapangan kerja, tetapi juga memiliki dampak yang luas terhadap perekonomian global.

Namun demikian, pemanfaatan potensi jamur secara optimal tentu membawa tantangan dan peluang yang perlu

dipertimbangkan secara serius. Meskipun telah ada kemajuan dalam penelitian tentang jamur, masih banyak yang perlu dipelajari tentang biologi, ekologi, dan potensi aplikasi jamur. Keterbatasan pengetahuan dan teknologi dapat menjadi hambatan dalam memanfaatkan potensi jamur secara optimal. Dalam hal keamanan pangan, industri jamur rentan terhadap kontaminasi mikroba dan bahaya keamanan pangan. Tantangan dalam menjaga kebersihan dan kualitas produk jamur menjadi perhatian utama, terutama dalam industri yang memproduksi jamur segar dan olahan. Kondisi pasar bebas menyebabkan persaingan dalam industri jamur semakin ketat, baik di pasar lokal maupun global. Regulasi pasar yang kompleks dan berubah-ubah juga dapat menjadi tantangan bagi pelaku usaha jamur dalam mengembangkan bisnis mereka.

Tantangan tersebut akan dapat teratasi apabila dalam pengembangan atau penciptaan inovasi baru pada produk jamur diikuti dengan efisiensi produksi, penggunaan metode pengolahan yang tepat dan canggih serta ramah lingkungan, memperhatikan persyaratan terkait keamanan pangan dan lain-lain. Peluang untuk menjalin kemitraan dan kolaborasi dengan berbagai pemangku kepentingan, termasuk pemerintah, perguruan tinggi, lembaga riset, dan sektor swasta, dapat meningkatkan pengembangan industri jamur. Kemitraan ini dapat memfasilitasi pertukaran pengetahuan, akses terhadap sumber daya, dan dukungan dalam mengatasi tantangan bersama. Dengan memahami tantangan dan peluang ke depan dalam memanfaatkan potensi jamur, kita dapat mengambil langkah-langkah strategis untuk mengembangkan industri jamur secara berkelanjutan dan memberikan manfaat maksimal bagi masyarakat dan lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afolabi, I.S. *et al.* (2023) 'Enterococcus faecalis-Induced Biochemical Transformation during Fermentation of Underutilized Solenostemon monostachyus Leaves', *Fermentation*, 9(1). Available at: <https://doi.org/10.3390/fermentation9010033>.
- Alam, N. *et al.* (2007) 'Nutritional Analysis of Dietary Mushroom-Pleurotus florida Eger and Pleurotus sajor-caju (Fr.) Singer', *Bangladesh J. Mushroom*, 1(2), pp. 1–7.
- Amin, N., Eriawati, E. and Firyal, C.F. (2019) 'Jamur Basidiomycota Di Kawasan Wisata Alam Pucok Krueng Raba Kabupaten Aceh Besar', *BIOTIK: Jurnal Ilmiah Biologi Teknologi dan Kependidikan*, 7(2), p. 155. Available at: <https://doi.org/10.22373/biotik.v7i2.5667>.
- Bempelou, E.D. *et al.* (2018) 'Biodegradation of chlorpyrifos and 3,5,6-trichloro-2-pyridinol by the epiphytic yeasts Rhodotorula glutinis and Rhodotorula rubra', *Ecotoxicology*, 27(10), pp. 1368–1378. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10646-018-1992-7>.
- Benguenab, A. and Chibani, A. (2021) 'Biodegradation of petroleum hydrocarbons by filamentous fungi (Aspergillus ustus and Purpureocillium lilacinum) isolated from used engine oil contaminated soil', *Acta Ecologica Sinica*, 41(5), pp. 416–423. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.CHNAES.2020.10.008>.
- Bhambri, A. *et al.* (2022) 'Mushrooms as Potential Sources of Active Metabolites and Medicines', *Frontiers in Microbiology*, 13(April). Available at: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.837266>.
- Burk, W.R. (1983) 'Puffball usages among north American Indians', *Journal of Ethnobiology*, 3(1), pp. 55–62.
- Chen, J. and Seviour, R. (2007) 'Medicinal importance of fungal  $\beta$ -(1→3), (1→6)-glucans', *Mycological Research*, 111(6), pp. 635–652. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.mycres.2007.02.011>.
- Christian, H. *et al.* (2007) 'Kemampuan Pengolahan Warna

- Limbah Tekstil oleh Berbagai Jenis Fungi dalam Suatu Bioreaktor', *Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Kimia*, (November), pp. 1–6.
- Deshmukh, R., Khardenavis, A.A. and Purohit, H.J. (2016) 'Diverse Metabolic Capacities of Fungi for Bioremediation', *Indian Journal of Microbiology*, 56(3), pp. 247–264. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12088-016-0584-6>.
- Dursun, A.Y. *et al.* (2003) 'A comparative investigation on the bioaccumulation of heavy metal ions by growing *Rhizopus arrhizus* and *Aspergillus niger*', *Biochemical Engineering Journal*, 15(2), pp. 87–92. Available at: [https://doi.org/10.1016/S1369-703X\(02\)00187-0](https://doi.org/10.1016/S1369-703X(02)00187-0).
- Effiong, M.E. *et al.* (2023) 'Assessing the nutritional quality of *Pleurotus ostreatus* (oyster mushroom)', *Frontiers in Nutrition*, 10(January), pp. 1–13. Available at: <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1279208>.
- Ekiz, E. *et al.* (2023) 'Exploring the Potential Medicinal Benefits of *Ganoderma lucidum*: From Metabolic Disorders to Coronavirus Infections', *Foods*, 12(7). Available at: <https://doi.org/10.3390/foods12071512>.
- Gan, C.H., Nurul Amira, N.B. and Asmah, R. (2013) 'Antioxidant analysis of different types of edible mushrooms (*agaricus bisporous* and *agaricus brasiliensis*)', *International Food Research Journal*, 20(3), pp. 1095–1102.
- Lee, K.H. *et al.* (2012) 'Recent progress of research on medicinal mushrooms, foods, and other herbal products used in traditional chinese medicine', *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 2(2), pp. 1–12. Available at: [https://doi.org/10.1016/s2225-4110\(16\)30081-5](https://doi.org/10.1016/s2225-4110(16)30081-5).
- Leitão, A.L. (2009) 'Potential of *penicillium* species in the bioremediation field', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 6(4), pp. 1393–1417. Available at: <https://doi.org/10.3390/ijerph6041393>.
- Lubis, S.S. (2020) 'Bioremediasi Logam Berat Oleh Fungi Laut', *Amina*, 1(2), pp. 91–102. Available at:

<https://doi.org/10.22373/amina.v1i2.411>.

- Mattila, P. *et al.* (2001) 'Contents of vitamins, mineral elements, and some phenolic compounds in cultivated mushrooms', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(5), pp. 2343–2348. Available at: <https://doi.org/10.1021/jf001525d>.
- Nawfa, R., Purnomo, S. and Putro, H.S. (2019) 'Synthesis of Antibiotic Penicillin-G Enzymatically by *Penicillium chrysogenum*', *Asian Journal of Chemistry*, 31(10), pp. 2367–2369. Available at: <https://doi.org/10.14233/ajchem.2019.21766>.
- Pambayun, C.K. (2021) 'Oyster Mushroom Business at Pandemic Covid-19 Era (Study on Improving the Working Productivity of the Communities in Kajang Village, Madiun District)', *El-Qist: Journal of Islamic Economics and Business (JIEB)*, 11(1), pp. 49–59. Available at: <https://doi.org/10.15642/elqist.2021.11.1.49-59>.
- Patel, S. and Goyal, A. (2012) 'Recent developments in mushrooms as anti-cancer therapeutics: a review', 3 *Biotech*, 2(1), pp. 1–15. Available at: <https://doi.org/10.1007/s13205-011-0036-2>.
- Procházka, P. *et al.* (2023) 'Wild Mushrooms as a Source of Protein: A Case Study from Central Europe, Especially the Czech Republic', *Foods*, 12(5). Available at: <https://doi.org/10.3390/foods12050934>.
- Purkan, HD, P. and S, sumarsih (2015) 'Produksi Enzim Selulase dari *aspergillus niger* Menggunakan Sekam Padi dan Ampas Tebu sebagai Induser. Production of Cellulase Enzyme from *aspergilus niger* using Rice Husk and Bagasse as Inducer', *Jurnal Ilmu Dasar*, 16(2), pp. 95–102.
- Rahmawati, S. (2015) 'Jamur Sebagai Obat', *Jurnal Agroindustri Halal*, 1(1), pp. 014–024.
- Rangel-Vargas, E. *et al.* (2021) 'Edible mushrooms as a natural source of food ingredient/additive replacer', *Foods*, 10(11), pp. 1–19. Available at: <https://doi.org/10.3390/foods10112687>.
- Rangsinth, P. *et al.* (2023) 'Potential Beneficial Effects and

- Pharmacological Properties of Ergosterol, a Common Bioactive Compound in Edible Mushrooms', *Foods*, 12(13). Available at: <https://doi.org/10.3390/foods12132529>.
- Rohmah, U.M., Shovitri, M. and Kuswytasari, N.D. (2018) 'Degradasi Plastik Oleh Jamur *Aspergillus terreus*(LM 1021) Pada pH 5 dan 6; Serta Suhu 250C dan 350C', *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 7(2), pp. 60–65.
- Savastru, E. *et al.* (2022) 'Application of *Saccharomyces cerevisiae* in the Biosorption of Co(II), Zn(II) and Cu(II) Ions from Aqueous Media', *Water (Switzerland)*, 14(6), pp. 1–15. Available at: <https://doi.org/10.3390/w14060976>.
- Shaaban, R. *et al.* (2023) 'A comprehensive review on the medicinally valuable endosymbiotic fungi *Penicillium chrysogenum*', *Archives of Microbiology*, 205(6), pp. 1–28. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00203-023-03580-2>.
- Subowo, Y.B. (2013) 'Kemampuan Beberapa Jamur Tanah Dalam Menguraikan Pestisida Deltametrin dan Senyawa Lignoselulosa', *Berita Biologi*, 12(2), pp. 231–238.
- Surahmaida. (2018) 'Review: Potensi Berbagai Spesies *Ganoderma* Sebagai Tanaman Obat', *Journal of Pharmacy and Science*, 2(1), pp. 17–21. Available at: <https://doi.org/10.53342/pharmasci.v2i1.61>.
- Temporiti, M.E.E. *et al.* (2022) 'Fungal Enzymes Involved in Plastics Biodegradation', *Microorganisms*, 10(6), pp. 1–27. Available at: <https://doi.org/10.3390/microorganisms10061180>.
- Tsioutsou, E.E. *et al.* (2019) 'Ethnobotanical Study of Medicinal Plants Used in Central Macedonia, Greece', *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*, 2019(September 2017). Available at: <https://doi.org/10.1155/2019/4513792>.
- Uju, N.L. and Obiakor, O.P. (2014) 'Nutritional Profile of Three Different Mushroom Varieties Consumed in Amaifeke , Orlu Local Government Area ,Imo State, Nigeria', *Food*

*Science and Quality Management*, 31, pp. 70–78.

- Venturella, G. *et al.* (2021) 'Medicinal mushrooms: Bioactive compounds, use, and clinical trials', *International Journal of Molecular Sciences*, 22(2), pp. 1–31. Available at: <https://doi.org/10.3390/ijms22020634>.
- Waris, W. and Khasanah, N. (2019) 'Optimalisasi Potensi Ekonomi Masyarakat Melalui Budidaya Jamur Tiram', *Dimas: Jurnal Pemikiran Agama untuk Pemberdayaan*, 18(2), p. 159. Available at: <https://doi.org/10.21580/dms.2018.182.3195>.
- Widyastuti, N. and Tjokrokusumo, D. (2022) 'Manfaat Jamur Konsumsi (Edible Mushroom) Dilihat Dari Kandungan Nutrisi Serta Perannya Dalam Kesehatan', *Jurnal Teknologi Pangan dan Kesehatan (The Journal of Food Technology and Health)*, 3(2), pp. 92–100. Available at: <https://doi.org/10.36441/jtepakes.v3i2.562>.
- Wu, B. *et al.* (2021) 'Dietary Salt Intake and Gastric Cancer Risk: A Systematic Review and Meta-Analysis', *Frontiers in Nutrition*, 8(December), pp. 1–14. Available at: <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.801228>.
- Yau, T. *et al.* (2015) 'Lectins with potential for anti-cancer therapy', *Molecules*, 20(3), pp. 3791–3810. Available at: <https://doi.org/10.3390/molecules20033791>.
- Yuniar Hajar Prasakti and Bakti bayu nugroho (2021) 'Faktor Sosial Ekonomi Petani Jamur Tiram Di Tulungagung', *Jurnal AGRIBIS*, 7(2), pp. 1–6. Available at: <https://doi.org/10.36563/agribis.v7i2.391>.
- Zhou, J. *et al.* (2020) 'A review on mushroom-derived bioactive peptides: Preparation and biological activities', *Food Research International*, 134(March), p. 109230. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109230>.

# **BAB 11**

## **DAMPAK NEGATIF JAMUR**

*Oleh Afika Herma Wardani*

### **11.1 Pendahuluan**

Keragaman jamur yang tinggi banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang untuk menghasilkan produk seperti tempe, antibiotik, pembuatan bioinsektisida alami, produksi enzim dalam skala industri, hingga biodegradasi limbah. Dari sekian banyak jamur yang ada di dunia ini sebagian juga memiliki dampak negatif. Dampak negatif jamur seperti jamur patogen, penyebab deteriorasi bahan, kontaminan produk makanan maupun produk-produk pertanian seperti biji-bijian.

Pada bab ini akan dibahas dampak negatif jamur dalam bidang kesehatan, pertanian, produk makanan, dan deteriorasi bahan oleh jamur. Selain jenis-jenis jamur juga bagaimana jamur-jamur ini berdampak negatif.

### **11.2 Jamur Patogen**

Mikosis adalah infeksi yang disebabkan oleh jamur. Mikosis di kelompokkan menjadi, 1) mikosis superfasialis; 2) mikosis kutaneus; 3) mikosis subkutaneus; 4) mikosis sistemik; 5) mikosis oportunistik.

#### **11.2.1 Mikosis Superfasialis**

Mikosis superfasialis adalah infeksi jamur pada bagian kulit dan batang rambut. Jamur penyebab mikosis ini tidak menyerang jaringan, hanya terbatas pada lapisan kulit terluar. Mikosis yang termasuk superfasialis adalah Infeksi jamur *Malassezia*. Pityriasis versicolor adalah infeksi yang disebabkan oleh *Malassezia furfur*. Infeksi ini bersifat dangkal pada lapisan tanduk epidermis. Lesi akibat mikosis ini ditandai dengan warna putih, merah muda atau kecoklatan (gambar 11.1). Meskipun demikian, warna dapat bervariasi sesuai dengan pigmentasi

normal pada kulit pasien, paparan sinar matahari pada area tersebut, dan tingkat keparahan penyakit.



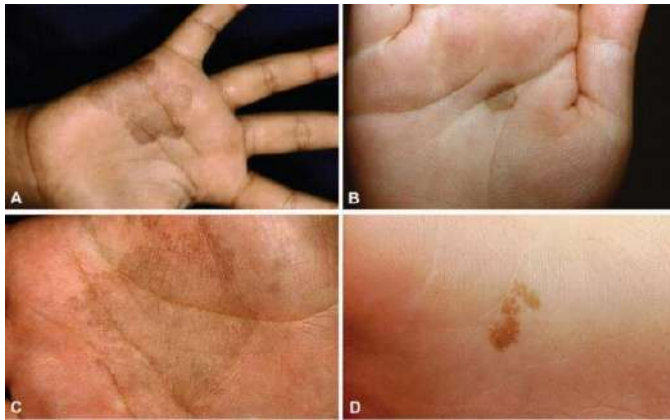
**Gambar 11.1.** Pityriasis Versicolor  
(Sumber : Ali Hamzia, 2019)

Selain pityriasis versicolor juga ada jenis dermatitis seboroik. Dermatitis seboroik ditandai dengan ruam kulit merah, bersisik, dan gatal yang menginfeksi pada bagian wajah, kulit kepala dan area lainnya (gambar 11.2). Contoh berikutnya adalah pityriasis capitis atau ketombe. Infeksi ini ditandai dengan munculnya ketombe yang bersisik dan tersebar di area kulit kepala. Ketombe ini umumnya disebabkan oleh jamur *Malassezia*.



**Gambar 11.2.** Dermatitis sebroik pada kepala  
(Sumber : Ali Hamzia, 2019)

Contoh mikosis superfasialis lainnya adalah tinea nigra. Tinea nigra disebabkan oleh jamur *Cladosporium mansonii* (di Asia, Africa) dan *Cladosporium wernecki*. Tinea nigra menyebabkan lesi kulit yang ditandai dengan makula berwarna coklat hingga hitam yang umumnya terdapat pada pada telapak tangan dan terkadang pada permukaan kulit lainnya. Lesi tidak bersisik dan tidak menyebabkan inflamasi (gambar 11.3).



**Gambar 11.3.** Tinea nigra pada telapak tangan  
(Sumber: A Bonifaz et al., 2006)

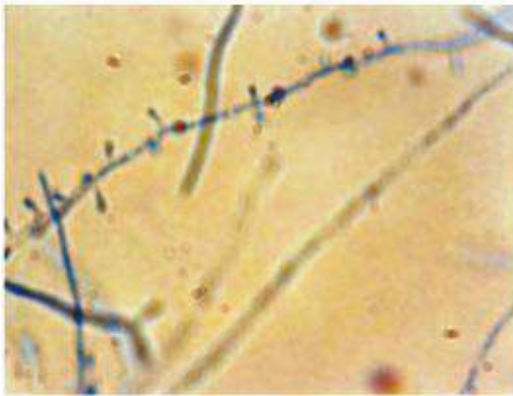
Selain dua contoh di atas, ada beberapa jenis mikosis superfasialis seperti black piedra dan white piedra.

### 11.2.2 Mikosis Kutaneus

Mikosis kutaneus adalah mikosis yang meluas ke dalam epidermis dan mencakup penyakit rambut dan kuku yang invasif. Penyakit kulit ini terbatas pada kulit yang mengalami keratinisasi. Jenis mikosis kutaneus adalah dermatofitosis, candidiasis kutaneus, dan dermatomycosis.

Dermatofitosis adalah infeksi jamur dermatophyta pada kulit, kuku, dan rambut. Ada tiga genus jamur dermatophyta yang umum menginfeksi adalah Trycophyton, Microsporum, dan Epidhermophyton. Trychophyton umumnya menginfeksi pada kulit, rambut, dan kuku (gambar 11.4). Microsporum umumnya infeksi pada kulit dan rambut. Epidhermophyton umumnya

infeksi pada kulit dan kuku. Dermatofitosis juga dikenal dengan tinea yang menunjukkan lokasi infeksi di bagian tubuh: tinea pedis pada kaki, tinea unguium pada kuku, tinea cruris pada selakangan atau bokong, tinea barbae pada wajah dan leher yang berjanggut, dan tinea corporis pada badan, leher, lengan.



**Gambar 11.4.** *Trichophyton rubrum*  
(Sumber: Gupte Satish, 2010)

Candidiasis kutaneus adalah infeksi kulit yang disebabkan oleh *Candida albicans*. Candida adalah flora normal pada manusia dan terkadang terdapat pada kulit. Patogenitasnya dikaitkan dengan kemampuannya untuk menghindari pertahanan inang dengan pembentukan biofilm dan adanya enzim fosfolipase yang merusak jaringan. Infeksi Candida pada kulit dapat terjadi pada penderita HIV/AIDS, kanker yang menjalani kemoterapi, terapi steroid dan pada transplantasi organ (Farzeen I, et al., 2020). Dermatomikosis adalah infeksi jamur pada kulit yang disebabkan oleh jamur non dermatofita.

### 11.2.3 Mikosis Subkutaneus

Mikosis subkutaneus melibatkan dermis, jaringan subkutan, dan fascia. Infeksi yang termasuk subkutaneus adalah rhinosporodiasis, mycetoma, sporotrichosis, dan chromoblastomycosis. Rhinosporodiasis adalah kondisi klinis granulomatosa kronis yang ditandai dengan infeksi jamur pada

selaput lendir pada hewan dan manusia yang disebabkan jamur *Rhinosporidium siberi*. Mycetoma adalah infeksi yang disebabkan oleh actinomycetes atau jamur yang ditandai dengan terbentuknya benjolan dan butiran (gambar 11.5). Beberapa contoh jamur penyebabnya adalah *Madurella mycetomi* dan *M. grisea*.

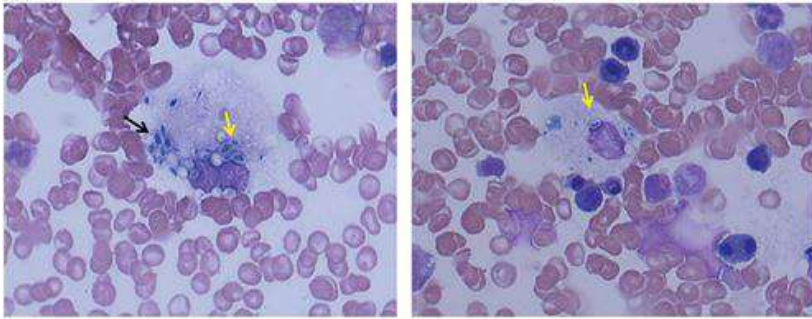


**Gambar 11.5.** *Madurella* foot.  
(Sumber: Show D. et al., 2020)

Sporotrichosis disebabkan oleh jamur genus *Sporothrix*. Jamur *Sporothrix* biasanya tumbuh sebagai saprofit di lingkungan, vegetasi, dan tanah. Namun secara tidak sengaja terinokulasi ke dalam kulit karena luka yang disebabkan potongan dari tanaman yang tajam. Selanjutnya, chromoblastomycosis merupakan infeksi jamur pada kulit dan jaringan subkutan. Infeksi ini dikarenakan cedera traumatis yang menyebabkan masuknya jamur dematiaceous tertentu seperti *Fonsecaea pedrosoi* dan *Phialophora verrucosa*.

#### **11.2.4 Mikosis Sistemik**

Mikosis sistemik adalah infeksi jamur pada organ dalam. Mikosis sistemik termasuk histoplasmosis, blastomikosis dan coccidiomikosis. Histoplasmosis adalah infeksi yang disebabkan genus jamur *Histoplasma*. Histoplasmosis merupakan infeksi pada pernapasan dan orang dengan gangguan imunusupresi (gambar 6).



**Gambar 11.6.** *Histoplasma capsulatum* apusan pada sumsum tulang  
(Sumber: Chen L et al., 2024)

Blastomikosis adalah infeksi yang disebabkan jamur dimorfik termal yang tumbuh pada tanah asam dan lembab. Jamur penyebab infeksi tersebut adalah *Blastomyces dermatitidis*. Coccidiomikosis adalah infeksi yang disebabkan jamur *Coccidioides immitis*.

#### 11.2.5 Mikosis Oportunistik

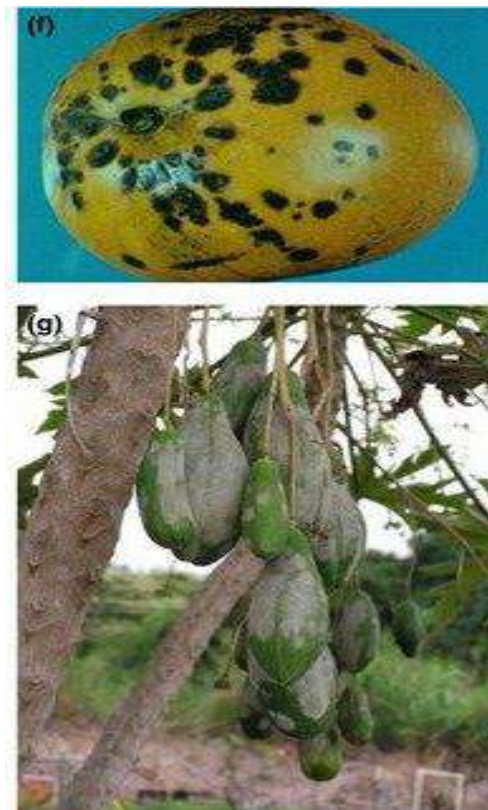
Infeksi jamur oportunistik ini disebabkan oleh kelompok patogen yang terus berkembang dan menyerang kelompok pasien yang rentan seperti pasien rawat inap. Khususnya pasien dengan perawatan intensif, penerima transplantasi sel, pasien dengan obat immunosupresan, pengidap HIV atau kondisi imunodefisiensi lainnya. Karena kondisi tersebut menyebabkan infeksi oportunistik oleh kelompok jamur seperti *Aspergillus* yang menyebabkan aspergilosis.

### 11.3 Jamur Patogen pada Tanaman

Tanaman dan tumbuhan pertanian rentan terhadap kerusakan yang disebabkan oleh jamur. Jamur adalah organisme menular yang paling umum menyebabkan penyakit pada tanaman. Jamur tidak memiliki klorofil sehingga tidak bisa membuat makanannya sendiri. Kebanyakan jamur bermanfaat untuk kesuburan tanah karena melepaskan nutrisi dari sisa-sisa

tumbuhan atau hewan yang sudah mati. Namun, beberapa kelompok jamur merupakan penyebab kerusakan tanaman.

Jamur menyerang tanaman dan produk tanaman khususnya pertanian baik di bagian atas maupun bawah tanah. Infeksi jamur pada tanaman ditandai perubahan abnormal pada jaringan dan organ tanaman. Gejala infeksi jamur pada tanaman antara lain buah busuk lunak, tanaman kerdil, kotor, bercak daun, layu dan penebalan dan pengeringan daun. Jamur powdery mildew, jamur api, busuk akar dan batang.

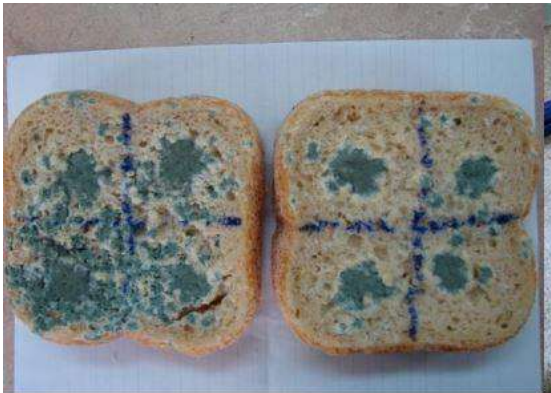


**Gambar 11.7.** Penyakit antraknosa pada buah mangga (f) dan powdery mildew pada buah pepaya (g)  
(Sumber : Graciela Garcia-Guzman and Martin Hei, 2013)

## 11.4 Jamur Kontaminan Makanan

Makanan yang terkontaminasi jamur adalah salah satu sumber penyakit yang ditularkan melalui makanan yang bisa berdampak pada kesehatan. Mikotoksin adalah metabolit sekunder yang dihasilkan jamur pada komoditas pertanian. Beberapa spesies penghasil mikotoksin adalah *Aspergillus*, *Penicillium*, dan *Fusarium* (Van Egmond et al., 2007).

Jamur dapat tumbuh pada semua jenis makanan seperti sereal, susu, daging, buah, sayur-sayuran, kacang-kacangan dan produk-produknya. Pertumbuhan jamur pada makanan dapat menyebabkan beberapa jenis pembusukan makanan, rasa tidak enak, perubahan warna, rasa tidak enak, racun, pembusukan dan pembentukan bibit patogen atau alergi (Bogdanoska V, et al., ).



**Gambar 11.8.** Kontaminasi jamur pada roti  
(Sumber : Giurgiulescu, Liviu et al., 2012)

## 11.5 Deteriorasi Bahan oleh Jamur

Salah satu penyebab kerusakan bahan material dan bahan alam adalah jamur. Istilah deteriorasi adalah penguraian bahan yang sifatnya merugikan karena menyebabkan kerusakan sehingga bahan tersebut tidak lagi mempunyai nilai ekonomi. Deteriorasi bahan oleh jamur ini dapat terjadi pada berbagai bahan alam dan material seperti pangan, tekstil, kayu, kertas, dan lukisan.

Kerusakan pada bahan makanan selama penyimpanan pada gandum, kacang tanah, beras banyak disebabkan oleh jamur. Kerusakan yang ditimbulkan menyebabkan bahan makanan tersebut menjadi berbau apek, ada perubahan warna, dan menggumpal (Gandjar I, 2006). Contoh kerusakan material adalah kayu. Kerusakan pada kayu umumnya disebabkan oleh jamur selulolitik karena bahan utama kayu adalah selulosa. Jamur selulolitik yang umum adalah *Aspergillus fumigatus*, *A. sydowi*, dan *A. tamaraii*. Kerusakan pada kayu yang memiliki nilai ekonomi akan berdampak merugikan bagi produsen.



**Gambar 11.9.** Deteriorasi kayu karena jamur. (a) sepotong kayu yang terkena busuk putih, (b) sepotong kayu terkena jamur busuk coklat

(Sumber : Martin J. A and Lopez R., 2023)

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-shibly Majid K. Cutaneous Mycoses. 2019. Conference; cutaneous mycosis.
- Bhatia R. dan Ichhpujani R L. 2008. *Essentials of Medical Microbiology. Fourth Edition*. India: Jitendar P Vij.
- Chen, L., Hu, D., Zhang, C., Wu, T., Cheng, X., Hagen, F., ... Deng, S. (2024). Histoplasmosis: An epidemiological and clinical update in China, review and a case report. *Mycology*, 15(1), 101–109. <https://doi.org/10.1080/21501203.2023.2259934>
- Graciela García-Guzmán and Martin Heil
- Farzeen I., Muzammil A., Fafique A., Noreen R., Waseem M., Andleeb R., Ijas M. U., and Ashraf A. 2022. Cutaneus Candidiasis. DOI:[10.5772/intechopen.107900](https://doi.org/10.5772/intechopen.107900)
- Gandjar I, Sjamsuridzal W., dan Oetari A. 2006. *Mikologi Dasar dan Terapan*. Jakarta: Yayasan Obor Indoneisa.
- Giurgulescu, L., Vagelas, I., Gougoulas, N., Nedescu, E., Ellahi, M.Y., Nadeem, M., Rashid, A., Arif, A.M., Abdullah, M., Abbas, G., & Batra, T. (2012). BREAD CONTAMINATION WITH FUNGUS.
- Graciela García-Guzmán and Martin Heil. Transley review. Life Histories of Host and Pathogens Predict Pattern in Tropical Fungal Plant Disease. *ew Phytologist* (2014) 201: 1106–1120doi: 10.1111/nph.12562
- Levinson, Warren. 2016. *A Lange Medical Book Review of Medical Microbiology and Immunology Fourteen Edition*. United States of America: McGraw-Hill Education.
- Paweł M. Krzy ciak , Małgorzata Pindycka-Piaszczyńska , Michał Piaszczyński. Chromoblastomycosis. 2014. Review Paper. *Postępy Dermatologii i Alergologii* 5, October
- Martín, J.A.; López, R. Biological Deterioration and Natural Durability of Wood in Europe. *Forests* 2023, 14, 283. <https://doi.org/10.3390/f14020283>
- Sow D, Ndiaye M, Sarr L, Kante MD, Ly F, Diousse P, et al. (2020) Mycetoma epidemiology, diagnosis management, and outcome in three hospital centres in Senegal from 2008

- to 2018. PLoS ONE 15(4): e0231871. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231871>
- The Center for Food Security & Public Health. 2017. Sporotrichosis. Institute for International Cooperation in Animal Biological. USDA.
- Tiwari R et al. Rhinosporodiosis: A Riddled Disease off Man and Animal. 2015. Review Article Advances in Animal and Veterinary Science. Vol.3. Special issue: 54.
- VanEgmond,HansP,RonaldCSchothorst,MarcoAJonker.Regulation srelatingtomycotoxinsinfood.AnalyticalandBioanalyticalChemistry.2007;389(1):147-157.VV
- Verica Bogdanoska1\*, Donka Doneva-Sapceska2, Elizabeta Gavazova1, Florentina Ristovska-Shurbevaska. Fungal Contamination of Cereals and Flour-Based Product Including Breads and Determination of Ochratoxin A with Elisa Technique. Journal of Hygienic Enggineering and Design. Original scientific paper UDC 664.64.019:579.67



## BIODATA PENULIS



**Apt. Muhammad Subhan A. Sibadu, S.Farm., M.Si**

Dosen Program Studi Farmasi

Fakultas Kedokteran Universitas Khairun Ternate

Penulis di lahirkan di Pinrang pada tanggal 15 November 1990. Setelah lulus dari SMA Negeri 6 Banjarmasin pada tahun 2009, Penulis memulai pendidikan jenjang Sarjana di UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) ALAUDDIN MAKASSAR sejak tahun 2009 hingga selesai di tahun 2013 pada prodi Farmasi. Setelah menempuh jenjang Sarjana, penulis melanjutkan pendidikan PROGRAM PROFESI APOTEKER pada tahun 2014 di UNIVERSITAS HASANUDDIN MAKASSAR, kemudian melanjutkan pendidikan Magister pada tahun 2015 dengan konsentrasi FARMASI KLINIK di kampus yang sama yaitu di UNIVERSITAS HASANUDDIN MAKASSAR dan selesai pada tahun 2017. Riwayat pekerjaan yang dimiliki oleh penulis yaitu pernah bekerja di salah satu Apotek Swasta yang sekaligus merupakan klinik praktik dokter spesialis anak di Kota Makassar selama 4 tahun sebagai APJ (Apoteker Penanggung Jawab). Saat ini penulis bekerja sebagai dosen di Program Studi S1 Farmasi, Fakultas Kedokteran Universitas Khairun Ternate. Selain itu saat ini penulis juga aktif menjadi pengurus Ikatan Apoteker Indonesia (IAI) Cabang Kota Ternate. Sehari-harinya penulis bekerja sebagai dosen pengampu mata kuliah Farmasi klinik, Farmakologi klinik, Manajemen Farmasi, Farmasi Industri

dan Analisis Mikrobiologi, Selain itu penulis juga aktif dalam menulis jurnal serta aktif menulis *book chapter*.

## **BIODATA PENULIS**



### **Staf Dosen Jurusan Teknologi Laboratorium Medik**

Penulis lahir di Sulawesi Tenggara (Kabupaten Muna,

Kecamatan Tongkuno, Kelurahan Tombula) tanggal 01 Desember 1989. Penulis adalah dosen tetap pada Program Teknologi Laboratorium Medik Poltekkes Kemenkes Jayapura. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program studi pendidikan Biologi Universitas Halu Oleo Kendari (2007-2011) dan melanjutkan S2 pada Jurusan Mikrobiologi IPB University Bogor Jawa Barat (2012-2014).

## **BIODATA PENULIS**



### **Hildegardis Missa, S.Pd., M.Si**

Dosen Program Studi Pendidikan Biologi  
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan  
Universitas Katolik Widya Mandira

Penulis lahir di Niki-Niki tanggal 17 September 1991. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Katolik Widya Mandira. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Pendidikan Biologi dan melanjutkan S2 pada Jurusan Biosain. Penulis menekuni bidang Menulis.

Penulis saat ini aktif mengajar matakuliah Mikrobiologi Dasar, Biokimia, Botani Tumbuhan Tingkat Rendah, Entomologi, Bioteknologi dan Pengetahuan Laboratorium serta aktif melaksanakan penelitian di bidang Mikrobiologi dan Bioteknologi.

## BIODATA PENULIS



### **Nurbidayah, M.Pd.**

Dosen Program Studi Diploma Tiga Analisis Kesehatan  
Universitas Borneo Lestari

Penulis lahir di Tamayang Kab. Hulu Sungai Tengah, 19 Februari 1991. Menyelesaikan pendidikan tinggi; Pendidikan Sarjana (S-1) pada Program Studi Pendidikan Biologi di Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin (2012); dan Pendidikan Magister (S-2) pada Program Studi Pendidikan Biologi di Universitas Negeri Malang, Malang (2014). Saat ini sedang tercatat sebagai dosen tetap pada Fakultas Ilmu Kesehatan dan Sains Teknologi, Universitas Borneo Lestari, Banjarbaru. Penulis telah menulis beberapa artikel, yang diterbitkan pada jurnal nasional. Penulis dapat dihubungi melalui email: [day91queen@gmail.com](mailto:day91queen@gmail.com) atau HP/WA 081351418398.

## BIODATA PENULIS



**Anik Kusmiatun, S.Pd.Si., M.Si.**

Dosen Program Studi Budi Daya Ikan  
Politeknik Kelautan dan Perikanan Jembrana

Penulis lahir di Grobogan, Jawa Tengah pada 26 Maret 1987. Penulis menempuh pendidikan dasar hingga menengah atas di Purwodadi, Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Pendidikan Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta. Penulis melanjutkan Pendidikan S2 pada Program Studi Mikrobiologi, Institut Pertanian Bogor, pada tahun 2012-2014. Penulis telah mengabdikan dirinya sebagai pendidik sejak tahun 2010 hingga sekarang.

Sejak tahun 2021, penulis bertugas sebagai dosen tetap pada Program Studi Budi Daya Ikan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Jembrana, Bali. Perguruan Tinggi Kedinasan tempat penulis bekerja menyelenggarakan pendidikan vokasi di bawah naungan Pusat Pendidikan, BPPSDM, Kementerian Kelautan dan Perikanan. Bidang ilmu yang diampu oleh penulis antara lain Mikrobiologi, Bioteknologi, serta Biologi Reproduksi Ikan. Selain aktif melaksanakan Tri Dharma Perguruan Tinggi, penulis juga aktif menulis artikel hasil penelitian yang telah dipublikasikan di beberapa jurnal ilmiah.

## BIODATA PENULIS



**apt. Fajrin Noviyanto, M.Sc.**

Dosen Program Studi S1 Farmasi  
Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Salsabila Serang

Penulis lahir di Purwokerto tanggal 02 November 1987. Penulis adalah dosen pada Program Studi Farmasi, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Salsabila Serang. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi S1 Farmasi di Universitas Muhammadiyah Purwokerto dan melanjutkan Profesi Apoteker dan S2 Ilmu Farmasi (*Double Degree*) di Universitas Gadjah Mada.

Penulis menekuni bidang Penelitian Farmakologi dan Farmasi Klinik. Organisasi yang diikuti ialah sebagai pengurus daerah Ikatan Apoteker Indonesia Provinsi Banten dibidang ATB (Apoteker Tanggap Bencana), sebagai pengurus FPRB Kabupaten Pandeglang, sebagai pengurus PAPRA, dan sebagai pengurus cabang Ikatan Apoteker Indonesia Kabupaten Pandeglang.

## **BIODATA PENULIS**



**Afifah Nur Shobah, S.Si., M.Sc.**

Dosen Program Studi S1 Farmasi  
Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Salsabila Serang

Penulis lahir di Purwokerto tanggal 19 Januari 1989. Penulis adalah dosen tetap Program Studi S1 Farmasi, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Salsabila Serang. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Biologi Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto pada tahun 2012 dan menyelesaikan S2 pada Program Magister Biologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta tahun 2014.

## **BIODATA PENULIS**



### **Dr. Budi Rianto Wahidi, S.Si., M.Si.**

Dosen Program Studi Teknik Penanganan Patologi Perikanan  
Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo

Penulis lahir di Bandung tanggal 23 Oktober 1978. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Penanganan Patologi Perikanan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo – Jawa Timur. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret pada tahun 2003. Melanjutkan pendidikan S2 Bioteknologi Perikanan di Universitas Airlangga S2 dan menyelesaikan pada tahun 2013, Pendidikan S3 Ilmu Kelautan dan Perikanan di Universitas Brawijaya diselesaikan tahun 2019.

## **BIODATA PENULIS**



**Afika Herma Wardani, M.Sc.**

Dosen Program Studi D3 Teknologi Laboratorium Medis  
Poltekkes Kemenkes Jayapura

Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi D3 Teknologi Laboratorium Medis Poltekkes Kemenkes Jayapura. Menyelesaikan pendidikan S1 Biologi di Universitas Negeri Yogyakarta. Melanjutkan S2 Biologi konsentrasi Mikrobiologi di Universitas Gadjah Mada. Buku yang pernah penulis hasilkan adalah Biokimia Kebidanan, Dasar-Dasar Mikrobiologi, Biologi Molekular, Mikrobiologi dan Parasitologi, Mikologi yang diterbitkan oleh Get Press.