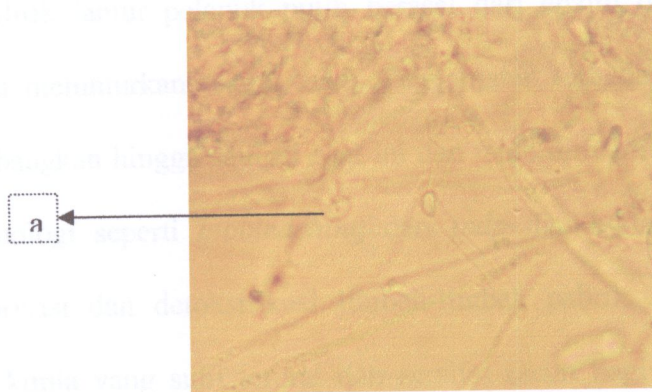


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. *Ganoderma* sp

Jamur *Ganoderma* termasuk ke dalam Filum Basidiomycota, ordo Aphyllophorales (Alexopoulos, 1996). *Ganoderma* dikenal termasuk kelompok jamur pelapuk putih yang banyak diteliti karena mempunyai aktivitas ligninolitik yang tinggi. Aktivitas ligninolitik *Ganoderma* sp BTA1 telah terbukti dengan menghasilkan zona ligninolitik paling tinggi dari 14 jenis Aphyllophorales dari TNBT yang diuji pada RBBR menggunakan medium N-limited (Martina, 2003). *G. lucidum* adalah kelompok Basidiomycetes, jamur pelapuk putih yang memiliki aktivitas ligninolitik yang tinggi namun hanya menghasilkan enzim lakase peroksidase (D'Souza *et al.* 1999).



Gambar 1. Hifa *Ganoderma* sp. BTA1, perbesaran 400 x. Ket: a. Hifa generatif dengan *clamp connection*. (Sumber: dokumentasi pribadi.)

#### 2.2. Biodegradasi Pewarna Azo

Mikroorganisme yang digunakan dalam mendegradasi pewarna azo merupakan mikroorganisme yang memiliki aktivitas ligninolitik. Bakteri yang

diketahui mampu mendegradasi pewarna azo antara lain *Aeromonas hydrophilla*, *Aeromonas caviae* dan *Bacillus cereus* sedangkan jamur yang mampu mendegradasi pewarna antara lain *Pycnoporus cinnabarinus* dan *Trichoderma reesei* (Alves *et al.*, 2004). Jamur lain yang diketahui mampu mendegradasi pewarna ini antara lain *Pycnoporus sanguineus* (Camarero *et al.*, 2004 dan Maccado *et al.*, 2006), *Pleurotus* spp (Zille *et al.*, 2005) dan *Macrotermes gilvus* (Taprap *et al.*, 2005).

Mekanisme biodegradasi pewarna ditunjukkan melalui pemecahan ikatan pewarna azo yang ditandai berkurangnya dengan pewarna. Biodegradasi pewarna azo oleh jamur ligninolitik tergantung pada kemampuan jamur dalam menghasilkan enzim yang mampu merombak struktur pewarna. Enzim ekstraseluler yang mendegradasi molekul pewarna dihasilkan oleh jamur pelapuk putih dikenal dengan lignin modifying enzim (LMEs) yang terdiri dari lignin peroksidase (LiP), mangan peroksidase (MnP) dan Lakase (lac) (Alamansa *et al.*, 2004). Aktivitas ligninolitik jamur pelapuk putih berasal dari enzim oksidatif yang secara alami mampu melunturkan warna kayu. Pengamatan terhadap jamur pelapuk putih terus dikembangkan hingga sampai saat ini dan telah dimanfaatkan dalam berbagai bidang bioteknologi seperti *biobleaching* dari *pulp* dan kertas, *biopulping*, bioremediasi, dekolonisasi dan detoksifikasi limbah-limbah pabrik, percetakan dan menetralkan bahan kimia yang sulit terurai dan bersifat racun bagi lingkungan (Anonim 2007<sup>c</sup>; Couto dan Toca-Herrera 2006).

### **2.3. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Biodegradasi**

Kemampuan jamur dalam mendegradasi pewarna membutuhkan persyaratan tertentu. Faktor-faktor yang mempengaruhi biodegradasi tersebut antara lain nutrisi, agitasi, suhu, dan derajat keasaman (pH).

a. Nutrisi

Jeffries *et al.* (1981) berpendapat bahwa jamur menghasilkan enzim sebagai hasil metabolisme pada tahap idiofase yang memiliki kemampuan mendegradasi pewarna azo. Jamur pelapuk putih tidak membutuhkan waktu adaptasi sebelum mendegradasi pewarna dan dapat tumbuh pada substrat yang miskin. Menurut Gold dan Alic *cit.* Martina (1998), kekurangan nutrisi pada tahap idiofase akan menyebabkan terakumulasinya inducer enzim ligninase yang akan menginduksi pengeluaran enzim ligninase.

b. Agitasi

Menurut Kandelbauer *et al.*<sup>a,b</sup> (2004), teknik bioremediasi yang dikembangkan saat ini menggunakan mikroba yang dilakukan baik secara aerob maupun secara anaerob. Pada kondisi aerob dan anaerob, penguraian senyawa pewarna tekstil dapat terjadi (Abadullah *et al.* 2000). Namun, pada kondisi anaerobik, reduksi azo akan memutus pewarna azo menjadi amine yang bersifat mutagenik dan karsinogenik (O'Neill *et al.* 2000). Menurut Hossain dan Anantharaman (2006), aktivitas enzim ligninolitik terbaik yang berasal dari *T. versicolor* dengan menggunakan tepung beras dihasilkan pada kecepatan aerasi 60 rpm.

c. Suhu

Pertumbuhan jamur dapat berlangsung dengan baik apabila suhu mendukung. Jamur *Ganoderma* sp. banyak ditemukan di daerah yang memiliki suhu harian berkisar 25-30°C. Namun, jamur *Ganoderma* sp. dapat tumbuh baik dengan tubuh buah yang tebal pada suhu 24-28°C (Agromedia Pustaka 2002).

Suhu turut serta mempengaruhi aktivitas metabolit jamur. Aktivitas metabolit ini dipengaruhi oleh adanya kerja enzim. Aktivitas maksimum lakase terjadi pada suhu 50-60°C. Apabila suhu ditingkatkan dalam beberapa menit saja menjadi 80°C

maka enzim menjadi inaktif (Dias *et al.* 2003). Suhu optimum untuk menghasilkan aktivitas enzim ligninolitik yang dihasilkan dari *T. versicolor* adalah 40°C (Hossain dan Anantharaman 2006).

#### d. Derajat Keasaman

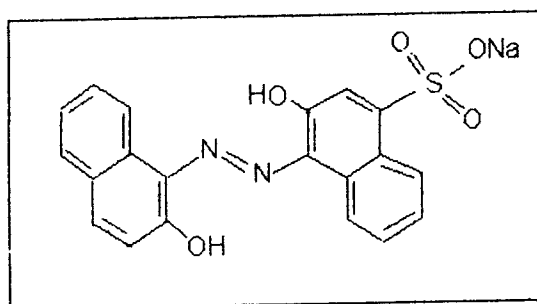
Kemampuan degradasi jamur *P. chrysosporium* bergantung pada pH, dengan laju degradasi lignin indulin pada pH optimum 4,5 sedangkan laju degradasi lignin serbuk kayu albasia terjadi pada pH optimum 4,0 (Martina, 1998). Studi yang dilakukan oleh Kandelbauer *et al.*<sup>b</sup> (2004) menunjukkan bahwa pH optimum untuk dekolorisasi pewarna azo sintetis-Mordant Black 9 dan beberapa turunannya adalah pH 4 dan pH 5. Penelitian Hossain dan Anantharaman (2006) menyatakan bahwa aktivitas enzim ligninolitik dari *T. versicolor* terbaik dihasilkan pada pH optimum 4,5.

## 2.4. Pewarna Azo

Pewarna kimia paling banyak digunakan pada industri tekstil dan percetakan. Lebih dari  $7 \times 10^7$  ton pewarna telah diproduksi setiap tahun dan digunakan secara luas, dari jumlah tersebut sekitar 10% terbuang ke lingkungan selama proses pewarnaan (Germain dan Spiros, 2003).

Pewarna azo merupakan pewarna yang paling banyak digunakan dalam industri tekstil dan merupakan senyawa xenobiotik dengan ciri-ciri adanya 1 atau lebih ikatan azo ( $-N=N-$ ) dan cincin aromatis. Salah satu diantara pewarna azo adalah Mordant Black 17 (Dias *et al.*, 2003). Pewarna azo sulit didegradasi oleh mikroorganisme dalam kondisi aerob dalam ekosistem, sedangkan pada kondisi anaerob atau mikroaerobik dapat membentuk senyawa toksik dan karsinogenik karena tereduksi membentuk amin aromatik (Zille *et al.*, 2003).

Pewarna azo sering digunakan dalam pewarnaan serat tekstil yaitu katun, sutra, wool dan serat sintetik. Ada sekitar 2000 jenis pewarna azo di pasaran. Secara umum, pewarna azo larut dalam air sehingga mudah diserap oleh tubuh, disamping itu senyawa kimia yang dikandung pewarna azo dapat masuk dan terakumulasi dalam tubuh melalui pernafasan dan debu yang masuk melalui kulit (<http://www.Physchem.ux.ac.uk>,2007; Machado *et al.*,2006).



Gambar 2. Struktur bangun Mordant Black 17 (  $C_{20}H_{13}N_2NaO_5S$  )  
(Sumber: <http://www.chemexper.com/search/cas/2538854.html>.)