

Potensi Basidiomycetes Koleksi Biologi ITS sebagai Agen Biodekolorisasi Zat Warna RBBR

Syayyida Muslimah dan Nengah Dwianita Kuswytasari
 Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh
 Nopember (ITS)
 Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
 E-mail: kuswytasari@bio.its.ac.id

Abstrak—Basidiomycetes menghasilkan enzim ligninolitik untuk merombak zat warna anthraquinon dengan mengoksidasi senyawa karbon menjadi CO₂ dan H₂O. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan 22 isolat Basidiomycetes koleksi Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi Biologi ITS sebagai agen biodekolorisasi zat warna RBBR. Uji dekolorisasi zat warna RBBR (*Remazol Brilliant Blue R*) dilakukan pada *Medium Basal Agar Chloramphenicol* (MBA-C) yang mengandung 100 ppm RBBR dengan mengamati pemudaran warna selama 7 hari inkubasi. Penelitian ini dianalisa menggunakan deskriptif kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua isolat mampu mendekolorisasi RBBR. Dekolorisasi terbesar ditunjukkan pada isolat LM 3002 (*Climacodon septentrionalis*). Pertumbuhan koloni basidiomycetes tercepat adalah isolat LM 3002 (*Climacodon septentrionalis*) yaitu mencapai 9 cm dalam 3 hari inkubasi.

Kata Kunci— Basidiomycetes, dekolorisasi, enzim lignolitik, dan *Remazol Brilliant Blue R*

I. PENDAHULUAN

Zat warna RBBR merupakan zat warna yang sudah umum digunakan dalam industri pencelupan tekstil dan tidak mudah rusak oleh perlakuan kimia maupun fotolitik. Zat warna RBBR (*Remazol Brilliant Blue R*) merupakan senyawa heterosiklis yang unsur pembentuknya dari quinone yang umum ditemukan di semua organisme (ubiquitos). Anthraquinone muncul sebagai warna alami di alam, terdiri dari cincin benzene dengan gugus hidroksil yang disebut phenol. Phenol sangat tahan terhadap oksidasi. Dengan demikian, limbah zat warna RBBR harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan [1].

Jamur lapuk putih merupakan kelompok jamur Basidiomycetes penghasil enzim ligninolitik ekstraseluler yang mampu digunakan untuk merombak berbagai macam senyawa hidrokarbon poliaromatik senyawa fenolik dan zat warna [2]. Perombakan zat warna oleh enzim ligninolitik diawali dari oksidasi enzim ligninolitik oleh oksigen dan selanjutnya enzim ligninolitik dalam keadaan teroksidasi tersebut mengoksidasi zat warna tekstil. Enzim ligninolitik ekstraseluler yang dihasilkan oleh jamur lapuk putih adalah mangan peroksidase (MnP), lignin peroksidase (LiP) dan laccase [3]. Enzim ini bersifat non-spesifik sehingga mampu bekerja pada spektrum luas. Enzim ligninolitik dapat merombak senyawa aromatik, polimer sintetik, dan zat warna melalui reaksi redoks, di mana enzim ligninolitik akan

mengoksidasi secara sempurna senyawa-senyawa karbon menjadi CO₂ dan H₂O [4].

Sumber karbon dan nitrogen sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan jamur terutama terhadap konversi biomassa. Jamur dapat mengambil O₂ secara bebas dari udara untuk keperluan respirasi agar pertumbuhannya optimum. Pada umumnya, jamur lebih menyukai suasana yang asam untuk pertumbuhannya. Kisaran pH optimum untuk sebagian jamur pelapuk kayu ialah 4.5-5.5 [5]. Beberapa jamur yang sudah banyak digunakan diantaranya *Phanerochaete chrysosporium*, *Bjerkandera adusta*, *Irpex lacteus*, dan *Hypoxyylon fragiforme*, *Trametes villosa*, dan *Trametes pycnoporus* serta *Aspergillus* sp. Perombakan limbah tekstil menggunakan jamur pendegradasi kayu dipengaruhi oleh jenis jamur yang digunakan dan kondisi lingkungan seperti pH, suhu dan waktu inkubasi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan 22 isolat Basidiomycetes koleksi Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi Biologi ITS sebagai agen biodekolorisasi zat warna RBBR.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Persiapan Kultur Basidiomycetes

Isolat jamur basidiomycetes yang berasal dari kultur murni koleksi Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi ITS diinokulasi pada media PDA-C (*Potato Dextrose Agar - Chloramphenicol*) sebagai kultur kerja dan kultur stok. Kultur stok akan disubkultur setiap satu bulan sekali. Kemudian subkultur isolat diinkubasi pada suhu 30°C hingga tumbuh merata selama 7 hari.

B. Pembuatan Medium Basal Chloramphenicol (MB-C)

Sebanyak 2 gr ekstrak yeast, 1 gr MgSO₄ · 7H₂O, 1,5 g KH₂PO₄, 0,2gr MnSO₄·H₂O, 0,2 gr FeSO₄ · 7H₂O, 0,2 gr CaCl₂ · 2H₂O, 0,5 gr chloramphenicol, dan 20 gr bubuk agar ditambahkan akuades hingga volume 1 L dididihkan dengan magnetic stirer. Setelah itu dilakukan proses sterilisasi dengan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C 1,5 atm selama 15 menit. Sedangkan untuk membuat medium basal broth chloramphenicol tidak perlu ditambahkan bubuk agar.

C. Pengamatan Pertumbuhan Koloni Basidiomycetes

Medium PDA-C (*Potato Dextrose Agar - Chloramphenicol*) ditambahkan dengan 100 mg/ L zat warna RBBR (Sigma) dan dituang pada cawan Petri masing – masing sebanyak 20 ml.

Kemudian basidiomycetes diinokulasi pada medium, diinkubasi pada suhu 30° C selama 7 hari dan dilakukan pengamatan pertumbuhan koloni basidiomycetes. Kontrol negatif adalah medium PDA-C tanpa inokulasi basidiomycetes.

D. Rancangan Penelitian

Penelitian ini diujikan pada 22 isolat yang terdiri dari 10 spesies. Pertumbuhan basidiomycetes dihitung dengan cara mengukur diameter koloni setiap hari selama 7 hari. Uji dekolorisasi zat warna pada medium padat menggunakan metode deskriptif kuantitatif untuk mengetahui pertumbuhan koloni basidiomycetes tercepat. Penelitian diulang sebanyak dua kali.

E. Analisa Data

Data penelitian uji dekolorisasi zat warna pada medium padat dianalisa dengan menggunakan metode deskriptif kuantitatif.

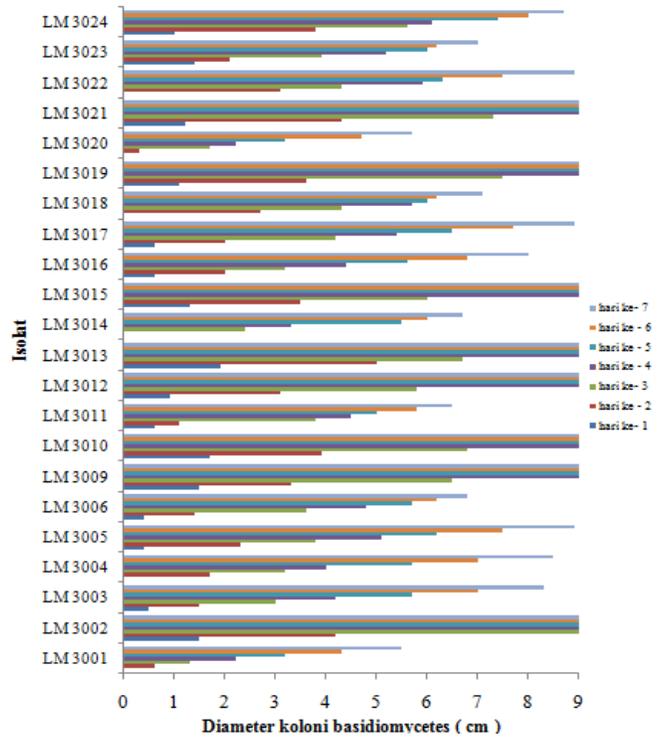
III. HASIL DAN DISKUSI

Isolat yang diuji berjumlah 22 isolat yang terdiri dari 10 spesies yaitu *Climacodon septentrionalis*, *Climacodon pulcherrimus*, *Fomitopsis pinicola*, *Ganoderma applanatum*, *Inonotus dryadeus*, *Inonotus hispidus*, *Inonotus radiatus*, *Inonotus rheades*, *Piptoporus betulinus*, dan *Schizophyllum commune*. Medium yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Medium Basal Agar Chloramphenicol* (MBA-C) yang akan dimanfaatkan oleh jamur sebagai sumber nutrisi. Isolat jamur yang memiliki enzim ligninase akan memecah zat warna RBBR pada medium menjadi senyawa yang sederhana seperti CO₂, H₂O, dan asam organik yang kemudian diabsorpsi oleh hifa secara langsung [6].

Isolat basidiomycetes diinokulasi dari medium PDA-C sebesar 1 titik menggunakan jarum tanam tajam pada bagian tengah cawan Petri yang berisi 20 ml *Medium Basal Agar Chloramphenicol* (MBA-C) yang mengandung 100 ppm RBBR. Pertumbuhan koloni jamur diamati setiap hari selama 7 hari. Gambar 1 merupakan grafik pertumbuhan basidiomycetes pada medium MBA-C yang mengandung 100 ppm RBBR.

Berdasarkan pengamatan diameter koloni setiap hari selama 7 hari (Gambar 1), terlihat bahwa spesies yang berbeda bahkan isolat yang berbeda menunjukkan rata-rata pertumbuhan basidiomycetes yang berbeda pula. Pertumbuhan diameter koloni basidiomycetes tercepat yaitu *Climacodon septentrionalis* (LM 3002). Hal tersebut menunjukkan bahwa *C. septentrionalis* mampu memanfaatkan, sumber karbon dan nitrogen pada medium untuk konversi biomassa serta dapat mengambil O₂ secara bebas pada medium untuk keperluan respirasi sehingga pertumbuhannya optimum.

Rujukan [7] menjelaskan bahwa, jamur memiliki kecenderungan untuk menggunakan satu sumber karbon saja. Jika terdapat dua karbon yang berbeda kompleksitas molekulnya maka pertumbuhannya akan menunjukkan pola diauksik. Pada pertumbuhan diauksik, sumber karbon yang lebih mudah dimetabolisme oleh sel akan digunakan terlebih dahulu. Setelah sumber karbon tersebut telah habis barulah jamur memanfaatkan sumber karbon yang lain yang lebih kompleks. Pola pertumbuhan diauksik disebabkan oleh adanya



Gambar 1. Pertumbuhan diameter koloni basidiomycetes.

Keterangan :

- | | |
|---|--------------------------------------|
| LM 3001 <i>Climacodon septentrionalis</i> | LM 3014 <i>Inonotus hispidus</i> |
| LM 3002 <i>Climacodon septentrionalis</i> | LM 3015 <i>Inonotus hispidus</i> |
| LM 3003 <i>Climacodon septentrionalis</i> | LM 3016 <i>Inonotus hispidus</i> |
| LM 3004 <i>Climacodon septentrionalis</i> | LM 3017 <i>Inonotus hispidus</i> |
| LM 3005 <i>Climacodon septentrionalis</i> | LM 3018 <i>Inonotus hispidus</i> |
| LM 3006 <i>Climacodon pulcherrimus</i> | LM 3019 <i>Inonotus radiatus</i> |
| LM 3009 <i>Fomitopsis pinicola</i> | LM 3020 <i>Inonotus radiatus</i> |
| LM 3010 <i>Fomitopsis pinicola</i> | LM 3021 <i>Inonotus radiatus</i> |
| LM 3011 <i>Ganoderma applanatum</i> | LM 3022 <i>Inonotus rheades</i> |
| LM 3012 <i>Inonotus dryadeus</i> | LM 3023 <i>Piptoporus betulinus</i> |
| LM 3013 <i>Inonotus hispidus</i> | LM 3024 <i>Schizophyllum commune</i> |

represi katabolit yakni mekanisme pengambatan ekspresi gen yang mengkode sintesis enzim – enzim yang digunakan untuk metabolisme suatu sumber karbon karena ada sumber karbon lain yang lebih mudah dimetabolisme oleh jamur.

Pertumbuhan koloni basidiomycetes pada *medium basal agar chloramphenicol* yang mengandung 100 ppm zat warna RBBR terlalu cepat, sehingga tidak dapat dilakukan pengamatan rasio zona bening pada penelitian ini. Pengamatan dekolorisasi pada medium padat dapat diamati dengan adanya pemudaran warna yang terjadi pada medium. *Medium Basal Agar Chloramphenicol* (MBA-C) yang berisi miselium jamur warnanya menjadi jauh lebih pudar dibandingkan dengan media MBA-C tanpa jamur (kontrol) (Gambar 2). Pemudaran warna menunjukkan bahwa jamur tersebut telah menghasilkan enzim ligninolitik yang berperan penting pada proses perombakan zat warna tekstil RBBR. Rujukan [8] menjelaskan bahwa terbentuknya *clearing zone* atau zona pemudaran pada media merupakan indikasi awal, bahwa isolat jamur tersebut mempunyai potensi sebagai jamur pendegradasi zat warna.

Berdasarkan pengamatan pemudaran warna, terlihat bahwa setiap spesies, bahkan setiap isolat memiliki kemampuan dekolorisasi yang berbeda. Oleh karena itu dilakukan skoring terhadap pemudaran warna yang terjadi, pada Tabel 1.

Isolat dengan kemampuan dekolorisasi zat warna terbesar dengan scoring + + + + ditunjukkan pada isolat LM 3001 *Climacodon septentrionalis*, LM 3002 *Climacodon septentrionalis*, LM 3009 *Fomitopsis pinicola*, LM 3011 *Ganoderma applanatum*, LM 3012 *Inonotus dryadeus*, LM 3013 *Inonotus hispidus*, LM 3014 *Inonotus hispidus*, LM 3015 *Inonotus hispidus*, LM 3019 *Inonotus radiatus*, dan LM 2021 *Inonotus radiates* (Tabel 2).

Rujukan [9] menjelaskan bahwa aktivitas enzim mempengaruhi perubahan ionisasi dalam gugus ionik enzim pada sisi aktif sehingga dapat bekerja lebih efektif dengan mengikat dan mengubah substrat menjadi produk.

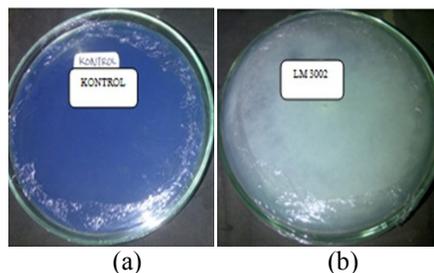
Kemampuan jamur dalam merombak zat warna karena mampu mengekskresikan enzim ligninolitik terutama laccase, mangan peroksidase dan lignin peroksidase yang berperan penting dalam merombak senyawa-senyawa fenolik, hidrokarbon poliaromatik maupun zat warna tekstil. Lakase yang dihasilkan akan mereduksi O₂ menjadi H₂O dalam substrat fenolik melalui reaksi satu elektron membentuk radikal bebas yang dapat disamakan dengan radikal kation yang terbentuk pada reaksi MnP.

LiP adalah enzim peroksidase ekstraseluler yang mengandung heme yang aktivitasnya bergantung pada H₂O₂, mempunyai potensial redoks yang luar biasa besar dan pH optimum yang rendah. MnP merupakan heme peroksidase ekstraseluler yang membutuhkan Mn²⁺ sebagai substrat pereduksinya. MnP mengoksidasi Mn²⁺ menjadi Mn³⁺, yang kemudian mengoksidasi struktur fenolik menjadi radikal fenoksil. Mn³⁺ yang terbentuk sangat reaktif dan membentuk kompleks dengan chelating asam organik seperti asam oksalat atau malat [10]. Dengan bantuan *chelator*, ion Mn³⁺ distabilkan dan dapat menembus ke dalam jaringan substrat.

Oksalat disintesis oleh dua enzim ekstraseluler yaitu glikosilat dehidrogenase (GLOXDH) dan oksaloasetase (OXA), menggunakan senyawa perantara dalam siklus Krebs dan glikosilat (siklus Kornberg). Reaksi pertama adalah oksidasi oleh GLOXDH pada glikosilat membentuk oksalat. Reaksi kedua, enzim OXA menghidrolisis oksaloasetat yang memiliki 4 atom karbon, menghasilkan oksalat dan asetat dengan 2 atom karbon [11].

Jamur mengoksidasi glukosa yang dikonsumsi menjadi asam oksalat yang terakumulasi dalam medium sampai 11,5 g/liter. Penurunan glukosa dalam medium sejalan dengan penumpukan asam oksalat dan penurunan pH. Enzim yang dapat mengoksidasi oksalat di antaranya adalah oksalat oksidase, oksalat dehidrogenase, format dehidrogenase. Enzim oksalat dekarboksilase berperan untuk dekomposisi asam oksalat menghasilkan asam format dan CO₂. Asam format dioksidasi jadi karbondioksida dan NADH oleh format dehidrogenase. Koenzim berperan menghidroksi senyawa quinon [11].

Enzim – enzim ekstraseluler yang disekresi jamur terlalu besar untuk dapat melewati pori – pori dinding sel yang berukuran kecil. Kalsium akan diikat oleh asam oksalat yang dihasilkan jamur dan selanjutnya dapat merusak integritas dinding sel dan menyebabkan terbentuknya pori - pori dinding



Gambar 2. Pemudaran warna pada medium MBA-C a) kontrol b) perlakuan.

Tabel 1. Tabel dekolorisasi pada *Medium Basal Agar Chloramphenicol* 100 ppm RBBR

Perlakuan	Dekolorisasi
LM 3001 <i>Climacodon septentrionalis</i>	++++
LM 3002 <i>Climacodon septentrionalis</i>	++++
LM 3003 <i>Climacodon septentrionalis</i>	++
LM 3004 <i>Climacodon septentrionalis</i>	++
LM 3005 <i>Climacodon septentrionalis</i>	+++
LM 3006 <i>Climacodon pulcherrimus</i>	+++
LM 3009 <i>Fomitopsis pinicola</i>	++++
LM 3010 <i>Fomitopsis pinicola</i>	++
LM 3011 <i>Ganoderma applanatum</i>	++++
LM 3012 <i>Inonotus dryadeus</i>	++++
LM 3013 <i>Inonotus hispidus</i>	++++
LM 3014 <i>Inonotus hispidus</i>	++++
LM 3015 <i>Inonotus hispidus</i>	++++
LM 3016 <i>Inonotus hispidus</i>	+
LM 3017 <i>Inonotus hispidus</i>	++
LM 3018 <i>Inonotus hispidus</i>	+++
LM 3019 <i>Inonotus radiatus</i>	++++
LM 3020 <i>Inonotus radiatus</i>	+++
LM 3021 <i>Inonotus radiatus</i>	++++
LM 3022 <i>Inonotus rheades</i>	++
LM 3023 <i>Piptoporus betulinus</i>	+
LM 3024 <i>Schizophyllum commune</i>	++

Keterangan :

- ++++ : warna medium sangat pudar
- +++ : warna medium pudar
- ++ : warna medium berwarna sedikit biru
- +
- : tidak terjadi perubahan warna pada medium

sel untuk memberikan kesempatan pada enzim lignolitik untuk bereaksi. Disamping itu penurunan pH akibat penumpukan asam oksalat yang dihasilkan jamur dapat menyebabkan degradasi secara non enzimatis melalui pembentukan radikal – radikal oksigen. Penghambatan sintesis asam oksalat dengan menggunakan inhibitor spesifik menyebabkan terhambatnya pertumbuhan jamur [11].

Rujukan [12] menjelaskan bahwa prosentase dekolorisasi zat warna juga dipengaruhi oleh besarnya konsentrasi zat warna yang akan dirombak oleh jamur. Perbedaan prosentase dekolorisasi di berbagai konsentrasi zat warna berhubungan dengan faktor toksisitas zat warna dan kinetika reaksi perombakan. Efek toksik zat warna yang tinggi menyebabkan prosentase dekolorisasi cenderung menurun. Sedangkan, prosentase dekolorisasi zat warna yang tidak toksik atau toksik rendah cenderung meningkat sampai pada konsentrasi tertentu dan selanjutnya menurun sejalan dengan meningkatnya toksisitas zat warna dan jenuhnya sisi aktif enzim.

Isolat dengan kemampuan dekolorisasi zat warna dengan scoring + + + ditunjukkan pada isolat LM 3005 *Climacodon septentrionalis*, LM 3006 *Climacodon pulcherrimus*, LM 3018 *Inonotus hispidus*, LM 3020 *Inonotus hispidus* (Tabel 3).

Penelitian mengenai uji dekolorisasi zat warna tekstil RBBR pada *C. septentrionalis* dan *C. pulcherrimus* (LM 3005) belum banyak dilakukan, sehingga hasil penelitian ini belum bisa dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya.

I. hispidus menunjukkan hasil yang berbeda-beda pada kelima isolat yang ditemukan. Perbedaan pH optimum yang dibutuhkan jamur untuk menghasilkan enzim lignolitik. Rujukan [13] menjelaskan bahwa pH yang paling baik untuk menghasilkan MnP dan LiP optimum pada *Phanerochaeta chrysosporium* adalah 4,5 dengan menggunakan fermentasi padat dan 3,5 untuk menghasilkan MnP optimum pada *Trametes versicolor*. Keseluruhan enzim kemungkinan berisi grup negatif dan positif yang berbeda tergantung pH yang diberikan. Seperti halnya ionizable grup yang sering berperan sebagai bagian dari sisi aktif. Variasi pH pada medium menghasilkan perubahan bentuk ionik pada sisi aktif dan perubahan aktifitas enzim serta berpengaruh pada laju reksinya. Perubahan pH juga dapat merubah bentuk tiga dimensi dari enzim tersebut. Dengan alasan inilah, enzim sangat aktif pada berbagai pH.

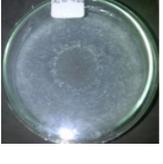
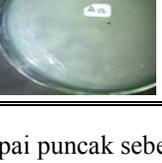
Isolat dengan kemampuan dekolorisasi zat warna dengan scoring + + ditunjukkan pada isolat LM 3003 *Climacodon septentrionalis*, LM 3004 *Climacodon septentrionalis*, LM 3010 *Fomitopsis pinicola*, LM 3017 *Inonotus hispidus*, LM 3022 *Inonotus rheades*, LM 3024 *Schyzophyllum commune* (Tabel 4).

S. commune dapat mensintesis ketiga enzim lignolitik diantaranya yaitu mangan peroksidase, lakase, dan lignin peroksidase. Aktivitas mangan peroksidase (MnP) maksimum sebesar 764U/ml, enzim lakase sebesar 179 U/ml, dan enzim lignin peroksidase (LiP) sebesar 96 U/ml. Namun setiap white rot fungi memiliki pola dan profil enzim yang berbeda pada keterlibatan dan kemampuan dalam mendekolorisasi senyawa tekstil yang berbeda pula. *White rot fungi* menunjukkan pertumbuhan terbaik pada fase log. Pada fase ini, sel mulai membelah dan memasuki masa pertumbuhan atau penambahan jumlah sel secara logaritmik [14]. Rujukan [15], menjelaskan bahwa reproduksi seluler dan metabolisme sel terjadi sangat aktif pada fase ini. Sedangkan pada fase stasioner, tingkat pertumbuhan melambat, jumlah sel yang mati mengimbangi jumlah sel yang mati. Aktivitas metabolisme juga melambat, hal demikian dapat diakibatkan karena kurangnya nutrisi dan akumulasi produk sisa.

Isolat dengan kemampuan dekolorisasi zat warna dengan scoring + ditunjukkan pada isolat LM 3016 *Inonotus hispidus* dan LM 3023 *Piptoporus betulinus* (Tabel 5).

P. betulinus mampu menghasilkan enzim lakase, lignin peroksidase, dan mangan peroksidase yang dapat mengakibatkan white rot pada kayu dengan mendegradasi komponen selulosa dan lignin [16]. *P. betulinus* mampu memproduksi enzim lakase pada inkubasi hari ke 2 dan maksimum pada hari ke 10 inkubasi sebesar 484.72 U/ml. Kemudian pada hari berikutnya akan mengalami penurunan terus menerus. *P. betulinus* juga mampu menghasilkan LiP dan MnP. Lignin peroksidase (LiP) pertama kali muncul pada

Tabel 2.
Tabel pemudaran warna pada MBA-C dengan skoring + + + +

No	Isolat	Gambar	
		Tampak Depan	Tampak Belakang
1	LM 3001		
2	LM 3002		
3	LM 3009		
4	LM 3011		
5	LM 3014		
6	LM 3015		
7	LM 3019		
8	LM 3021		

hari ke 2 sebesar 0.31 U/ml dan mencapai puncak sebesar 7.28 U/ml pada hari ke 12, hari selanjutnya akan mengalami penurunan. Sedangkan aktivitas mangan peroksidase (MnP) dimulai pada hari ke 4 sebesar 0.73 U/ml, kemudian akan mencapai puncak pada hari ke 8 setelah kultivasi sebesar 3.81

U/ml. Senyawa polimerik RBBR merupakan turunan anthracene, yang biasa digunakan sebagai pewarna tekstil dan menunjukkan senyawa yang toksik dan bersifat recalcitrant organopollutan. Rujukan [9] menjelaskan bahwa, penurunan aktivitas enzim dapat disebabkan karena adanya residu asam amino pada substrat untuk mempertahankan struktur tersier dan kromofor enzim. Perubahan struktur tersier mengakibatkan sisi hidrofobik yang tersimpan dalam molekul enzim menjadi terbuka sehingga kelarutan enzim berkurang dan menurunkan aktivitas katalitik enzim.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah semua isolat mampu mendekolorisasi RBBR. Dekolorisasi terbesar ditunjukkan pada isolat LM 3002 (*Climacodon septentrionalis*). Pertumbuhan koloni basidiomycetes adalah isolat LM 3002 (*Climacodon septentrionalis*) yaitu mencapai 9 cm dalam 3 hari inkubasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis S.M mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Mikologi, Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi Biologi FMIPA ITS yang telah mengizinkan penggunaan fasilitas selama penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] K. Murugesan, Nam, K. Young-Mo, and C. Yoon-Seok. Decolorization of reactive dyes by a thermostable laccase produced by *Ganoderma lucidum* in solid state culture. *Journal of Enzyme and Microbial Technology* 40 (2007) 1662–1672.

[2] T. K. Hakala. Characterization of the lignin-modifying enzymes of the selective white-rot fungus *Physisporinus rivulosus*. *Dissertation*. Department of Applied Chemistry and Microbiology. University of Helsinki (2007).

[3] K. S. Yesiladali, G. L. Pekin, H. Bermek, I. A. Alaton, D. Orhon, and C. Tamerler. Bioremediation of textile azo dyes by *Trichophyton rubrum* LSK-27. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* (2006) 22. 1027-1031.

[4] S. Siswanto, Suharyanto, dan, F Rosy. Produksi dan karakterisasi laccase *Omphalina* sp. *Journal Microbiology*. 75. 107-110.

[5] D. Nicholas. Biological control of decay in standing by preservative treatments. *Journal of Wood Science* (1973) 7:6-9.

[6] H. Singh. *Mycoremediation*. Amerika: John Wiley & Sons, Inc, (2006) Ch 4.

[7] T. Yuwono. *Biologi Molekular*. Jakarta: Erlangga (2005),

[8] A. Wilkolazka, J. Rdest, E. Malarczyk, W. Wardas, and A. Leonowicz. Fungi and their ability to decolourize azo and anthraquinone dyes. *Journal of Enzyme and Microbial Technology* (2002). 30. 566-572.

[9] L. Howard, L. Abotsi, R. E. Jansen, and S. Howard. Lignocellulose Biotechnology : Issues of bioconversion and enzyme production. *African Journal Biotechnology* (2003) 2 : 602-619.

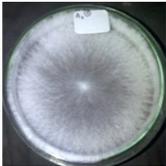
[10] A. Hattaka. Modifying enzymes from selected white-rot fungi: production and role in lignin degradation. *Microbiology* (2001) 13 : 125-135.

[11] E. Munir, J. J. Yoon, T. Tokimatsu, T. Hattori and M. Shimada. A physiological role of oxalic acid biosynthesis in the wood-rotting basidiomycetes *Fomitopsis polustris*. *Proc. National Academic Science*. (2001) USA. 98: 11126- 11130.

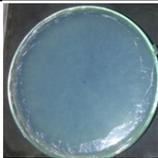
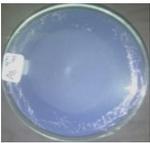
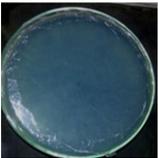
[12] M. Hofrichter. Lignin conversion by manganese peroxidase (Mnp) enzyme. *Microbiology and Technology* (2002) 30: 454-466.

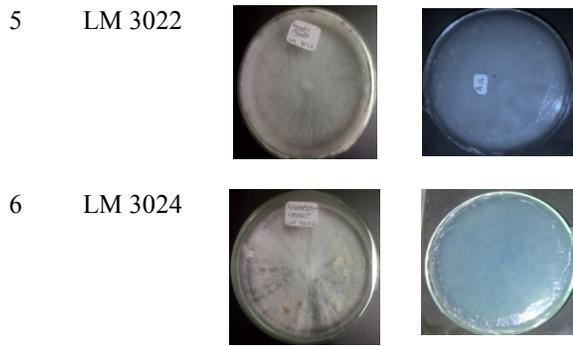
[13] A. Domínguez, I. Rivela, S. R. Couto, and M. Sanroma'n. Design of a new rotating drum bioreactor for ligninolytic enzyme production by *Phanerochaete chrysosporium* grown on an inert support. *Process Biochemistry* (2001) 37 : 549–554.

Tabel 3.
Tabel pemudaran warna pada MBA-C dengan skoring +++

No	Isolat	Gambar	
		Tampak Depan	Tampak Belakang
1	LM 3005		
2	LM 3006		
3	LM 3018		
4	LM 3020		

Tabel 4.
Tabel pemudaran warna pada MBA-C dengan skoring ++

No	Isolat	Gambar	
		Tampak Depan	Tampak Belakang
1	LM 3003		
2	LM 3004		
3	LM 3010		
4	LM 3017		



Tabel 5.
Tabel pemudaran warna pada MBA-C dengan skoring +

No	Isolat	Gambar	
		Tampak Depan	Tampak Belakang
1	LM 3005		
2	LM 3006		

- [14] M. Ashger, S. Kausar, H. Bhatti, S. Shah and M. Ali. Optimizing of medium for decolorization of solar golden yellow r direct textile by *Schizophyllum commune* IBL-06. *Journal of International Biodeterioration and Biodegradation* (2008) 61. 189-193.
- [15] O. Yesilada, D. Asma, and S. Cing. Decolorization of textile dyes by fungal pellets. *Journal of Process Biochemistry* (2003) 38, 933-938.
- [16] J. D. Rogers. 1979. The Xylariaceae : Systematic, biological and evolutionary aspects. *Mycologia* (1979) Vol. 71 : 1-42.