

Aktivitas ligninolitik *Omphalina* sp. hasil isolasi dari TKKS dan aplikasinya untuk dekolonisasi limbah kosmetik

Ligninolytic activity of Omphalina sp. isolated from EFB and its application for decolorization of cosmetic waste

SUHARYANTO^{*}, Irma KRESNAWATY, Haryo Tejo PRAKOSO & Deden Dewantara ERIS

Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia, Jl. Taman Kencana No.1 Bogor 16151, Indonesia

Diterima tanggal 1 Maret 2012./disetujui tanggal 4 Juni 2012

Abstract

White-rot fungi (WRF) are belong to Basidiomycetes group that capable to degrade lignin, because they produce extracellular ligninolytic enzymes such as lignin peroxidase (Li-P), mangan peroxidase (Mn-P) and laccase. The ligninolytic activity can be used in bioprocess oxidation system such as biopulping, biobleaching and bioremediation. The purposes of this research were to determine the optimum conditions of growth and ligninolytic activity of Omphalina and to observe its potential to decolorize cosmetics wastewater. Omphalina sp. was grown on media of PDA-Remazol Brilliant Blue R (RBBR) and PDA-Guaiacol (GU) at various pH and temperature conditions. The decolorization of cosmetic effluent was conducted by applying Omphalina sp. at various dose of inoculum. Decolorization rate and change of COD were observed for eight days. The results showed that Omphalina sp. could grow and produce peroxidase enzyme both on RBBR and GU media at pH 4.5-8.5 and temperature 23-35°C. Optimum dose of inoculum was as much as 5% w/v at which the fungus was able to decolorize cosmetic factory effluent up to 92.79% and to decrease COD value up to 48.57% after eight days of incubation.

[**Keywords** : *White-rot fungi, Omphalina sp., ligninolytic enzyme, waste decolorization*]

Abstrak

Jamur pelapuk putih (JPP) merupakan jamur kelompok *Basidiomycetes* yang mampu mendegradasi lignin karena memproduksi enzim-enzim ligninolitik ekstraseluler seperti lignin peroksidase (Li-P), mangan peroksidase (Mn-P) dan lakase. Kemampuan ligninolitik JPP dapat dimanfaatkan dalam sistem oksidasi bioproses seperti biopulping, biobleaching dan bioremediasi. Penelitian bertujuan menetapkan kondisi optimum pertumbuhan *Omphalina* sp. dan aktivitas ligninolitik yang dihasilkan serta mempelajari potensinya dalam mendekolorisasi limbah cair kosmetik. *Omphalina* sp. ditumbuhkan dalam media PDA-Remazol Brilliant Blue R (RBBR) dan PDA-Guaiacol (GU) pada berbagai berbagai variasi pH dan suhu

^{*}) Penulis korespondensi: suharyanto_biotek@yahoo.com

Percobaan dekolonisasi limbah cair kosmetik dilakukan dengan aplikasi inokulum dalam berbagai dosis. Laju dekolonisasi dan perubahan COD diamati selama delapan hari. Hasil penelitian menunjukkan *Omphalina* sp. tumbuh dan menghasilkan enzim peroksidase, baik pada media RBBR maupun GU pada pH 4,5-8,5 dan suhu 25-35°C. Dosis optimum aplikasi *Omphalina* sp. adalah 5% (b/v) yang mampu mendekolorisasi limbah cair pabrik kosmetik hingga 92,79% dan menurunkan COD 48,57% setelah delapan hari.

[Kata kunci : Jamur-pelapuk putih, *Omphalina* sp., enzim ligninolitik, dekolonisasi limbah]

Pendahuluan

Penggunaan jamur sebagai agens dekolonisasi limbah telah banyak dilaporkan, di antaranya jamur dari kelompok Deutromiset *Fusarium* dan *Penicillium* (Seyis & Subasioglu, 2008), *Phialophora* sp., *Penicillium* sp., dan *Cladosporium* sp. (Torres *et al.*, 2011). Jamur dari kelompok Basidiomiset seperti jamur pelapuk putih (JPP) juga dilaporkan memiliki kemampuan mendekolorisasi zat warna. Jamur tersebut menghasilkan enzim-enzim ligninolitik ekstraseluler seperti lignin peroksidase (Li-P), mangan peroksidase (Mn-P) dan lakase (Wesenberg *et al.*, 2003; Siripong *et al.*, 2009; enzim-enzim penghasil H₂O₂ (H₂O₂-generating enzymes), glioksal oksidase dan fenol oksidase (Katun *et al.*, 2012). Lignin dan senyawa-senyawa terlarut dalam bahan berkayu didegradasi secara sempurna menjadi CO₂ dan H₂O dan meninggalkan warna putih dari selulosa serta hasil akhir yang tidak berbahaya (Kim *et al.*, 2002a). Enzim Li-P dan Mn-P memiliki aktivitas oksidatif yang tinggi dan spektrum yang luas terhadap substrat lignin (Higuchi, 2004). Lakase merupakan enzim yang mengandung tembaga (*copper-containing glycoprotein*) yang dapat mengoksidasi bermacam-macam senyawa fenolik termasuk lignin melalui pembentukan radikal fenoksi melalui oksidasi satu-elektron (Widsten & Laine, 2002). Lakase juga dapat mengoksidasi senyawa

nonfenolik pada kondisi tertentu (Gochev & Krastanov, 2007). Kemampuan enzim-enzim tersebut dalam memutihkan (*biobleaching*) senyawa-senyawa dimanfaatkan dalam bioproses yang melibatkan sistem oksidasi seperti *biopulping*, *biobleaching*, bioremediasi serta pengolahan limbah cair pabrik kertas dan tekstil (Perez *et al.*, 2002). Untuk memanfaatkan JPP sebagai agen bioproses, kondisi optimal pertumbuhan dan aktivitas ligninolitik JPP tersebut perlu diketahui.

Kosmetik dapat diartikan sebagai bahan atau campuran bukan termasuk obat yang digunakan oleh manusia pada anggota badan untuk menambah daya tarik atau mempercantik diri. Komposisi bahan kosmetik dapat beragam, secara umum adalah bahan dasar, bahan aktif, bahan penstabil emulsi dan pelengkap salah satunya adalah pewarna kosmetik. Pewarna kosmetik baik alami maupun buatan yang digunakan sebagai penyusun kosmetik mengakibatkan limbah yang dihasilkan berwarna hitam pekat sehingga sulit dihilangkan.

Penanganan limbah cair kosmetik umumnya dilakukan dengan sistem kolam (*ponding system*). Walaupun sistem kolam cukup sederhana dan biaya operasinya murah, eradikasi zat warna dalam limbah dengan sistem kolam perlu waktu cukup lama dan kurang efektif terlihat dari limbah keluar kolam yang masih berwarna pekat (Zahrim *et al.*, 2009). Aggelis *et al.* (2003) melaporkan bahwa enzim lakase dan MnP dari *Pleurotus ostreatus* mampu mendekolorisasi limbah pengolahan minyak zaitun yang banyak mengandung senyawa fenolik. Enzim LiP dan MnP dari jamur tersebut mengkatalis oksidasi lignin, senyawa fenolik terhalogenasi, senyawa hidrokarbon aromatik polisiklik, serta beberapa senyawa aromatik lain. Selain dapat mendegradasi lignin, enzim lakase juga dapat mendekomposisi pewarna tekstil (Neifar *et al.*, 2011). Penambahan inokulan *Omphalina sp.* diharapkan dapat mempercepat waktu pengolahan, memperbaiki kualitas limbah dan menghilangkan zat warna dalam limbah kosmetik. Penelitian bertujuan menetapkan kondisi optimum pertumbuhan *Omphalina sp.* dan aktivitas ligninolitik yang dihasilkannya serta mempelajari potensinya dalam mendekolorisasi limbah cair kosmetik skala lab.

Bahan dan Metode

Penelitian dilakukan di Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia (BPBPI). Isolat *Omphalina sp.* merupakan koleksi BPBPI hasil isolasi dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dari pabrik kelapa sawit (PKS) Kebun Kertajaya, PTPN VIII dan dipelihara dalam medium *potato dextrose agar* (PDA). Limbah kosmetik berasal dari satu pabrik kosmetik di Tangerang, Banten.

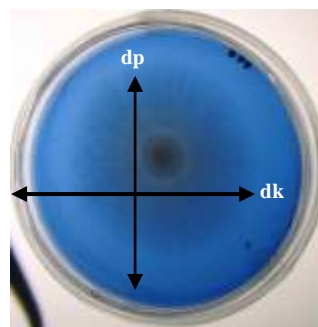
Optimasi kondisi kultur *Omphalina sp.*

Optimasi pH enzim ligninolitik ekstraseluler dilakukan dengan mengkulturkan *Omphalina sp.* pada media PDA yang ditambahkan guaiakol (GU) 0,01% atau *remazol brilliant blue R* (RBBR) 0,05%. Media PDA-GU maupun PDA-RBBR yang telah disterilkan pada suhu 121°C selama 15 menit, ditambahkan HCl 1 N atau NaOH 1 N steril secara aseptis sesuai pH yang diinginkan, yaitu 2,5; 4,5; 6,5; dan 8,5. Kultur miselium *Omphalina sp.* pada media PDA yang diinkubasikan pada suhu ruang (28 – 30°C) umur tujuh hari dicuplik (diameter 0,5 cm) dan diinokulasikan di tengah-tengah cawan petri berisi media PDA-GU dan PDA-RBBR yang telah ditetapkan pH-nya. Selanjutnya kultur diinkubasi pada suhu 28, 35, dan 40°C selama tujuh hari.

Pertumbuhan *Omphalina sp.* diamati dengan mengukur perkembangan diameter koloni pada kedua medium tersebut. Aktivitas lignin peroksidase diamati secara visual dengan menentukan tingkat difusi warna biru yang lebih pekat pada koloni atau sekeliling koloni hingga dekolorisasi warna biru pada seluruh media PDA-RBBR (Gambar 1). Aktivitas lakase ditentukan secara visual berdasarkan tingkat difusi warna cokelat muda hingga cokelat pekat di sekitar koloni (Gambar 2)

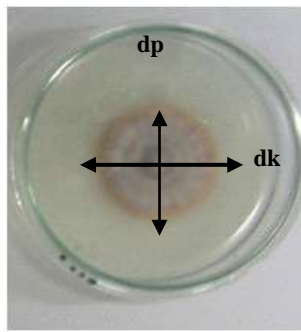
Penyiapan inokulum untuk dekolorisasi limbah kosmetik

Inokulum disiapkan dari media biji millet yang dimasak sampai biji tersebut pecah, setelah dingin sebanyak 200 g millet dimasukkan ke dalam botol selai dan disterilkan dalam autoklaf pada suhu



Gambar 1. Pengukuran diameter koloni miselium jamur dan dekolorisasi/akumulasi warna media PDA-RBBR (dp = diameter pertumbuhan jamur (cm); dk = diameter zona dekolorisasi zona (cm)).

Figure 1. Fungi mycelium diameter measurement and decolorization of PDA-RBBR media (dp = diameter growth of fungi (cm); dk = diameter of decolorization zone (cm)).



Gambar 2. Pengukuran diameter miselium jamur dan proses dekolorisasi warna cokelat pada media PDA-GU (dp : diameter pertumbuhan fungi (cm), dk: diameter difusi warna cokelat (cm)).

Figure 2. Fungi mycelium diameter measurement and decolorization process of brown colour in PDA-GU media (dp: diameter growth of fungi (cm), dk: brown colour diffusion diameter (cm)).

121°C, tekanan 1,2 atm selama 15 menit. Media biji millet steril diinokulasi dengan 1x1 cm kultur miselium *Omphalina* sp., kemudian diinkubasikan pada suhu ruang selama 2 minggu. Kultur miselium dalam media millet selanjutnya digunakan sebagai sumber inokulum.

Pembuatan media serutan kayu

Kayu karet muda diserut, direndam dalam air kran selama satu malam dan dijemur sampai serutan kayu tersebut kondisinya tidak terlalu kering juga tidak terlalu basah (lembab). Selanjutnya sebanyak 1 kg serutan kayu karet dimasukkan ke dalam plastik tahan panas dan ditimbang sesuai jumlah bobot yang diinginkan. Kemudian disterilkan dalam autoklaf pada suhu 121°C, tekanan 1,2 atm selama 15 menit. *Omphalina* sp. yang sudah tumbuh dalam media millet (50 g) diinokulasikan ke media serutan kayu dan diinkubasikan selama tiga minggu pada suhu ruang (28 – 30°C).

Omphalina sp. yang tumbuh pada media serutan kayu, diaplikasikan dalam limbah kosmetik (2 L) dengan lima perlakuan konsentrasi, yaitu : 1; 2,5; 5; 7,5 dan 10% (b/v), dalam ember dengan cara mencelupkannya dengan disertai dengan aerator dengan laju 50 gelembung per menit. Sampel disentrifugasi dengan kecepatan 4.000 rpm selama 20 menit kemudian supernatan diamati perubahan warnanya (dekolorisasi limbah) dengan mengamati perubahan absorbans pada panjang gelombang 525 nm. Peubah yang diamati lainnya adalah nilai COD, kandungan logam berat (AAS), dan pH setelah 2, 4, 6 dan 8 hari.

Hasil dan Pembahasan

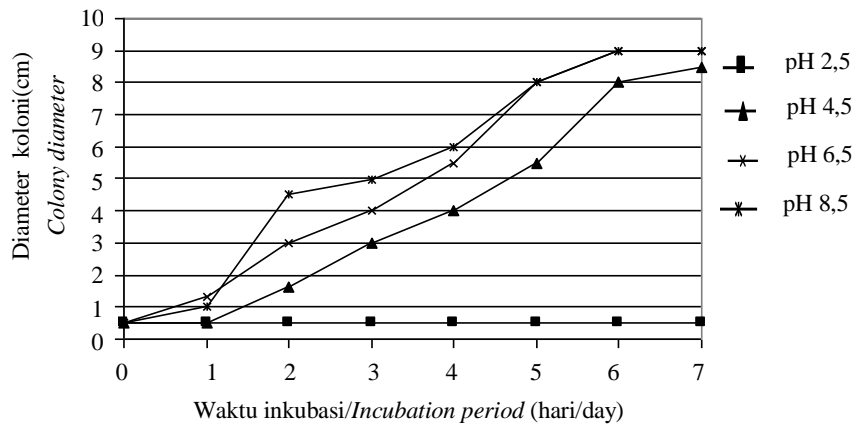
Optimasi pertumbuhan dan aktivitas enzim ligninolitik

Pertumbuhan *Omphalina* sp. yang diukur berdasarkan perkembangan diameter koloni pada media PDA-RBBR pH 4,5; 6,5 dan 8,5 mencapai optimum pada hari ke-6-7 (Gambar 3). Pada pH 4,5 *Omphalina* sp. awalnya tumbuh lebih lambat, namun diameter koloni pada hari ke-6 dan ke-7 hampir sama dengan diameter koloni pada pH 6,5 dan 8,5, sedangkan pada pH 2,5, *Omphalina* sp. tidak tumbuh. Berdasarkan data tersebut *Omphalina* sp. mempunyai pH optimum pertumbuhan pada media PDA-RBBR pada nilai pH 6.5 – 8.5.

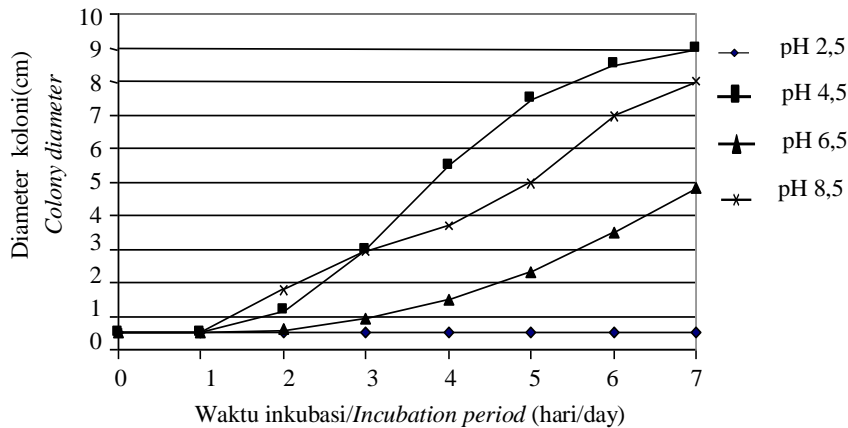
Pertumbuhan *Omphalina* sp. pada media PDA-GU (Gambar 4) mampu tumbuh pada pH 4,5 hingga pH 8,5, sedangkan pada pH 2,5 tidak mengalami pertumbuhan. Pertumbuhan *Omphalina* sp. pada media PDA-GU mencapai optimum pada hari ke 7 dengan tingkat keasaman yakni pada pH 4,5 dan pH 8,5. Hal ini memperkuat Nishida *et al.* (1988) yang menyatakan bahwa JPP mampu tumbuh pada rentang pH 3-9. Pertumbuhan dalam media PDA-GU relative lebih lambat daripada pertumbuhan pada media PDA-RBBR. Perbedaan kurva pertumbuhan ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan struktur kimia yang lebih kompleks pada guaiacol dibandingkan RBBR.

Aktivitas enzim ligninolitik secara kualitatif

Aktivitas enzim ligninolitik ekstraseluler pada media PDA-GU (uji lakase) dan media PDA-RBBR (uji peroksidase) diamati pada berbagai nilai pH (2,5; 4,5; 6,5, dan 8,5) dan suhu (28, 35, dan 40°C). Penggunaan suhu inkubasi hingga 40°C dilakukan berdasarkan sifat JPP yang termotoleran dan dapat tumbuh pada suhu antara 25-40°C. *Omphalina* sp. diketahui aktif menghasilkan lakase dan Mn-P (Widiastuti *et al.*, 2008) yang berpotensi sebagai agen *biobleaching* dan dekolorisasi. Hasil pengamatan yang dilakukan pada hari ke-7 disajikan pada Tabel 1. Uji aktivitas enzim peroksidase secara kualitatif pada media PDA-RBBR pada berbagai pH menunjukkan bahwa *Omphalina* sp. pada pH 4,5; 6,5; dan 8,5 masing-masing memiliki diameter dekolorisasi warna biru yang sama, yaitu sebesar 8 cm dan intensitas dekolorisasi yang sama. Berdasarkan data tersebut, dapat diduga bahwa aktivitas enzim peroksidase untuk *Omphalina* sp tidak terlalu dipengaruhi oleh pH. Dekolorisasi terjadi karena adanya reaksi redoks antara pewarna RBBR dan enzim ekstra seluler fungi (Borohov & Rothenburger, 2000). Enzim peroksidase *Omphalina* sp. optimum pada suhu 28°C, sedangkan pada suhu



Gambar 3. Kurva pertumbuhan *Omphalina sp.* pada media PDA-RBBR pada suhu 28 °C.
 Figure 3. The growth curve of *Omphalina sp.* cultured on PDA-RBBR media at 28 °C.



Gambar 4. Kurva pertumbuhan *Omphalina sp.* pada media PDA-GU suhu 28° C
 Figure 4. The growth curve of *Omphalina sp.* cultured on PDA-GU media at 28 °C

35°C masih memiliki aktivitas peroksidase, tetapi dengan diameter dekolonisasi yang lebih kecil dibanding dari pada suhu 28°C, yaitu 6,0 cm.

Perubahan intensitas warna yang terjadi menunjukkan bahwa isolat JPP tersebut memiliki aktivitas enzim lignolitik. Aktivitas tertinggi ditandai dengan semakin pudarnya warna (dekolonisasi) dari senyawa sintetik RBBR. Adanya degradasi senyawa aromatik termasuk lignin dapat terlihat dari penurunan intensitas warna yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena adanya pemecahan gugus kromofor pada beberapa lignin. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa proses degradasi lignin yang menyebabkan terjadinya dekolonisasi melibatkan enzim peroksidase (Kim *et al.*, 2002b; Kiiskinen *et al.*, 2004).

Aktivitas enzim lignolitik *Omphalina sp.* pada media PDA-GU (Tabel 2) memiliki aktivitas tertinggi pada pH 8,5, yaitu mempunyai diameter warna cokelat sebesar 8,0 cm dengan intensitas warna yang tinggi. Suhu optimum *Omphalina sp.*

berada pada suhu 28°C. Diameter akumulasi warna cokelat yang terbentuk pada media PDA-GU dipengaruhi juga oleh pertumbuhan miselium jamur. Intensitas akumulasi warna cokelat yang dihasilkan menunjukkan aktivitas enzim lakase yang lebih tinggi, sehingga pemilihan aktivitas enzim lebih pada terbentuknya intensitas yang lebih tinggi daripada diameter warna yang lebih besar tetapi intensitas akumulasi warna cokelat yang lebih tipis. Berdasarkan data yang tersaji pada Tabel 1 dan 2, dapat disimpulkan bahwa aktivitas enzim lakase selain dipengaruhi oleh pH juga dipengaruhi oleh suhu.

Uji lakase positif ditandai dengan perubahan warna media pada koloni atau di sekitar koloni pada media PDA-GU. Terbentuknya warna cokelat pada media PDA-GU, disebabkan terjadinya proses degradasi guaiakol oleh enzim lakase dari JPP. JPP yang menyebabkan warna cokelat pada media pertumbuhan yang diberi indikator guaiakol merupakan jamur pendegradasi lignin yang menghasilkan enzim lakase (Atalla *et al.*, 2010). Adanya aktivitas enzim

Tabel 1. Aktivitas enzim ligninolitik *Omphalina* sp. yang dikulturkan pada media PDA-RBBR pada berbagai nilai pH dan suhu pada inkubasi selama tujuh hari.Table 1. Ligninolytic enzyme activity of *Omphalina* sp. cultured on PDA-RBBR medium at various pH and temperature at seven days incubation period.

Pengamatan <i>Observation</i>	Keasaman (pH) media PDA-RBBR (<i>PDA-RBBR medium adjusted at pH</i>)			
	2,5	4,5	6,5	8,5
Diameter koloni (cm) <i>Diameter of colony</i>	0,0	8,0	8,0	8,0
Intensitas dekolorisasi <i>Decolorization intensity</i>	-	++	++	++
Pengamatan <i>Observation</i>	Suhu inkubasi (<i>Incubation temperature</i>)			
	28 °C	35 °C	40 °C	
Diameter koloni (cm) <i>Diameter of colony</i>	8,0	6,0	0	
Intensitas dekolorisasi <i>Decolorization intensity</i>	+	++	-	

Keterangan/Note :

- + Difusi warna biru muda-tua yang terbentuk tepat di bawah cuplikan inokulum bila dilihat dari bagian bawah cawan petri. (*Light to dark blue diffusion colour is formed below the inoculum footage or blue decolorization is occurred if seen from the bottom side of the dish.*)
- ++ Difusi warna biru muda-tua yang terbentuk pada hampir seluruh koloni jamur bila dilihat dari bagian bawah petri dan terjadi dekolorisasi warna biru disekitar koloni. (*Blue to dark blue diffusion colour is formed in almost side entire at the bottom of the dish on the colony blue decolorization occurred.*)

Tabel 2. Aktivitas enzim ligninolitik *Omphalina* sp. yang dikulturkan pada media PDA-GU dengan berbagai nilai pH dan suhu pada inkubasi selama tujuh hari.Table 2. *Omphalina* sp. ligninolytic activity cultured on PDA-GU medium at various pH and temperature at seven days incubation period.

Pengamatan <i>Observation</i>	Diameter koloni (cm) dan intensitas akumulasi warna cokelat pada pH- <i>Colony diameter and accumulation of brown colour intensity at pH-</i>			
	2,5	4,5	6,5	8,5
Diameter koloni (cm) <i>Diameter of colony</i>	0,0	7,0	5,0	8,0
Intensitas dekolorisasi <i>Decolorization intensity</i>	-	++	+++	+++
Pengamatan <i>Observation</i>	Suhu inkubasi (<i>Incubation temperature</i>)			
	28 °C	35 °C	40 °C	
Diameter koloni (cm) <i>Diameter of colony</i>	8,0	6,5	0	
Intensitas dekolorisasi <i>Decolorization intensity</i>	+++	+++	-	

Keterangan/Note :

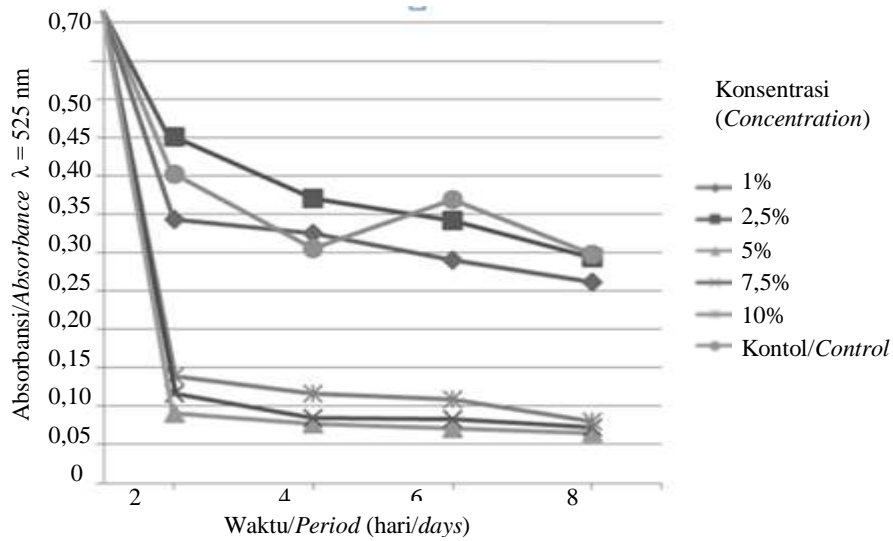
- ++ Difusi warna cokelat muda-tua yang terbentuk pada hampir seluruh koloni jamur bila dilihat dari bagian bawah petri. (*Brown to dark brown-diffusion color are formed in almost surrounding fungal colonies when viewed from inverted petridish.*)
- +++ Difusi warna cokelat muda-tua pada sekitar koloni dan dapat terlihat dari bagian atas petri atau seluruh koloni menutupi agar dan bagian bawah agar berwarna cokelat. (*Brown to dark brown-diffusion color are formed surrounding colonies and can be seen from the top of a petridish and brown color also formed at the bottom.*)

ligninolitik dari jamur yang ditumbuhkan pada media lignin dapat mengkatalisis terbentuknya radikal fenoksi yang menyebabkan terjadinya oksidasi lignin dan terjadinya polimerisasi sering dipicu oleh aktivitas enzim oksidase.

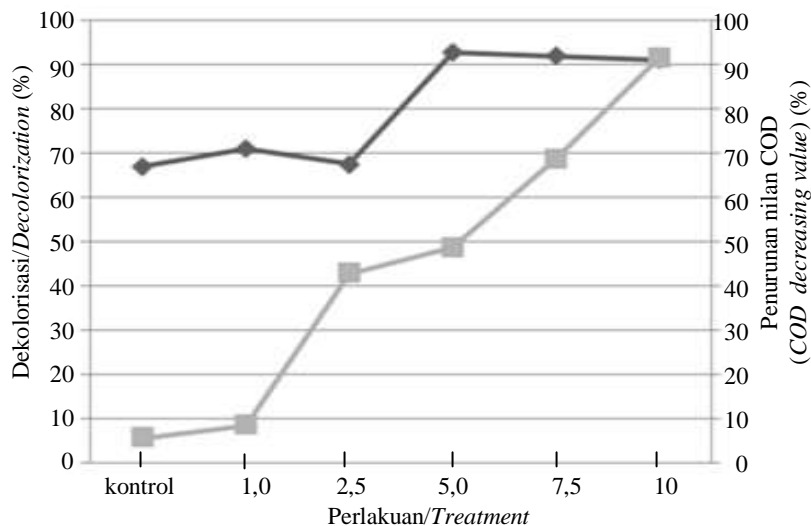
Dekolorisasi limbah cair pabrik kosmetik

Proses dekolorisasi limbah cair kosmetik dapat dipercepat dengan aplikasi *Omphalina sp.* Setelah perlakuan, limbah cair kosmetik segar yang berwarna hitam kemerahan dengan nilai absorbansi 0,72

mengalami dekolorisasi dengan cepat pada hari kedua, yaitu sebesar 82,86 - 88,57%. Pada inkubasi selanjutnya laju dekolorisasi mulai menurun (Gambar 5). Setelah inkubasi selama delapan hari, dosis inokulum 5% menghasilkan dekolorisasi yang nyata yaitu sebesar 92,7% ($P < 0,05$). Berdasarkan pengamatan diketahui bahwa peningkatan dosis inokulum hingga 10% tidak meningkatkan dekolorisasi secara nyata. Perubahan warna visual limbah cair industri kosmetik setelah perlakuan dengan *Omphalina sp.* selama delapan hari dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Proses dekolorisasi oleh *Omphalina sp.* selama delapan hari inkubasi pada berbagai konsentrasi.
 Figure 5. Decolorization process of *Omphalina sp.* during eight days incubation period at various concentrations.



Gambar 6. Dekolorisasi dan penurunan nilai COD pada limbah cair kosmetik dengan berbagai konsentrasi *Omphalina sp.* pada inkubasi hari ke delapan.
 Figure 6. Cosmetics wastewater decolorization and decreasing of COD value at various concentrations of *Omphalina sp.* at eight days incubation.

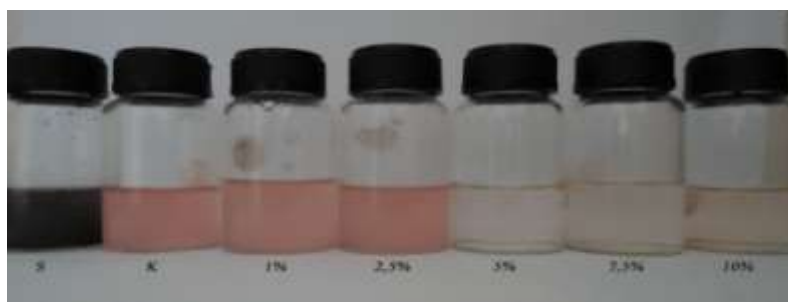
Dosis inokulum optimal dalam penelitian ini lebih tinggi dari pada yang dilaporkan Vaithanomsat *et al.* (2010) yaitu sebesar 2% menggunakan JPP *Datronia* sp. KAPI0039. Namun, tingkat dekolonisasi yang dapat dicapai oleh Vaithanomsat *et al.* (2010) pada zat warna *reactive blue 19* dan *reactive black 5* (RB5) adalah 88% yang diikuti dengan meningkatnya aktivitas lakase.

Penurunan nilai absorbansi sampel yang diberi perlakuan dengan *Omphalina* sp. disebabkan oleh degradasi campuran senyawa zat warna yang digunakan dalam produksi kosmetik (*pigment green 8*, *solvent red 3*, dan sebagainya) oleh aktivitas enzim-enzim yang dihasilkan oleh *Omphalina* sp. menghasilkan enzim lakase (E.C.1.10.3.2.; benzendiol: oksigen oksidoreduktase) atau fenol oksidase yang mampu mengoksidasi senyawa-senyawa seperti zat warna menghasilkan CO₂ dan H₂O. Menurut Awaludin *et al* (2001) dekolonisasi zat warna oleh jamur secara umum terjadi melalui proses adsorpsi pada miselium sebagai tingkat awal dan selanjutnya degradasi oleh enzim ekstraseluler. Dominasi enzim lakase dalam proses dekolonisasi ini dikarenakan enzim lakase mampu mengoksidasi ikatan azo (-N=N-) yang merupakan gugus kromofor menjadi gugus OH dan N₂ (Octavio *et al.*, 2006).

Perlakuan aerasi akan meningkatkan pertumbuhan *Omphalina* sp. sehingga aktifitas metabolismenya (termasuk produksi enzim) meningkat. Penurunan absorbansi yang terjadi pada perlakuan kontrol, dimungkinkan karena adanya mikroba pengurai alami yang sudah terdapat dalam limbah yang diaktivasi dengan perlakuan aerasi, sehingga mikroba-mikroba tersebut lebih aktif dalam mengurai zat-zat warna yang ada pada limbah cair industri kosmetik tersebut.

Perubahan nilai COD

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan *Omphalina* sp. menyebabkan penurunan nilai COD limbah cair pabrik kosmetik (Gambar 6). Konsentrasi 1% dapat menurunkan nilai COD limbah cair pabrik kosmetik sebesar 8,5%, begitu juga dengan konsentrasi 2,5; 5; 7,5 dan 10% yang dapat menurunkan nilai COD masing-masing 42,8; 48,5; 68,5 dan 91,4 % sedangkan pada kontrol COD menurun sebesar 5,7%. Shertate & Thorat (2012) melaporkan bahwa penggunaan agen biologis *Marinobacter algicola* mampu menurunkan COD dari larutan zat warna tekstil *mordant orange-1* sampai 90%. Penurunan nilai COD ini disebabkan oleh terurainya senyawa-senyawa zat warna limbah oleh perlakuan *Omphalina* sp. dan aerasi. Limbah kosmetik selain mengandung zat warna juga terdapat sisa bahan-bahan lain seperti surfaktan, pelembab, pengental, dan pengisi. Dengan demikian, penurunan dekolonisasi tidak sebanding dengan penurunan COD. Perlakuan dengan *Omphalina* sp. secara umum menyebabkan penurunan nilai COD yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Semakin tinggi pemberian *Omphalina* sp. penurunan nilai COD semakin besar. Hal ini dapat dipahami karena semakin besar konsentrasi *Omphalina* sp. berarti semakin banyak kontak antara miselium *Omphalina* sp. dengan limbah sehingga penguraian limbah lebih efektif. Nilai COD limbah terendah pada konsentrasi *Omphalina* sp. 10% adalah sekitar 240 mg/L. Nilai ini masih berada di atas nilai standar nilai baku limbah cair industri yaitu 100 mg/L (KLH 03/MENLH/1998). Perlakuan dengan *Omphalina* sp. dan aerasi merupakan perlakuan pertama atau perlakuan primer. Untuk menurunkan nilai COD



Gambar 7. Perubahan warna limbah cair pabrik kosmetik yang diberi perlakuan dengan *Omphalina* sp. : Limbah awal, (S), Kontrol (K), perlakuan dengan pemberian inokulum *Omphalina* sp. Sebanyak 1, 2.5, 5, 7.5 dan 10% setelah inkubasi selama delapan hari.

Figure 7. The colour change of cosmetic factory effluent after treated by *Omphalina* sp. initial effluent (S), control (K), use of *Omphalina* sp. inoculum at 1, 2,5, 5, 7,5 and 10% after incubation for eight days.

sesuai dengan baku mutu limbah cair industri diperlukan perlakuan lanjutan yaitu perlakuan sekunder atau tersier, misalnya dengan filtrasi dengan zeolit, pasir dan absorpsi eceng gondok.

Sampel limbah cair industri kosmetik memiliki pH awal 5, setelah diberi perlakuan *Omphalina* sp. dan aerasi pH tersebut naik menjadi 6. *Omphalina* sp. adalah jamur yang mampu tumbuh pada pH asam antara 4,5 – 5,5. Hal ini berarti pH limbah awal dapat memberikan kondisi yang ideal untuk pertumbuhan jamur tersebut sehingga jamur dapat tumbuh dengan baik dan mampu menurunkan kepekatan warna limbah cair industri kosmetik tersebut dengan efektif. Naiknya pH limbah tersebut setelah perlakuan disebabkan terbentuknya senyawa-senyawa yang bersifat basa atau CO₂ yang membentuk senyawa karbonat. Keberadaan logam berat dalam limbah cair industri kosmetik akan mengganggu pertumbuhan jamur *Omphalina* sp. Oleh karena itu dalam penelitian ini diperiksa kandungan logam berat Pb, As dan Hg (data tidak disampaikan). Logam berat selain dapat mengganggu pertumbuhan jamur *Omphalina* sp. juga dapat mencemari lingkungan serta dapat mencemari organisme lain. Logam berat kemungkinan digunakan untuk pro oksidan dalam konsentrasi sangat kecil. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ketiga jenis logam tersebut tidak terdeteksi dengan instrumen Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

Kesimpulan

Omphalina sp. tumbuh dan menghasilkan enzim peroksidase dan lakase dengan baik pada media PDA-RBBR dan PDA-GU pada pH 4,5-8,5 suhu 25-35⁰C. Isolat ini berpotensi dalam mendekolorisasi limbah cair kosmetik dengan perlakuan aerasi untuk mengoptimalkan pertumbuhan *Omphalina* sp. Dosis optimum *Omphalina* sp. untuk dekolorisasi limbah kosmetik adalah 5% b/v dan inkubasi pada suhu ruang selama delapan hari.

Daftar Pustaka

- Aggelis G, C Ehaliotis, F Nerud, I Stoychev, G Lyberatos & G Zervakis (2002). Evaluation of white-rot fungi for detoxification and decolorization of effluents from the green olive debittering process. *Appl Microb and Biotech* 59 (2-3), 353-360.
- Atalla M, HK Zeinab, RH Eman, AY Amani & AA Abeer (2010). Screening of some marine-derived fungal isolates for lignin degrading enzymes (LDEs) production. *Agricul Biol J of North America* 1(4), 591-599.
- Borohov O & S Rothenburger (2000). Rapid dye decolorization method for screening potential wood preservatives. *Appl Environ & Microb* 66(12), 5457–5459.
- Gochev VK & AI Krastanov (2007). Fungal laccases (review). *Bulgarian J Agric Sci* 13, 75-83.
- Higuchi T (2004). Microbial degradation of lignin: Role of lignin peroxidase, manganese peroxidase, and laccase. *In: Proc Japan Academy* 80 (5), 204-214.
- Khatun S, MD Ashraduzaman, MR Karim, F Pervin, N Absar & A Rosma (2012). Purification and characterization of peroxidase from *Moringa oleifera* leaves. *Bio Res* 7 (3), 3237-3251.
- Kiiskinen LL, M Ratto & K Kruus (2004). Screening for novel laccase-producing microbes. *J Appl Microb* 97(3), 640-646.
- Kim K, Y Leem, K Kim, K Kim & H Choi (2002a). Transformation of the medicinal basidiomycete *Trametes versicolor* to hygromycin B resistance by restriction enzyme mediated integration. *MS Microb Lett* 209, 273-276.
- Kim Y, C Nam-Seok C, E Tae-Jin & W Shin (2002b). Purification and characterization of a laccase from *Cerrena unicolor* and its reactivity in lignin degradation. *Bull of Korean Chem Soc* 23(7), 985-989.
- Neifar M, A Jaouani, A Kamoun, R Ellouze-Ghorbel & S Ellouze-Chaabouni (2011). Decolorization of solophenyl red 3bl polyazo dye by laccase-mediator system: optimization through response surface methodology. *Enzyme Res* 2011 8p.
- Nishida T, Y Kashino, A Mimura & Y Takahara (1988). Lignin biodegradation by wood rotting fungi. *Mokuzai Gakkai* 34, 530-536.
- Octavio LC, P Pérez Ma, C Irma, BRJ Ricardo & VO Francisco (2006). Laccase. *Advances in Agricultural & Food Biotechnology*, 2006, 323-340.
- Perez J, J Munoz-Dorado, T de la Rubia & J Martínez (2002). Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicelluloses and lignin: an overview. *Internat Microb* 5, 53–63.
- Seyis I & T Subasioglu (2008). Comparison of live and dead biomass of fungi on decolorization of methyl orange. *African J Biotech* 7 (13), 2212-2216.
- Shertate RS & P Thorat (2012). Decolorization of mordant orange-1 by *Marinobacter algicola* MO-17. *J Biol Sci* 12 (1), 1-15.
- Siripong P, B Oraphin, T Sanro & P Duanporn (2009). Screening of fungi from natural sources in Thailand for degradation of polychlorinated hydrocarbons. *American-Eurasian J Agricult & Environmen Sci* (4), 466-472.

- Torres JMO, V Christine, LS Cardenas, LS Moron LS, AP Guzman AP & TE Cruz (2011). Dye decolorization activities of marine-derived fungi isolated from Manila Bay and Calatagan Bay, Philippines. *Philippine J Sci* 140 (2), 133-143.
- Vaithanomsat P, W Apiwatanapiwat, O Petchoy & J Chedchant (2010). Production of ligninolytic enzymes by white-rot fungus *Datronia* sp. API0039 and their application for reactive dye removal. *Internat J Chem Engin* 2010, 6p.
- Wesenberg D, I Kyriakides, SN Agathos (2003). White-rot fungi and their enzymes for the treatment of industrial dye effluents. *Biotech Adv* 22, 161-187.
- Widiastuti H, Suharyanto, A Wulaningtyas & Sutamihardja (2008). Activity of ligninolytic enzymes during growth and fruiting body development of white rot fungi *Omphalina* sp. and *Pleurotus ostreatus*. *Hayati* 5 (4), 140-144.
- Widsten P & JE Laine (2002). Radical formation on laccase treatment of wood defibrated at high temperatures. *Nordic Pulp and Paper Res J* 17(2), 139-146.
- Zahrim AY, FM Rachel, S Menaka, SY Su, F Melvin & ES Chan (2009). Decolorization of anaerobic plam oil mill effluent via activated sludge-granular activated carbon. *World Appl Sci J* 5, 126-129.