

DEKOLORISASI LIMBAH BATIK MENGGUNAKAN LIMBAH MEDIUM TANAM *Pleurotus ostreatus* PADA WAKTU INKUBASI YANG BERBEDA

FITRIYA YUNI WULANDARI, NUNIEK INA RATNANINGTYAS, RATNA STIA DEWI

Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman, Jalan dr. Suparno 63 Purwokerto 53122

ABSTRACT

The batik waste industry is one source of water pollution. It must undergo treatment before discharge into the environment. Batik waste treatment technologies can be done biologically, chemically, physically, or combination of three processes. This research applied a combination of biology and physic technologies, namely used spent mushroom of *Pleurotus ostreatus* as the decolorization agent. Mycelium of *P. ostreatus* was used as biological agent, and cellulose from spent mushroom was used as physical agent. The aims of this research were to determine the effect of spent mushroom with variation incubation time on batik waste decolorization, and to know the optimum incubation time with highest decolorization batik waste percentage using spent mushroom of *P. ostreatus*. This research used experimental method with completely randomized design (CRD). The data obtained were statistically analyzed using Varian Test (ANOVA) on confidence level of 95% and 99% and continued with Honest Significant Difference Test (BNJ) with 95% confidence level. The result showed that variation incubation time treatment of batik waste decolorization used spent mushroom of *P. ostreatus* provide a highly signification effect on batik waste decolorization. The optimum incubation time was 60 hour (LW₅), with decolorization percentage was 85,64%.

KEY WORDS: microbes decolorization, batik waste, spent mushroom, *Pleurotus ostreatus*, incubation time

Penulis korespondensi: FITRIYA YUNI WULANDARI | email: cepritz@yahoo.co.id

PENDAHULUAN

Semakin pesatnya perkembangan industri saat ini, menghasilkan banyak limbah yang semakin kompleks, termasuk limbah zat warna. Limbah zat warna ditimbulkan akibat penggunaan zat warna sintetik dalam proses produksi. Salah satu industri yang banyak menggunakan zat warna dan menghasilkan limbah zat warna adalah industri kerajinan batik.

Beberapa penelitian penghilangan warna dan senyawa organik yang ada dalam limbah zat warna industri batik telah banyak dilakukan, misalnya dengan cara kimia antara lain degradasi warna dengan reaksi oksidasi, reaksi anaerob dan reaksi fotokatalisis (Rashed dan El-Amin, 2007). Secara fisika dengan koagulasi, sedimentasi, adsorpsi menggunakan karbon aktif, silika dan biomaterial (Mondal, 2008). Beberapa metode fisik dan kimia efektif digunakan untuk mengurangi cemaran limbah warna, namun metode ini memerlukan katalis dan reagen yang lebih mahal (Robinson *et al.*, 2001).

Seiring dengan perkembangan bioteknologi ditemukan suatu cara yang lebih efektif dalam mengurangi pencemaran air akibat limbah zat warna, yaitu dengan menggunakan *White rot fungi* (Willmott *et al.*, 1998). *White rot fungi* atau jamur pelapuk putih merupakan organisme yang mempunyai kemampuan untuk mendekolorisasi zat warna sintetik (Barr dan Aust 1994), salah satunya adalah *Pleurotus ostreatus* (jamur tiram putih).

Mekanisme dekolorisasi oleh jamur terjadi melalui proses adsorpsi zat warna oleh dinding sel jamur (Wikolazka *et al.*, 2002). Menurut Wiloso (1999), perubahan warna miselium jamur dari warna awal menunjukkan proses dekolorisasi yang disebabkan oleh mekanisme adsorpsi zat warna oleh jamur. Selain

berperan dalam dekolorisasi, menurut Fadilah *et al.* (2008) jamur pelapuk putih juga mempunyai kemampuan dalam merombak lignin menjadi selulosa (biodelignifikasi). Menurut Mulyatna *et al.*, (2003) bahan yang mengandung selulosa dapat menyisihkan zat warna melalui proses penyerapan.

Penelitian yang dilakukan menerapkan teknologi pengolahan kombinasi antara cara biologi dan fisika. Salah satu bahan yang sesuai dengan kedua teknologi tersebut adalah limbah medium tanam *P. ostreatus*. Secara biologi yaitu memanfaatkan miselium *P. ostreatus*, cara fisika yaitu memanfaatkan kandungan selulosa dalam limbah medium tanam *P. ostreatus* sebagai agen dekolorisasi.

Waktu inkubasi berpengaruh terhadap berat zat warna yang terserap pada sorben. Semakin lama waktu inkubasi, maka zat warna yang terserap juga akan semakin besar. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu inkubasi, kontak antara sorben dengan zat warna akan berlangsung lama pula sehingga peluang sorben untuk menyerap zat warna lebih besar (Purnama dan Setiati, 2004). Berdasarkan uraian tersebut, dapat dirumuskan permasalahan berikut; apakah penggunaan limbah medium tanam *P.ostreatus* dengan lama waktu inkubasi berbeda menghasilkan persentase dekolorisasi yang berbeda pada limbah batik, dan pada waktu inkubasi berapa lamakah penggunaan limbah medium tanam *P. ostreatus* yang memiliki persentase dekolorisasi limbah batik terbaik.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui:

1. Pengaruh penggunaan limbah medium tanam *P. ostreatus* dengan lama waktu inkubasi berbeda terhadap dekolorisasi limbah batik.

2. Waktu inkubasi paling baik pada penggunaan limbah medium tanam *P. ostreatus* yang menghasilkan persentase dekolorisasi tertinggi pada limbah batik.

Berdasarkan penelitian Faraco *et al.* (2009) *P. ostreatus* mampu mendekolorisasi zat warna asam dengan persentase dekolorisasi sebesar 40 %. Menurut penelitian Rani *et al.*, persentase dekolorisasi oleh *Daedalea flavida* dalam mendekolorisasi metanil yellow adalah sebesar 82 %. Setiawan *et al.*, (2004) menyatakan bahwa serbuk kayu albasia mampu menyerap zat warna kationik seperti *methylen blue* dan *basic red-18*. Berdasarkan penelitian Purnama dan Setiati (2004) waktu optimum adsorpsi limbah tekstil sintetis menggunakan serbuk jerami padi dengan berat 1 g dalam 100 ml limbah zat warna adalah 48 jam. Penggunaan limbah medium tanam *P. ostreatus* dapat diasumsikan bahwa kandungan miselium dan selulosa di dalamnya masih tinggi, dengan adanya perlakuan lama waktu inkubasi berbeda maka dapat diketahui berapa lama waktu inkubasi yang menghasilkan persentase dekolorisasi tertinggi. Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah:

1. Penggunaan limbah medium tanam jamur *P. ostreatus* dengan lama waktu inkubasi berbeda menghasilkan persentase dekolorisasi yang berbeda pada limbah batik.
2. Penggunaan limbah medium tanam jamur *P. ostreatus* dengan waktu inkubasi 48 jam akan menghasilkan persentase dekolorisasi tertinggi pada limbah batik.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Penelitian ini terdiri atas satu uji, yaitu uji dekolorisasi menggunakan limbah medium tanam *P. ostreatus*. Volume limbah batik yang digunakan adalah 50 ml, sedangkan limbah medium tanam *P. ostreatus* yang digunakan adalah 25 g. Berikut adalah rancangan perlakuan dekolorisasi limbah batik menggunakan limbah medium tanam *P. ostreatus* dengan lama waktu inkubasi berbeda:

- LW₀ = lama waktu inkubasi 0 jam.
 LW₁ = lama waktu inkubasi 12 jam.
 LW₂ = lama waktu inkubasi 24 jam.
 LW₃ = lama waktu inkubasi 36 jam.
 LW₄ = lama waktu inkubasi 48 jam.
 LW₅ = lama waktu inkubasi 60 jam.
 LW₆ = lama waktu inkubasi 72 jam.
 LW₇ = lama waktu inkubasi 84 jam.
 LW₈ = lama waktu inkubasi 96 jam.
 LW₉ = lama waktu inkubasi 108 jam.
 LW₁₀ = lama waktu inkubasi 120 jam.

Tabel 1. Analisis varian persentase dekolorisasi limbah batik oleh limbah medium tanam *P. ostreatus* (Data hasil transformasi arcsin $\sqrt{x + 0,5}$).

Sumber Variasi	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F Hitung	F tabel	
					0,05	0,01
Perlakuan	10	9482,9359	948,2936	9,4816 **	2,30	3,26
Error	22	2200,3138	100,0143		SD = 10,001	
Total	32	11683,2496			KK = 19,866 %	

Keterangan : ** = berbeda sangat nyata

Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali, sehingga terdapat 33 unit percobaan. Penentuan persentase dekolorisasi adalah sebanyak 5 ml sampel limbah batik yang telah mengalami dekolorisasi dan telah dipisahkan dari padatnya diambil dan diukur absorbansinya menggunakan *UV-VIS spektrofotometer* dengan panjang gelombang 645 nm. Persentase dekolorisasi diukur menurut rumus dari Rani *et al.*, (2011) yaitu :

$$\frac{\text{Absorbansi awal} - \text{Absorbansi akhir}}{\text{Absorbansi awal}} \times 100\%$$

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebasnya adalah lama waktu inkubasi. Variabel terikatnya adalah kemampuan dekolorisasi limbah medium tanam jamur terhadap limbah batik. Parameter utama adalah persentase dekolorisasi warna limbah batik, dengan parameter pendukungnya adalah pengukuran pH limbah batik sebelum dan setelah dekolorisasi.

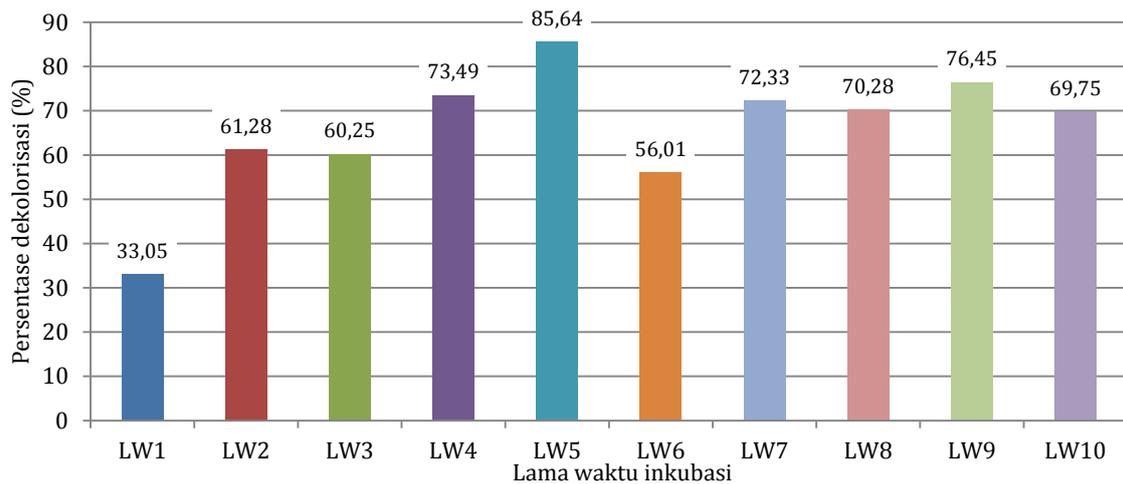
Data persentase dekolorisasi yang diperoleh dianalisis menggunakan uji varian (ANOVA) pada tingkat kepercayaan 95% dan 99%. Uji dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan tingkat kepercayaan 95% untuk mengetahui perbedaan pengaruh antar perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perlakuan variasi waktu inkubasi dekolorisasi limbah batik yang mengandung zat warna *indigosol yellow* oleh limbah medium tanam *P. ostreatus* menunjukkan nilai persentase dekolorisasi antara 33,05% sampai 85,64%. Nilai persentase dekolorisasi terendah diperoleh pada perlakuan lama waktu inkubasi 12 jam (LW1) yaitu 33,05%. Persentase dekolorisasi tertinggi diperoleh pada perlakuan lama waktu inkubasi 60 jam (LW5) yaitu sebesar 85,64%. Besar nilai persentase dekolorisasi berbeda pada setiap variasi lama waktu inkubasi.

Data rata-rata persentase dekolorisasi limbah batik oleh limbah medium tanam *P. ostreatus* selanjutnya dianalisis dengan analisis varian. Hasil analisis varian pada Tabel 1. menunjukkan bahwa lama waktu inkubasi limbah medium tanam jamur *P. ostreatus* berbeda sangat nyata terhadap dekolorisasi limbah batik. Hal ini menunjukkan bahwa dekolorisasi limbah batik sangat dipengaruhi oleh lama waktu inkubasi.

Berdasarkan hasil analisis varian maka hipotesis 1 diterima, yang menyatakan bahwa penggunaan limbah medium tanam jamur *P. ostreatus* dengan lama waktu inkubasi berbeda menghasilkan persentase dekolorisasi yang berbeda pada limbah batik. Analisis kemudian dilanjutkan dengan uji BNJ, tujuannya yaitu untuk mengetahui perbedaan pengaruh antar perlakuan. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 1. Histogram aktivitas dekolorisasi limbah batik oleh limbah medium tanam *P. ostreatus*.

Berdasarkan hasil uji BNJ (Tabel 2), perlakuan antar lama lama waktu inkubasi berbeda nyata. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan lama waktu inkubasi berbeda dalam dekolorisasi limbah batik oleh limbah medium tanam *P. ostreatus* mempunyai pengaruh berbeda dalam mendekolorisasi limbah batik.

Tabel 2. Uji BNJ antar perlakuan waktu inkubasi terhadap persentase dekolorisasi limbah batik oleh limbah medium tanam *P. ostreatus* (Data hasil transformasi arcsin $\sqrt{x + 0,5}$).

Data	Rata-Rata persentase dekolorisasi (%)	
LW 0	4.0550	c
LW 1	33.5917	b
LW 2	51.9867	ab
LW 3	51.2523	ab
LW 4	59.4860	ab
LW 5	68.9243	a
LW 6	48.9210	ab
LW 7	59.3110	ab
LW 8	57.2917	ab
LW 9	61.4773	ab
LW 10	57.4633	ab

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama berbeda tidak nyata pada BNJ 5%

Variasi waktu inkubasi sangat mempengaruhi proses dekolorisasi limbah batik oleh limbah medium tanam jamur, semakin lama limbah medium tanam jamur diinkubasi dalam limbah batik maka zat warna yang terserap akan semakin banyak. Hal ini terlihat pada Gambar 1. yang menunjukkan bahwa persentase dekolorisasi akan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya lama waktu inkubasi, peningkatan persentase dekolorisasi akan menurun jika kemampuan adsorpsi limbah medium jamur telah mencapai pada titik jenuh penyerapan.

Lama waktu inkubasi yang menghasilkan persentase dekolorisasi tertinggi adalah waktu inkubasi 60 jam (LW5) dengan persentase dekolorisasi sebesar 85,64%. Nilai persentase dekolorisasi setelah perlakuan LW5 menunjukkan penurunan, ini membuktikan bahwa perlakuan lama waktu inkubasi 60 jam (LW5) adalah waktu paling

baik atau waktu optimum limbah medium tanam jamur dalam mendekolorisasi limbah batik. Lama waktu inkubasi 60 jam juga diasumsikan sebagai titik jenuh penyerapan.

Pernyataan di atas sesuai dengan pernyataan Purnama dan Setiati (2004) bahwa waktu inkubasi berpengaruh terhadap daya adsorpsi dalam proses dekolorisasi terhadap limbah cair. Semakin lama waktu inkubasi, maka zat warna terserap yang dihasilkan juga akan semakin besar. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu inkubasi, kontak antara sorben dengan zat warna akan berlangsung lama pula sehingga peluang sorben untuk menyerap zat warna lebih besar, dengan kata lain zat warna yang terserap pun akan semakin banyak, tetapi pada suatu waktu tertentu proses adsorpsi akan berhenti atau tingkat daya serapnya berkurang jika sorben sudah pada titik kritis daya serapnya.

Mekanisme dekolorisasi oleh jamur dapat terjadi melalui dua cara yaitu secara nonenzimatik dan enzimatik (Wikolazka *et al.*, 2002). Mekanisme dekolorisasi secara nonenzimatik oleh jamur terjadi melalui proses adsorpsi pewarna oleh dinding sel jamur. Hal ini dibuktikan dengan perubahan warna miselium *P. ostreatus* dari semula berwarna putih menjadi kuning kehijauan. Menurut Wiloso (1999), perubahan warna miselium jamur dari warna awal menunjukkan proses dekolorisasi yang disebabkan oleh mekanisme adsorpsi zat warna oleh jamur. Demikian pula pernyataan Yulisna (2000), yang menyatakan bahwa perubahan warna pellet jamur dari warna pellet awal menunjukkan proses dekolorisasi yang disebabkan oleh mekanisme adsorpsi pewarna oleh jamur.

Menurut Awaludin *et al.*, (2001) dinding sel jamur mengandung matriks ekstraseluler yang tersusun dari berbagai macam senyawa organik yaitu enzim, protein, dan polisakarida. Selain itu dinding sel juga mengeluarkan gel yang berfungsi sebagai zat perekat. Gel ini mampu menyerap pewarna yang ditambahkan ke dalam medium. Miselium jamur bersifat hidrofobik

dan zat warna bersifat hidrofilik, sehingga dengan adanya gel yang dikeluarkan menyebabkan terjadinya interaksi antara miselium dengan zat pewarna. Interaksi hidrofobik-hidrofilik miselium jamur dan pewarna menyebabkan mekanisme adsorpsi.

Adsorpsi atau penyerapan adalah proses pemisahan komponen tertentu dari suatu fluida berpindah ke suatu permukaan zat padat penyerap (adsorben) Daya adsorpsi dipengaruhi oleh sifat fisika dan kimia dari bahan yang digunakan sebagai adsorben, pelarut, jenis zat yang dilarutkan, serta banyaknya bahan padat yang dipergunakan sebagai bahan penyerap. Selain itu pH, waktu inkubasi, tekanan, suhu juga merupakan faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi (Purnama dan Setiati, 2004).

Mekanisme dekolorisasi secara enzimatik oleh jamur menurut Wikolazka *et al.*, (2002) dan Sclegel dan Scmith (1994) melibatkan enzim ekstraseluler kompleks yang disekresikan oleh jamur ke dalam medium kultivasi. Enzim tersebut yaitu lignin peroksidase (LiP), mangan dependent peroksidase (MnP), oksidase 1 glukosa, oksidase 2 glukosa, fenol oksidase, dan laccase. Adanya enzim-enzim tersebut yang sifatnya nonspesifik terhadap substrat memungkinkan jamur mendekolorisasi limbah batik. Enzim inilah yang bertanggung jawab terhadap pemecahan ikatan aromatik pada senyawa warna kompleks.

Aktifitas *P. ostreatus* dalam proses dekolorisasi menyebabkan terjadinya perubahan derajat keasaman (pH) limbah batik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan pH limbah batik setelah dekolorisasi berlangsung, nilai pH awal limbah batik adalah 7,74 sedangkan nilai pH akhir penelitian berkisar antara 6.53 sampai 7.48. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin asam nilai pH maka semakin besar persentase dekolorisasi yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hadianto (2004), bahwa pada kondisi pH yang semakin kuat atau asam maka nilai absorbansi semakin menurun sehingga persentase dekolorisasi semakin besar.

Selain karena kemampuan dekolorisasi zat warna *indigosol yellow* secara nonenzimatik dan enzimatik oleh miselium *P. ostreatus*, proses dekolorisasi juga dikarenakan oleh kemampuan komponen selulosa yang terkandung dalam limbah medium tanam yang mampu menyerap zat warna. Selulosa mampu menyerap zat warna yang terkandung dalam limbah batik secara adsorpsi. Mulyatna *et al.*, (2003) melaporkan bahwa setiap bahan yang mengandung selulosa dapat menyingkirkan zat warna melalui proses penyerapan.

Penyerapan zat warna oleh sorben merupakan proses adsorpsi secara fisik melalui pori sorben. Komponen limbah medium tanam jamur tersebut adalah serbuk kayu. Soedrajat (1979) menyatakan bahwa serbuk kayu diasumsikan mempunyai susunan inti kayu secara umum yaitu selulosa, hemiselulosa,

dan lignin. Selulosa dan hemiselulosa merupakan polisakarida sedangkan lignin adalah suatu polimer yang kompleks dengan berat molekul yang tinggi. Menurut Eligwe *et al.*, (1999) hemiselulosa dan selulosa memiliki kemampuan penyerapan lebih baik dibandingkan dengan lignin.

Mekanisme penyerapan zat warna oleh selulosa dalam limbah medium tanam jamur adalah sebagai berikut. Struktur molekul selulosa serbuk kayu dalam limbah medium tanam jamur mengandung gugus hidroksil atau gugus OH. Zat warna tekstil mengandung gugus klorida yang dapat bereaksi dengan gugus OH dari selulosa, selain itu terjadi pula ikatan hidrogen antara atom nitrogen didalam zat warna tekstil dengan atom hidrogen dari gugus OH dalam selulosa, dengan terdapatnya ikatan-ikatan tersebut maka zat warna dapat terikat pada serat selulosa serbuk kayu, sehingga zat warna dapat mewarnai serat selulosa (Peters, 1975).

Komponen utama limbah medium tanam jamur yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari serbuk kayu albasia (*Paraserianthes falcataria*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan selulosa awal medium tanam jamur sebelum digunakan sebagai medium penanaman jamur adalah 41,60%, sedangkan kandungan lignin awal adalah 16,88%. Hal ini sesuai dengan pernyataan Martina *et al.* (2002) bahwa kandungan selulosa kayu albasia adalah 40,99%, Pari (1996) menyatakan bahwa kandungan lignin serbuk gergaji kayu albasia termasuk sedang yaitu berada diantara 18-33%.

Kandungan selulosa medium tanam *P. ostreatus* yang telah digunakan sebagai medium penanaman jamur sampai enam kali masa panen adalah 34,16%, sedangkan kandungan ligninnya sebesar 6,28%. Belewu (2006) mempelajari inkubasi *P. sajor caju* dalam media serbuk kayu menemukan bahwa untuk 60 hari inkubasi kandungan lignin dalam serbuk gergaji berkurang dari 44,36% menjadi 25,53%. Pengurangan kandungan selulosa juga terjadi namun jumlah pengurangannya lebih kecil, yaitu dari kandungan 31,99% menjadi 30,89%. Hal ini menunjukkan bahwa jamur lebih cenderung untuk menguraikan lignin dibandingkan dengan selulosa.

Kandungan dalam limbah medium tanam *P. ostreatus* selain mengandung miselium *P. ostreatus* diduga juga mengandung miselium jamur lain. Jamur-jamur tersebut diasumsikan juga mempunyai peran dalam proses dekolorisasi. Identifikasi dilakukan dengan cara mengamati ciri morfologi jamur baik secara makroskopis maupun mikroskopis. Berdasarkan hasil penelitian ditemukan ada tiga macam jamur yang terdapat dalam limbah medium tanam jamur yaitu *Penicillium sp.*, *Trichoderma sp.*, dan *Aspergillus sp.* Berdasarkan penelitian Handayani (2005) menunjukkan bahwa jamur kontaminan yang terdapat pada medium tanam jamur ada 7 genus, yaitu *Aspergillus*, *Penicillium*, *Paecilomyces*, *Trichoderma*, *Rhizopus*, *Fusarium* dan *Syncephalastrum*.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan limbah medium tanam *P. ostreatus* dengan lama waktu yang berbeda menghasilkan persentase dekolonisasi yang berbeda pula.
2. Waktu inkubasi 60 jam merupakan waktu inkubasi terbaik pada penggunaan limbah medium tanam *P.ostreatus* sebagai agen dekolonisasi limbah batik dengan persentase dekolonisasi tertinggi yaitu sebesar 85,64%.

DAFTAR REFERENSI

- Awaludin R, Darah I, Ibrahim CO, Abd MU. 2001. Decolorization of commercially available synthetic dyes by the white rot fungus *Phanerochaete chrysosporium* ME446 (ATCC 34541). Proceeding NSF Workshop 2001; Kuala Lumpur.
- Barr DP, Aust SD. 1994. Mechanisms white-rot fungi use to degrade pollutants. Environ Sci. Technol. 28: 78-87.
- Belew MA. 2006. Conversion of masonia tree sawdust and cotton plant by product into feed by white rot fungus (*Pleurotus sajor caju*). African Journal of Biotech. 5: 503 – 504.
- Eligwe CA, Okule NB, Nwambu CO, Nwoko CI. 1999. Adsorption thermodynamics and kinetics of mercury (ii), cadmium (ii) and lead (ii) on lignite. Chem. Eng. Technol. 22: 45-49.
- Fadilah, Distantina S, Artati EK, Jumari A. 2008. Biodelignifikasi batang jagung dengan jamur pelapuk putih *Phanerochaete chrysosporium*. Ekuilibrium. 1(7): 7 – 11.
- Faraco V, Pezzella C, Miele A, Giardina P, Sannia G. 2009. Bioremediation of colored industrial wastewaters by the white-rot fungi *Phanerochaete chrysosporium* and *Pleurotus ostreatus* and their enzymes. Biodegradation. 20: 209-220.
- Hadianto AD. 2000. Pengaruh TA dan Penambahan H₂O₂ Terhadap Elektrokolorisasi Pewarna Indigo [skripsi]. Universitas Diponegoro-Semarang.
- Handayani T. 2005. Isolasi Dan Identifikasi Kapang Kontaminasi Pada Media Pertumbuhan (Bag Log) Jamur Budidaya Serta Uji Kemampuan Selulitiknya [tesis]. Universitas Diponegoro-Semarang.
- Martina A, Yuli N, Sutisna M. 2002. Optimasi beberapa faktor fisik terhadap laju degradasi selulosa kayu albasia (*Paraserianthes falcataria* (L.) nielsen dan karboksimetil selulosa (cmc) secara enzimatik oleh jamur. Jurnal Natur Indonesia. 4(2): 156-163.
- Mondal S. 2008. Methods of dye removal from dye house effluent. Environmental Engineering Science. 25(3): 383-396.
- Mulyatna L, Pradiko H, Nasution UK. 2003. Pemilihan persamaan adsorpsi isotherm pada penentuan kapasitas adsorpsi kulit kacang tanah terhadap zat warna Remazol Golden Yellow 6. Infomatek. 5(3): 131-143.
- Pari G. 1996. Analisis Komponen Kimia dari Kayu Sengon dan Kayu Karet pada Beberapa Macam Umur. Buletin Penelitian Hasil Hutan. 14: 321- 327.
- Peters RH. 1975. Textile Chemistry Vol. III, The Physical Chemistry of Dying. New York: Elsevier Scientific Publishing Company.
- Purnama H, Setiati. 2004. Adsorpsi limbah tekstil sintesis dengan jerami padi. Jurnal Teknik Gelagar. 15(1): 1-9.
- Rani C, Asim K, Jana, Bansal A. 2011. Studies on the Biodegradation of Azo Dyes by White rot Fungi *Daedalea Flavida* in the Absence of External Carbon Source. 2nd International Conference on Environmental Science and Technology, IPCBEE, (6). Singapore: IACSIT Press.
- Rashed MN, El-Amin AA. 2007. Photocatalytic degradation of methyl orange in aqueous TiO₂ under different solar irradiation source. Int.j.Phys.Sci. 2(3) : 73-81.
- Robinson T, McMullan G, Marchant R, Nigam P. 2001. Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. Bioresour Technol. 77: 247-255.
- Sclegel HG, Smith K. 1994. Mikrobiologi umum [diterjemahkan oleh Baskoro RM, Watimena JR]. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Setiawan AH, Wiloso EL, Soleha R, Barliati V, Anggraeni LF. 2004. Peningkatan kemampuan daya serap sorben serbuk gergaji dengan pengulfonasi dan pengujiannya dengan zat warna tekstil kationik. Alchemy. 2(3): 10-15.
- Soedrajat. 1979. Kimia Kayu. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Wikolazka AJ, Dest JKR, Malarczky E, Wardas W, Leonowicz A. 2002. Fungi and their ability to decolorization azo and antroquinonoc dyes. Enzyme and Microbial Technology. 30: 566-572.
- Willmott N, Guthrie J, Nelson G. 1998. The biotechnology approach to colour removal from textile effluent. J Soc Dyers Colour. 114: 38-41.
- Wiloso EI. 1999. Dekolorisasi limbah cair berwarna yang mengandung orange oleh *Penicillium* sp. Prosiding Semnas VIII Kimia dalam Industri dan Lingkungan; 2009 nov 16-17.
- Yulisna V. 2000. Dekolorisasi Limbah Cair Berwarna Yang Mengandung Orange oleh *Penicillium* sp. Bogor: Institut Pertanian Bogor.