

Adsorpsi Zn dan Dekolorisasi Limbah Batik Menggunakan Limbah Baglog *Pleurotus ostreatus* dengan Sistem Inkubasi dan Volume Limbah Batik Berbeda

Tjan Herwinda Kartikasari, Sri Lestari, dan Ratna Stia Dewi

Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

Jl. Dr. Suparno no 63, Kampus Karangwangkal

Email: tjanherwinda@gmail.com

Diterima Februari 2012 disetujui untuk diterbitkan September 2012

Abstract

Batik industry is one of the traditional textile industry in Indonesia which produce wastewater. Pollutants that contained in wastewater such as heavy metal and dyes. *White rot fungi (Pleurotus ostreatus)* from spent mushroom known can adsorb heavy metal and can decolorize dyes in wastewater. Spent mushroom have potential as an adsorbent because it still contains mycelium and cellulose. The purpose of this research is to know the difference of incubation system and volume of waste batik for adsorption Zn and decolorization by spent mushroom of *P. ostreatus* and the most optimal treatment adsorb Zn and decolorize waste batik. This research used experimental methods in Completely Randomized Design (CRD) with a *split plot design*. The main parameters observed were the value is the level of metal Zn and absorbance of waste batik. Data were analyzed by analysis of variance (F test) then proceed with a test of Honestly Significant Difference with an error rate of 1% and 5%. The result is spent mushroom of *P. ostreatus* able to adsorb Zn and to decolorize waste batik. The highest Zn adsorption is J2S treatment (62,406%) that was contained 75 ml *indigosol green* at static incubation. The highest decolorization is J1S treatment (77,991%) that was contained 50 ml *indigosol green* at static incubation.

Key word: adsorption, decolorization, waste batik, metals Zn, *Pleurotus ostreatus*.

Abstrak

Industri batik merupakan salah satu industri tekstil tradisional di Indonesia yang menghasilkan limbah cair. Polutan yang terkandung dalam limbah cair batik antara lain logam berat dan warna. *White rot fungi (Pleurotus ostreatus)* yang diperoleh dari limbah *baglog* diketahui mampu mengadsorpsi logam berat dan mendekolorisasi limbah cair batik. Limbah *baglog* jamur memiliki potensi sebagai adsorben karena masih mengandung miselium dan selulosa. Tujuan dari penelitian yaitu untuk mengetahui perbedaan sistem inkubasi dan volume limbah batik terhadap proses adsorpsi Zn dan dekolorisasi limbah batik oleh limbah *baglog P. ostreatus* dan perlakuan yang paling optimal dalam mengadsorpsi Zn dan mendekolorisasi limbah batik. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah eksperimental dengan rancangan dasar Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan *split plot design*. Parameter utama yang diamati yaitu kadar logam Zn yang teradsorpsi limbah *baglog* dan absorbansi limbah batik. Data yang diperoleh dianalisis dengan analisis ragam (Uji F) kemudian dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan tingkat kesalahan 1% dan 5%. Hasil penelitian menunjukkan limbah *baglog* jamur *P. ostreatus* mampu mengadsorpsi Zn dan mendekolorisasi limbah batik. Persentase adsorpsi Zn tertinggi diperoleh pada perlakuan *indigosol green* 75 ml pada inkubasi statis (J2S) yaitu sebesar 62.406%. Persentase dekolorisasi tertinggi diperoleh pada perlakuan *indigosol green* 50 ml pada inkubasi statis (J1S) yaitu sebesar 77,991%.

Kata Kunci : adsorpsi, dekolorisasi, limbah batik, logam Zn, *Pleurotus ostreatus*.

Pendahuluan

Batik di Indonesia merupakan salah satu budaya nasional yang bernilai tinggi. Aktivitas industri batik disamping memberikan dampak positif juga dampak negatif berupa limbah cair. Hal tersebut karena limbah industri batik mengandung logam berat, zat warna, padatan tersuspensi.

Warna merupakan akibat suatu

bahan terlarut atau tersuspensi dalam air, disamping adanya bahan pewarna tertentu, pewarna batik juga mengandung logam berat. Zat warna yang digunakan dalam industri batik hampir semuanya berupa zat warna sintetik. Menurut Susanto (1973), zat warna yang digunakan dalam proses pembatikan contohnya yaitu indigosol dan naphthol. Pada proses pembuatan batik biasanya menggunakan lebih dari satu jenis

zat warna. Limbah dari berbagai macam jenis zat warna tersebut ditampung pada bak penampungan sehingga tercampur menjadi satu. Campuran limbah zat-zat warna tersebut disebut limbah akhir.

Pewarna yang terdapat di dalam limbah batik mengandung logam berat. Jenis logam berat yang tergolong memiliki tingkat toksisitas tinggi yang terkandung dalam limbah cair batik salah satunya adalah Zn. Logam berat menjadi berbahaya karena tidak dapat didegradasi dan bersifat racun pada makhluk hidup walaupun pada konsentrasi rendah dan dapat terakumulasi dalam jangka waktu tertentu (Buhani, 2007).

Sistem pengolahan limbah secara biologis telah dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut. Mikroba yang biasa digunakan untuk pengolahan limbah cair adalah fungi. Menurut Nasreen *et al.* (2007), hanya ada beberapa jenis fungi yang dapat mendegradasi pewarna. Salah satu fungi yang mampu mendegradasi zat warna adalah *white rot fungi* atau fungi pelapuk putih (Wesenberg *et al.*, 2003 dalam Biyik *et al.*, 2009).

Kemampuan dalam mendegradasi pewarna dalam limbah batik disebabkan miselium yang dimiliki oleh *P. ostreatus*. Awaludin *et al.* (2001), menyatakan bahwa jamur dapat mendekolorisasi limbah batik secara non-enzimatis melalui proses adsorpsi oleh miselium. Proses dekolorisasi limbah batik juga dapat terjadi secara enzimatis.

Adsorpsi merupakan proses pengikatan suatu molekul dari larutan ke dalam suatu lapisan terkondensasi dari suatu permukaan padatan. Molekul yang terkondensasi disebut adsorbat, sedangkan substrat disebut sebagai adsorben (Ranke, 2005). Jamur memiliki kemampuan dalam mengadsorpsi logam Zn adalah *P. ostreatus* (Nurhidayati, 2007).

Salah satu jamur pelapuk putih yang dapat digunakan dalam sistem pengolahan limbah yaitu *P. ostreatus*. *P. ostreatus* masih dapat ditemukan pada limbah *baglog* jamur. Limbah *P. ostreatus* dapat digunakan karena masih mengandung miselium jamur dan selulosa yang diketahui mampu mengadsorpsi logam berat dan warna sehingga dapat digunakan sebagai agen adsorpsi logam dan biodekolorisasi.

Limbah *baglog* dapat digunakan

untuk menurunkan kadar warna limbah batik untuk limbah pewarna indigosol *yellow* dalam waktu 72 jam (Romsiyah, 2012; Wulandari, 2012). Limbah *baglog* dapat berpotensi untuk menurunkan logam Zn, dan mendekolorisasi jenis limbah pewarna lain seperti indigosol *green* dan limbah pewarna campuran pada limbah akhir.

Sistem inkubasi agitasi merupakan sistem inkubasi yang dilakukan untuk mempercepat proses pelarutan. Agitasi dalam skala laboratorium biasanya dilaksanakan dengan menggoyang-goyangkan labu berisi *sampel* larutan dengan menggunakan *shaker* (*shaker flask culture*). Sistem inkubasi statis merupakan sistem inkubasi yang dilakukan dengan mendiamkan labu berisi *sampel* larutan sampai waktu yang sudah ditentukan. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan mengetahui kemampuan perbedaan sistem inkubasi dan macam - volume limbah batik terhadap proses adsorpsi Zn dan dekolorisasi limbah batik oleh limbah *baglog P. ostreatus*; mengetahui perlakuan yang memiliki kemampuan mengadsorpsi Zn dan dekolorisasi limbah cair batik optimal.

Materi dan Metode

Bahan yang digunakan adalah limbah *baglog P. ostreatus* dari Pabuwaran-Purwokerto, limbah cair batik dari Sokaraja-Banyumas. Penelitian dilakukan di Laboratorium Mikologi dan Fitopatologi serta Laboratorium Ekotoksikologi Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto.

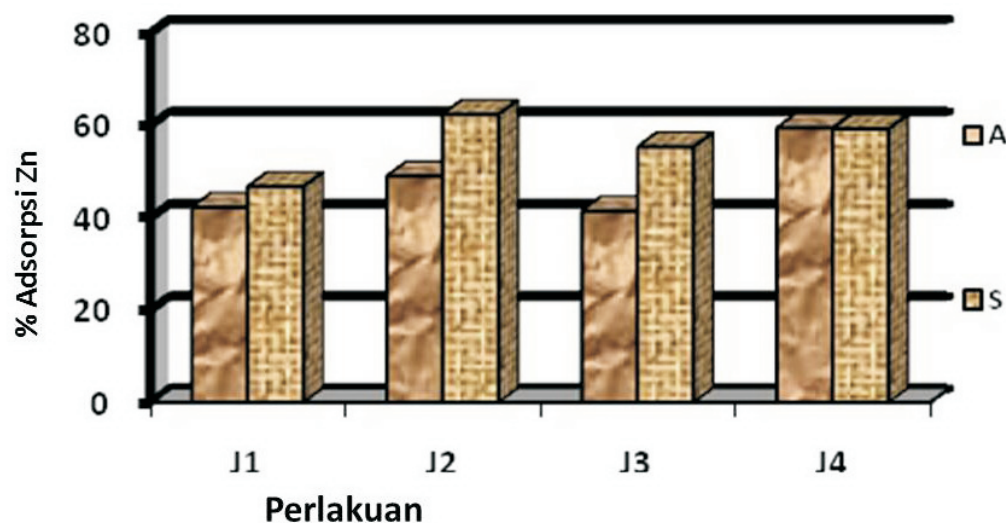
Penelitian menggunakan metode eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan pola split plot design. Sebagai main plot adalah limbah *baglog P. ostreatus* dengan macam dan volume limbah batik berbeda. Sub plot yang dicobakan adalah sistem inkubasi agitasi-statis. Cara kerja penelitian yaitu: (1) Persiapan limbah cair batik, limbah cair batik indigosol *green* dan limbah akhir. Sebelum digunakan pada perlakuan, dilakukan pengenceran menggunakan *aquades* terlebih dahulu dengan konsentrasi 20%; (2) Persiapan limbah *baglog P. ostreatus*, limbah *baglog* yang diambil adalah yang telah mengalami 4-5

kali pemanenan. Limbah *baglog* dipotong dengan bentuk dadu sebesar 4 cm x 3 cm x 2,5 cm dan ditimbang seberat 25 gr; (3) Persiapan unit penelitian, toples volume 250 ml disediakan sebanyak 24 buah masing-masing diisi dengan 25 gr *baglog P. ostreatus* yang sudah dipotong. Setiap toples ditambahkan limbah cair batik yang sudah diencerkan sebanyak 50 ml dan 75 ml. Toples kemudian ditutup dengan *aluminium foil* dan diinkubasi pada sistem inkubasi statis dan agitasi 70 rpm selama 3 hari; (4) Pengukuran Zn: preparasi, 50 ml limbah batik sebelum dan sesudah perlakuan dipanaskan menggunakan *hot plate* hingga bervolume 10 ml. Ditambahkan 10 ml HNO_3 pekat dan 2 ml H_2O_2 , dipanaskan kembali hingga volume menjadi 10 ml. Disaring menggunakan kertas *whatman* 42 ke dalam labu ukur 50 ml, kemudian ditambahkan aquades hingga mencapai volume 50 ml; pemeriksaan AAS, dan dihitung persentase adsorpsi logam Zn; (5) Penentuan persentase dekolorisasi limbah batik, persentase dekolorisasi diukur pada setiap interval variasi perlakuan dengan menggunakan metode spektrofotometri; (6) Pengukuran pH, nilai pH limbah cair batik diukur dengan menggunakan pH meter digital sebelum dan sesudah perlakuan hingga pH meter menunjukkan angka yang konstan. Nilai pH yang tercantum pada pH meter merupakan

nilai pH medium yang diukur; (7) Pengukuran suhu, nilai suhu limbah batik diukur sebelum dan sesudah perlakuan menggunakan termometer beberapa menit hingga menunjukkan angka yang konstan. Nilai suhu yang tercantum pada termometer merupakan nilai suhu medium yang diukur; (8) Metode analisis, data hasil pengukuran adsorpsi Zn dan dekolorisasi limbah cair batik oleh *baglog P. ostreatus* dianalisis dengan uji F dilanjutkan dengan uji BNJ.

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian, pada sistem inkubasi statis, jumlah Zn sesudah perlakuan mengalami rata-rata penurunan sebesar 0,447 – 0,683 ppm, hasil adsorpsi Zn tertinggi terdapat pada perlakuan limbah *baglog P. ostreatus* + limbah batik 75 ml *indigosol green* (J2S) yaitu sebesar 62,406% dan terendah terdapat pada perlakuan limbah *baglog P. ostreatus* + limbah batik 50 ml *indigosol green* (J1S) yaitu sebesar 46,731%. Jumlah Zn pada sistem inkubasi agitasi sesudah perlakuan mengalami rata-rata penurunan sebesar 0,326 – 0,486 ppm, persentase adsorpsi Zn tertinggi pada sistem inkubasi agitasi terdapat pada perlakuan limbah *baglog P. ostreatus* + limbah batik 75 ml limbah akhir (J4A) yaitu sebesar 59,492% dan terendah terdapat pada perlakuan limbah *baglog P. ostreatus* + limbah batik 50 ml limbah akhir (J3A) yaitu sebesar 41,487%. Persentase adsorpsi Zn masing-masing perlakuan disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Rerata persentase adsorpsi Zn limbah batik oleh limbah *baglog P. ostreatus*
Figure 1. Average percentage of Zn adsorption of batik waste with baglog waste of *P. ostreatus*

Keterangan:

- J1A = limbah *baglog P. ostreatus* + 50 ml *indigosol green* dengan sistem inkubasi agitasi
 J2A = limbah *baglog P. ostreatus* + 75 ml *indigosol green* dengan sistem inkubasi agitasi
 J3A = limbah *baglog P. ostreatus* + 50 ml limbah akhir dengan sistem inkubasi agitasi
 J4A = limbah *baglog P. ostreatus* + 75 ml limbah akhir dengan sistem inkubasi agitasi
 J1S = limbah *baglog P. ostreatus* + 50 ml *indigosol green* dengan sistem inkubasi statis
 J2S = limbah *baglog P. ostreatus* + 75 ml *indigosol green* dengan sistem inkubasi statis
 J3S = limbah *baglog P. ostreatus* + 50 ml limbah akhir dengan sistem inkubasi statis
 J4S = limbah *baglog P. ostreatus* + 75 ml limbah akhir dengan sistem inkubasi statis

Berdasarkan hasil analisis ragam dengan uji F diketahui bahwa perlakuan main plot (limbah *baglog P. ostreatus* dengan macam dan volume limbah batik berbeda) dan sub plot (sistem inkubasi agitasi-statis) serta interaksi keduanya menunjukkan hasil yang berbeda sangat nyata ($F_{hitung} > F_{tabel}$ 0,01 dan 0,05). Hal tersebut berarti penggunaan limbah *baglog P. ostreatus* dengan macam dan volume limbah batik berbeda dan sistem inkubasi agitasi-statis pada kedua macam limbah batik sangat berpengaruh terhadap proses adsorpsi Zn.

Data hasil analisis BNJ menunjukkan bahwa pada perlakuan subplot statis berbeda sangat nyata dibandingkan pada subplot agitasi. Perlakuan subplot statis menghasilkan nilai persentase lebih tinggi dibandingkan pada subplot agitasi. Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan sistem inkubasi statis mampu menurunkan persentase adsorpsi Zn lebih tinggi pada kondisi macam dan volume limbah batik yang berbeda. Nilai persentase adsorpsi Zn pada sistem inkubasi agitasi yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan pada inkubasi statis, karena dengan perlakuan agitasi jumlah sel yang dihasilkan menurun. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Purwoko dan Diansari (2011), bahwa semakin tinggi kecepatan dalam proses inkubasi agitasi, jumlah sel yang dihasilkan semakin menurun.

Semua perlakuan dengan volume 75 ml menghasilkan nilai persentase adsorpsi Zn lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan volume 50 ml. Perlakuan J2S (75 ml *indigosol green* dengan sistem inkubasi statis) berbeda sangat nyata dibandingkan dengan perlakuan yang lain yaitu menghasilkan persentase adsorpsi Zn tertinggi sebesar 62,406%. Hal tersebut dikarenakan semakin banyak volume limbah yang digunakan, jumlah konsentrasi

Zn yang terikat semakin tinggi. Hasil tersebut sesuai dengan pernyataan Langmuir dalam Oscik (1982) yang menyatakan bahwa pada permukaan adsorben terdapat sejumlah situs aktif yang proporsional dengan luas permukaan penyerapan. Jadi dengan memperbesar konsentrasi yang dikontakkan, sementara berat adsorben tetap, adsorpsi ion logam meningkat secara linear sampai konsentrasi tertentu.

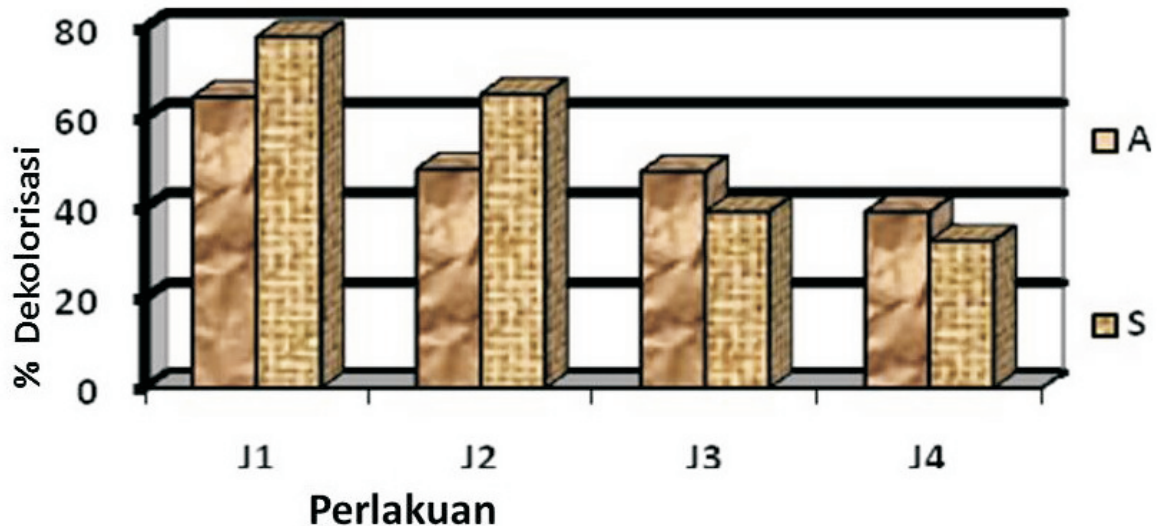
Limbah *baglog P. ostreatus* masih mengandung miselium dan selulosa. Kandungan tersebut menyebabkan logam berat pada limbah batik teradsorpsi. Menurut Suhendrayatna (2001), adsorpsi logam Zn dapat terjadi karena terbentuknya formasi kompleks antara ion-ion logam berat dengan gugus fungsional seperti karbonil, amino, tiol, fosfat, dan hidroksi karbonil yang berada pada dinding sel miselium jamur.

Faktor lain yang mempengaruhi persentase adsorpsi Zn yaitu pH dan suhu. Nilai pH sebelum perlakuan $\pm 7,10$ - $7,54$ dan setelah perlakuan turun menjadi $\pm 5,95$ - $6,81$. Proses adsorpsi semakin optimal seiring dengan menurunnya nilai pH. Suhu limbah batik mengalami kenaikan menjadi ± 30 - 31°C . Menurut Zakaria (2011), peningkatan suhu menyebabkan proses adsorpsi semakin mudah karena meningkatnya energi kinetik ion logam sehingga memudahkan ion logam untuk terserap pada lapisan pori yang lebih dalam.

Perlakuan pada sistem inkubasi statis, absorbansi dekolourisasi sesudah perlakuan mengalami rata-rata penurunan sebesar 0,230 – 0,895, hasil dekolourisasi tertinggi terdapat pada perlakuan limbah *baglog P. ostreatus* + 50 ml *indigosol green* (J1S) yaitu sebesar 77,991% dan terendah terdapat pada perlakuan limbah *baglog P. ostreatus* + 75 ml limbah akhir (J4S) yaitu sebesar 32,6927%. Absorbansi dekolourisasi pada sistem inkubasi agitasi

sesudah perlakuan mengalami rata-rata penurunan sebesar 0,284 – 0,765, persentase dekolorisasi tertinggi pada sistem inkubasi agitasi terdapat pada perlakuan limbah *baglog P. ostreatus* + 50 ml *indigosol green* (J1A) yaitu sebesar

64,640% dan terendah terdapat pada perlakuan limbah *baglog P. ostreatus* + 75ml limbah akhir (J4A) yaitu sebesar 39,118%. Persentase dekolorisasi masing-masing perlakuan disajikan dalam gambar 2.



Gambar 2. Rerata persentase dekolorisasi limbah batik oleh limbah *baglog P. ostreatus*
Figure 2. Average percentage of decolorization of batik waste with baglog waste of *P. ostreatus*

Berdasarkan hasil analisis ragam dengan uji F dapat diketahui bahwa perlakuan main plot (macam dan volume limbah batik berbeda) menunjukkan hasil yang berbeda sangat nyata ($F_{hitung} > F_{tabel}$ 0,01 dan 0,05). Walaupun perlakuan subplot yang berbeda (agitasi-statis) menunjukkan hasil tidak berbeda nyata, namun interaksi antara main plot dan subplot menunjukkan hasil berbeda nyata. Hal tersebut berarti penggunaan macam dan volume limbah batik sangat berpengaruh terhadap dekolorisasi limbah batik. Sistem inkubasi agitasi maupun statis memiliki pengaruh yang sama terhadap proses dekolorisasi. Berdasarkan pengukuran dekolorisasi limbah batik, penggunaan limbah *baglog P. ostreatus* dan perbedaan volume pada sistem agitasi-statis mampu menurunkan kadar warna yang terdapat pada limbah batik, dengan demikian hipotesis pertama dalam penelitian diterima.

Data hasil analisis BNJ menunjukkan bahwa perlakuan subplot statis berbeda tidak nyata dibandingkan pada subplot agitasi, walaupun perlakuan subplot statis menghasilkan nilai persentase lebih tinggi dibandingkan pada subplot agitasi. Hal

tersebut menunjukkan bahwa penggunaan sistem inkubasi statis mampu menurunkan persentase dekolorisasi dibandingkan dengan penggunaan sistem inkubasi agitasi pada kondisi macam dan volume limbah batik yang berbeda. Nilai persentase dekolorisasi limbah batik pada inkubasi agitasi yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan pada inkubasi statis.

Perlakuan J1S (*indigosol green* 50 ml dengan sistem inkubasi statis) berbeda sangat nyata dari perlakuan yang lain yaitu menghasilkan persentase dekolorisasi tertinggi sebesar 77,991%. Hasil tersebut sesuai dengan hasil penelitian Romsiyah (2012), yang menyatakan bahwa persentase dekolorisasi tertinggi dihasilkan pada volume limbah batik 50 ml. Limbah *baglog P. ostreatus* masih memiliki beberapa kandungan seperti miselium dan selulosa. Kandungan tersebut yang menyebabkan limbah batik terdecolorisasi. Miselium jamur diketahui mampu menyerap pewarna yang terdapat pada limbah batik dengan enzimatis dan non enzimatis. Menurut Awaluddin *et al.* (2001), miselium jamur bersifat hidrofobik sedangkan pewarna bersifat hidrofilik, sehingga terjadi interaksi hidrofobik-hidrofilik antara

miselium jamur dan pewarna. Proses adsorpsi oleh miselium jamur merupakan tingkat awal perubahan warna, proses selanjutnya adalah secara enzimatis. Dekolorisasi secara enzimatis dengan menghasilkan enzim ekstraseluler oleh jamur. Jamur *P. ostreatus* diketahui mampu menghasilkan enzim ligninolitik yaitu laccase (Lac), lignin peroksidase (LiP), dan mangan peroksidase (MnP) yang mampu mendekolorisasi. Mekanisme enzimatis menurut Yaropolov *et al.* (1994) dalam Ardhina (2007) adalah dengan memecah gugus kromofor atau gugus pemberi warna.

Limbah *baglog P. ostreatus* memiliki kandungan selulosa yang diduga memiliki kemampuan mendekolorisasi. Suwarsa (1998), melaporkan bahwa serbuk gergaji yang mengandung selulosa dapat menyerap zat warna tekstil. Kandungan selulosa yang terdapat pada limbah *baglog P. ostreatus* mempengaruhi daya dekolourisasi pada limbah batik sehingga persentase yang dihasilkan juga tinggi.

Faktor lain yang mempengaruhi persentase adsorpsi Zn yaitu pH dan suhu. Nilai pH sebelum perlakuan $\pm 7,10-7,54$ dan setelah perlakuan mengalami penurunan sebesar $\pm 5,95-6,81$. Menurut Achmad *et al.* (2009), kisaran pH optimum untuk isolat *Pleurotus* spp. antara 6 sampai 7. Setelah mengalami perlakuan, limbah batik mengalami kenaikan suhu menjadi $\pm 30-31^{\circ}\text{C}$. Tingkat dekolourisasi naik diikuti dengan kenaikan suhu.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah *baglog P. ostreatus* dapat digunakan untuk proses adsorpsi Zn dan dekolourisasi limbah batik. Hal tersebut dapat ditunjukkan dengan penurunan nilai persentase adsorpsi logam Zn dan persentase dekolourisasi limbah batik dan juga perubahan warna pada limbah cair batik dan limbah *baglog*. Warna limbah batik awal berwarna hijau tua (*indigosol green*) dan hijau muda (limbah akhir) mengalami perubahan setelah diberi perlakuan menjadi lebih jernih. Warna limbah *baglog* awal yang digunakan yaitu coklat dengan miselium berwarna putih, setelah mengalami perlakuan warna limbah *baglog* berubah menjadi hijau tua seperti warna *indigosol green* dan hijau muda seperti warna limbah akhir dikarenakan telah terjadi penyerapan warna.

Kesimpulan

Perbedaan sistem inkubasi dan volume limbah batik mampu mengadsorpsi Zn dan mendekolorisasi limbah batik oleh limbah *baglog P. ostreatus*. Kombinasi limbah *baglog P. ostreatus* dengan 75 ml *indigosol green* pada sistem inkubasi statis mampu mengadsorpsi Zn secara optimal dengan nilai sebesar 62,406%. Kombinasi limbah *baglog P. ostreatus* dengan 50 ml *indigosol green* pada sistem inkubasi statis mampu mendekolorisasi secara optimal dengan nilai sebesar 77,991%.

Daftar Pustaka

- Achmad, Elis, N.H., Osica, A.F.Y., dan Anang, P.H. 2009. Karakteristik Fisiologi Isolat *Pleurotus* spp. *Jurnal Littri*, 15 (1): 46-51.
- Ardhina, A. 2007. Dekolorisasi Limbah Cair Industri Tekstil dengan Menggunakan *Omphalina* sp. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB, Bogor.
- Awaludin, R., I. Darah, C.O. Ibrahim, and A.M. Uyub. 2001. Decolorization of Commercially Available Synthetic Dyes by The White Rot Fungus, *Phanerochaete chrysosporium* ME446 (ATCC 34541). *Proceeding NSF Workshop*, 2001. Kuala Lumpur.
- Biyik, H., F. Kalyoncu, E. Oryasin, N. Azbar, E. Kalmis and G. Basbulbul. 2009. Evaluation of wild and types of *Pleurotus* strains for their ability to decolorize cibacron black W-NN textile dye. *African Journal of African Journal of Microbiology Research*, 3(6): 325-329.
- Buhani. 2007. Alga sebagai Bioindikator dan Biosorben Logam Berat (Bagian I : Bioindikator). <http://www.chemistry.org/artikelkimia>. Diakses tanggal 02 Maret 2012.
- Nasreen, Z., Rukhsana, B and Tasnim K. 2007. Decolorization of textile dyes and their effluents using white rot fungi. *Mycopath*, 5 (1): 49-52.
- Nurhidayati, A. 2007. Kemampuan jamur hasil isolasi limbah tekstil dalam menurunkan kadar logam Zn pada pH media berbeda. Skripsi (tidak dipublikasikan). Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.

- Oscik, J. 1982. *Adsorption*. John Wiley & sons, New York.
- Purwoko dan N. Diansari. 2011. Studies of microbial cellulose production Through two stage cultivation. Skripsi Dipublikasikan. Fakultas Teknologi Pertanian IPB, Bogor.
- Ranke, W. 2005. Adsorption and desorption. <http://edoc.mpg.de246317>. Diakses tanggal 05 Maret 2012.
- Romsiyah. 2012. Pengaruh bobot massa limbah medium tanam jamur *Pleurotus ostreatus* terhadap daya dekolorisasi limbah batik. Laporan Student Grant IMHERE (tidak dipublikasikan). Fakultas Biologi Jenderal Soedirman, Purwokerto.
- Suhendrayatna. 2001. Bioremoval logam berat dengan menggunakan mikroorganisme: suatu kajian kepustakaan. Institute for Science and Technology Studies (ISTECS9), Chapter-Japan.
- Susanto, S. S. K. 1973. Seni Kerajinan Batik Indonesia. Balai Penelitian Batik dan Kerajinan. Lembaga Penelitian dan Pendidikan Industri. Departemen Perindustrian Republik Indonesia.
- Suwarsa, S. 1998. Penyerapan Zat Warna Tekstil BR.Red HE 7B oleh Jerami Padi. *JMS*, 3 (1): 32-40.
- Wulandari, F. 2012. Dekolorisasi limbah batik menggunakan limbah medium tanam jamur *Pleurotus ostreatus* pada waktu inkubasi yang berbeda. Laporan Student Grant IMHERE (tidak dipublikasikan). Fakultas Biologi Jenderal Soedirman, Purwokerto.