



DEKOLORISASI LIMBAH CAIR BATIK DENGAN WAKTU INKUBASI BERBEDA MENGGUNAKAN ISOLAT FUNGI *Aspergillus* sp. DAN *Penicillium* sp.

Evelin Agusti Tjasmana¹⁾, Nuraeni Ekowati¹⁾, Dian Windy Dwiasi²⁾, Ratna Stia Dewi^{1,3*)}

¹Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Jawa Tengah Indonesia

²Jurusan Kimia, FMIPA Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Jawa Tengah Indonesia

³Pusat Riset Biodiversitas dan Maritim, Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Jawa Tengah, Indonesia

*E-mail: ratna.dewi0509@unsoed.ac.id

ABSTRAK

Aspergillus sp. dan *Penicillium* sp. adalah jamur yang memiliki kemampuan dalam mendekolorisasi zat pewarna pada limbah cair batik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan isolat *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. dengan waktu inkubasi berbeda dalam mendekolorisasi limbah cair batik, mengetahui perlakuan pemberian isolat *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. dengan waktu inkubasi berbeda yang menunjukkan hasil paling baik. Metode dalam penelitian ini adalah eksperimental dengan rancangan percobaan yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan kombinasi yaitu penggunaan isolat *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. dan waktu inkubasi yang berbeda yaitu 36 jam, 72 jam dan 108 jam. Data persentase dekolorisasi yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis ragam (Uji F) dengan tingkat kepercayaan 95% dan 99%, kemudian dianalisis lebih lanjut dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan tingkat kesalahan 1 – 5%. Hasil penelitian menunjukkan perlakuan *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. dengan waktu inkubasi berbeda mampu mendekolorisasi limbah cair batik. Hasil rata – rata persentase dekolorisasi tertinggi didapat pada perlakuan konsorsium dengan waktu inkubasi 108 jam yaitu sebesar 97,72%.

Kata Kunci: *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., dekolorisasi, limbah cair batik, waktu inkubasi

ABSTRACT

Aspergillus sp. and *Penicillium* sp. are fungi that have the ability to decolorize dye in batik wastewater. The aims for this research were to study the ability of *Aspergillus* sp. and *Penicillium* sp. with different incubation time in decolorizing batik wastewater, to study the treatment of giving isolate *Aspergillus* sp. and *Penicillium* sp. that have different incubation time which shows the best result. Method that used in this research is experimental method with experimental design Completely Randomized Design (CRD) that have combination treatment, which are use isolate of *Aspergillus* sp. and *Penicillium* sp. with different incubation times, 36 hours, 72 hours, and 108 hours. The collected decolorization's percentage data is analyze use variance analysis (F Test) with confidence level 95% and 99%, further analyze with Honestly Significant Different (HSD) test with error level 1-5%. The result of this research show that treatment of *Aspergillus* sp. and *Penicillium* sp. with different incubation time is able decolorize batik wastewater. The highest average decolorization percentage is show in consortium treatment with incubation time 108 hours, that is 97.72%.

Keywords: *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., decolorization, batik wastewater, incubation time

1. PENDAHULUAN

Indonesia Industri batik di Banyumas semakin berkembang, hal ini tentunya membawa dampak positif terhadap peningkatan perekonomian masyarakat di daerah tersebut dan eksistensi batik itu sendiri sebagai salah satu identitas bangsa Indonesia. Salah satu pusat kerajinan batik di Banyumas adalah di Sokaraja. Peningkatan industri batik selain memberi dampak positif juga memberi dampak negatif. Dampak negatif tersebut adalah limbah yang dihasilkannya. Limbah cair batik yang dihasilkan terdiri atas beberapa komponen yaitu zat pewarna alami dan sintesis, surfaktan, serat, bahan finishing, serta minyak/lemak. Sastrawidana dkk. (2012) menyatakan bahwa limbah cair batik yang dibuang secara langsung ke lingkungan tanpa terlebih dahulu dilakukan pengolahan akan memberi dampak negatif terhadap lingkungan, yaitu penurunan kualitas perairan dan pencemaran lingkungan. Lingkungan mempunyai kemampuan terbatas untuk mendegradasi zat warna tersebut. Sementara pengolahan limbah yang kurang optimal juga menyebabkan zat pewarna masih terbawa dalam limbah, dan apabila limbah tersebut dialirkan ke perairan maka akan mengurangi estetika lingkungan. Selain itu, limbah zat pewarna batik, khususnya zat pewarna sintesis bersifat toksik terhadap organisme perairan (Daneshvar *et al.* 2007), serta dapat menghasilkan produk sampingan yang mutagenik dan karsinogenik (Miranda *et al.* 2012).

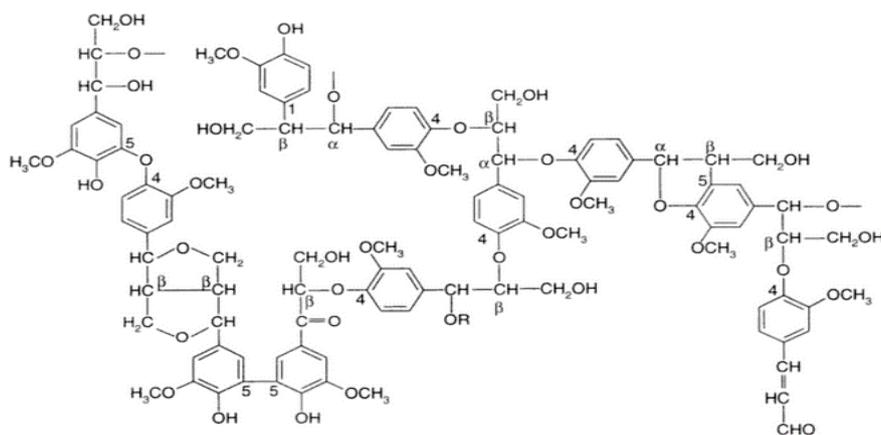
Menurut Sastrawidana dkk. (2012), selain bersifat karsinogenik zat warna sintesis yang digunakan dalam industri tekstil tidak mudah rusak oleh perlakuan potolitik. Agustina & Muhammad (2012) menyatakan bahwa, apabila limbah cair batik yang masih mengandung zat pewarna sintesis terbuang ke perairan, dapat bertahan dalam jangka waktu lama dan dapat terakumulasi pada tingkat konsentrasi tertentu. Selain itu, dapat menimbulkan dampak negatif di antaranya menghambat penetrasi sinar matahari ke dalam air, sehingga aktivitas fotosintesis dan keberlangsungan hidup mikroalga terganggu. Dampak selanjutnya kadar oksigen dalam perairan berkurang, sehingga mengganggu ekosistem perairan dan makhluk hidup dalam perairan seperti ikan. Hal ini juga dapat berdampak pada kematian ikan. Sugiharto (1987), mengemukakan zat warna merupakan gabungan dari zat organik yang tidak jenuh, kromofor sebagai pembawa warna dan auksokrom sebagai pengikat antara warna dengan serat. Secara lebih luas zat warna tersusun dari hidrokarbon tak jenuh, kromofor, auksokrom dan zat aditif. Menurut Heaton (1994), zat warna dapat digolongkan menurut sumber diperolehnya yaitu zat warna alam dan zat warna sintetik. Penggolongan zat warna menurut "Colours Index", yang terutama menggolongkan atas dasar sistem kromofor yang berbeda misalnya zat warna Azo, Antrakuinon, Ftalosa, Nitroso, Indigo, Benzodifuran, Okazin, Polimetil, Di- dan Tri-Aril Karbonium, Poliksilik, Aromatik Karbonil, Quinonaftalen, Sulfer, Nitro, Nitrosol dan lain-lain. Zat warna digolongkan berdasarkan cara pewarnaan atau aplikasinya dalam industri tekstil adalah zat warna asam, basa, direk, dispersi, pigmen, reaktif, solven, belerang, bejana dan lain-lain. Pemilihan zat warna yang akan dipakai bergantung pada bermacam faktor antara lain: jenis serat yang akan diwarnai, macam warna yang dipilih dan warna-warna yang tersedia, tahan lunturnya dan peralatan produksi yang tersedia.

Sastrawidana dkk. (2012) menyatakan bahwa terdapat metode dalam pengolahan limbah cair batik antara lain menggunakan metode fisika, kimia dan biologi. Metode fisika melalui pengendapan, pemisahan dan penyaringan sedangkan metode kimia dengan menambahkan senyawa-senyawa silika aktif maupun polielektrolit dan garam-garam besi dan aluminium pada proses koagulasi. Bidhendi *et al.* (2007) menambahkan bahwa metode fisika dan kimia efektif dalam menghilangkan polutan tetapi metode ini membutuhkan biaya yang cukup mahal dibandingkan dengan metode biologi. Metode biologi memiliki keuntungan lain, yaitu hasil pembuangan yang ramah lingkungan. Metode biologi dikenal dengan teknik bioremediasi. Bioremediasi adalah usaha pengurangan senyawa polutan menggunakan makhluk hidup. Kata lain bioremediasi adalah sistem biologi untuk degradasi komponen toksik di dalam lingkungan.

Makhluk hidup yang memiliki kemampuan sebagai agen remediasi adalah jamur dan bakteri. Robinson *et al.* (2001) mengemukakan dalam pengolahan tekstil dalam volume besar penggunaan bakteri memiliki kekurangan yaitu dalam penambahan biomassa bakteri relatif lebih rendah dibandingkan dengan jamur sehingga tidak mampu mengimbangi jumlah volume limbah yang terlalu besar. Maka dalam penelitian ini digunakanlah jamur. Jamur yang digunakan merupakan jenis jamur yang mengkontaminasi baglog, media pertumbuhan jamur makroskopis. Setelah dilakukan isolasi

didapatkan *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. Alasan penggunaan jamur ini, berdasarkan penelitian – penelitian yang telah dilakukan bahwa jamur tersebut mampu mendekolorisasi zat pewarna.

Dalam penelitian Martani dkk. (2011), 6 isolat unggul terdiri dari *Aspergillus* sp., *Cladosporium* sp., *Penicillium* sp. dan *Stachybotrys* sp. yang diperoleh dari hasil isolasi dari alam yaitu Tanah Gambut Kalimantan Tengah dan Riau, tanah sekitar pembuangan sampah akhir, serta tanah serasah hutan. Enam isolat tersebut, terbukti mampu mendekolorisasi limbah cair industri tekstil, selain itu kemampuan jamur tersebut yang dapat tumbuh di serasah kayu, dan memanfaatkan nutrisi dalam serasah kayu berupa selulosa, hemiselulosa dan lignin. *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan dari baglog *P. ostreatus*. Salah satu komposisi pada baglog adalah serasah kayu yang juga mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin. Senyawa lignin (**Gambar 1**) memiliki ikatan rantai kimia yang mirip dengan rantai kimia yang dimiliki zat pewarna batik, yaitu kompleks terdiri dari senyawa aromatik dan memiliki ikatan rangkap serta strukturnya yang heterogen. Hal ini yang menyebabkan kedua senyawa tersebut tidak mudah terdegradasi dengan sendirinya pada lingkungan tanpa bantuan mikroorganisme. Dengan dasar ini maka diharapkan jamur pengontaminasi baglog yaitu *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. yang digunakan pada penelitian ini memiliki kemampuan dalam mendegradasi limbah cair batik berupa zat pewarna (Orth *et al.*, 1993).



Gambar 1. Struktur Kimia lignin (Sumber: Sjostrom & Alen, 1998)

Salah satu aspek penting dalam proses dekolorisasi pewarna limbah cair batik selain agen remediasi yang digunakan, yaitu waktu inkubasi. Waktu inkubasi optimal dari setiap jamur berbeda dalam mendekolorisasi pewarna limbah cair batik, maka pada penelitian ini digunakan waktu inkubasi 36 jam, 72 jam dan 108 jam. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Dewi & Uki (2012), menggunakan media tanam jamur *P. ostreatus* dalam mendekolorisasi limbah cair batik dengan waktu inkubasi 48 jam, 72 jam dan 96 jam dan penelitian Wulandari dkk. (2014), menggunakan media tanam jamur *P. ostreatus* dalam mendekolorisasi limbah cair batik dengan waktu inkubasi 12 jam, 24 jam, 36 jam, 48 jam, 60 jam, 72 jam, 84 jam, 96 jam, 108 jam dan 120 jam. Faktor yang perlu diperhatikan adalah faktor lingkungan, yaitu kondisi pH dan suhu. Menurut Gaudy & Gaudy (1980), suhu dan pH merupakan salah satu parameter penting bagi kehidupan organisme. Kondisi suhu yang stabil akan menunjang kelangsungan aktivitas mikroba. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan isolat *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. dengan waktu inkubasi berbeda dalam mendekolorisasi limbah cair batik, perlakuan pemberian isolat *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. dengan waktu inkubasi berbeda yang menunjukkan hasil paling baik.

2. METODELOGI PENELITIAN

2. 1. Bahan dan Alat

Alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Laminar Air Flow (LAF), autoklaf, UV-VIS spektrofotometer 1800, cawan Petri, labu Erlenmeyer 100 mL dan 250 mL, beaker glass, hot plate,

magnetic stirrer, shaker, timbangan analitik, termometer, pH meter, kompor gas, spatula, kantong plastik, botol plastik, sedotan, jarum ose, pembakar spirtus, pisau, gunting, pipet tetes, labu ukur 50 mL, sprayer, pipet ukur, filler, kamera, oven, pompa vakum dan kuvet.

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair batik yang diambil dari industri batik Sokaraja, isolat *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., alkohol 70%, Baglog, spirtus, wrapper, aluminium foil, kapas, akuades, tisu, kloramfenikol, kentang, glukosa, agar, kertas label, kertas saring, korek api, KMnO₄, H₂SO₄, natrium oksalat, fero amonium sulfat, asam sulfanilat, naftil etilendiamin dihidroklorida, HCl, kalium nitrat, kloroform, fenol dan natrium nitro prusida.

2. 2. Metode

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan yaitu pemberian miselium jamur (M) dan waktu inkubasi (W) berbeda. Perlakuan yang diuji cobakan yaitu :

M0W1 = Tanpa pemberian miselium dengan waktu inkubasi 36 jam.

M0W2 = Tanpa pemberian miselium dengan waktu inkubasi 72 jam.

M0W3 = Tanpa pemberian miselium dengan waktu inkubasi 108 jam.

M1W1 = Pemberian miselium *Aspergillus* sp. dengan waktu inkubasi 36 jam.

M1W2 = Pemberian miselium *Aspergillus* sp. dengan waktu inkubasi 72 jam.

M1W3 = Pemberian miselium *Aspergillus* sp. dengan waktu inkubasi 108 jam.

M2W1 = Pemberian miselium *Penicillium* sp. dengan waktu inkubasi 36 jam.

M2W2 = Pemberian miselium *Penicillium* sp. dengan waktu inkubasi 72 jam.

M2W3 = Pemberian miselium *Penicillium* sp. dengan waktu inkubasi 108 jam.

M3W1 = Pemberian miselium *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. dengan waktu inkubasi 36 jam.

M3W2 = Pemberian miselium *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. dengan waktu inkubasi 72 jam.

M3W3 = Pemberian miselium *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. dengan waktu inkubasi 108 jam.

Tiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali sehingga terdapat 36 unit percobaan.

2.3. Sterilisasi Alat (Volk & Wheeler, 1984)

Alat – alat yang terbuat dari gelas dan logam yang digunakan dalam penelitian ini disterilisasi menggunakan autoklaf dengan tekanan 2 atm selama 15 menit. Temperatur?

2.4. Pembuatan Medium Potato Dextrose Agar (PDA) (Ronald, 1995)

Pembuatan medium PDA, yaitu 200 g kentang dikupas dari kulitnya, setelah dikupas dipotong – potong menjadi dadu dengan ukuran kecil. Potongan kentang dimasukan ke dalam wadah lalu ditambahkan akuades sampai terendam dan direbus sampai lunak. Ekstrak kentang yang diperoleh dicampurkan ke dalam 15 g agar yang sebelumnya direbus dengan akuades sampai mencair. Campuran ekstrak kentang dan agar ditambahkan 20 g dextrose. Akuades ditambahkan apabila belum mencapai 1000 mL, selanjutnya dihomogenkan menggunakan hot plate dan stirrer. Media yang telah jadi dituangkan ke dalam labu Erlenmeyer dan ditutup dengan kapas dan dilapisi aluminium foil, kemudian disterilkan dengan autoklaf pada suhu 121 °C selama 15 menit dengan tekanan 2 atm.

2.5. Isolasi Jamur dari Baglog yang Terkontaminasi

Jamur yang digunakan dalam penelitian ini adalah jamur yang mengkontaminasi medium pertumbuhan jamur *P. ostreatus* atau dikenal dengan sebutan baglog. Bagian baglog yang terkontaminasi, diambil 1cm x 1cm x 0,5cm lalu ditanamkan pada 10 mL medium PDA yang telah dituang pada cawan Petri, setelah itu diinkubasi selama 5 hari pada suhu ruang.

2.6. Pemurnian Isolat (Wipradnyadewi, 2005)

Pemurnian isolat bertujuan untuk mendapatkan satu isolat yang benar – benar murni tanpa campuran dari jamur lain. Koloni jamur yang tumbuh dari hasil isolasi dipisahkan dilihat dari perbedaan

morfologi miselium dan ditanam pada 10 mL medium PDA yang telah dituang pada cawan Petri, setelah itu diinkubasi selama 5 hari pada suhu ruang.

2.7. Peremajaan Isolat *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. (Kim *et al.*, 2007)

Peremajaan isolat *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. dilakukan dengan menginokulasikan 1 ose isolat pada 10 mL medium PDA yang telah dituang pada cawan Petri, setelah itu diinkubasi selama 5 hari pada suhu ruang.

2.8. Pembuatan Medium Potato Dextrose Broth (PDB) (Ronald, 1995)

Pembuatan medium PDB, yaitu 200 g kentang dikupas dari kulitnya, setelah dikupas dipotong – potong menjadi dadu dengan ukuran kecil. Potongan kentang dimasukan ke dalam wadah lalu ditambahkan akuades sampai terendam dan direbus sampai lunak. Ekstrak kentang yang diperoleh ditambahkan 20 g dextrose. Akuades ditambahkan apabila belum mencapai 1000 mL, selanjutnya dihomogenkan menggunakan *hot plate* dan *stirrer*. Media yang telah jadi dituangkan ke dalam labu Erlenmeyer dan ditutup dengan kapas dan dilapisi alumunium foil, kemudian disterilkan dengan autoklaf pada suhu 121 °C selama 15 menit dengan tekanan 2 atm.

2.9. Pembuatan Inokulum *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. pada Medium PDB (Pilatin & Kunduhoglu, 2011; Lade *et al.*, 2012)

2.9.1. Pembuatan Inokulum Tunggal

Isolat *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. yang ditumbuhkan pada 10 mL medium PDA di cawan Petri, masing – masing dibentuk lingkaran menggunakan sedotan dengan diameter 10 mm sebanyak 6 plug lalu diinokulasikan pada 40 mL medium PDB dalam labu Erlenmeyer 100 mL. Inokulasi dilakukan secara aseptis kemudian medium ditutup dengan sumbat kapas dan dilapisi alumunium foil, setelah itu diagitasi dan diinkubasi selama 3 hari.

2.9.2. Pembuatan Inokulum Konsorsium

Isolat campuran (konsorsium) masing – masing isolat yaitu *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. yang ditumbuhkan pada 10 mL medium PDA di cawan Petri, sebanyak 3 plug dibentuk lingkaran menggunakan sedotan dengan diameter 10 mm lalu diinokulasikan pada 20 mL medium PDB dalam labu Erlenmeyer 100 mL yang berbeda. Inokulasi dilakukan secara aseptis kemudian medium ditutup dengan sumbat kapas dan dilapisi alumunium foil, setelah itu diagitasi dan diinkubasi selama 3 hari.

2.10. Persiapan Limbah Cair Batik

Limbah cair batik yang digunakan adalah limbah cair batik yang mengandung zat pewarna Indigosol Blue 04B yang ditampung secara langsung dari hasil proses pencucian batik. Limbah cair batik diperoleh dari industri batik di Sokaraja, Kabupaten Banyumas.

2.11. Perlakuan Dekolorisasi Limbah Batik (Verma *et al.*, 2010)

2.11.1. Perlakuan Dekolorisasi Limbah Batik pada Inokulum Tunggal

Inokulum *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. sebanyak 40 mL yang telah diinkubasi selama 3 hari, masing – masing dimasukkan pada labu Erlenmeyer 250 mL yang berisi limbah cair batik sebanyak 60 mL. Perlakuan dilakukan secara aseptis kemudian sampel diinkubasi dengan waktu 36 jam, 72 jam, 108 jam dalam keadaan diagitasi dengan kecepatan 75 rpm.

2.11.2. Perlakuan Dekolorisasi Limbah Batik pada Inokulum Konsorsium

Perlakuan isolat campuran (konsorsium), masing-masing 20 mL inokulum *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. yang telah diinkubasi selama 3 hari, disatukan menjadi 40 mL inokulum dalam satu labu Erlenmeyer 250 mL yang telah berisi limbah cair batik sebanyak 60 mL. Perlakuan dilakukan secara aseptis kemudian sampel diinkubasi dengan waktu 36 jam, 72 jam, 108 jam dalam keadaan diagitasi dengan kecepatan 75 rpm.

2.12. Pengamatan Persentase Dekolorisasi Warna Limbah Cair Batik

2.12.1. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Zat Warna Indigosol Blue 04B (Purnama & Setiati, 2004)

Penentuan panjang gelombang maksimum menggunakan UV-VIS spektrofotometer 1800, yaitu dengan cara pengukuran zat warna Indigosol Blue 04B pada panjang gelombang 400 – 700 nm. Panjang gelombang yang menghasilkan absorbansi terbesar merupakan panjang gelombang maksimum yang akan digunakan untuk pengukuran dekolorisasi limbah cair batik pada setiap perlakuan. Panjang gelombang maksimum zat warna Indigosol Blue 04B yang diperoleh pada penelitian ini adalah 600,5 nm.

2.12.2. Pembuatan Kurva Standar Zat Warna Indigosol Blue 04B (Sukarta & Putu, 2013)

Pembuatan kurva standar dilakukan dengan cara, membuat larutan standar zat warna Indigosol Blue 04B dengan konsentrasi 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 dan 90 ppm lalu diukur absorbansinya menggunakan UV-VIS spektrofotometer 1800 pada panjang gelombang 600,5 nm. Data absorbansi yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk membuat kurva standar.

2.12.3. Penentuan Persentase Dekolorisasi Limbah Cair Batik (Rani et al., 2011)

Sampel limbah cair batik pada setiap unit percobaan yang telah terdekolorisasi disaring menggunakan kertas saring. Hasil saringan yang diperoleh ditampung dalam tabung reaksi kemudian diukur absorbansinya menggunakan UV-VIS spektrofotometer 1800 dengan panjang gelombang 600,5 nm. Persentase dekolorisasi diukur dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Dekolorisasi (\%)} = \frac{(\text{Konsentrasi awal} - \text{Konsentrasi akhir})}{\text{Konsentrasi awal}} \times 100$$

2.13. Parameter Pendukung

2.13.1. pH (SNI-06-6989.11-2004, 2004)

Limbah sebelum perlakuan dan sesudah perlakuan diukur kadar pH nya menggunakan pH meter digital. Sebelum dilakukan pengukuran pH, pH meter dikalibrasi dengan larutan buffer pH (4 dan 6,8).

2.13.2. Suhu (SNI-06-06989.23-2005, 2005)

Suhu diukur sebelum dan sesudah perlakuan, dengan mencelupkan termometer ke dalam air limbah.

2.13.3. Pengukuran Bobot Basah Miselium (Winara dkk., 2014)

Miselium *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. yang ditumbuhkan dalam medium PDB dan telah diberikan perlakuan berupa pemberian limbah cair batik selama waktu inkubasi yang ditentukan yaitu 36, 72 dan 108 jam disaring menggunakan kertas saring dan alat penyaring bertekanan. Miselium jamur yang sudah disaring lalu dihitung bobot basah miselium dengan cara menghitung selisih bobot miselium jamur dan kertas saring dengan bobot kertas saringnya.

2.13.4. Pengukuran Bobot Kering Miselium (Winara dkk., 2014)

Miselium *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. yang ditumbuhkan dalam medium PDB dan telah diberikan perlakuan berupa pemberian limbah cair batik selama waktu inkubasi yang ditentukan yaitu 36, 72 dan 108 jam disaring menggunakan kertas saring dan alat penyaring bertekanan. Miselium jamur yang sudah disaring lalu dimasukkan dalam oven dengan suhu 60 °C selama 24 jam, kemudian dihitung bobot kering miselium dengan cara menghitung selisih bobot miselium jamur dan bobot kertas saring dengan bobot kertas saringnya.

2.13.5. Prediksi Hasil Degradasi Limbah Cair Batik (APHA, 2005)

Prediksi hasil degradasi limbah cair batik meliputi uji nitrit, nitrat dan ammonia serta pengukuran panjang gelombang maksimum pada sampel limbah cair batik setelah perlakuan.

2.14. Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis ragam (uji F) pada tingkat kepercayaan 95% - 99%. Perlakuan pemberian *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. dengan waktu inkubasi berbeda

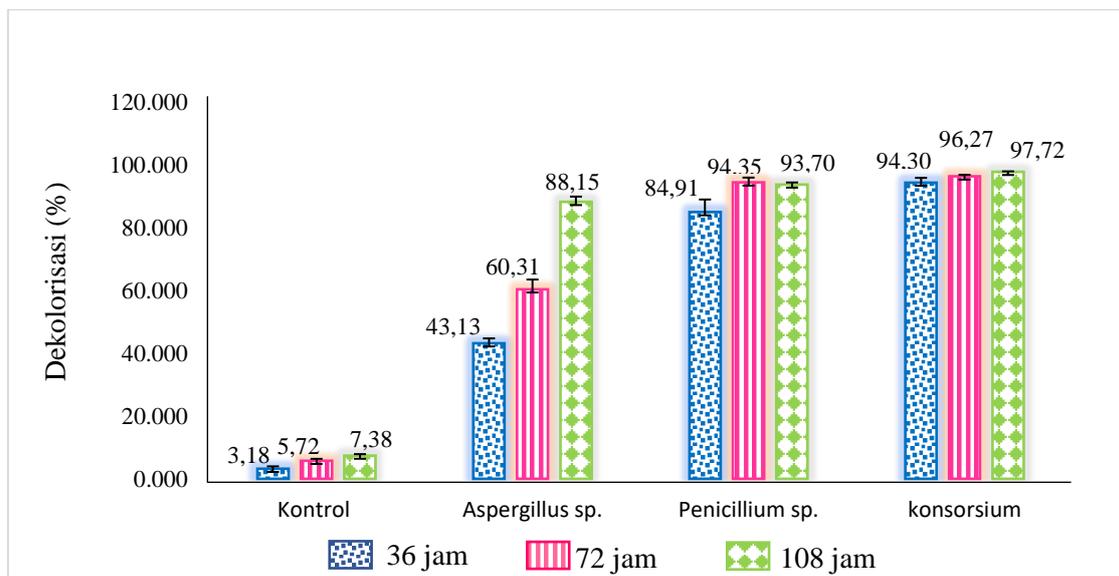
yang mampu mendekolorisasi limbah cair batik atau perlakuan yang diberikan berpengaruh nyata/sangat nyata dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ), dengan tingkat kesalahan 1% - 5%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolat *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. yang digunakan dalam penelitian ini didapat dari hasil isolasi jamur yang mengkontaminasi medium pertumbuhan jamur makroskopis yaitu baglog *P.ostreatus*. Isolat *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. yang didapatkan, diperbanyak pada medium PDA dan diinkubasi selama 5 hari. *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. yang telah tumbuh di medium PDA diinokulasikan ke medium cair yaitu PDB dan diinkubasi untuk selanjutnya diberi perlakuan. Perlakuan yang diberikan yaitu pemberian limbah cair batik yang mengandung zat warna Indigosol Blue 04B. Limbah cair batik yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan dari industri batik di Sokaraja. Inokulum *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. yang telah tumbuh di medium PDB ditambahkan limbah cair batik lalu diinkubasi dengan waktu berbeda yaitu 36, 72, dan 108 jam, kemudian diamati kemampuannya dalam mendekolorisasi limbah cair batik.

3.1. Dekolorisasi Limbah Cair Batik

Hasil rata – rata nilai persentase yang diperoleh dari dekolourisasi limbah cair batik dengan waktu inkubasi 36, 72 dan 108 jam pada inokulum *Aspergillus* sp. yaitu 43,13% – 88,15%, *Penicillium* sp. 84,91% – 93,70%, konsorsium 94,30% – 97,72% serta kontrol 3,18% – 7,38%. Rata – rata persentase tertinggi diperoleh pada perlakuan konsorsium dengan waktu inkubasi 108 jam (W3M3) yaitu 97,72%, sedangkan persentase dekolourisasi terendah diperoleh pada perlakuan *Aspergillus* sp. dengan waktu inkubasi 36 jam (W1M1) yaitu sebesar 43,13%. Hasil rata – rata persentase dekolourisasi disajikan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Histogram rata – rata persentase dekolourisasi limbah cair batik menggunakan *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. dengan waktu inkubasi 36, 72 dan 108 jam.

Data persentase dekolourisasi yang diperoleh kemudian ditransformasi arcsin. Data hasil transformasi selanjutnya dianalisis dengan analisis ragam (Uji F) dengan tingkat kepercayaan 95% dan 99% untuk mengetahui pengaruh perlakuan pemberian *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. dan konsorsium dengan waktu inkubasi berbeda dalam mendekolorisasi limbah batik cair. Hasil uji disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Analisis ragam persentase dekolourisasi limbah cair batik menggunakan *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. dengan waktu inkubasi berbeda.

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hitung	F Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	11	25269,26436	2297,206	630,451	**	2,22 3,09
Galat	24	87,450	3,64375			
Total	35	25356,714	724,4775			

(Keterangan : ** = berpengaruh sangat nyata)

Berdasarkan hasil analisis statistik pada **Tabel 1** didapatkan F hitung (630,451) > F tabel (2,22 dan 3,09), dapat diketahui jenis inokulum dan waktu inkubasi yang berbeda berpengaruh terhadap persentase dekolorisasi limbah cair batik. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. dengan waktu inkubasi 36, 72, dan 108 jam mampu mendekolorisasi limbah cair batik. Maka hipotesis I diterima, yang menyatakan bahwa *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. dengan waktu inkubasi berbeda mampu mendekolorisasi limbah cair batik. Hal ini sesuai dengan pernyataan Balaji *et al.* (2012) bahwa *A. niger* dan *Penicillium* sp. berpotensi dalam mendekolorisasi limbah tekstil dan zat pewarna azo. Gopi *et al.* (2012) menambahkan bahwa konsorsium fungi (*Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp.) memiliki kemampuan mendekolorisasi pewarna yang terdapat pada limbah tekstil sebanyak 74% dengan waktu inkubasi 5 hari, sementara itu, hasil penelitian Torralba *et al.* (2009) menunjukkan bahwa *Penicillium* sp. efisien dalam mendekolorisasi pewarna tekstil yang berbeda dan campuran pewarna tekstil, serta signifikan dalam mereduksi toksisitas dalam zat warna tersebut.

Hasil analisis statistik yang telah dilakukan didapatkan perlakuan yang diberikan berpengaruh sangat nyata terhadap persentase dekolorisasi limbah cair batik, maka selanjutnya dilakukan uji Beda Nyata Jujur (BNJ). Uji BNJ dilakukan dengan tingkat kesalahan 1%. Tujuan analisis ini untuk *mengetahui* perbedaan pengaruh antar perlakuan. Hasil uji dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) persentase dekolorisasi limbah cair batik menggunakan *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. dengan waktu inkubasi berbeda pada tingkat kesalahan 1%.

No.	Perlakuan	Rata - rata persentase dekolorisasi (%)
1.	M0W1	3,18 a
2.	M0W2	5,72 a
3.	M0W3	7,38 a
4.	M1W1	43,13 b
5.	M1W2	60,31 c
6.	M1W3	88,15 de
7.	M2W1	84,91 d
8.	M2W2	94,35 ef
9.	M2W3	93,70 ef
10.	M3W1	94,30 ef
11.	M3W2	96,27 f
12.	M3W3	97,72 f

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama berbeda tidak nyata pada BNJ 1%

W1= Waktu inkubasi 36 jam.

W2 = Waktu inkubasi 72 jam.

W3= Waktu inkubasi 108 jam.

M0= Tanpa pemberian miselium.

M1= Miselium *Aspergillus* sp.

M2= Miselium *Penicillium* sp.

M3 = Miselium *Penicillium* sp. dan *Aspergillus* sp.

Berdasarkan hasil uji BNJ dengan tingkat kesalahan 1% (**Tabel 2**) yaitu semua perlakuan berbeda nyata terhadap kontrol dan antar perlakuan terdapat perbedaan yang nyata. Hal tersebut menunjukkan bahwa antar perlakuan dekolorisasi menggunakan *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. berpengaruh terhadap dekolorisasi limbah batik. Perlakuan yang menghasilkan persentase dekolorisasi yang tertinggi adalah perlakuan konsorsium dengan waktu inkubasi 108 jam (M3W3) dengan nilai persentase dekolorisasi 97,72%. Hasil ini membuktikan bahwa perlakuan M3W3 merupakan perlakuan terbaik, walaupun perlakuan M3W3 tidak berbeda nyata dengan perlakuan M2W2, M2W3, M3W1 dan M3W2, karena hasil persentase dekolorisasi limbah cair batik M3W3 yang didapatkan lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Berdasarkan hasil yang didapat maka hipotesis ke II diterima, yang menyatakan perlakuan isolat konsorsium dengan waktu inkubasi 108 jam menghasilkan persentase dekolorisasi limbah cair batik yang paling baik.

Pada penelitian ini, rata – rata perlakuan konsorsium menghasilkan persentase dekolorisasi lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan isolat tunggal hal ini diduga kultur konsorsium melibatkan efek gabungan dan induktif berbagai enzim yang dapat bekerja secara sinergis sehingga kultur konsorsium memberikan keuntungan lebih dibandingkan dengan kultur individu (Kadam *et al.*, 2011). Hal ini didukung dengan hasil penelitian Gopi *et al.* (2012), yaitu perlakuan individu *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Fusarium* sp., dan *Rhizopus* sp. menghasilkan persentase dekolorisasi pewarna indigo berurutan sebesar 57,21%; 53,26%; 54,52% dan 58,25% sedangkan pada perlakuan konsorsium persentase dekolorisasi yang didapatkan lebih tinggi sebesar 67,24%. Menurut Agary & Ayobami (2011), kultur campuran mikroorganisme lebih efisien dalam mendekolorisasi limbah pewarna dan menghasilkan persentase dekolorisasi lebih tinggi dibandingkan dengan kultur individu, dalam penelitiannya didapatkan persentase dekolorisasi isolat tunggal *A. niger* 48%, *F. compacticum* 42% dan *P. fluorescence* 46% sedangkan kultur campuran menghasilkan persentase 79%. Lade *et al.* (2012) melaporkan bahwa konsorsium *A. ochraceus* dan *Pseudomonas* sp. menghasilkan persentase dekolorisasi lebih tinggi sebesar 95% dalam waktu 30 jam sedangkan kultur individu *A. ochraceus* dan *Pseudomonas* sp. menghasilkan persentase dekolorisasi 46% dan 63%.

Penurunan zat warna limbah cair batik oleh jamur dapat melalui cara adsorpsi (pelekatan) dan enzimatis yang diikuti proses absorpsi (penyerapan). Adsorpsi zat pewarna pada limbah cair batik pada miselium jamur terjadi akibat interaksi elektrostatis antara muatan negatif yang terdapat pada zat pewarna dengan muatan positif dari penyusun dinding sel jamur yaitu kitin, polisakarida, lipid atau asam amino (Aksu & Sevilay, 2000). Hal ini ditandai dengan perubahan warna miselium yang pada awal perlakuan berwarna putih dan putih kekuningan menjadi warna biru mengikuti warna pada limbah cair batik yang digunakan.

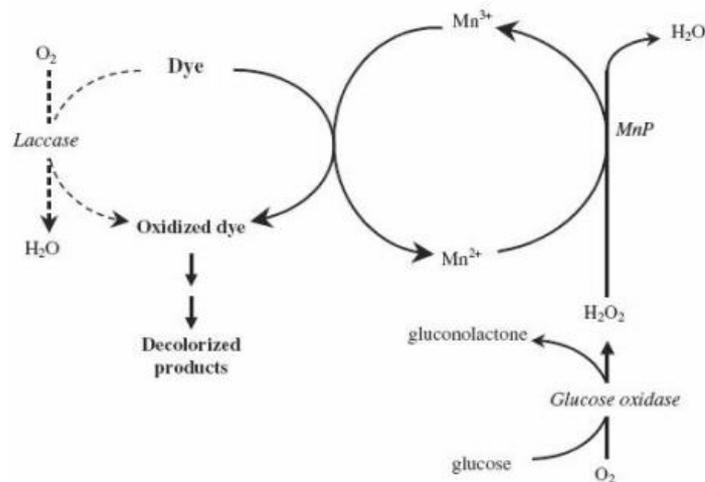
Dekolorisasi zat pewarna pada limbah cair batik juga melalui proses enzimatis. Proses enzimatis terjadi karena jamur memiliki kemampuan dalam menghasilkan enzim lignolitik ekstraseluler. Enzim lignolitik ekstraseluler yang dihasilkan oleh jamur yaitu mangan peroksidase (MnP), lignin peroksidase (LiP) dan laccase (Brown & Stephen, 1993). Kelebihan dari enzim ini bersifat tidak spesifik sehingga mampu bekerja pada spektrum substrat yang luas (Ramalingman *et al.*, 2010). Abadulla *et al.* (2000) menambahkan bahwa enzim lignolitik ekstraseluler bereaksi tidak spesifik pada ikatan rantai aromatik sehingga berpotensi dalam mendegradasi struktur aromatik dengan batasan yang luas. Hal ini yang menyebabkan jamur mampu dalam mendekolorisasi berbagai macam zat pewarna namun tidak semua jamur mampu menghasilkan ketiga enzim ini. Desai & Nityanand (2011) melaporkan bahwa *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. menghasilkan enzim laccase. Miranda *et al.* (2012) menyatakan bahwa *Aspergillus* sp. menghasilkan enzim laccase dan mangan peroksidase dalam penelitiannya sebanyak 1950 U L⁻¹ dan 552 U L⁻¹.

Mekanisme proses dekolorisasi zat pewarna limbah cair batik dengan enzim lignolitik diawali dari oksidasi enzim lignolitik oleh oksigen, selanjutnya enzim lignolitik dalam keadaan teroksidasi tersebut mengoksidasi zat warna yang terdapat pada limbah cair batik. Enzim lignolitik salah satunya laccase dapat merombak senyawa aromatik, polimer sintetik, dan zat warna melalui reaksi redoks, di mana enzim lignolitik akan mengoksidasi senyawa-senyawa karbon menjadi CO₂ dan H₂O (Sukarta & Putu, 2013). Mekanisme oksidasi zat warna oleh enzim laccase dan mangan peroksidase dapat dilihat pada **Gambar 3**. Coulibaly *et al.* (2003) menyatakan bahwa enzim lignolitik ekstraseluler yang dihasilkan miselium jamur dapat memutuskan ikatan rangkap amin dan karbon siklik yang merupakan

pendukung terbentuknya warna, sehingga apabila ikatannya terputus maka kepekatan warna akan berkurang.

Penggunaan waktu inkubasi yang berbeda pada penelitian ini untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. dalam mendekolorisasi limbah cair batik yang mengandung zat pewarna indigosol. Waktu inkubasi optimum dapat ditentukan dari hasil persentase dekolorisasi. Pada penelitian ini hasil persentase dekolorisasi *Aspergillus* sp, *Penicillium* sp. dan konsorsium dengan waktu inkubasi 36 jam secara berurutan adalah 43,13%; 84,91%; 94,30% pada waktu inkubasi 72 jam 60,31%; 94,35%; 96,27% dan waktu inkubasi 108 jam 88,15%; 93,70%; 97,72% dapat diketahui persentase dekolorisasi meningkat seiring dengan lamanya waktu inkubasi. Menurut Novak *et al.* (2001), lama waktu kontak antara miselium jamur dengan zat warna mempengaruhi aktivitas jamur dalam merombak zat warna tersebut.

Pada waktu inkubasi 36 jam diduga jamur masih dalam fase adaptasi dengan lingkungan sehingga menghasilkan persentase dekolorisasi yang masih rendah. Setelah fase adaptasi atau disebut juga dengan fase lag, jamur mengalami fase pertumbuhan atau disebut juga dengan fase eksponensial diduga fase ini pada waktu inkubasi 72 dan 108 jam karena nilai persentase dekolorisasi mengalami kenaikan pada waktu ini. Menurut Gandjar dkk. (2006), pada fase eksponensial inilah jamur menghasilkan dengan optimal enzim lignolitik ekstraseluler. Peningkatan hasil persentase dekolorisasi terus terjadi sampai waktu inkubasi 108 jam mengindikasikan bahwa belum dicapainya waktu optimum jamur dalam mendekolorisasi limbah cair batik. Jamur masih aktif mendegradasi zat warna dapat disebabkan medium jamur yang masih mengandung nutrisi. Fase stationer dan kematian selanjutnya akan dialami oleh jamur yang dapat dilihat dengan penurunan persentase dekolorisasi. Pada perlakuan *Penicillium* sp. dengan waktu inkubasi 108 jam mengalami penurunan persentase dekolorisasi hal ini dapat disebabkan jamur sudah mulai memasuki fase stationer atau kematian.



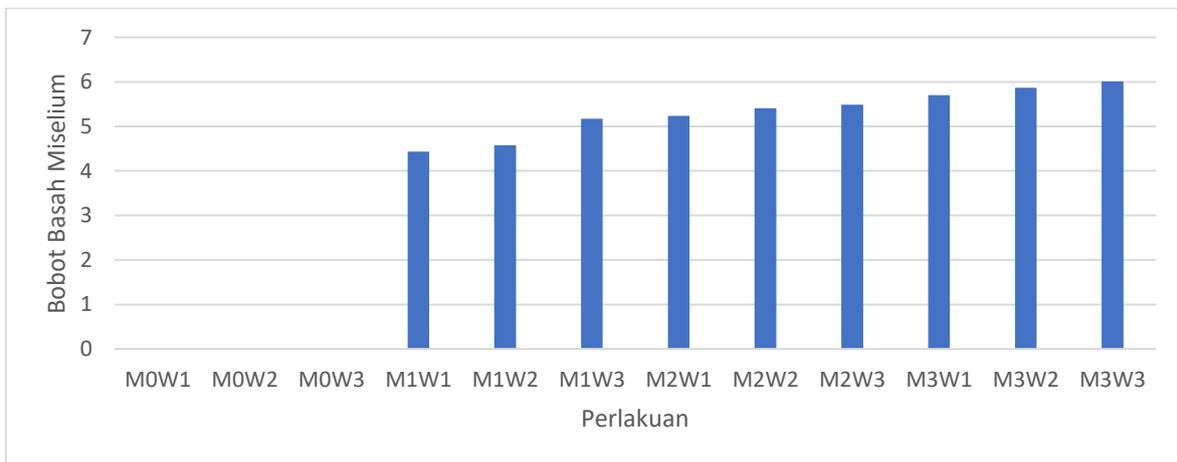
Gambar 3. Oksidasi zat warna oleh enzim laccase dan mangan peroksidase. (Sumber : Guswandhi dkk., 2010).

Jadi pada perlakuan *Pencillium* sp. didapatkan waktu optimum dekolorisasi adalah pada waktu inkubasi 72 jam dan dapat dilihat, hasil persentase dekolorisasi dengan waktu inkubasi setelah waktu ini mengalami penurunan. Penurunan persentase dekolorisasi juga dapat disebabkan suatu keadaan dimana miselium jamur sudah jenuh dalam penyerapan. Menurut Purnama & Setiati (2004), lamanya waktu inkubasi berpengaruh terhadap kemampuan adsorpsi miselium jamur dalam proses dekolorisasi terhadap limbah cair. Zat warna yang menempel pada miselium akan semakin besar seiring dengan bertambahnya waktu inkubasi karena kontak antara sorben dengan zat warna akan berlangsung lebih lama sehingga zat warna yang diserap miselium lebih banyak, tetapi pada suatu waktu tertentu proses adsorpsi akan berhenti atau tingkat daya serapnya berkurang jika sorben sudah pada titik kritis daya serapnya.

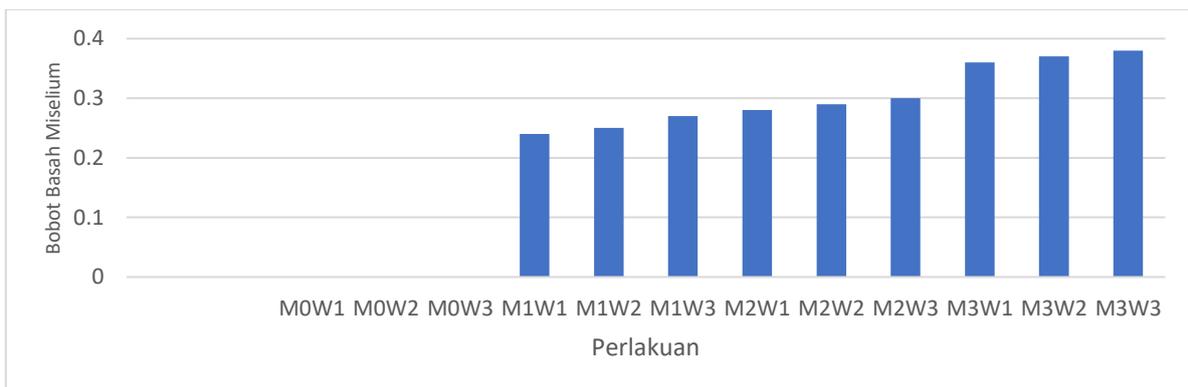
3.2 Pengukuran bobot basah dan kering miselium, perubahan pH serta suhu limbah cair batik

Pengukuran bobot basah dan kering miselium, pengukuran perubahan pH serta suhu limbah cair batik, merupakan parameter pendukung dalam penelitian ini. Hasil yang diperoleh pada pengukuran bobot basah miselium diperoleh nilai berat rata – rata miselium berkisar yaitu 4,43 – 6,01 g (**Gambar 4**). Setelah pengukuran bobot basah miselium maka selanjutnya dilakukan pengukuran bobot kering miselium. Hasil pengukuran bobot kering miselium diperoleh nilai berat rata – rata miselium berkisar 0,24 – 0,38 g (**Gambar 5**). maka diperoleh hasil berat terendah miselium, baik bobot basah maupun bobot kering dari perlakuan *Aspergillus* sp. dengan waktu inkubasi 36 jam (M1W1), bobot basah dan bobot kering tertinggi dari perlakuan konsorsium dengan waktu inkubasi 108 jam (M3W3).

Besaran bobot miselium berkorelasi dengan hasil dekolorisasi yang diperoleh. Bobot basah dan kering miselium yang besar menghasilkan nilai dekolorisasi yang tinggi. Perlakuan M3W3 dengan bobot basah dan kering miselium 6,01 g dan 0,38 g menghasilkan nilai persentase dekolorisasi paling tinggi yaitu 97,72%. Hal ini menunjukkan miselium berperan dalam proses dekolorisasi pewarna yang terdapat pada limbah cair batik. Hal ini berkaitan dengan jumlah enzim yang dihasilkan. Menurut Seyis & Subasioglu (2008), semakin bertambahnya pertumbuhan jamur maka akan semakin meningkatkan produksi enzim yang dihasilkan sehingga akan meningkatkan proses dekolorisasi. Selain itu bertambahnya bobot miselium menambah luas permukaan miselium dalam penempelan molekul zat warna.



Gambar 4. Bobot Basah Miselium



Gambar 5. Bobot Kering Miselium

Tabel 3. Nilai pH Limbah Cair Batik Sebelum dan Sesudah Perlakuan

No.	Perlakuan	pH awal	pH akhir
-----	-----------	---------	----------

		Ulangan			Ulangan		
		1	2	3	1	2	3
1	M0W1	6,8	6,8	6,8	6,9	7,0	6,9
2	M0W2	6,8	6,8	6,8	7,2	7,1	7,1
3	M0W3	6,8	6,8	6,8	7,4	7,3	7,2
4	M1W1	4,4	4,1	4,1	4,3	4,0	4,1
5	M1W2	4,7	4,6	4,6	4,3	4,5	4,5
6	M1W3	4,8	4,5	4,7	4,5	4,4	4,5
7	M2W1	5,8	5,7	6,3	5,6	5,7	6,0
8	M2W2	5,6	5,6	6,0	4,5	4,4	4,9
9	M2W3	5,7	5,6	5,6	5,3	5,7	5,7
10	M3W1	4,7	4,7	5,0	4,4	4,4	4,8
11	M3W2	4,7	4,8	4,8	4,3	4,5	4,5
12	M3W3	4,9	4,9	4,7	4,5	4,6	4,4
Kisaran		4,1 – 6,8			4,0 – 7,4		

Tabel 4. Nilai Suhu Limbah Cair Batik Sebelum dan Sesudah Perlakuan

No.	Perlakuan	suhu awal ($^{\circ}$ C)			suhu akhir ($^{\circ}$ C)		
		Ulangan			Ulangan		
		1	2	3	1	2	3
1	M0W1	30	30	30	30	30	30
2	M0W2	30	30	30	30	30	30
3	M0W3	30	30	30	30	30	30
4	M1W1	30	30	30	30	30	30
5	M1W2	30	30	30	31	31	31
6	M1W3	30	30	30	31	31	31
7	M2W1	30	30	30	31	31	31
8	M2W2	30	30	30	30	31	31
9	M2W3	30	30	30	32	31	31
10	M3W1	28	28	28	28	29	29
11	M3W2	28	28	28	28	28	28
12	M3W3	28	28	28	30	29	29
Kisaran		28 - 30			28 - 32		

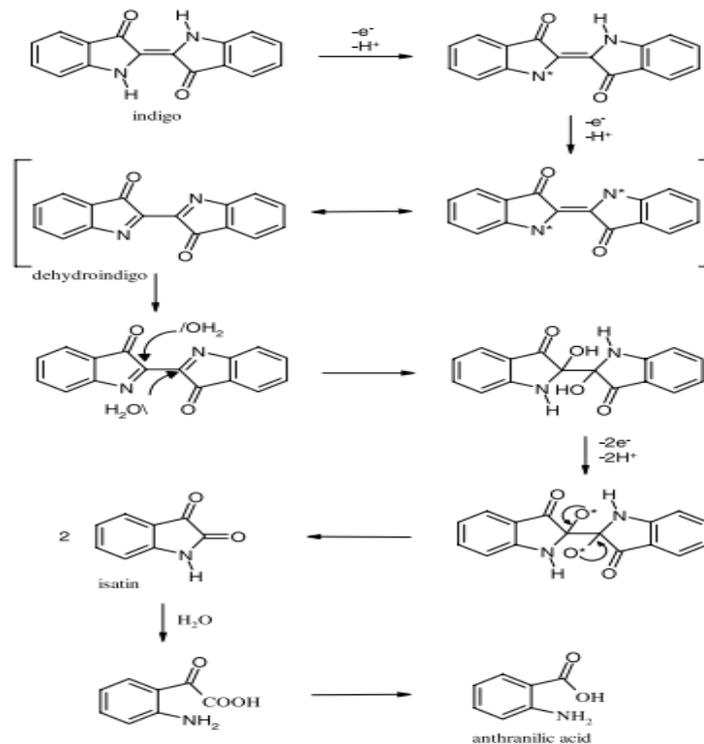
Dari pengukuran bobot kering miselium, diketahui terjadi penambahan bobot miselium seiring bertambahnya waktu inkubasi namun pertambahan bobot miselium sangatlah rendah. Menurut Yazid & Arifin (2006), sebagian besar mikroba yaitu jamur, bakteri dan khamir mampu bertahan hidup dan berkembang biak pada media toksik karena memiliki mekanisme detoksifikasi, hal ini dapat diketahui dari fenomena yang sering dijumpai yaitu didapatkannya isolat jamur, bakteri atau khamir dari lingkungan tercemar tetapi besarnya kemampuan berkembang biak dilihat dari kemampuan hidup mikroba itu sendiri dan seberapa tinggi kadar toksik yang dipaparkan. Menurut Dewi & Sri (2010), suspensi yang pekat dalam limbah akan mempengaruhi pertumbuhan jamur, semakin pekat konsentrasi limbah sebagai medium tumbuh jamur maka semakin kecil kemungkinan jamur untuk dapat hidup.

Pengukuran pH limbah cair batik dilakukan sebelum perlakuan dan sesudah perlakuan (**Tabel 3**). Hasil yang diperoleh nilai pH awal pada kontrol yaitu 6,8 dan nilai pH akhir berkisar 6,9 – 7,4

sedangkan pada perlakuan *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. dan konsorsium dengan waktu inkubasi berbeda nilai pH awal (sebelum perlakuan) berkisar 4,1 – 6,3 dan nilai pH akhir (sesudah perlakuan) berkisar 4,0 – 6,0. Nilai pH akhir relatif menurun dibandingkan dengan nilai pH awal. Menurut Paramita dkk. (2012), perubahan pH menunjukkan terjadinya proses biodegradasi bahan organik, nilai pH pada awal degradasi akan meningkat dan kemudian menurun. Peningkatan pH terjadi saat proses hidrolisis dimana H⁺ digunakan untuk mengkatalisis reaksi pemutusan ikatan polisakarida setelah itu terjadi penurunan pH karena adanya asam organik yang dihasilkan dari pemecahan senyawa organik kompleks menjadi senyawa lebih sederhana oleh mikroorganisme.

Penelitian Wasmid (2014) sesuai dengan hasil penelitian ini, yaitu diperoleh nilai pH pada perlakuan inkubasi limbah cair batik menggunakan limbah medium tanam jamur yang masih mengandung miselium *P. sajor-caju* dan *Auricularia auricula* pH sebelum dan setelah perlakuan rata – rata mengalami penurunan berkisar antara 6,0 – 6,3 menjadi 5,1 – 6,2 dan dalam penelitian Wulandari dkk. (2014), pada pH medium limbah awal 7,74 dan pH akhir setelah diberi perlakuan pemberian medium tanam jamur yang masih mengandung miselium *P. sajor-caju* menjadi 6,53 – 7,48. Nilai pH akhir pada limbah cair batik yang didapat pada penelitian ini, rata - rata telah sesuai dengan pH medium untuk pertumbuhan jamur. Ramya *et al.* (2007) melaporkan bahwa jamur akan memiliki pertumbuhan yang baik pada kondisi asam hingga netral. Menurut Knapp *et al.* (2001), nilai pH optimum untuk jamur dalam mendegradasi antara 4,5 – 5,5. Widiastuti dkk. (2007) menambahkan bahwa enzim lignolitik baik laccase, LiP, dan MnP bekerja secara optimal pada pH 5.

Pengukuran suhu dilakukan sebelum dan sesudah perlakuan (**Tabel 4**). Hasil yang diperoleh, nilai kisaran suhu sebelum perlakuan 28 °C – 30 °C dan setelah perlakuan kisaran nilai 28 °C – 32 °C. Hasil penelitian menunjukkan rata – rata nilai suhu mengalami kenaikan, hal ini dapat terjadi karena proses metabolisme yang dihasilkan jamur yaitu berupa kalor sehingga dapat menyebabkan suhu medium meningkat. Menurut Knapp *et al.* (2001), suhu berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi enzim pada jamur. Jamur memiliki suhu optimal dalam kultivasi yaitu 27 °C – 30 °C. Suhu optimal untuk reaksi enzim biasanya lebih tinggi, tetapi enzim menjadi tidak stabil dan terdegradasi pada suhu terlalu tinggi mendekati 50 °C. Erum & Safia (2011), melaporkan bahwa temperatur optimum untuk reduksi pewarna adalah 25 °C – 35 °C.



Gambar 6. Prediksi hasil degradasi limbah cair batik yang mengandung pewarna indigosol. Sumber : Campos *et al.*, 2001.

3.3. Prediksi Hasil Degradasi Limbah Cair Batik

Prediksi hasil degradasi limbah cair batik dalam penelitian ini adalah dengan mengukur kandungan nitrit, nitrat dan ammonia serta melihat pergeseran panjang gelombang maksimum zat warna *Indigosol Blue 04B* pada limbah cair batik yang telah diberi perlakuan. Dari hasil pengukuran diperoleh kadar nitrit, nitrat dan ammonia pada sampel limbah cair batik masing – masing $0,895 \text{ mg L}^{-1}$; $8,677 \text{ mg L}^{-1}$ dan $2,655 \text{ mg L}^{-1}$. Hasil pengukuran panjang gelombang maksimum limbah cair batik sebelum diberi perlakuan yaitu $600,5 \text{ nm}$, sedangkan pada pengukuran panjang gelombang maksimum setelah diberi perlakuan yaitu $279,0 \text{ nm}$.

Terjadi pergeseran panjang gelombang maksimum zat warna *Indigosol Blue 04B* dalam limbah cair batik sebelum dan setelah limbah cair batik diberi perlakuan, serta terdapatnya kandungan nitrit, nitrat dan ammonia menandakan bahwa zat pewarna *Indigosol Blue 04B* telah terdegradasi dalam limbah cair batik. Menurut Balan & Regina (2001), hasil degradasi dari pewarna indigo menggunakan enzim laccase adalah isatin (indole-2,3 dione) dimana senyawa terdegradasi ini akan berubah menjadi asam anthranilic (2-aminobenzoid acid). Campos *et al.* (2001) menambahkan bahwa senyawa isatin yang terbentuk tidak stabil dan akan terurai secara spontan melalui dekarboksilasi menghasilkan asam anthranilic sebagai hasil akhir degradasi. Prediksi hasil degradasi limbah cair batik yang mengandung pewarna indigosol dengan bantuan enzim laccase dapat dilihat pada **Gambar 6**.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bahwa *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. dengan waktu inkubasi berbeda mampu dalam mendekolorisasi limbah cair batik, hasil perlakuan yang menunjukkan nilai paling tinggi dalam mendekolorisasi limbah cair batik adalah pemberian inokulum konsorsium dengan waktu inkubasi 108 jam dengan persentase dekolorisasi 97,720% dan memiliki bobot kering miselium dengan rata – rata 0,38 g.

DAFTAR PUSTAKA

- Abadulla, E., Karl, H.R., & Georg, M.G., 2000. Enzymatic Decolorization of Textile Dyeing Effluents. *Journal Textile Research*, 70(5), pp. 409-414.
- Aksu, Z. & Sevilay, T., 2000. Equilibrium and Kinetic Modelling of Biosorption of Remazol Black B by *Rhizopus arrhizus* in a Batch System: Effect of Temperature. *Journal of Process Biochemistry*, 36(5), pp.431-439.
- Agarry, S. & Ayobami, O., 2011. Evaluation of Microbial System for Biotreatment of Textile Waste Effluents in Nigeria; Biodecolourization and Biodegradation of Textile Dye. *Journal Application Science Environmental Manage*, 15(1), pp. 79-86.
- Agustina, T.E. & Muhammad, A., 2012. Pengaruh Temperatur dan Waktu pada Pengolahan Pewarna Sintesis Procion Menggunakan Reagen Fenton. *Jurnal Teknik Kimia*, 18(3), pp. 54-61.
- APHA, 2005. *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater*. 21th ed. New York : Health Association.
- Balaji, V., Vinayagamoorthi, D., Palanisamy, A. & Anbalagan, S., 2012. Degradation of Reactive Red HE7B dan Yellow FN2R Dyes by Fungal Isolates. *Journal of Academy Research*, 1(3), pp. 132-136.
- Balan, D.S.L. & Regina, T.R.M., 2001. Decolorization of Textile Indigo Dye by Ligninolytic Fungi. *Journal of Biotechnology*, 89, pp. 141-145.
- Bidhendi, G., Torabian, A., Ehsani, H. & Ramzmkhah, N., 2007. Evaluation of Industrial Dyeng Wastewater Treatment With Coagulant and Polielectrolit as a Coagulant Aid. *Environment Healt Science*, 4(1), pp. 29-36.
- Brown, M.A. & Stephen, C.D.V., 1993. Predicting Azo Dye Toxicity. *Journal Environmental Science and Technology*, 23(3), pp. 249-324.

- Campos, R., Kandelbauer, A., Robra, K.H., Artur, C.P. & Gubitz, G.M., 2001. Indigo Degradation With Purified Laccases From *Trametes hirsuta* and *Sclerotium rolfsii*. *Journal of Biotechnology*, 89, pp. 131-139.
- Coulibaly, L., Germain, G. & Agathos, N.S., 2003. Utilization of Fungi for Biotreatment of Raw Wastewater. *African Journal of Biotechnology*, 2(12), pp. 620-630.
- Daneshvar, N., Ayazloo, M., Khatae, A. & Pourhassan, M., 2007. Biological Decolorization of Dye Solution Containing Malachite Green by Microalgae *Cosmarium* sp. *Bioresourch Technology*, 98, pp. 1-7.
- Desai, S. & Nityanand, C., 2011. Microbial Laccase and Their Applications a Review. *Asian Journal of Biotechnology*, 3(2), pp. 98-124.
- Dewi, R. & Sri, L., 2010. Dekolorisasi Limbah Batik Tulis Menggunakan Jamur Indigenous Hasil Isolasi pada Konsentrasi Limbah yang Berbeda. *molekul*, 5(2), pp. 75-82.
- Dewi, R. & Uki, D., 2012. Penggunaan Limbah Medium Tanam Jamur Tiram (*Pleurotus ostreatus*) dalam Penyerapan Warna Limbah Cair Batik. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Sumber Daya Pedesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan*. ISBN : 978-979-9204-79-0.
- Erum, S & Safia, A., 2011. Comparison of Dye Decolorization Efficiencies of Indigenous Fungal Isolates. *Journal of Biotechnology*. 10(17), pp. 3399-3411.
- Gandjar, I., Robet, A.S., Karin, V.D., Ariyanti, O., & Iman, S., 1999. *Pengenalan Kapang Tropik Umum*. Edisi kesatu. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Gandjar, I., Wellyzar, S. & Ariyanti, O., 2006. *Mikologi Dasar dan Terapan*. Edisi kesatu. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Gaudy, A. & Gaudy, E., 1980. *Microbiology For Environmental*. Singapore: McGraw-Hill Book Co.
- Gopi, V., Akhilesh, U. & Soundararajan, N., 2012. Bioremediation Potential of Individual and Consortium Non-Adapted Fungal Strain on Azo Dye Containing Textile Effluent. *Advanced in Applied Science Research*, 3(1), pp. 303-311.
- Guswandhi., James, S.P.P., Sri, H.S., Wardono, N. & Tjandra, S., 2007. Penghilangan Warna Limbah Tekstil dengan *Marasmius* sp. dalam Bioreaktor Unggun Tetap Termodifikasi (Modified Packed Bed). *Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proseses*. ISSN : 1411-4216
- Heaton, A., 1994. *The Chemical Industry*. 2nd ed. London: Blackie Academic and Profesional Chapman & Hal.
- Ilyas, M., 2006. Isolasi dan Identifikasi Kapang pada Relung Rizosfir Tanaman di Kawasan Cagar Alam Gunung Mutis Nusa Tenggara Timur. *Biodiversitas*, 3(7), pp. 216-220.
- Kadam, A.A., Telke, A.A., Jagtap, S.S. & Govindwar, S.P., 2011. Decolorization of Adsorbed Textile Dyes by Developed Consortium of *Pseudomonas* sp. SUK1 and *Aspergillus ochraceus* NCIM-1146 Under Solid State Fermentation. *Journal of Hazardous Materials*, (189), pp. 486-494.
- Kim, S., H.J, Hwang., B.J Lee. & J.W Yun., 2007. Submerged Production and Characterization of *Grifola* Polysaccharides. *Food Technology Biotechnology*, 45(3), pp. 295-305.
- Knapp, J. S., Eli, J., Vantoch, W. & Fuming, Z., 2001. *Fungi in Bioremediation*, 1st ed. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lade, H., Waghmode, T., Kadam, A. & Govindwar, 2012. Enhanced Biodegradation and Detoxification of Disperse Azo Dye Rubine GFL and Textile Industry Effluent by Defined Fungal-Bacterial Consortium. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 72, pp. 94-107.
- Martani, E., Sebastian, M. & Elisa, N., 2011. Isolasi dan Karakterisasi Jamur Pendegradasi Zat Pewarna Tekstil. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 18(2), pp. 127-136.
- Miranda, R., Edelvio, D.B.G., Ester, R.G., Katia, M.G.M., & Norma, B.D.G., 2012. Decolorization of Laundry Effluent by Filamentous Fungi. *African Journal of Biotechnology*, 11(18), pp. 4216-4224.
- Mohan, G., Loambal, K. & Ravikumar, R., 2012. Investigation on The Removal of Direct Red Dye Using *Aspergillus niger* and *Aspergillus flavus* Under Static and Shaking Condition With Modeling. *International Journal of Science Environmental*, 1(3), pp. 144-153.

- Novak, J.T., Robert, C.H. & Clifford, W.R., 2001. *Biological Reduction of a Synthetic Dye Water and an Industrial Textile Wastewater Containing Azo Dye Compounds*, Blacksburg Virginia: Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Orth, A., Danniell, J. & Ming, T., 1993. Ubiquity of Lignin Degrading Peroxidases Among Various Wood Degrading Fungi. *Applied and Environmental Microbiology*, 59(12), pp. 4017-2023.
- Paramita, P., Maya, S. & Kuswytasari, N.D., 2012. Biodegradasi Limbah Organik Pasar dengan Menggunakan Mikroorganisme Alami Tangki Septik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1(1), pp. 23-26.
- Pilatin, S. & Kunduhoglu, B., 2011. Decolorization of Textile Dyes by Newly Isolated *Trametes versicolor* Strain. *Journal of Science and Technology*, 1(2), pp. 126-135.
- Purnama, H. & Setiati, 2004. Adsorpsi Limbah Tekstil dengan Jerami Padi. *Teknik Glagar*, 15, pp. 1-9.
- Ramalingman., Saraswathy, N., Shanmugapriya, S., Shakthipriyadarshini, S., Sadasivam, S., & Shanmugaparakash, M., 2008. Decolorization of Textile Dyes by *Aspergillus tamarii* Mixed Fungal Culture and *Penicillium purpurogenum*. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 69, pp. 151-153.
- Ramya, M., Bhaskar, A., Kalavathy, S. & Devilaksmi, S., 2007. Biodecolorization and Biodegradation of Reactive Blue by *Aspergillus* sp.. *African Journal of Biotechnology*, 6(12), pp. 1441-1445.
- Rani, C., Asim, K. & Ajay, B., 2011. Studies on The Biodegradation of Azo Dyes by White Rot Fungi *Daedalea Flavida* in The Absence of External Carbon Source. *IPCBE*, 6, pp. 147-150.
- 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. *Biores Technology*, 7, pp. 247-255.
- Ronald, M., 1995. *Media for Environmental Microbiology*. 1st ed. United State of America: CRC Press.
- Seyis, I. & Subasioglu, T., 2008. Comparison of Live and Dead Biomass of Fungi on Decolorization of Methyl Orange. *African Journal of Biotechnology*, 7(13), pp. 2212 – 2216.
- Sjostrom, E & Alen, R., 1998. *Analytical Method in Wood Chemistry, Pulping, and Papermaking*. Berlin : Springer.
- Sastrawidana, I., Maryam, S. & Sukarta, I., 2012. Perombakan Air Limbah Tekstil Menggunakan Jamur Pendegradasi Kayu Jenis *Polyporus* sp. Teramobil pada Serbuk Gergaji Kayu. *Bumi Lestari*, 12(2), pp. 382-389.
- Shaoxing, 2012. Solubilised vat blue 5. [http:// www. worlddyevariety.com](http://www.worlddyevariety.com). [20 Desember 2014].
- SNI-06-06989.23-2005, 2005. *Air dan Air Limbah - Bagian 23: Cara Uji Suhu dengan Termometer*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-06-6989.11-2004, 2004. *Air dan Air Limbah - Bagian 11: Cara Uji Derajat Keasaman (pH) dengan Menggunakan pH meter*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Sugiharto, 1987. *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta: UI press.
- Sukarta, I. & Putu, S., 2013. Pengaruh Konsentrasi Ammonium Sulfat (NH₄)₂SO₄) Optimasi Jamur Jerami pada ILS (Isolat Lokal Singgaraja) untuk Biodegradasi Zat Warna Azo Jenis Remazol Red. *Jurnal kimia*, 7(1), pp. 91-101.
- Torralba, B., Nishikawa, M., Baptista, D.F., Magalhaes, D.P., Da Silva, M., 2009. Decolorization of Different Textile Dyes by *Penicillium simplicissimum* and Toxicity Evaluation After Fungal Treatment. *Brazilian Journal of Microbiology*, 4, pp. 808-817.
- U.S Environmental Protection Agency, 1997. *Toxic Substances Control ACT (TSCA) PL 94-469 Candidate List of Chemical Substances*. Washington DC: Office of toxic substances.
- Verma, A. C. R., Pankaj, V., Yogesh, S. & Chandrakant, G., 2010. Four Marine Derived Fungi for Bioremediation of Raw Textile Mill Effluents. *Biodegradation*, 27, pp. 217-233.
- Volk, W. & Wheeler, 1984. *Mikrobiologi Dasar Jilid 1*. Edisi kelima. Jakarta: Erlangga.
- Wasmid, 2014. Penggunaan Limbah Medium Tanam *Pleurotus sajor-caju* dan *Auricularia auricula* dalam Dekolorisasi Limbah Batik pada Waktu Kontak yang Berbeda. *Skripsi*. Purwokerto: Universitas Jenderal Soedirman.
- Widiastuti, H., Siswanto., & Suharyanto., 2007, Optimasi Pertumbuhan dan Aktivitas Enzim Lignolitik *Omphalina* sp. dan *Pleurotus ostreatus* pada Fermentasi Padat. *Menara Perkebunan*, 75(2), pp. 93-105.

- Winara, A., Achmad., Syamsul, F., 2014. Pengaruh Media Kultur dan Ekstrak Biji Mahoni Terhadap Pertumbuhan Isolat *Botryodiplodia* sp. Penyebab Mati Pucuk pada Bibit Jabon. *Jurnal Silvicultura Tropika*, 5(3), pp. 137-142.
- Wipradnyadewi, P.A.S., 2005. Isolasi dan Identifikasi *Rhizopus oligoporus* pada Beberapa Inokulum Tempe. *Laporan Hibah Penelitian Tim Pascasarjana*. Bali: Universitas Udayana.
- Wulandari, F., Nuniek, I. & Ratna, S., 2014. Dekolorisasi Limbah Batik Menggunakan Limbah Medium Tanam *Pleurotus ostreatus* pada Waktu Inkubasi yang Berbeda. *Scripta Biologica*, 1, pp. 71-75.
- Yazid, M. & Zainul, A., 2006. Isolasi dan Identifikasi Bakteria untuk Remediasi Radionuklida Uranium di dalam Lingkungan. *Prosiding PPI – PDIPTN*, pp. 115-122. ISSN : 0216-3128.