

**KEMAMPUAN ISOLAT JAMUR *Aspergillus niger* SEBAGAI AGEN
BIOREMEDIASI DALAM DEKOLORISASI SENYAWA PEWARNA
REACTIVE RED DAN *DIRECT TURKISH BLUE***

Catherine Stephanie

Biologi / Fakultas Teknobiologi Universitas Surabaya

catherinestephanie96@gmail.com

Abstrak - Penelitian ini tentang biodegradasi pewarna *reactive red* dan *direct turkish blue* oleh isolat jamur *Aspergillus niger* dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan jamur dalam mendegradasi pewarna *reactive red*. Biodekolorisasi pewarna dilakukan pada media *potato dextrose broth* (PDB). *Aspergillus niger* mampu mendekolorisasi pewarna pada konsentrasi 50 ppm sebesar 76,4% setelah diinkubasi selama 3 hari untuk pewarna *reactive red*. Sedangkan untuk pewarna *direct turkish blue* pada konsentrasi 50 ppm dengan masa inkubasi 4 hari mampu mendekolorisasi sebesar 50%. Penelitian mengindikasikan bahwa *Aspergillus niger* dapat digunakan untuk mendegradasi senyawa pewarna tekstil *reactive red* dan *direct turkish blue*.

Kata kunci : *Aspergillus niger*, Dekolorisasi, *Reactive Red*, *Direct Turkish Blue*

Abstract - The biodegradation of *reactive red* dye and *direct turkish blue* dye by fungus *Aspergillus niger* was investigated. Biodecolorization of dye was conducted on *potato dextrose broth* (PDB) medium. *Aspergillus niger* degraded dye by 76,4%, after incubated for 3 days for *reactive red* respectively. And then, for *direct turkish blue* dye, *Aspergillus niger* can degrade dye 50% decolorization after incubated for 4 days. This study indicated that *Aspergillus niger* can be used to degrade *reactive red* and *direct turkish blue*.

Keywords : *Aspergillus niger*, Decolorization, *Reactive Red*, *Direct Turkish Blue*

PENDAHULUAN

Industri tekstil merupakan salah satu jenis industri yang berkembang pesat di Indonesia. Namun di sisi lain, perkembangan pesat dari industri ini juga diiringi oleh pencemaran lingkungan yang semakin meningkat (Widyo *et al.*, 2018). Industri tekstil dinilai sebagai industri yang menjanjikan dan terus berkembang dalam memenuhi kebutuhan sandang dunia (Sugiharto, 1987). Menurut Sutrisno (2007), ketua Asosiasi Pertekstilan Indonesia mengungkapkan bahwa kebutuhan produk tekstil dan pakaian jadi (garmen) akan terus meningkat dari tahun ke tahun, produk garmen merupakan salah satu komoditi yang sangat potensial untuk dikembangkan di pasar global. Hal ini dapat dilihat bahwa terjadi pertumbuhan perusahaan tekstil yang ada di Indonesia.

Tekstil merupakan salah satu produk ekspor andalan Indonesia dan menjadi sumber devisa negara. Nilai ekspor dan produk tekstil (TPT) meningkat sepanjang tahun. Tahun 2002 tercatat ekspor TPT mencapai US\$ 6,88 milyar, kemudian naik terus menjadi US\$ 10,4 milyar pada tahun 2008 (Kemenperin, 2010). Hal tersebut dapat meningkatkan pendapatan asli daerah, meningkatkan kesejahteraan penduduk, dan mengurangi jumlah pengangguran masyarakat.

Penggunaan zat warna azo paling banyak digunakan pada industri tekstil karena harganya ekonomis dan mudah diperoleh. Golongan azo merupakan senyawa heterosiklis yang unsur pembentuknya dari quinone. Anthraquinone muncul sebagai warna alami di alam, terdiri dari cincin benzene dengan gugus hidroksil yang disebut phenol (Murugesan, 2002). Zat warna itu antara lain *Orange G*, *Rhodamine B*, *Methylene Blue*, *Direct Red*, *Direct Brown*, *Direct Black*, *Reactive Red*, *Bromophenol Blue* dan *Direct Turkish Blue*. Limbah cair yang dihasilkan dari proses ini dapat menyebabkan pencemaran lingkungan bila dibuang ke badan perairan tanpa pengolahan yang tepat.

Dalam beberapa kasus, badan perairan tidak mampu mendegradasi zat warna tersebut sehingga daerah aliran sungai menjadi berwarna dan tidak dapat mendukung sistem kehidupan perairan (Suyata, 2010). Pembuangan air limbah berwarna tidak hanya merusak estetika badan air penerima limbah. Limbah berwarna dapat juga mempengaruhi siklus hidup biota air yang ada di perairan. Selain itu, warna yang pekat akan menghalangi tembusnya sinar matahari pada

badan air, sehingga mempengaruhi proses fotosintesis di dalam air akibatnya oksigen yang dihasilkan pada proses fotosintesis sedikit serta berdampak pada terganggunya kehidupan biota air (Widjaja, 2009).

Limbah industri yang berwarna tidak hanya menimbulkan polusi secara visual tetapi dapat menimbulkan risiko kerusakan lingkungan dan kesehatan (Guswandi *et al*, 2007). Berdasarkan survey badan *Ecological and Toxicological Association of the Dyestuff Manufacturing Industry* (ETAD) didapatkan hasil, di atas 90% hasil tes dari 4000 bahan pewarna menunjukkan nilai LD50 lebih besar dari 2x10³ mg/kg. Nilai toksisitas tertinggi ditemukan pada bahan pewarna basa dan zat warna azo. Zat warna azo adalah bahan pewarna utama industri tekstil yang tergolong bahan kimia yang sulit terdegradasi. Zat pewarna tidak 100% terserap tetapi sekitar 10-15% dilepaskan menjadi limbah (Stolz, 2001). Komponen limbah dapat menyebabkan kerusakan yang serius pada ekosistem dan kesehatan. Hal ini akan mengakibatkan turunnya *Dissolve Oxygen* (DO) dalam ekosistem perairan dan berakibat ada peningkatan *Chemical Oxygen Demand* (COD) (Sharma *et al.*, 2012).

Metode yang umum dilakukan untuk menghilangkan pewarna adalah metode dekolorisasi fisik atau kimia seperti koagulasi, flokulasi, ion pertukaran, iradiasi, presipitasi, ozonasi dan adsorpsi (Fu dan Viraraghavan, 2001). Namun penerapan metode ini dibatasi karena beberapa hal seperti biaya operasional, pembentukan produk sampingan berbahaya, kebutuhan energi intensif dan kemampuan beradaptasi yang terbatas terhadap berbagai macam efluen (Aksu, 2005). Menurut Sullia (2000), bioremediasi merupakan salah satu cara yang dapat dijadikan alternatif selain penggunaan metode fisika dan kimia karena bioremediasi merupakan teknologi kontrol polusi yang menggunakan sistem biologi untuk mengkatalisis degradasi atau transformasi dari banyak jenis bahan kimia toksik. Organisme yang biasa digunakan adalah bakteri dan jamur. Penggunaan bakteri dalam pengolahan limbah cair secara efisien dapat menyerap logam. Beberapa bakteri dapat melakukan dekolorisasi (penghilangan warna) dari azo dyes yaitu pemisahan ikatan azo (-N=N-) dalam kondisi anaerobik, di antaranya adalah *Bacteroides sp.*, *Eubacterium sp.*, *Clostridium sp.* (Chang *et al*, 2000). Namun, Sani dan Banerjee (1999) mengemukakan bahwa penggunaan bakteri memiliki

kelemahan yaitu semakin tinggi konsentrasi azo maka daya pendekolorisasian warna oleh bakteri semakin rendah. Di sisi lain, Indonesia memiliki keanekaragaman jamur yang tinggi namun belum terlalu dimanfaatkan.

Primack *et al* (1998) mengemukakan bahwa dari 47.000 spesies jamur di dunia, ada sekitar 12.000 spesies yang terdapat di Indonesia. Salah satu cara untuk konservasi jamur adalah dengan membudidayakan dan memanfaatkannya. Jamur dipilih sebagai salah satu agen bioremediasi yang mampu mendegradasi komponen warna yang bersifat toksik karena jamur mempunyai kemampuan untuk transformasi yaitu suatu perubahan dari bahan kimia berbahaya yang terbentuk pada limbah (Sullia, 2000). Dalam penelitian Parvez *et al* (2015), diketahui bahwa jamur *Aspergillus niger* mampu mendekolorisasi senyawa pewarna tekstil *orange 107* hingga 92% setelah inkubasi selama 5 hari. Pada penelitian Husseiny (2008) dikatakan bahwa *Aspergillus niger* mampu mendekolorisasi senyawa pewarna *reactive red 120* sebesar 74,2% dan senyawa pewarna *direct red 81* sebesar 78,3% selama 4 hari. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan jamur *Aspergillus niger* akan digunakan sebagai agen bioremediasi untuk senyawa pewarna tekstil *reactive red* dan *direct turkish blue* sehingga diharapkan dapat dimanfaatkan dalam pengelolaan limbah pewarna yang dibuang ke lingkungan secara sembarangan.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada bulan Agustus 2017 hingga Januari 2018. Tempat penelitian berada di Laboratorium Bioteknologi Mikroorganisme Fakultas Teknobiologi Universitas Surabaya. Bahan baku yang digunakan adalah pewarna yang berasal dari Pusat Studi Lingkungan Universitas Surabaya yaitu *Reactive Red* dan *Direct Turkish Blue*. Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah pewarna *Reactive Red* dan *Direct Turkish Blue*. Media yang digunakan untuk pembiakan dan subkultur *Aspergillus niger* adalah *Potato Dextrose Agar* (PDA). Selain itu, juga digunakan *Potato Dextrose Broth* (PDB) dalam pembuatan kurva pertumbuhan dan aktivasi *Aspergillus niger*. Mikroorganisme yang digunakan untuk dekolorisasi pewarna *reactive red* dan *direct turkish blue* ini adalah kultur murni *Aspergillus niger* yang diperoleh dari Laboratorium Bioteknologi Mikroorganisme Fakultas Teknobiologi Universitas Surabaya.

Penelitian ini dilakukan dengan tiga kali pengulangan untuk setiap variabel yang digunakan untuk mendapatkan aktivitas dekolorisasi pewarna tertinggi. Variabel yang digunakan terdiri dari jenis senyawa pewarna, konsentrasi senyawa pewarna dan waktu retensi. Jenis senyawa pewarna yang digunakan yaitu *reactive red* dan *direct turkish blue*.

Variabel konsentrasi pewarna *reactive red* dan *direct turkish blue* yang digunakan adalah 50 mg/L, 100 mg/L, 150 mg/L, 200 mg/L dan 250 mg/L. Variabel waktu retensi adalah 1 hari, 2 hari, 3 hari, dan 4 hari. Aktivitas dekolorisasi ditentukan melalui parameter pengukuran persentase penurunan warna yang dilihat dari nilai OD, peningkatan biomassa jamur yang diukur dengan metode *dry weight*, dan nilai pH yang diukur dengan pH meter.

Media PDA ditimbang sebanyak 39 gram dan dilarutkan dalam aquades sebanyak 1 liter. Setelah itu, dilakukan sterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C, tekanan 1,5 atm selama 15 menit. Media PDB ditimbang sebanyak 24 gram dan dilarutkan dalam aquades sebanyak 1 liter. Setelah itu, dilakukan sterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C, tekanan 1,5 atm selama 15 menit. Langkah awal dalam pembuatan kultur adalah mempersiapkan media *Potato Dextrose Agar* (PDA) dalam beberapa cawan Petri. Setelah itu, 1 ose *Aspergillus niger* murni diletakkan dalam media PDA yang telah dipersiapkan. Inkubasi dilakukan pada suhu 37°C selama satu minggu.

Kaca obyek diberi pelarut *lactophenol blue*. Kultur murni *Aspergillus niger* diambil dengan bantuan ose dan diletakkan pada kaca obyek dan diratakan dengan *lactophenol blue* tadi. Pengamatan dilakukan dengan bantuan mikroskop cahaya.



Gambar 1. Pengamatan Mikroskopis *Aspergillus niger*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Kultur yang telah diinkubasi pada media padat selama 1 minggu dipindahkan ke dalam erlenmeyer 250 ml steril. Lalu ditambahkan 100 ml aquades steril ke dalam erlenmeyer tersebut. Setelah itu erlenmeyer digoyang dan divortex selama 30 menit hingga suspensi spora merata. 15 tabung reaksi yang masing-masing berisi 9 ml aquades steril dipersiapkan. Lalu, 1 ml suspensi spora diletakkan ke dalam 1 tabung reaksi dan dilakukan pengenceran mulai dari 10^1 - 10^8 . Semua pengenceran tersebut ditumbuhkan dalam plate yang berisi media *Potato Dextrose Agar* (PDA) dengan menggunakan metode *spread* dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam.

150 ml media *Potato Dextrose Broth* (PDB) disiapkan. Lalu, dilakukan sterilisasi pada suhu 121°C dan tekanan 1,5 atm selama 15 menit. Setelah dingin, 10% inokulum ditambahkan ke dalam media dan ditutup rapat. Setelah itu, diinkubasi dengan kecepatan 150 rpm pada suhu 37°C selama 1-8 hari dengan analisa perhitungan berat sel kering (*dry weight*) setiap 24 jam. Lalu, dilakukan perhitungan berat sel kering dilakukan dengan menyaring media dengan kertas saring lalu mencuci dengan aquades sebanyak 3 kali dan dioven dengan suhu 100°C selama 2 jam untuk mendapatkan berat sel kering yang konstan.

Isolat jamur *Aspergillus niger* yang akan diuji dipelihara terlebih dahulu pada medium *potato dextrose agar* (PDA). Kemampuan dekolorisasi jamur *Aspergillus niger* diuji pada medium *potato dextrose broth* (PDB) konsentrasi penuh 100 % (15 g/L). Pewarna yang ditambahkan adalah *reactive red* dan *direct turkish blue* dengan konsentrasi 50 mg/L, 100 mg/L, 150 mg/L, 200 mg/L, dan 250 mg/L. Kemudian ditambahkan jamur sebanyak 10 mL. Replikasi dilakukan sebanyak 3 kali. Waktu retensi yang dilakukan yaitu 1, 2, 3, dan 4 hari. Blanko yang dipakai adalah medium dengan penambahan isolat jamur *Aspergillus niger* namun tanpa penambahan pewarna *reactive red* ataupun *direct turkish blue*. Pengamatan pertumbuhan dan dekolorisasi dilakukan dengan melihat nilai OD yang merepresentasikan persentase dekolorisasi, melihat adanya pertumbuhan biomassa atau tidak dan melihat nilai akhir pH. Perhitungan nilai OD dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\% \text{Dekolorisasi} = (\text{OD}_{\text{awal}} - \text{OD}_{\text{akhir}}) / \text{OD}_{\text{awal}} \times 100$$

Data-data parametrik yang diperoleh dari hasil penelitian, pertama-tama dilakukan uji syarat penggunaan metode statistik parametrik, yakni asumsi residual bersifat random (acak), homogen dan berdistribusi normal. Syarat data acak dilakukan melalui perilaku acak terhadap sampel perlakuan. Sedangkan uji normalitas dan uji homogenitas dilakukan menggunakan program SPSS, dengan hipotesa yang terdiri dari:

1. Uji Normalitas

H₀ : Data berdistribusi normal

H₁ : Data berdistribusi tidak normal

Hasil : H₀ diterima jika p value > α , dengan nilai α sebesar 0,05

2. Uji Homogenitas

H₀ : Data bersifat homogen

H₁ : Data bersifat tidak homogen

Hasil : H₀ diterima jika p value > α , dengan nilai α sebesar 0,05

Jika syarat parametrik tidak terpenuhi maka digunakan metode statistik non-parametrik, yaitu Uji Tukey. Baik statistik parametrik maupun non-parametrik, memiliki hipotesa yang sama yaitu sebagai berikut.

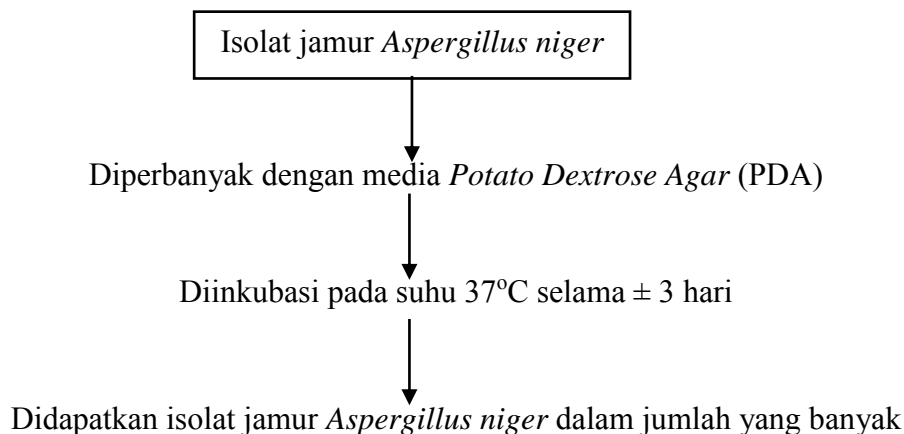
H₀ : Tidak ada perbedaan di antara perlakuan yang diuji

H₁ : Ada perbedaan di antara perlakuan yang diuji

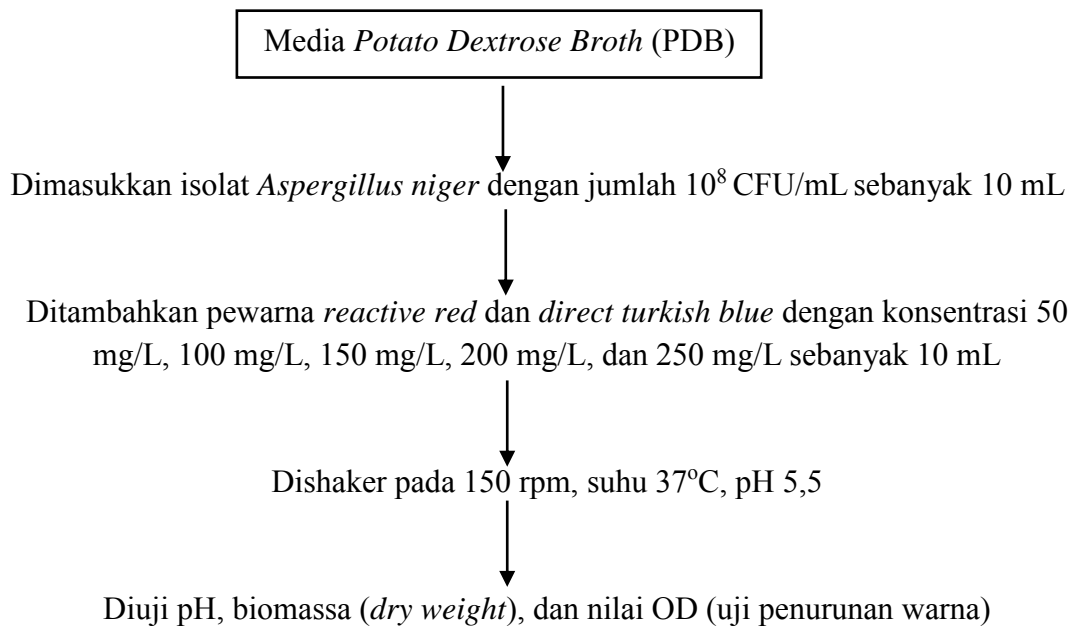
Hasil: H₀ diterima jika p value < α , dengan nilai α sebesar 0,05

Jika H₀ ditolak atau menerima H₁, maka ada pengaruh variasi perlakuan terhadap respon. Untuk mengetahui titik mana yang memberikan efek berbeda maka dilakukan Uji *Multiple Comparison* dengan metode *Tukey Test* menggunakan program SPSS.

Perbanyak Spora Jamur *Aspergillus niger*



Perlakuan Sampel pada Media *Potato Dextrose Broth* (PDB)



HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan jamur *Aspergillus niger* sebagai agen bioremediasi. Miselium jamur diperbanyak di media *Potato Dextrose Agar* (PDA). Pemilihan media *Potato Dextrose Agar* (PDA) ini dikarenakan PDA memiliki kandungan nutrisi yang lengkap dan sesuai dengan kebutuhan jamur untuk proses pertumbuhannya yaitu pada setiap 100 g ekstrak kentang memiliki kandungan karbohidrat 19 g, protein 2 g, lemak 0,1 g, vitamin B1 0,09 mg, vitamin B2 0,03 mg, vitamin B3 1,4 mg, vitamin B6 0,25 mg, vitamin C 15 mg, kalium 421 mg,

besi 0,7 mg, kalsium 12 mg, natrium 6 mg, fosfor 57 mg. Kandungan protein pada PDA ini berfungsi sebagai sumber nitrogen untuk sintesis asam amino. Asam amino hasil sintesis ini selanjutnya digunakan untuk mensintesis protein membentuk protoplasma, struktur sel, serta enzim-enzim yang di butuhkan untuk metabolisme jamur itu sendiri. Karbohidrat memiliki fungsi utama sebagai sumber karbon yang akan digunakan oleh jamur sebagai sumber energi selama proses metabolisme. Vitamin B kompleks dan unsur-unsur mineral akan digunakan sebagai katalis dan koenzim untuk memperlancar setiap proses metabolisme jamur (Amadi & Moneke, 2012).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan jamur *Aspergillus niger* dalam mendegradasi pewarna *reactive red* dan *direct turkish blue* secara kuantitatif. Kultur jamur *Aspergillus niger* sebanyak 10 mL diinokulasikan ke dalam erlenmeyer berisi 130 mL medium *potato dextrose broth* (PDB). Pemilihan PDB sebagai medium dikarenakan PDB merupakan media paling cocok untuk perkembangan jamur (Purnomo, 2010).

Pada penelitian ini, jamur *Aspergillus niger* dijadikan sebagai agen bioremediasi untuk senyawa pewarna *reactive red* dan *direct turkish blue*. Menurut Kitwechkun (2004), kompleksitas struktur warna saja bukan satu-satunya indikator tingkat kesulitan dekolonisasi suatu zat warna tertentu. Hal tersebut juga bergantung pada spesies jamur yang digunakan dan kondisi lingkungannya seperti pH dan suhu. Efisiensi penurunan warna dipengaruhi oleh beberapa kondisi seperti pH, suhu, konsentrasi, struktur pewarna dan laju transfer oksigen (Solis *et al*, 2012).

Indikator keberhasilan proses bioremediasi ini dilihat dari beberapa hal yaitu nilai pH, biomassa, dan % dekolonisasi. Derajat keasaman (pH) berpengaruh dalam proses penurunan warna yang terjadi. Nilai pH pada awal sebelum inkubasi disamakan menjadi pH 5,5. Ali dan Mohamedy (2012) menyampaikan bahwa *Aspergillus niger* mampu mengurangi warna pada pH antara 5 hingga 5,5. Dengan demikian pH yang digunakan sesuai dengan pH optimum pertumbuhan *Aspergillus niger*.

Pada umumnya, jamur lebih menyukai suasana yang asam untuk pertumbuhannya. Seiring berjalannya waktu nilai pH semakin menurun pada

semua konsentrasi senyawa pewarna. Hal ini menandakan terbentuk asam pada proses dekolorisasi. Kondisi asam ini memicu jamur *Aspergillus niger* untuk tumbuh dengan baik. Kondisi asam ini menandakan terjadi peningkatan jumlah H⁺ yang dapat meningkatkan jumlah elektron yang terlibat dalam proses dekolorisasi. Peningkatan jumlah elektron ini memicu jamur *Aspergillus niger* kontak dengan senyawa pewarna dan proses dekolorisasi dapat terjadi semakin cepat (Ali *et al.*, 2009). Jamur dapat mengambil O₂ secara bebas dari udara untuk keperluan respirasi agar pertumbuhannya optimum dan mampu mendekolorisasi dengan baik.

Kemampuan jamur *Aspergillus niger* dalam mendekolorisasi senyawa pewarna dipengaruhi oleh keberadaan enzim lignolitik ekstraseluler yaitu seperti lignin peroksidase (LiP), lakase, dan mangan peroksidase (Ali & Mohamedy, 2012). LiP merupakan enzim lignolitik yang mampu mengoksidasi inti aromatik (fenolik dan non-fenolik) melalui pelepasan satu elektron menghasilkan radikal kation (Hattaka, 1994). Enzim lignolitik ekstraseluler yang dihasilkan *Aspergillus niger* memiliki spesifikasi substrat yang rendah sehingga mampu mendegradasi berbagai jenis organopolutan yang memiliki struktur yang mirip dengan lignin seperti senyawa pewarna kelompok azo (Swamy dan Ramsay, 1999). Pemutusan ikatan azo merupakan langkah awal proses dekolorasi terjadi (Sheshadri *et al.*, 1994). Selanjutnya, setelah ikatan azo terputus dilakukan perombakan cincin aromatik oleh enzim lignolitik ekstraseluler yang diawali dengan oksidasi enzim lignolitik ekstraseluler oleh oksigen kemudian enzim lignolitik ekstraseluler dalam keadaan teroksidasi tersebut mengoksidasi zat warna tekstil. Dengan demikian, enzim lignolitik dapat merombak senyawa aromatik, polimer sintetik, dan zat warna melalui reaksi redoks menjadi CO₂ dan H₂O (Hattaka, 1994).

Fase pertumbuhan jamur *Aspergillus niger* sangat berpengaruh terhadap enzim yang dihasilkan. Enzim lignolitik ekstraseluler dihasilkan oleh jamur *Aspergillus niger* pada fase eksponensial dapat membantu proses dekolorisasi. Pada fase eksponensial tersebut terjadi peningkatan biomassa yang menandakan enzim yang terbentuk juga banyak sehingga nilai % dekolorisasi juga meningkat. Pertumbuhan dan kemampuan metabolisme jamur dalam mendekolorisasi senyawa pewarna tergantung keberadaan gugus azo tersebut (Ali *et al.*, 2009). Selain itu,

dekolorisasi warna tidak hanya dilihat dari penambahan biomassa namun juga perubahan warna yang terjadi selama proses dekolorisasi berlangsung.

Kemampuan jamur *Aspergillus niger* dalam mendegradasi senyawa pewarna *reactive red* dapat ditentukan dari perhitungan % dekolorisasi yang didapat dari nilai OD sebelum dan sesudah proses dekolorisasi. Selain itu dapat dilihat peningkatan biomassa dan nilai pH nya. Dari nilai % dekolorisasi yang didapatkan dapat diketahui seberapa besar kemampuan jamur *Aspergillus niger* dalam mendekolorisasi senyawa pewarna *reactive red*. Adanya proses agitasi dengan shaker dapat meningkatkan biomassa dan transfer oksigen antara sel dan medium nutrisi. Aktivitas enzim dipengaruhi oleh kehadiran oksigen (Saratale *et al*, 2011). Pada skala di lapangan, peningkatan biomassa ini biasanya dipertahankan terus dengan menjaga kondisi optimum pertumbuhan jamur sehingga mendukung proses biodegradasi dan dekolorisasi dalam waktu yang panjang (Bergsten *et al*, 2009).

Pada konsentrasi 50 ppm dengan masa inkubasi 3 hari didapatkan nilai % dekolorisasi paling tinggi yaitu 76,4%. Namun, pada konsentrasi di atas 50 ppm, nilai % dekolorisasi yang didapatkan menurun. Hal ini disebabkan adanya penyumbatan sisi aktif enzim oleh senyawa pewarna. Selain itu, asam sulfonat (SO_3H) yang terdapat pada *reactive red* menghambat pertumbuhan jamur pada konsentrasi pewarna yang lebih tinggi (Khan *et al*, 2013). Pertumbuhan jamur sangat dihambat pada konsentrasi pewarna di atas 200 ppm karena konsentrasi zat warna yang lebih tinggi beracun untuk aktivitas metabolik (Ramya *et al*, 2007). Oleh karena itu, semakin rendah konsentrasi pewarna maka semakin tinggi daya dekolorisasinya.

Senyawa pewarna *reactive red* mampu didekolorisasi dengan nilai % dekolorisasi tertinggi sebesar 76,4% yaitu pada konsentrasi 50 ppm dengan waktu inkubasi 3 hari. Hal ini didukung dengan nilai biomassa yang tinggi yaitu 0,4355 gram. Sehingga dapat diketahui bahwa ketika biomassa meningkat maka jamur mampu menyerap zat warna lebih banyak dan proses dekolorisasi berjalan lebih cepat. Jika diperpanjang waktu inkubasi menjadi 4 hari, nilai % dekolorisasi meningkat menjadi 76,9% pada konsentrasi 50 ppm dan biomassa yang didapatkan 0,4203 gram.

Waktu inkubasi merupakan waktu kontak antara jamur *Aspergillus niger* dengan medium yang mengandung zat warna. Waktu inkubasi menjadi faktor yang menentukan besar kecilnya % dekolorisasi. Semakin lama waktu inkubasi maka semakin besar persentase degradasi zat warna oleh *Aspergillus niger*. Namun terdapat waktu inkubasi optimum untuk mendegradasi pewarna karena setiap isolat memiliki fase eksponensial yang berbeda-beda. Waktu retensi terbaik yang dibutuhkan untuk mendekolorisasi pewarna *reactive red* adalah 3 hari.

Kemampuan jamur *Aspergillus niger* dalam mendekolorisasi senyawa pewarna *direct turkish blue* dapat dilihat dari nilai pH, penambahan biomassa dan % dekolorisasi. Semakin rendah konsentrasi senyawa pewarna maka semakin tinggi daya dekolorisasinya. Hal ini terbukti bahwa pada konsentrasi 50 ppm, % dekolorisasi yang didapatkan adalah 50% dengan masa inkubasi 4 hari dan berat biomassa 0,3955 gram. Kemampuan jamur *Aspergillus niger* merombak zat warna tekstil *direct turkish blue* disebabkan oleh adanya enzim lignolitik ekstraseluler. Keuntungan adanya enzim ini adalah proses perombakannya sampai pada mineralisasi menghasilkan zat tidak toksik dan bersifat non-spesifik (Katia *et al*, 2006).

Waktu terbaik yang dibutuhkan untuk mendekolorisasi pewarna *direct turkish blue* adalah 4 hari. Kemampuan jamur *Aspergillus niger* dalam mendekolorisasi senyawa *direct turkish blue* lebih lama dibanding *reactive red* karena struktur senyawa *direct turkish blue* yang lebih kompleks dan pemutusan ikatan pada gugus benzena tersebut berlangsung lebih lama dibanding senyawa *reactive red* yang struktur senyawanya merupakan rantai yang lurus. Penelitian yang dilakukan ini masih berada dalam tahap optimasi dengan skala laboratorium sehingga perlu optimasi lebih lanjut sebelum dilakukan *scale up* dengan volume senyawa yang lebih banyak.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah :

1. Isolat jamur *Aspergillus niger* memiliki kemampuan sebagai agen bioremediasi untuk mendekolorisasi senyawa pewarna tekstil seperti pewarna *reactive red* dan *direct turkish blue*.
2. Isolat jamur *Aspergillus niger* mampu mendekolorisasi dengan kemampuan maksimum pada konsentrasi 50 ppm dengan nilai persentase dekolorisasi 76,4% untuk pewarna *reactive red*. Sedangkan untuk pewarna *direct turkish blue*, kemampuan maksimum juga pada konsentrasi 50 ppm dengan nilai persentase dekolorisasi 50%.
3. Waktu retensi terbaik yang memberikan persentase dekolorisasi tertinggi untuk pewarna *reactive red* adalah 3 hari sedangkan untuk pewarna *direct turkish blue* adalah 4 hari.

Saran untuk pengembangan penelitian ini adalah :

1. Dapat dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan konsentrasi yang dengan rentang konsentrasi dari 50 ppm hingga 100 ppm.
2. Dapat dilakukan penelitian dengan menggunakan jenis isolat jamur lain.
3. Dapat ditambahkan enzim supaya mempercepat proses dekolorisasi yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aksu, Z & Donmez. (2005). Application of biosorption for the removal of organic pollutants: a review. *Process Biochem Journal*. 40, 997-1026.
- Ali N, Hameed Abdul, Faisal Siddiqui Muhammad, Bux Ghumro Pir, Ahmed Safia. (2009). Application of *Aspergillus niger* SA1 for the Enhanced Bioremoval of Azo Dyes in Simultated Textile Effluent. *African Journal of Biotechnology* Vol. 8 (16), pp. 3839-3845.
- Ali NF, Mohamedy RSR. (2012). *Microbial decolourisation of textil waste water*. *J Saudi Chem Soc*: 117-115.
- Amadi, O. C dan Moneke, A. N. (2012). Use of Starch Containing Tubers For The Formulation of Culture Media for Fungal Cultivation. *African Journal of Microbiology Research*, 6(21), 4527-4532.
- Bergsten Torralba LR, Nishikawa MM, Baptista DF, Magalhaes DP, Da Silva M. (2009). Decolorization of diferent textile dyes by *Penicillium simplicissimum* and toxicity evaluation after fungal treatment. *Braz J Microbiol* 40:808–817
- Chang, N. B., Chen, H. W., Ning, S. K. (2001). Identification of river water quality using the Fuzzy Syntetic Evaluation approach. *Journal of Enviromental Management* 63: 293- 305.
- Fu Y. and Viraraghavan T. (2001). Fungal decolorization of dye wastewaters: a review. *Bioresour Technol Journal.*, 79, 251–262
- Guswandi, J. Panjaitan, S. Suhardi, W. Niloperbowo, T. Setiadi. (2007). *Penghilangan Warna Limbah Tekstil Dengan Marasmius Sp. Dalam Bioreaktor Unggun tetap Termodifikasi (Modified Packed Bed)*. Fakultas Teknik, ITB: Bandung.
- Hattaka A. (1994). *Lignin Modifying Enzyme From Selected White-Rot Fungi: Production Dan Role In Lignin Degdradation*. FEMS Microbial, Volume 13 (125-135).
- Husseiny Sh. M. (2008). Biodegradation of the Reactive and Direct Dyes Using Egyptian Isolates. *Journal of Applied Sciences Research*, 4(6): 599-606.
- Khan R, Bhawana P, Fulekar MH. (2013). *Microbial decolorization and degradation of synthetic dyes: a review*. *Rev Environ Sci Biotechnol* 12:75–97.

- Murugesan K. (2002). *Studies on production, purification, characterization and crystallization of laccase from a white rot fungus Pleurotus sajor-caju and its application in bioremediation of textile dye effluent and dye contaminated soils*. Thesis Madras University.
- Parvez, Rizwana and Maheswari, Uwa. (2015). Decolourization of Reactive azo dyes by *Aspergillus niger* from dyeing industry effluent. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 6, Issue 2.
- Primack, R.B., J. Supriatna, M. Indrawan, dan P. Kramadibrata. (1998). *Biologi Konservasi*. Yayasan Obor Indonesia: Jakarta.
- Purnomo, H. (2010). *Pengantar Pengendalian Hayati*. C.V Andi Offset: Yogyakarta.
- Ramya, M., B. Anusha, S. Kalavathy and S. Devilaksmi. (2007). Biodecolorization and biodegradation of Reactive Blue by *Aspergillus* sp. *Afr Journal Biotechnol.*, 6: 1441-1445.
- Saratale GD, Saratale RG, Chang JS, Govindwar SP. (2011). *Fixed-bed decolorization of Reactive Blue 172 by Proteus vulgaris NCIM-2027 immobilized on Lufa cylindrica sponge*. *Int Biodeterior Biodegrad* 65:494–503
- (2012). Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defence mechanism in plants under stressful conditions. *Journal Bot ID 217037*.
- Sheshadri, S., Bishop, P. L. dan Agha, A. M.1994. *Anaerobic Aerobic treatment of selected Azo dyes in wastewater*. *Waste Management* vol 14(2) pp.127-137.
- Solis M, Solis A, Perez H, Manjarrez N, Flores M. (2012). *Microbial decoloration of azo dyes: a review*. *Process Biochem* 47:1723–1748
- Sugiharto. (1987). *Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah*. Penerbit Universitas Indonesia UI-Press: Jakarta.
- Sullia, S. B. (2000). *Fungal Diversity and Bioremediation*. Departemen of Microbiology & Biotechnology. Bangalore University, Bangalore.
- Sutrisno. (2007). *Memperbaiki Kondisi Kerja di Industri Garmen melalui Pendekatan Ergonomi*. API: Jakarta.
- Suyata. (2010). *Optimasi Penurunan Nilai BOD, COD dan TSS Limbah Cair Industri Tapioka Menggunakan Arang Aktif*. *J. Molekul*. 5: 22 – 32.

Swamy, J., dan Ramsay, J. A. (1999). *The Evaluation of White Rot Fungi in the Decoloration of Textile Dyes*. New York, Volume 24 (130–137).

Widjaja, Tri. (2009). *Jenis dan Sumber Dampak Limbah Cair*. Institut Teknologi Sepuluh November: Surabaya.

Widyo Utomo, Woro Sumarni, Sigit Proatmoko. 2018. Pengaruh Konsentrasi SO_4^{2-} dan pH terhadap Degradasi Congo Red Menggunakan Fotokatalis N-TiO₂. Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Indonesian Journal of Chemical Science: Semarang.

<http://kemenperin.go.id/statistik> diakses pada tanggal 25 Juli 2018.