



SKRIPSI

**KETERLIBATAN REAKSI FENTON PADA
BIODEKOLORISASI METILEN BIRU OLEH
*Gloeophyllum trabeum***

**WAHYU ADHY KUNCORO
NRP. 0121154000092**

**Dosen Pembimbing I
Adi Setyo Purnomo, M.Sc., Ph.D.**

**Dosen Pembimbing II
Hamdan Dwi Rizqi, S.Si., M.Si.**

**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS SAINS
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**



SCRIPT

**INVOLVEMENT OF FENTON REACTION ON
METHYLENE BLUE BIODECOLORIZATION BY
*Gloeophyllum trabeum***

**WAHYU ADHY KUNCORO
NRP. 0121154000092**

**Supervisor I
Adi Setyo Purnomo, M.Sc., Ph.D.**

**Supervisor II
Hamdan Dwi Rizqi, S.Si., M.Si.**

**DEPARTMENT OF CHEMISTRY
FACULTY OF SCIENCE
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**

**KETERLIBATAN REAKSI FENTON PADA
BIODEKOLORISASI METILEN BIRU OLEH
*Gloeophyllum trabeum***

SKRIPSI

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Program Studi S-1
Departemen Kimia
Fakultas Sains
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Disusun Oleh:

WAHYU ADHY KUNCORO
NRP. 0121154000092

**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS SAINS
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

**KETERLIBATAN REAKSI FENTON PADA
BIODEKOLORISASI METILEN BIRU OLEH
*Gloeophyllum trabeum***

SKRIPSI

Disusun oleh:

WAHYU ADHY KUNCORO
NRP. 0121154000092

Surabaya, 17 Juli 2019

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Adi Setyo Purnomo, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19800724 200812 1 002


Hamdan Dwi Rizqi, S.Si., M.Si.
NPP. 19922019111067

Mengetahui,
Kepala Departemen Kimia,


Prof. Dr. Didik Prasetyoko, S.Si., M.Sc.
NIP. 19710616 199703 1 002

**KETERLIBATAN REAKSI FENTON PADA
BIODEKOLORISASI METILEN BIRU OLEH
*Gloeophyllum trabeum***

Nama : Wahyu Adhy Kuncoro
NRP : 0121154000092
Departemen : Kimia, Fakultas Sains - ITS
Dosen Pembimbing I : Adi Setyo Purnomo, M.Sc., Ph.D.
Dosen Pembimbing II : Hamdan Dwi Rizqi, S.Si., M.Si.

Abstrak

Pada penelitian ini, keterlibatan reaksi Fenton pada biodegradasi metilen biru (MB) oleh jamur pelapuk coklat *Gloeophyllum trabeum* telah diteliti. Dekolorisasi MB (konsentrasi akhir 75 mg/L) dilakukan pada media garam mineral dengan dan tanpa FeSO_4 dengan variasi inkubasi 0, 7, 14, 21 dan 28 hari. Analisa dekolourisasi dilakukan menggunakan instrumen UV-Vis. Persentase dekolourisasi tertinggi terjadi pada waktu inkubasi 28 hari sebesar 88,301% dan 91,937% dalam media tanpa dan dengan FeSO_4 . Hal ini mengindikasikan bahwa dekolourisasi MB dengan adanya FeSO_4 lebih besar daripada tanpa FeSO_4 , menunjukkan bahwa reaksi Fenton terlibat dalam dekolourisasi MB oleh jamur *G. trabeum*.

Kata kunci: Biodekolourisasi, *Gloeophyllum trabeum*, Metilen Biru, Reaksi Fenton

**INVOLVEMENT OF FENTON REACTION ON
METHYLENE BLUE BIODECOLORIZATION BY
*Gloeophyllum trabeum***

Name : Wahyu Adhy Kuncoro
NRP : 01211540000092
Department : Chemistry, Faculty of Science - ITS
Supervisor I : Adi Setyo Purnomo, M.Sc., Ph.D.
Supervisor II : Hamdan Dwi Rizqi, S.Si., M.Si.

Abstract

In this study, the involvement of Fenton reaction on biodegradation of methylene blue (MB) by *Gloeophyllum trabeum* was investigated. The decolorization of MB (final concentration 75 mg/L) was performed in mineral salt medium with and without FeSO₄ during incubation period 0, 7, 14, 21 and 28 days. Decolorization analysis were determined using UV-Vis spectrophotometer. The highest MB decolorization was occurred during 28 days of incubation, which approximately 88,301% and 91,937% in media without and with FeSO₄ respectively. These results indicated that decolorization of MB in media with FeSO₄ was higher than in media without FeSO₄, showing that Fenton reaction might be involved on MB decolorization by *G. trabeum*.

Keywords: Biodecolorization, *Gloeophyllum trabeum*, Methylene Blue, Fenton Reaction

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan naskah skripsi yang berjudul “Keterlibatan Reaksi Fenton pada Biodekolorisasi Metilen Biru oleh *Gloeophyllum trabeum*”. Tulisan ini tidak akan terwujud tanpa bantuan, dukungan, doa serta dorongan semangat dari semua pihak. Untuk itu penulis sangat berterima kasih kepada:

1. Adi Setyo Purnomo, M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama proses penyusunan naskah skripsi ini.
2. Hamdan Dwi Rizqi, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing II yang selalu memberikan bimbingan terkait penelitian.
3. Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D., selaku Dosen Wali yang selalu memberi pengarahan selama proses perkuliahan.
4. Drs. Refdinal Nawfa, M.Sc., selaku Kepala Laboratorium Kimia Mikroorganisme yang telah memberikan akomodasi selama penelitian berlangsung.
5. Dra. Ratna Ediati, MS., Ph.D., selaku Kepala Program Studi S1 Departemen Kimia FS ITS.
6. Prof. Dr. Didik Prasetyoko, S.Si., M.Sc., selaku Ketua Jurusan Kimia atas fasilitas yang telah diberikan hingga naskah skripsi ini dapat terselesaikan.
7. Keluarga serta semua pihak yang telah membantu yang tidak mungkin saya sebutkan satu persatu.

Semoga skripsi ini memberikan manfaat, baik bagi penulis maupun pembaca dalam upaya menambah wawasan tentang ilmu kimia.

Surabaya, 17 Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

Abstrak	v
Abstract	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Biodegradasi	5
2.2 Biodekolorisasi	5
2.3 Gugus Kromofor	6
2.4 <i>Methylene Blue</i>	7
2.5 Jamur Pelapuk Coklat	9
2.6 <i>Gloeophyllum trabeum</i>	10
2.7 Reaksi Fenton	12
2.8 Jalur Degradasi <i>Methylene Blue</i>	13
2.9 Spektrofotometri	16
BAB III METODE PENELITIAN	23
3.1 Alat dan Bahan.....	23

3.1.1	Alat.....	23
3.1.2	Bahan.....	23
3.2	Prosedur Penelitian	24
3.2.1	Regenerasi Jamur <i>Gloeophyllum trabeum</i>	24
3.2.2	Pre-inkubasi Jamur <i>Gloeophyllum trabeum</i> pada Media Cair.....	24
3.2.3	Pembuatan Media Garam Mineral	24
3.2.4	Biodekolorisasi Metilen Biru oleh <i>Gloeophyllum trabeum</i> pada Media Garam Mineral	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		27
4.1	Regenerasi Jamur <i>G. trabeum</i>	27
4.2	Profil Biodekolorisasi Metilen Biru oleh <i>G. trabeum</i> ..	28
BAB V KESIMPULAN		37
5.1	Kesimpulan	37
5.2	Saran	37
DAFTAR PUSTAKA.....		39
LAMPIRAN		49
BIODATA PENULIS.....		55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur Kimia Molekul Methylene Blue	8
Gambar 2.2	<i>Gloeophyllum trabeum</i> (Wang dkk., 2005)	11
Gambar 2.3	Reaksi hidrokuinon dari <i>G. trabeum</i> yang dihasilkan dari reaksi 4,5-dimetoksihidrokuinon dan semikuinonnya (a) yang kemudian reaksi dari besi dan spesies oksigen terjadi (b) (Suzuki dkk., 2006)	13
Gambar 2.4	Jalur degradasi fotokatalitik MB dengan katalis Cr-Ti (Rauf dkk., 2010).	14
Gambar 2.5	Jalur degradasi fotokatalitik MB oleh Sinar UV dan Katalis TiO ₂ yang dideteksi oleh GC/MS (a) dan LC MS (b) (Houas dkk., 2001)	15
Gambar 2.6	Jalur degradasi MB oleh <i>D. dickinsii</i>	16
Gambar 2.7	Skema Pembacaan Spetrofotometer UV-vis	19
Gambar 4.1	Kultur Jamur <i>Gloeophyllum trabeum</i> setelah 7 hari inkubasi	28
Gambar 4.2	Hasil biodekolorisasi MB oleh <i>G. trabeum</i> pada media garam mineral tanpa (A) dan dengan (B) FeSO ₄ dari kiri ke kanan; kontrol abiotik, kontrol biotik, kultur 0, 7, 14, 21, dan 28 hari	29
Gambar 4.3	Grafik profil absorbansi dekolorisasi MB oleh <i>G. trabeum</i> pada media tanpa penambahan FeSO ₄	30
Gambar 4.4	Grafik profil absorbansi dekolorisasi MB oleh <i>G. trabeum</i> pada media dengan penambahan FeSO ₄	31

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Persentase dekolorisasi MB oleh <i>G. trabeum</i> pada media garam mineral tanpa FeSO ₄	33
Tabel 4.2	Persentase dekolorisasi MB oleh <i>G. trabeum</i> pada media garam mineral dengan FeSO ₄	33

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pewarna sintesis banyak digunakan pada bidang industri dikarenakan pewarna sintesis memiliki banyak kelebihan seperti murah, proses sintesisnya mudah dan penggunaan hanya perlu sedikit takaran, lebih tahan daripada pewarna alami dan warna yang dihasilkan lebih menarik. Sekitar 15% dari total produksi pewarna hilang selama proses pewarnaan dan dikeluarkan melalui saluran pembuangan (Zollinger, 1991). Pembuangan berbagai jenis pewarna melalui saluran pembuangan air industri telah menyebabkan permasalahan polusi lingkungan yang cukup serius sehingga degradasi pewarna yang efisien sangat diperlukan.

Berbagai macam metode fisika, kimia dan biologis telah digunakan untuk mengolah limbah yang mengandung pewarna (Saratale dkk., 2011). Beberapa metode psikokimia seperti adsorpsi, pengendapan kimia dan flokulasi, oksidasi oleh klorin, hidrogen peroksida dan ozon, elektrolisis, reduksi, penanganan elektrokimia, dan ekstraksi pasangan ion telah digunakan untuk menghilangkan pewarna dari limbah perairan (Reife, 1993; Azmi dkk., 1998). Walaupun metode fisika dan kimia secara teknis layak untuk digunakan sebagai pengolahan air limbah pewarna, namun metode tersebut dirasa masih memiliki banyak kekurangan diantaranya biaya operasional yang tinggi, pembentukan produk samping yang berbahaya dan juga konsumsi energi yang besar (Arora dkk., 2007) dan memproduksi sejumlah besar residu berupa lumpur (Chen dkk., 2008).

Sebagai alternatif, metode perlakuan biologis menggunakan mikroorganisme aerob dan anerob (Sreelatha dkk., 2015) atau yang kerap dikenal sebagai bioremediasi telah meningkatkan ketertarikan dikarenakan efektifitasnya yang tinggi, biaya produksi rendah, dan ramah lingkungan (Chen dkk., 2003; Guo et al., 2008; Oturkar et al., 2011). Dalam penelitian sebelumnya telah dilaporkan bahwa sejumlah mikroorganisme seperti jamur (Arimoto dkk., 2015), alga, dan bakteri (Arora dkk., 2007) telah dilaporkan dapat digunakan untuk dekolorisasi pewarna dari limbah cair dimana salah satunya adalah *methylene blue* (Metilen Biru, MB).

Pewarna MB merupakan pewarna kationik yang digunakan pada industri tekstil. Pewarna ini merusak kualitas air karena memiliki sifat stabilitas tinggi, sulit terdegradasi, mencemari warna air dengan warna yang pekat sehingga cahaya tidak dapat menembus dalam air (Mohammadi et al., 2017). Kontaminan MB tidak hanya menurunkan kualitas air, namun juga memiliki dampak yang signifikan pada kesehatan manusia karena efek racun, karsinogen, mutagenik dan tetratogenik (Li et al., 2014), sehingga perlu didegradasi.

Jamur pelapuk coklat merupakan salah satu klasifikasi jamur pelapuk yang banyak digunakan sebagai agen biodegradasi. Sebagai salah satu contoh jamur pelapuk coklat yang cukup banyak berkontribusi dalam penelitian terkait biodegradasi senyawa berbahaya yaitu *Gloeophyllum trabeum*. Ubaidillah dkk. (2014), juga menggunakan jamur *G. trabeum* ini untuk mendegradasi MB hingga mencapai 71,61% persen dekolorisasi. Jamur pelapuk coklat mulai banyak diteliti dikarenakan jamur jenis ini memiliki kemampuan khusus yaitu dapat mendegradasi limbah dengan

memproduksi radikal hidroksi yang reaktif dari serangkaian proses reaksi Fenton. Namun belum ada penelitian terkait keterlibatan reaksi Fenton yang dilalui jamur ini terhadap biodegradasi MB. Oleh karena itu, pada penelitian ini keterlibatan reaksi Fenton pada biodekolorisasi MB oleh jamur pelapuk coklat telah diteliti menggunakan media garam mineral dengan dan tanpa FeSO_4 sebagai sumber Fe^{2+} .

1.2 Rumusan Masalah

Metilen biru merupakan salah satu jenis pewarna yang memiliki dampak negatif bagi manusia karena efek racun, karsinogen, mutagenik dan tetragenik, dan juga pewarna ini menyebabkan pencemaran lingkungan. Menurut keputusan Menteri Lingkungan Hidup nomor Kep51/MENLH/10/1995, nilai ambang batas konsentrasi metilen biru yang diperbolehkan dalam perairan sekitar 5 sampai 10 mg/L. Metode penanganan limbah pewarna secara fisika, kimia maupun biologis telah banyak diteliti. Proses biologis merupakan metode yang ramah lingkungan dan tidak memerlukan biaya operasional yang besar. Dekolorisasi MB oleh jamur pelapuk coklat, *G. trabeum* telah diteliti sebelumnya (Ubaidillah dkk., 2014). Akan tetapi pengaruh dekolorisasinya belum diketahui, khususnya tentang keterlibatan pada reaksi Fenton. Oleh karena itu, pada penelitian ini perlu diteliti keterlibatan reaksi Fenton pada dekolorisasi MB oleh *G. trabeum* melalui penambahan FeSO_4 sebagai sumber Fe^{2+} .

1.3 Batasan Masalah

Permasalahan pada penelitian ini dibatasi pada penggunaan konsentrasi akhir MB sebesar 75 mg/L. Proses

biodegradasi MB dilakukan dengan variasi waktu inkubasi 7, 14, 21, dan 28 hari pada suhu 30°C. Media uji reaksi Fenton berupa media garam mineral dengan dan tanpa FeSO₄.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui keterlibatan reaksi Fenton pada dekolonisasi MB oleh *G. trabeum*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan data ilmiah mengenai mekanisme dekolonisasi MB oleh *G. trabeum* yang melibatkan reaksi Fenton.
2. Memberikan alternatif penanganan pencemaran pewarna MB oleh *G. trabeum* yang melibatkan reaksi Fenton.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biodegradasi

Biodegradasi merupakan disintegrasi material oleh makhluk hidup seperti bakteri, fungi maupun tumbuhan. Proses ini digunakan untuk memperbaiki media termasuk air, tanah dan material yang terkontaminasi dengan mengubah kondisi lingkungan untuk menstimulasi pertumbuhan dari organisme yang akan mendegradasi target polutan. Kelebihan dari metode ini yaitu tidak memerlukan banyak biaya dan lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan metode kimiawi (Yani, 2003), serta dapat mengubah senyawa yang berbahaya menjadi senyawa yang lebih ramah lingkungan seperti air dan karbon dioksida (Eris, 2006). Pada proses biodegradasi terdapat dua jenis mekanisme degradasi yaitu intraseluler dan ekstraseluler. Perbedaan mekanisme tersebut dikarenakan perbedaan kepolaran dari senyawa yang didegradasi. Pewarna yang kurang polar akan dapat masuk menembus membran fosfolipid bilayer yang terdapat pada sel akibatnya proses biodekolorisasi dapat terjadi secara intraseluler dan ekstraseluler (Xiao dkk., 2018). Sebaliknya untuk pewarna yang polar tidak dapat menembus membran tersebut sehingga biodekolorisasi hanya terjadi secara ekstraseluler (Jeffrey dan Dianne, 2007).

2.2 Biodekolorisasi

Biodekolorisasi sama halnya dengan biodegradasi, namun biodekolorisasi melibatkan proses penghilangan warna yang ada pada senyawa dengan bantuan organisme biologis. Proses ini terjadi akibat adanya perubahan atau pemutusan

pada gugus kromofor dari senyawa pewarna. Berbagai macam metode fisika, kimia dan biologis telah digunakan untuk mengolah limbah yang mengandung pewarna (Saratale dkk., 2011). Walaupun metode fisika dan kimia secara teknis layak untuk digunakan sebagai pengolahan air limbah pewarna, namun masih memiliki banyak kekurangan diantaranya biayanya operasional yang tinggi, pembentukan produk samping yang berbahaya dan juga konsumsi energi yang besar (Arora dkk., 2007). Sebagai alternatif, metode perlakuan biologis menggunakan mikroorganisme aerob dan anerob (Sreelatha dkk., 2015) telah meningkatkan ketertarikan dikarenakan efektifitasnya yang tinggi, biaya produksi rendah, dan ramah lingkungan (Chen dkk., 2003). Sejumlah penelitian telah mendalami penelusuran untuk mengevaluasi efisiensi, optimasi kondisi operasional dan menelusuri mekanisme penghilangan warna dalam degradasi aerob maupun anaerob (Cai dkk., 2012; Cao dkk., 2013; Hong dkk., 2007). Sejumlah mikroorganisme seperti jamur (Arimoto dkk., 2015), alga, dan bakteri (Arora dkk., 2007) telah dilaporkan dapat digunakan untuk dekolorisasi pewarna dari limbah cair.

Sampel yang dianalisa umumnya akan memiliki warna yang lebih pudar dari kontrolnya, atau bahkan sampai hilang warnanya. Analisis biodekolorisasi dapat menggunakan spektrofotometri UV-Vis dimana panjang gelombang diatur pada daerah cahaya tampak. Perbedaan absorbansi pada panjang gelombang maksimum senyawa uji merupakan pertanda bahwa proses dekolorisasi telah berlangsung.

2.3 Gugus Kromofor

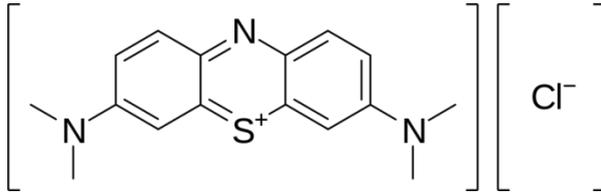
Molekul zat warna merupakan gabungan dari zat organik tidak jenuh dengan kromofor sebagai pembawa

warna. Zat organik tidak jenuh yang dijumpai dalam pembentukan zat warna adalah senyawa aromatik antara lain senyawa hidrokarbon aromatik dan turunannya, fenol dan turunannya serta senyawa-senyawa hidrokarbon yang mengandung nitrogen (Manurung dkk., 2004).

Gugus kromofor adalah gugus yang menyebabkan molekul menjadi berwarna. Kromofor zat warna reaktif biasanya merupakan sistem azo dan antrakuinon dengan berat molekul relatif kecil. Daya serap terhadap serat tidak besar, sehingga zat warna yang tidak bereaksi dengan serat mudah dihilangkan. Gugus-gugus penghubung dapat mempengaruhi daya serap dan ketahanan zat warna terhadap asam atau basa. Gugus-gugus reaktif merupakan bagian-bagian dari zat warna yang mudah lepas. Dengan lepasnya gugus reaktif ini, zat warna menjadi mudah bereaksi dengan serat kain. Pada umumnya agar reaksi dapat berjalan dengan baik maka diperlukan penambahan alkali atau asam sehingga mencapai pH tertentu (Manurung dkk., 2004).

2.4 Methylene Blue

Methylene blue (MB) atau *Basic blue* yang memiliki rumus kimia $C_{16}H_{18}ClN_3S \cdot 3H_2O$, termasuk salah satu pewarna kationin tiazin, merupakan senyawa hidrokarbon aromatik heterosiklik yang beracun dan merupakan zat warna kationik dengan daya adsorpsi yang sangat kuat. Pada umumnya MB digunakan sebagai pewarna sutra, wool, tekstil, kertas, peralatan kantor dan kosmetik. MB juga digunakan sebagai kultur biologis, sebagai anti racun untuk gejala racun sianida pada hewan dan tumbuhan (Ramamurthy dan Umamaheswari, 2013), serta sebagai indikator dan agen antiseptik pada terapi klinis. Struktur kimia MB dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur Kimia Molekul *Methylene Blue*

Namun dampak negatif dari pembuangan limbah senyawa ini juga cukup banyak, diantaranya mencemari perairan dengan cara menghalangi cahaya dan oksigen masuk ke dalam air, sehingga menyebabkan aktifitas fotosintesis terhambat dan berkurangnya biota perairan (Ghanem dkk., 2011). MB juga dapat menyebabkan resiko pada manusia saat terkontak langsung dengan senyawa tersebut, diantaranya detak jantung meningkat, mual, muntah, sianosis, penyakit kuning, quadriplegia, pembekuan pada jaringan manusia (Shahryari dkk., 2010) hingga kanker dan mutasi (Aksu dan Tezer, 2000; Lucas dan Perez 2006). Ketika dilarutkan dalam air, MB menghasilkan larutan berwarna biru pada konsentrasi rendah dan berwarna hitam gelap pada konsentrasi tinggi. MB memiliki berat molekul 373,90 g/mol dan kelarutan dalam air sebesar 50 mg/L. MB memiliki rentang absorbansi maksimum pada panjang gelombang yang bervariasi dengan perubahan konsentrasi. Larutan MB dengan konsentrasi tinggi memiliki panjang gelombang maksimum yang sedikit lebih tinggi, begitu pula sebaliknya. Selisih rentang panjang gelombang maksimum berkisar antara 10-20 nm saat konsentrasi berubah (Ramamurthy dan Umamaheswari, 2013).

2.5 Jamur Pelapuk Coklat

Jamur pelapuk coklat merupakan sebagian dari divisi basidiomikota yang bertanggung jawab dalam pelapukan kayu (Hastrup dkk., 2012). Jenis jamur pelapuk ini diklasifikasikan berdasarkan jenis hasil dekomposisi kayu yang terjadi, yaitu berupa kayu yang mengecil, mengkerak menjadi bagian-bagian persegi yang kasar dan meninggalkan residu berwarna coklat, oleh karena itu jamur jenis ini diberi nama jamur pelapuk coklat. Habitat jamur pelapuk coklat umumnya berada pada lingkungan daerah utara yang memiliki ketinggian dan kelembaban yang tinggi seperti daerah hutan pohon pinus atau pegunungan berbatu.

Jamur pelapuk coklat memiliki ciri-ciri yaitu umumnya hanya cenderung mendegradasi kayu yang telah mati dengan menyerang selulosa dan hemiselulosa, meninggalkan residu coklat berupa lignin pada proses pelapukan kayu, dimana proses degradasinya cenderung cepat (Niemenmaa, 2008; Hilden dan Makela, 2018) dan saat residu tersebut kering, dapat dihancurkan dengan mudah karena depolimerisasi yang berlebih dari selulosa menyebabkan hilangnya massa kayu yang sangat signifikan (Singh dan Singh, 2014). Selulosa terdegradasi oleh hidrogen peroksida yang diproduksi dari pemecahan hemiselulosa. Serta jamur ini dapat mengakumulasi asam oksalat dalam jumlah yang besar, dimana pada jamur pelapuk putih hanya sebagian kecil asam oksalat terakumulasi. Asam oksalat merupakan asam organik yang diproduksi dari mayoritas jamur pelapuk coklat selama fasa metabolisme primer dan merupakan kelator dan pelarut yang logam signifikan membantu miselium jamur untuk mencapai dan membawa kation seperti ion kalsium, besi, manganase dan magnesium (Hilden dan Makela, 2018). Asam

oksalat terbentuk dari glioksisom dan mitokondria sebagai limbah dari siklus asam sitrat (Makela dkk., 2010). Akumulasi asam oksalat menyebabkan penurunan pH, dimana sangat krusial dengan mekanisme yang berhubungan dengan reaksi Fenton (Hastrup dkk., 2012).

Jamur pelapuk coklat memiliki banyak aplikasi biologis diantaranya *biopulping*, modifikasi lignin untuk mendukung ikatan antar serat, *pretreatment* untuk produksi alkohol dan peningkatan permeabilitas kayu, penanganan limbah, bioremediasi, biokelasi dan daur ulang kayu yang telah diolah (Singh dan Singh, 2014).

2.6 *Gloeophyllum trabeum*

Gloeophyllum trabeum (Gambar 2.2) merupakan salah satu jenis jamur pelapuk coklat. Jamur jenis ini termasuk jamur *thermotolerant*, yang dapat tumbuh dengan baik pada temperatur 25-46°C dan mampu tahan terhadap temperatur tinggi antara 60-80°C untuk beberapa jam (Viitanen 1994). Klasifikasi ilmiah dari jamur ini adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Fungi
Divisi	: Basidiomycota
Kelas	: Agaricomycetes
Ordo	: Gloeophyllales
Famili	: Gloeophyllaceae
Genus	: <i>Gloeophyllum</i>
Spesies	: <i>Gloeophyllum trabeum</i>



Gambar 2.2 *Gloeophyllum trabeum* (Wang dkk., 2005)

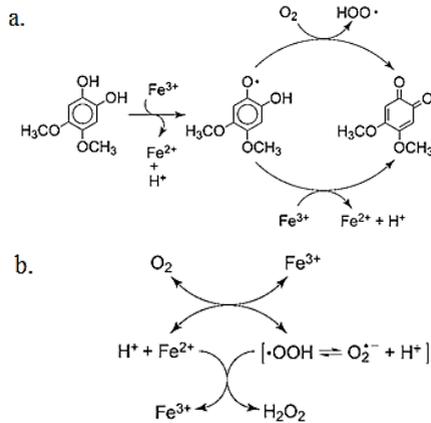
Jamur ini telah banyak diteliti karena memainkan peran penting dalam aktifitas biologisnya yang sangat beragam manfaatnya di berbagai bidang. Humar dkk., membuktikan bahwa *G. trabeum* mampu membersihkan tembaga dan krom dalam larutan amonia 1,25% dengan proses *leaching*. Tribromofenol yang merupakan senyawa toksik akut juga telah berhasil didegradasi oleh *G. trabeum* dengan menghilangkan gugus bromin pada fenol (Monrroy dkk., 2006). *G. trabeum* juga menunjukkan kemampuan degradasi senyawa DDT (1,1,1-trikloro-2,2-bis (4-klorofenil) etana) pada media *Potato Dextrose Broth* (PDB) dengan merubah DDT menjadi DPB (4,4-diklorobenzofenon) melalui reaksi Fenton (Purnomo dkk., 2010).

Dalam proses biodegradasi, selain sistem enzimatik, jamur ini memiliki sistem oksidasi tingkat lanjut yaitu reaksi Fenton (Monrroy dkk., 2006). *G. trabeum* merupakan salah satu jenis jamur dengan memanfaatkan reaksi Fenton pada media dengan mereduksi Fe^{2+} dan H_2O_2 . Jamur ini menyebabkan pelapukan kayu dengan meninggalkan residu

lignin berwarna coklat akibat sistem Fenton ekstraseluler, dimana Fe^{2+} dan H_2O_2 bereaksi untuk memproduksi hidroksi radikal ($\cdot\text{OH}$) yang kemudian mengoksidasi dan memutus holoselulosa dari kayu (Suzuki dkk., 2006). *G. trabeum* memproduksi senyawa dengan berat molekul yang kecil bernama *Gt chelators* yang mengkatalis reduksi dari ion Fe^{3+} menjadi ion Fe^{2+} yang digunakan sebagai reaksi Fenton (Goodell dkk., 1997; Goodell, 2003).

2.7 Reaksi Fenton

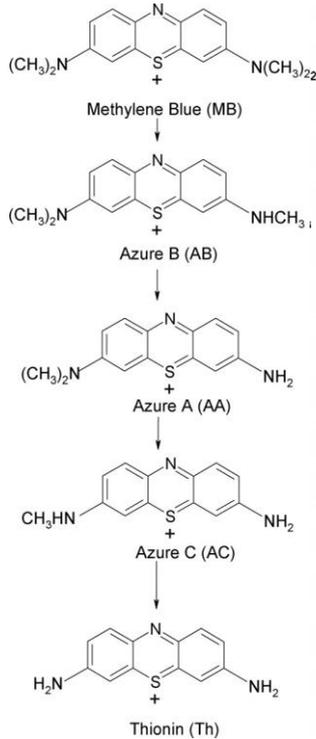
Mekanisme reaksi Fenton merupakan sistem yang memproduksi hidroksi radikal melalui sistem biologis. Hidroksi radikal yang diproduksi dari sistem reaksi Fenton telah diidentifikasi memainkan peran yang penting dalam dekomposisi rantai molekul selulosa yang panjang menjadi fraksi kecil oleh jamur pelapuk coklat (Arimoto dkk., 2015; Calonego dkk., 2013). Reaksi biodegradasi umumnya terjadi secara ekstraseluler. Agar reaksi Fenton dapat terjadi diluar hifa jamur, mekanisme ekstraseluler haruslah ada untuk memproduksi Fe^{2+} dan H_2O_2 (Jensen dkk., 2002; Suzuki dkk., 2006). Sebagian besar dari sistem Fenton *G. trabeum* melibatkan reaksi nonenzimatik ekstraseluler dimana elektron ditransfer melalui hidrokuinon atau semikuinon menuju ke Fe^{3+} dan O_2 . Jamur *G. trabeum* sendiri tidak berpartisipasi langsung dalam reaksi ini, tetapi jamur ini mendorong dengan terus mereduksi kuinon kembali ke hidrokuinon sehingga siklus redoks dapat berlanjut, dimana enzim kuinon reduktase yang mengkatalis siklus ini (Jensen dkk., 2002). Pada reaksi Fenton, oksalat beserta beberapa enzim dari jamur mampu mendaur ulang ion Fe^{2+} (Hilden dan Makela, 2018). Reaksi hidrokuinon pada *G. trabeum* ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Reaksi hidrokuinon dari *G. trabeum* yang dihasilkan dari reaksi 4,5-dimetoksihidrokuinon dan semikuinonnya (a) yang kemudian reaksi dari besi dan spesies oksigen terjadi (b) (Suzuki dkk., 2006)

2.8 Jalur Degradasi *Methylene Blue*

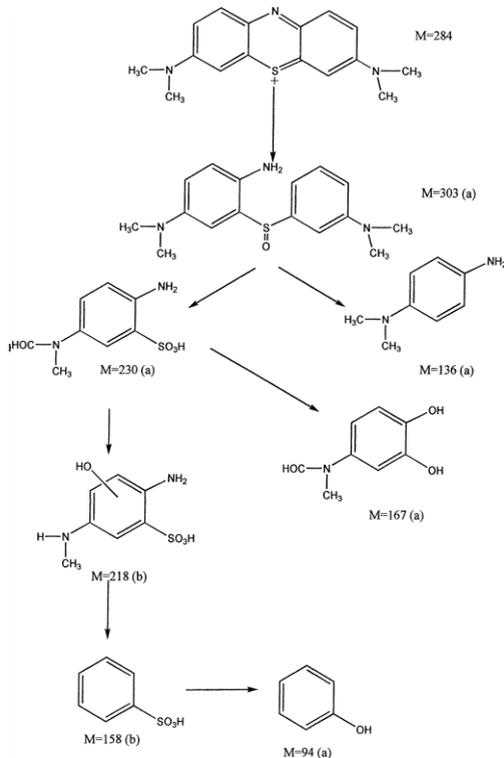
Penelitian mengenai proses degradasi pewarna MB telah banyak diteliti. Beragam macam metode yang diusulkan memberikan hasil yang beragam pula. Rauf dkk. (2010) mengusulkan degradasi fotokatalitik menggunakan sinar UV dan campuran katalis Cr-Ti yang kemudian sampel diuji dengan menggunakan LC-UV/Vis-MS untuk mengetahui besar degradasi dan jalur degradasinya. Terjadi proses dimetilasi dari MB sehingga gugus metil dari MB ditransformasi menjadi hidrogen. selama proses berlangsung dan efisiensi degradasinya mencapai 70%. Jalur degradasi yang diusulkan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Jalur degradasi fotokatalitik MB dengan katalis Cr-Ti (Rauf dkk., 2010).

Houas dkk. (2001) juga menggunakan metode degradasi fotokatalitik menggunakan UV dengan katalis TiO_2 . Pada penelitiannya, dihasilkan produk dimana gugus kromofor dari MB telah terputus sampai menghasilkan senyawa yang lebih ramah lingkungan berupa fenol. Jalur

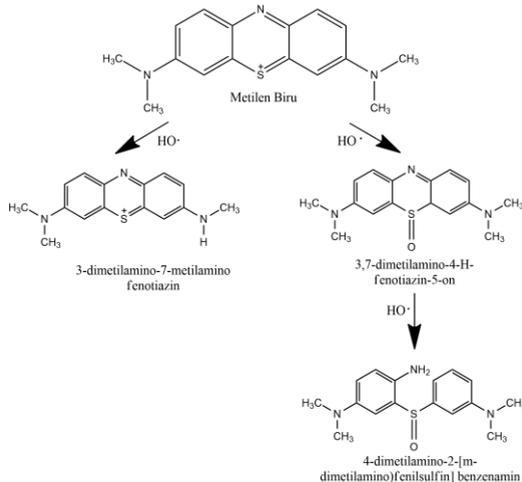
degradasi MB yang dihasilkan yaitu ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Jalur degradasi fotokatalitik MB oleh Sinar UV dan Katalis TiO₂ yang dideteksi oleh GC/MS (a) dan LC MS (b) (Houas dkk., 2001).

Rizqi dan Purnomo (2017) menelusuri kemampuan jamur pelapuk coklat, *Daedalea dickinsii* untuk mendekolorisasi dan mentransform MB. Dekolorisasinya mencapai 54% setelah 14 hari proses inkubasi. Diperoleh metabolit produk dari MB yaitu 3-(dimetilamino)-7-(metilamino)-fenotiazin-5-one (C₁₆H₁₉N₃SO), 3,7-

bis(dimetilamino)-4-H-fenotiazin-5-one ($C_{16}H_{19}N_3SO$) dan 4-(dimetilamino)-2-[m(dimetilamino) fenilsulfinil] benzenamina ($C_{16}H_{21}N_3SO$). Jalur degradasinya ditunjukkan pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 Jalur degradasi MB oleh *D. dickinsii* (Rizqi dan Purnomo, 2017)

2.9 Spektrofotometri

Spektrofotometri Sinar Tampak (UV-vis) adalah pengukuran energi cahaya oleh suatu sistem kimia pada panjang gelombang tertentu (Day dan Underwood, 2002). Sinar ultraviolet (UV) mempunyai panjang gelombang antara 200-400 nm, dan sinar tampak (visible/vis) mempunyai panjang gelombang 400-800 nm. Spektrofotometri digunakan untuk mengukur besarnya energi yang diadsorpsi atau diteruskan. Sinar radiasi monokromatik akan melewati larutan yang mengandung zat yang dapat menyerap sinar radiasi tersebut (Harmita, 2006). Pengukuran spektrofotometri

menggunakan alat spektrofotometer yang melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisis, sehingga spektrofotometer UV-vis lebih banyak dipakai untuk analisis kuantitatif dibandingkan kualitatif. Spektrum UV-vis sangat berguna untuk pengukuran secara kuantitatif. Konsentrasi dari analit di dalam larutan bisa ditentukan dengan mengukur absorban pada panjang gelombang tertentu dengan menggunakan hukum Lambert-Beer (Rohman, 2007)

Hukum Lambert-Beer menyatakan hubungan linearitas antara absorban dengan konsentrasi larutan analit dan berbanding terbalik dengan transmitan. Dalam hukum Lambert-Beer tersebut ada beberapa pembatasan (Rohman, 2007) yaitu:

- a. Sinar yang digunakan dianggap monokromatis
- b. Penyerapan terjadi dalam suatu volume yang mempunyai penampang yang sama
- c. Senyawa yang menyerap dalam larutan tersebut tidak tergantung terhadap yang lain dalam larutan tersebut
- d. Tidak terjadi fluoresensi atau fosforisensi
- e. Indeks bias tidak tergantung pada konsentrasi larutan

Hukum Lambert-Beer dinyatakan dalam persamaan 2.1 dan 2.2:

$$A = a.b.c \quad (2.1)$$

Keterangan:

A = absorban

a = absorpsivitas molar

b = tebal kuvet (cm)

c = konsentrasi

(Rohman, 2007)

$$\%T = I/I_0 \times 100 \quad (2.2)$$

Keterangan:

T = transmitansi

I = intensitas cahaya keluar

I₀ = intensitas cahaya masuk

Hubungan antara absorbansi dengan transmitansi diunjukkan pada persamaan 2.3:

$$A = -\log T \quad (2.3)$$

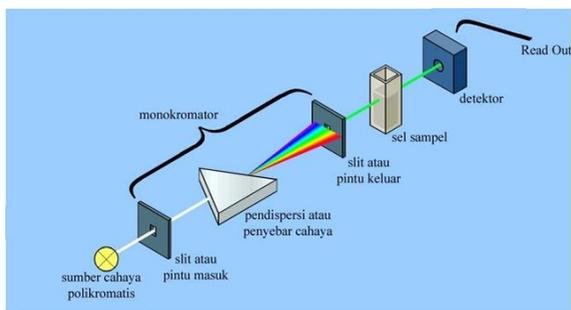
(Hardesty dan Attili, 2010)

Salah satu syarat senyawa dianalisis dengan spektrofotometri adalah karena senyawa tersebut mengandung gugus kromofor. Kromofor adalah gugus fungsional yang mengabsorpsi radiasi ultraviolet dan tampak, jika diikat oleh gugus ausokrom. Hampir semua kromofor mempunyai ikatan rangkap berkonjugasi (diena (C=C-C=C), dienon (C=C-C=O), benzen dan lain-lain. Auksokrom adalah gugus fungsional yang mempunyai elektron bebas, seperti -OH, NH₂, NO₂, -X (Harmita, 2006).

Spektrum elektromagnetik dibagi dalam beberapa daerah cahaya. Suatu daerah akan diabsorpsi oleh atom atau molekul dan panjang gelombang cahaya yang diabsorpsi dapat menunjukkan struktur senyawa yang diteliti. Spektrum elektromagnetik meliputi suatu daerah panjang gelombang yang luas dari sinar gamma gelombang pendek berenergi tinggi sampai pada panjang gelombang mikro (Marzuki Asnah, 2012)

Spektrum absorpsi dalam daerah-daerah ultra ungu dan sinar tampak umumnya terdiri dari satu atau beberapa pita absorpsi yang lebar, semua molekul dapat menyerap radiasi dalam daerah UV-tampak. Oleh karena itu mereka mengandung electron, baik yang dipakai bersama atau tidak, yang dapat dieksitasi ke tingkat yang lebih tinggi. Panjang gelombang pada waktu absorpsi terjadi tergantung pada bagaimana erat elektron terikat di dalam molekul. Elektron dalam satu ikatan kovalen tunggal erat ikatannya dan radiasi dengan energy tinggi, atau panjang gelombang pendek, diperlukan eksitasinya (Wunas dkk., 2011)

Keuntungan utama metode spektrofotometri adalah bahwa metode ini memberikan cara sederhana untuk menetapkan kuantitas zat yang sangat kecil. Selain itu, hasil yang diperoleh cukup akurat, dimana angka yang terbaca langsung dicatat oleh detector dan tercetak dalam bentuk angka digital ataupun grafik yang sudah diregresikan (Adam dkk., 2013). Secara sederhana instrument spektrofotometri yang disebut spektrofotometer terdiri dari: Sumber cahaya - monokromatis - sel sampel - detector - read out. Skema instrumen spektrofotometer ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Skema Pembacaan Spetrofotometer UV-vis

Fungsi masing-masing bagian :

1. Sumber sinar polikromatis berfungsi sebagai sumber sinar polikromatis dengan berbagai macam rentang panjang gelombang.
2. Monokromator berfungsi sebagai penyeleksi panjang gelombang yaitu mengubah cahaya yang berasal dari sumber sinar polikromatis menjadi cahaya monokromatis. Pada gambar di atas disebut sebagai pendispersi atau penyebar cahaya dimana dengan adanya pendispersi hanya satu jenis cahaya atau cahaya dengan panjang gelombang tunggal yang mengenai sel sampel. Pada gambar di atas hanya cahaya hijau yang melewati pintu keluar. Sel sampel berfungsi sebagai tempat meletakkan sampel UV, vis dan UV-vis menggunakan kuvet sebagai tempat sampel. Kuvet biasanya terbuat dari kuarsa atau gelas, namun kuvet dari kuarsa yang terbuat dari silika memiliki kualitas yang lebih baik. Hal ini disebabkan yang terbuat dari kaca dan plastik dapat menyerap UV sehingga penggunaannya hanya pada spektrofotometer sinar tampak (vis). Kuvet biasanya berbentuk persegi panjang dengan lebar 1 cm.
3. IR, untuk sampel cair dan padat (dalam bentuk pasta) biasanya dioleskan pada dua lempeng natrium klorida. Untuk sampel dalam bentuk larutan dimasukan ke dalam sel natrium klorida. Sel ini akan dipecahkan untuk mengambil kembali larutan yang dianalisis, jika sampel yang dimiliki sangat sedikit dan harganya mahal.

4. Detektor berfungsi menangkap cahaya yang diteruskan dari sampel dan mengubahnya menjadi arus listrik. Macam-macam detector yaitu Detektor foto (Photo detector), Photocell, misalnya CdS, Phototube, Hantaran foto, Dioda foto, Detektor panas.
5. Read out merupakan suatu sistem baca yang menangkap besarnya isyarat listrik yang berasal dari detector. Adapun hal-hal yang harus diperhatikan dalam spektrofotometri adalah :
 - a. Pada saat pengenceran alat alat pengenceran harus betul-betul bersih tanpa adanya zat pengotor
 - b. Dalam penggunaan alat-alat harus betul-betul steril
 - c. Jumlah zat yang dipakai harus sesuai dengan yang telah ditentukan
 - d. Dalam penggunaan spektrofotometri uv, sampel harus jernih dan tidak keruh

Dalam penggunaan spektrofotometri uv-vis, sampel harus berwarna. Serapan dapat terjadi jika foton/radiasi yang mengenai cuplikan memiliki energi yang sama dengan energi yang dibutuhkan untuk menyebabkan terjadinya perubahan tenaga.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas Beaker, gelas ukur, botol semprot, Erlenmeyer berpenutup kaca dan spons, spatula, pengaduk kaca, kaca arloji, mikropipet, cawan petri plastik steril, pembakar spiritus, tabung *Falcon*, kuvet kaca, jarum ose, botol vial, parafilm, aluminium foil, dan *plastic wrap*.

Instrumen yang digunakan meliputi neraca analitik (OHAUS PA214), *autoclave* (GEA LS-50LJ), *laminary air flow* (WINA Instruments 420), inkubator (Thermostatic Cabinet Lovibond), pH meter (Tranz Instrument, Senz pH), *centrifuge* (Thermo IEC CL40R), dan spektrofotometer UV-Vis (Genesys 10S UV-Vis).

3.1.2 Bahan

Mikroorganisme yang digunakan pada percobaan dekolorisasi ini adalah jamur *Gloeophyllum trabeum* yang terdapat di koleksi mikroorganisme Laboratorium Kimia Mikroorganisme, Fakultas Sains, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini diantaranya aqua demineralisasi (Onelab Waterone), *potato dextrose agar* (PDA, SAP Chemicals) dan *potato dextrose broth* (PDB, Merck), pewarna tekstil metilen biru (SAP Chemicals), garam-garam mineral sebagai media dekolorisasi yaitu magnesium sulfat ($MgSO_4$, SAP Chemicals), kobalt sulfat ($CoSO_4 \cdot 7H_2O$, SAP Chemicals), tembaga sulfat

($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), SAP Chemicals), mangan sulfat ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, SAP Chemicals), zinc sulfat (ZnSO_4 , SAP Chemicals), asam borat (H_3BO_3 , SAP Chemicals), kalsium klorida (CaCl_2 , SAP Chemicals), amonium molibdinat ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, SAP Chemicals), dan besi sulfat ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, SAP Chemicals) sebagai media Fenton, alkohol 70% dan spiritus.

3.2 Prosedur Penelitian

3.2.1 Regenerasi Jamur *Gloeophyllum trabeum*

Stok induk jamur *G. trabeum* dari koleksi mikroorganisme Laboratorium Kimia Mikroorganisme diinokulasikan ke dalam media *potato dextrose agar* (PDA) pada cawan petri plastik steril. Kemudian jamur diinkubasi pada temperatur 30°C selama 7 hari sampai miselium menutupi seluruh permukaan media agar (Andyani, 2018).

3.2.2 Pre-inkubasi Jamur *Gloeophyllum trabeum* pada Media Cair

Miselium jamur pada media PDA hasil regenerasi dihomogenasi dengan menggunakan blender berisi 50 mL aqua DM steril selama 30 detik. Sebanyak 1 mL jamur yang telah homogen diinokulasikan ke dalam Erlenmeyer berpenutup spons berisi 9 mL media cair PDB dan dilakukan pre-inkubasi pada temperatur 30°C selama 7 hari (Dewi, 2018).

3.2.3 Pembuatan Media Garam Mineral

Pembuatan media garam dimulai dengan melarutkan MgSO_4 0,8 mM; CaCl_2 0,2 mM; H_3BO_3 12 μM ; CoSO_4 0,4 μM ; CuSO_4 0,2 μM ; $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ 0,04 μM ; MnSO_4 2 μM ; dan ZnSO_4 0,4 μM ke dalam 2 Erlenmeyer masing-masing

berisi 1 L aqua DM lalu ditutup dengan aluminium foil dan disterilkan dengan *autoclave*. Kemudian salah satu Erlenmeyer ditambahkan FeSO_4 100 μM sebagai media garam mineral dengan FeSO_4 (Andyani, 2018).

3.2.4 Biodekolorisasi Metilen Biru oleh *Gloeophyllum trabeum* pada Media Garam Mineral

Setelah dipre-inkubasi (sub bab 3.2.2), miselium jamur dicuci dengan menggunakan aqua DM steril 30 mL sebanyak 3 kali pencucian. Kemudian miselium jamur *G. trabeum* dipindahkan ke dalam erlenmeyer berpenutup kaca yang berisi 9,25 mL media garam mineral dengan dan tanpa FeSO_4 sebagai media cair baru. Selanjutnya ditambahkan MB ke dalam kultur hingga konsentrasi akhir mencapai 75 mg/L. Setelah penambahan MB pada kultur jamur cair dengan media garam mineral, dilakukan inkubasi pada temperatur 30°C dengan variasi waktu inkubasi 0, 7, 14, 21, dan 28 hari. Pada setiap akhir waktu inkubasi dilakukan sentrifugasi dengan 3000 rpm selama 10 menit dan dilakukan dekantasi untuk memisahkan supernatan dari endapan miselium jamur. Kemudian filtrat yang diperoleh dilakukan uji dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 200-800 nm untuk mengetahui profil absorbansi dari proses biodekolorisasi MB dan untuk mengetahui panjang gelombang maksimum dari MB untuk menghitung absorbansi *treatment* yang terukur dibandingkan dengan absorbansi kontrol biotik. Kontrol biotik dibuat dengan menonaktifkan jamur pada temperatur 121°C selama 15 menit sebelum ditambahkan MB, dan dilakukan perlakuan yang sama dengan *treatment* (Dewi, 2018).

Persentase biodekolorisasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.1:

$$\text{Dekolorisasi (\%)} = \frac{\text{Abs.awal} - \text{Abs.akhir}}{\text{Abs.awal}} \times 100\% \quad (3.1)$$

(Rizqi dan Purnomo, 2017)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Regenerasi Jamur *G. trabeum*

Induk stok jamur yang terdapat pada koleksi mikroorganisme di Laboratorium Kimia Mikroorganisme diregenerasi pada kultur media agar baru. Tujuan regenerasi adalah untuk memperbarui mikroorganisme yang telah lama disimpan dengan kultur yang baru dan juga untuk menghindari dari adanya kontaminasi oleh mikroorganisme lain. Jamur *G. trabeum* diregenerasi dengan menginokulasikan sebagian dari stok induk yang ada ke media pertumbuhan yang baru. Jamur diregenerasi pada media PDA (*potato dextrose agar*) dimana media ini mengandung ekstrak kentang dan dekstroza yang berfungsi sebagai sumber karbon yang menunjang pertumbuhan jamur (Dewi, 2018). Agar-agar berfungsi sebagai agen pematat sehingga media kultur yang dibuat berupa padatan untuk mempermudah proses regenerasi kultur. Jamur yang telah diinokulasi ke dalam media pertumbuhan baru kemudian diinkubasi selama 7 hari dalam inkubator dengan temperatur 30°C dan keadaan gelap.

Setelah 7 hari proses inkubasi (Gambar 4.1), diperoleh miselium jamur *G. trabeum* yang menyebar menutupi seluruh permukaan media PDA yang kemudian siap digunakan untuk proses pre-inkubasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Kultur Jamur *Gloeophyllum trabeum* setelah 7 hari inkubasi

4.2 Profil Biodekolorisasi Metilen Biru oleh *G. trabeum*

Setelah kultur media agar yang telah berusia 7 hari tampak bebas dari kontaminan, maka dilanjutkan dengan proses pre-inkubasi untuk menumbuhkan jamur pada media cair. Proses biodegradasi MB oleh *G. trabeum* dilakukan pada kultur cair dikarenakan prosentase dari degradasi tidak dapat diukur pada media agar (Menezes dkk., 2017). Media yang digunakan selama pre-inkubasi yaitu PDB, yang mana media ini memiliki kandungan yang sama seperti PDA namun tanpa adanya penambahan agar-agar sehingga media yang diperoleh berupa fasa cair.

Miselium jamur *G. trabeum* hasil pre-inkubasi di media PDB dibuang dan dicuci dengan aqua DM steril untuk menghilangkan sisa-sisa media PDB. Selanjutnya miselium dipindahkan ke media garam mineral dengan dan tanpa penambahan FeSO_4 untuk mengetahui keterlibatan reaksi Fenton terhadap proses biodegradasi MB. FeSO_4 digunakan sebagai sumber Fe^{2+} , karena untuk melakukan reaksi Fenton

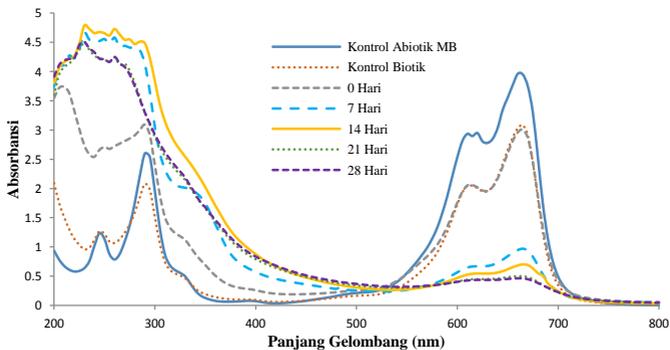
dibutuhkan Fe^{2+} dan H_2O_2 . H_2O_2 akan diproduksi oleh jamur untuk melakukan reaksi Fenton. Kemudian ditambahkan MB sampai mencapai konsentrasi akhir 75 mg/L dan diinkubasi dengan variasi waktu inkubasi 0, 7, 14, 21 dan 28 hari. Kontrol abiotik yaitu berupa larutan MB yang dilarutkan pada media garam mineral tanpa penambahan jamur *G. trabeum*, digunakan sebagai konsentrasi awal pada perhitungan persentase dekolonisasi. Sebaliknya, kontrol biotik merupakan larutan MB yang diberi jamur *G. trabeum* yang telah mati. Kontrol biotik digunakan untuk mengetahui proses absorpsi pasif MB oleh miselium jamur. Profil visualisasi biodekolonisasi MB oleh *G. trabeum* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.2.



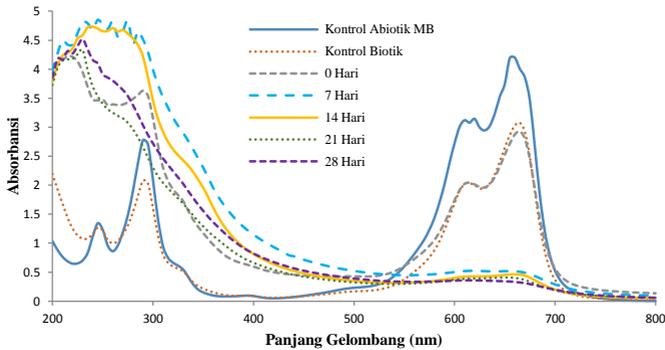
Gambar 4.2 Hasil biodekolonisasi MB oleh *G. trabeum* pada media garam mineral tanpa (A) dan dengan (B) FeSO_4 dari kiri ke kanan; kontrol abiotik, kontrol biotik, kultur 0, 7, 14, 21, dan 28 hari

Pada Gambar 4.2 terlihat bahwa terjadi proses biodekolorisasi yang tampak oleh adanya perubahan warna dari kontrol abiotik MB yang berwarna biru mulai memudar hingga menjadi warna sedikit kecoklatan. Warna kecoklatan ini disebabkan karena jamur *G. trabeum* meninggalkan residu berwarna coklat selama proses pertumbuhannya (Andayani, 2018). Untuk selanjutnya dari hasil biodekolorisasi ini dilakukan uji dengan menggunakan instrumen spektrofotometer UV-vis.

Analisa dengan menggunakan instrumen spektrofotometer UV-vis dilakukan dengan metode *scanning* pada rentang panjang gelombang (λ) 200-800 nm untuk mengetahui profil absorbansi dari degradasi MB oleh *G. trabeum*. Rentang panjang gelombang 200-400 nm merupakan daerah ultraviolet, sedangkan rentang panjang gelombang 400-800 merupakan daerah panjang gelombang dari cahaya tampak (Harmita, 2006). Profil absorbansi dari biodegradasi MB oleh *G. trabeum* pada media garam mineral tanpa dan dengan penambahan FeSO_4 ditunjukkan seperti pada Gambar 4.3 dan 4.4 secara berturut.



Gambar 4.3 Grafik profil absorbansi dekolourisasi MB oleh *G. trabeum* pada media tanpa penambahan FeSO_4 .



Gambar 4.4 Grafik profil absorbansi dekolorisasi MB oleh *G. trabeum* pada media dengan penambahan FeSO_4 .

Pada profil absorbansi baik pada media tanpa maupun dengan penambahan media FeSO_4 terlihat bahwa absorbansi dari variasi waktu semakin menunjukkan adanya proses biodekolorisasi ditandai dengan penurunan absorbansi pada panjang gelombang maksimum dari MB, yaitu pada panjang gelombang 665 nm (Rahman dkk., 2012). Pada kontrol abiotik maupun kontrol biotik tampak bahwa tidak ada metabolit jamur yang terdeteksi pada panjang gelombang daerah ultraviolet, yaitu pada rentang panjang gelombang 200-400 nm. Pada kultur 0, 7, 14, 21 maupun 28 hari menunjukkan adanya metabolit dari jamur yang terdeteksi pada rentang panjang gelombang tersebut. Pada kontrol biotik terlihat penurunan absorbansi yang dimungkinkan karena terjadi absorbsi MB secara pasif pada miselium jamur yang telah mati. Pada Gambar 4.3 dan 4.4 tersebut juga tampak bahwa kemampuan biodekolorisasi *G. trabeum* meningkat secara signifikan dari kultur 0 hari menuju 7 hari. Hal ini

dikarenakan MB digunakan oleh jamur sebagai sumber satu-satunya sumber makanan, sehingga degradasi MB sangat diperlukan oleh jamur untuk tetap bertahan hidup. Namun setelah melewati 14 hari, kenaikannya tidak terlalu signifikan. Hal ini disebabkan pada waktu inkubasi *treatment*, aktivitas jamur berada dalam fase stasioner, namun metabolit produk masih dihasilkan selama inkubasi. Fase stasioner adalah fase dimana laju pertumbuhan sebanding dengan fasa kematian, sehingga jumlah biomassa hidup pada kultur terlihat konstan. Pada fase ini suplai energi dan nutrisi yang dibutuhkan oleh sel jamur mulai berkurang (Fardani, 2018). Fasa stasioner pada umumnya terbentuk metabolit sekunder yang berpengaruh terhadap aktivitas metabolisme jamur tersebut, seperti enzim maupun antibiotik (Crueger, 1984), sehingga dapat diperkirakan selama fasa stasioner, jamur *G. trabeum* mampu mentransformasi MB menjadi suplai energi dan nutrisi. Persen dekolorisasi MB ditunjukkan pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

Tabel 4.1 Persentase dekolorisasi MB oleh *G. trabeum* pada media garam mineral tanpa FeSO₄

Waktu inkubasi (hari)	Absorbansi Kontrol MB	Absorbansi Treatment	% Dekolorisasi
Bio	3,949 ± 0,174	3,083 ± 0,063	21,930 ± 1,610 _a
0	3,949 ± 0,174	3,006 ± 0,145	23,879 ± 3,671 _a
7	3,949 ± 0,174	0,970 ± 0,130	75,437 ± 3,294 _a
14	3,949 ± 0,174	0,702 ± 0,005	82,223 ± 0,126 _a
21	3,949 ± 0,174	0,499 ± 0,060	87,364 ± 1,521 _a
28	3,949 ± 0,174	0,462 ± 0,002	88,301 ± 0,053 _b

*Perbedaan alfabet pada data menunjukkan adanya perbedaan secara signifikan dari hasil uji T dengan $p^{\text{two-tail}} < 0,05$. Tanda ± menunjukkan standar deviasi (n=2)

Tabel 4.2 Persentase dekolorisasi MB oleh *G. trabeum* pada media garam mineral dengan FeSO₄.

Waktu inkubasi (hari)	Absorbansi Kontrol MB	Absorbansi Treatment	% Dekolorisasi
Bio	4,006 ± 0,009	3,077 ± 0,149	23,190 ± 3,724 _a
0	4,006 ± 0,009	2,928 ± 0,009	26,910 ± 0,244 _a
7	4,006 ± 0,009	0,507 ± 0,022	87,344 ± 0,564 _a
14	4,006 ± 0,009	0,458 ± 0,012	88,567 ± 0,317 _a
21	4,006 ± 0,009	0,387 ± 0,058	90,339 ± 1,447 _a
28	4,006 ± 0,009	0,323 ± 0,067	91,937 ± 1,677 _a

*Perbedaan alfabet pada data menunjukkan adanya perbedaan secara signifikan dari hasil uji T dengan $p^{\text{two-tail}} < 0,05$. Tanda ± menunjukkan standar deviasi (n=2)

Dari persentase dekolorisasi, dapat diketahui bahwa semakin lama waktu inkubasi maka besar kemampuan dekolorisasi MB oleh *G. trabeum* semakin meningkat, baik pada media garam mineral dengan adanya penambahan FeSO_4 maupun tanpa adanya penambahan FeSO_4 . Dalam proses biodekolorisasi dengan media tanpa FeSO_4 , terdapat juga reaksi enzimatik dari jamur selain dari reaksi Fenton (Monrroy dkk., 2006). Sehingga walaupun dengan media tanpa FeSO_4 , tetap terjadi proses biodekolorisasi. Besar persentase dekolorisasi MB pada seluruh variasi waktu inkubasi kultur dalam media garam mineral dengan penambahan FeSO_4 cenderung lebih meningkat dibandingkan dengan tanpa adanya FeSO_4 . Hal ini disebabkan kemampuan khusus jamur *G. trabeum* dalam memproduksi senyawa dengan berat molekul yang kecil bernama *Gt chelators* yang mengkatalis reduksi dari ion Fe^{3+} menjadi ion Fe^{2+} yang digunakan sebagai reaksi Fenton (Goodell dkk., 1997; Goodell, 2003). Oleh karena itu pada media dengan penambahan FeSO_4 , yang mana senyawa ini merupakan sumber dari Fe^{2+} yang terlibat dalam proses biodegradasi yang melibatkan reaksi Fenton akan memiliki hasil dekolorisasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan media tanpa adanya FeSO_4 .

Penelitian yang serupa juga telah dilakukan (Andyani, 2018) pada biodekolorisasi metal orange (MO), dimana 46,7% MO terdecolorisasi pada media dengan penambahan Fe^{2+} dan 38,9% MO terdegradasi pada media tanpa penambahan Fe^{2+} . Hal tersebut dapat dikarenakan adanya keterlibatan reaksi Fenton dalam proses degradasi, dimana Fe^{2+} menjadi salah satu komponen penting dalam reaksi ini.

Reaksi Fenton melibatkan Fe^{2+} yang terdapat dalam media dengan H_2O_2 yang dihasilkan oleh jamur pelapuk coklat *G. trabeum* sehingga terbentuk hidroksi radikal. Hidroksi radikal merupakan senyawa reaktif yang akan mengoksidasi substrat organik melalui reaksi Fenton (Arantes, 2012). Hidroksi radikal inilah yang berperan dalam proses dekolorisasi sehingga dihasilkan persentase degradasi yang lebih besar.

Biodekolorisasi MB juga telah dilakukan oleh jamur pelapuk coklat yaitu *Daedalea dickinsii*. Pada penelitiannya diperoleh hasil persen dekolorisasi sebesar 53,55% setelah diinkubasi selama 14 hari (Rizqi dan Purnomo, 2014). Penelitian terkait juga dilakukan pada jamur pelapuk coklat *Fomitopsis pinicola*. Setelah 14 hari proses inkubasi, dekolorisasi MB mencapai 92.56% (Ulfi dkk., 2014). Namun pada kedua penelitian tersebut belum ditelusuri keterlibatan reaksi Fenton pada proses biodegradasinya. Oleh karena itu dapat diasumsikan bahwa persen dekolorisasinya dapat meningkat jika media garam mineral dengan Fe^{2+} ditambahkan pada proses inkubasi. Sehingga kemampuan kedua jamur pelapuk coklat tersebut dalam mendegradasi MB lebih meningkat oleh karena adanya reaksi Fenton.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Keterlibatan reaksi Fenton pada biodekolorisasi MB oleh jamur *G. trabeum* telah dilakukan dengan menggunakan media garam mineral tanpa dan dengan FeSO₄ sebagai sumber Fe²⁺. Persen dekolorisasi terbaik diperoleh setelah 28 hari inkubasi dimana dekolorisasi pada media dengan FeSO₄ (91,937%) lebih tinggi daripada dekolorisasi pada tanpa FeSO₄ (88,301%). Hal ini menunjukkan bahwa reaksi Fenton kemungkinan terlibat pada proses biodekolorisasi MB oleh jamur *G. trabeum*.

5.2 Saran

Keterlibatan reaksi Fenton perlu diteliti lebih detail terutama produksi H₂O₂ dan penggunaan radikal inibor dalam proses biodekolorisasi ini.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, F., Thiam, S. C., Yahya, S. (2013). Bio-template Synthesis of SilikaRuthenium Catalyst of Benzylolation of Toluene. *Journal of Physical Science*. 24 (1), 29-35.
- Aksu, Z., Tezer, S. (2000). Equilibrium and kinetic modeling of biosorption of remazol black B by *Rhizopus arrhizus* in a batch system: effect of temperature. *Process Biochemistry*. 36, 431-439.
- Andyani, N. E. A. (2018). Keterlibatan Reaksi Fenton pada Biodegradasi Metil Oranye oleh Jamur Pelapuk Coklat *Gloeophyllum trabeum*. *Skripsi*. Surabaya: Departemen Kimia Fakultas Ilmu Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Arantes, V., Jellison, J., Goodell, B. (2012). Peculiar of brown-rot fungi and biochemical Fenton reaction with regard to their potential as a model for bioprocessing biomass. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 94 (2), 323-338.
- Arimoto, M., Yamagishi, K., Wang, J., Tanaka, K., Miyoshi, T., Kamei, I., Rondo, R., Mori, T., Kawagishi, H., Hirai, H. (2015). Molecular breeding of lignin-degrading brown-rot fungus *Gloeophyllum trabeum* by homologous expression of laccase gene, *AMB Express*. 5, 81.
- Arora, S., Sain, H. S., Singh, K. (2007). Decolorization optimization of a mono azo disperse dye with *Bacillus firmus*: Identification of a degradation product. *Coloration Technology*. 123, 184-190.

- Azmi, W., Sani, R. K., Banerjee, U. C. (1998). Biodegradation of triphenylmethane dyes. *Enzyme Microbial Technology*. 22, 185-191.
- Cai, P. -J., Xiao, X., He, Y. -R., Li, W. -W., Yu, L., Lam, M. H. -W., Yu, H. -Q. (2012). Involvement of c-type cytochrome CymA in the electron transfer of anaerobic nitrobenzene reduction by *Shewanella oneidensis* MR-1. *Biochemical Engineering Journal*. 68, 227-230.
- Calonego, F. W., Andrade, M. C. N., Negrao, D. R., Rocha, C. D., Minhoni, M. T. A., Latorraca, J. V., Severo, E. T. D. (2013). Behavior of the Brown-rot Fungus *Gloeophyllum trabeum* on Termally-modified Eucalyptus grandis Wood. *Floresta e Ambiene*. 20 (3), 417-423.
- Cao, D. -M., Xiao, X., Wu, Y. -M., Ma, X. -B., Wang, M. -N., Wu, Y. -Y., Du, D. -L. (2013). Role of electricity production in the anaerobic decolorization of dye mixture by exoelectrogenic bacterium *Shewanella oneidensis* MR-1. *Bioresoure Technology*. 136, 176-181.
- Chen, C. -H., Chang, C. -F., Ho, C. -H., Tsai, T. -L., Liu, S. -M. (2008). Biodegradation of crystal violet by *Shewanella* sp. NTOU1. *Chemosphere*. 72, 1712-1720.
- Chen, K., Wu, J., Liou, D., Hwang, S. (2003). Decolorization of the textile dyes by newly isolated bacterial strains. *Journal of Biotechnology*. 101, 57-68.

- Crueger, W., Crueger, A. (1984). *Biotechnology A Text Book of Industrial Microbiology*, Madison: Science Technology.
- Day, R. A., Underwood, A. L. (2002). Analisis Kimia Kuantitatif. Edisi Keenam. Jakarta. Erlangga. 394, 396-404.
- Dewi, K. (2018). Keterlibatan Reaksi Fenton pada Biodekolorisasi Metil Oranye oleh Jamur Pelapuk Coklat *Daedalea dickinsii*, *Skripsi*. Surabaya: Departemen Kimia Fakultas Ilmu Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Eris, R. (2006). Pengembangan Teknik Bioremediasi dengan Slurry Bioreaktor untuk Tanah Tercemar Minyak Diesel. *Thesis*. Bogor; Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Fardani, N. F. (2018). Biotransformasi Metilen Biru oleh Jamur Pelapuk Putih *Phlebia lindtneri*. *Skripsi*. Surabaya: Jurusan Kimia Fakultas Ilmu Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Ghanem, K. M., Al-Garni, S. M., Biag, A. K. (2011). Statistical optimization of cultural conditions for decolorization of methylene blue by mono and mixed bacterial culture techniques. *African Journal of Microbiology Research*. 5 (15), pp 2187-2197.
- Goodell, B. (2003). Brown-rot fungal degradation of wood: Our evolving view. In: Goodell B, Nicholas DD and

- Schultz TP (eds.) Wood deterioration and preservation. *ACS Symposium series 845*. Washington DC, USA, pp. 97-118.
- Goodell, B., Jellison, J., Liu, J., Daniel, G., Paszczynski, A., Fekete, F., Krishnamurthy, S., Jun, L., Xu, G. (1997). Low molecular weight chelators and phenolic compounds isolated from wood decay fungi and their role in the fungal biodegradation of wood. *Journal of Biotechnology*. 53, 133-162.
- Guo, J., Zhou, J., Wang, D., Tian, C., Wang, P., Uddin, M.S. (2008). A novel moderately halophilic bacterium for decolorizing azo dye under high salt condition. *Biodegradation*. 19, 15-19.
- Hardesty, J. H., Attili, B. (2010). *Spectrophotometry and the Beer-Lambert Law: An Important Analytical Technique in Chemistry*. Departement of Chemistry Collin College.
- Harmita. (2006). Buku Ajar Analisis Fisikokimia, Departemen Farmasi FMIPA. Universitas Indonesia. Depok, 40-59.
- Hastrup, A. C. S., Green, F., Lebow, P. K., Jensen, B. (2012). Enzymatic oxalic acid regulation correlated with wood degradation in four brown-rot fungi. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 75, 109-114.
- Hilden, K., Makela, M. R. (2018). Role of fungi in wood decay. *Reference Module in Life Sciences*. Elsevier.

- Hong, Y., Chen, X., Guo, J., Xu, Z., Xu, M., Sun, G. (2007). Effects of electron donors and acceptors on anaerobic reduction of azo dyes by *Shewanella decolorationis* S12. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 74, 230-238.
- Houas, A., Lachheb, H., Ksibi, M., Elaloui, E., Guillard, C., Herrmann, J-M. (2001). Photocatalytic degradation pathway of methylene blue in water. *Applied Catalysis B: Environmental*. 31, 145-157.
- Humar, M., Bokan, M., Amartey, S. A., Sentjurc, M., Kalan, P., Pohleven, F. (2004). Fungal bioremediation of copper, chromium and boron treated wood as studied by electron paramagnetic resonance. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 53, 25-32.
- Jeffrey, A. G., Dianne, K. N. (2007). Extracellular respiration. *Molecular Microbiology*. 65, 1-11.
- Jensen, K. A., Jr., Ryan, Z. C., Wymelenberg, A. V., Cullen, D., Hammel, K. E. (2002). An NADH:Quinone Oxidoreductase Active during Biodegradation by the Brown-Rot Basidiomycete *Gloeophyllum trabeum*. *Applied and Environmental Microbiology*. 68 (6), 2699-2703.
- Li, L., Liu, X. L., Gao, M., H. W., Liu, G. Z., Fan, L., Hu, B., Xia, Q. H., Liu, L., Song, G. W., Xu, Z. S. (2014). The adsorption on magnetic hybrid Fe₃O₄/HKUST-

1/GO of methylene blue from water solution. *Journal of Materials Chemistry*. A, 2.

Lucas, M. S., Peres, J. A. (2006). Decolorization of the azo dye Reactive Black 5 by Fenton and photo-Fenton oxidation. *Dyes and Pigments*. 38, 236-244.

Makela, M., Hilden, K., Lundell, T. K. (2010). Oxalate decarboxylase: Biotechnological update and prevalence of the enzyme in filamentous fungi. *Applied Microbiology in Biotechnology*. 87, 801-814.

Manurung, R., Hasibuan, R., Irvan. (2004). Perombakan Zat Warna Azo Reaktif secara Anaerob-Aerob. *e-USU Repository* © 2004 Universitas Sumatera Utara. Hlm. 1-19.

Marzuki, A. (2012). Kimia Analisis Farmasi. Makassar : Dua Satu Press.

Menezes, G. S., Carlvalho, T. A., Almeida, W. S., Sussuchi, E. M., Viegas, P. R. A., Marino, H. R. (2017). Bioremediation potential of filamentous fungi in methylene blue: Solid and liquid culture media. *Ciência e Agrotecnologia*. 42 (5), 526-532.

Mohammadi, A. A., Alinejad, A., Kamarehie, B., Javan, S., Ghaderpoury, A., Ahmadpour, M., Ghaderpoori, M. (2017). Metal-organic framework Uio-66 for adsorption of methylene blue dye from aqueous

solutions. *International Journal Environmental Science and Technology*.

- Monrroy, M., Freer, J., Baeza, J., Rodriguez, J. (2006). Degradation of tribromophenol by wood-rot fungi and hamilton system. *Electronic Journal of Biotechnology*. 9 (3), 253-257.
- Niemenmaa, O. (2008). Monitoring of fungal growth and degradation of Wood. *Thesis*. University of Helsinki.
- Oturkar, C. C., Nemade, H. N., Mulik, P. M., Patole, M. S., Hawaldar, R. R., Gawai, K. R. (2011). Mechanistic investigation of decolorization and degradation of Reactive Red 120 by *Bacillus lentus* BI377. *Bioresource Technology*. 102, 758-764.
- Purnomo, A. S., Mori, T., Kondo, R. (2010). Involvement of Fenton reaction in DDT degradation by brown-rot fungi. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 64, 560-565.
- Rahman, M. A., Amin, S. M., Ruhul, Alam, Shafiqul, A. M. (2012). Removal of Methylene Blue from Waste Water Using Activated Carbon Prepared from Rice Husk. *Dhaka University Journal of Science*. 60 (2), 185-189.
- Ramamurthy, V., Umamaheswari, G. (2013). Biodegradation of synthetic dyes by *Aspergillus terreus* inoculated on solid media. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. 2 (12). 7821-7827.

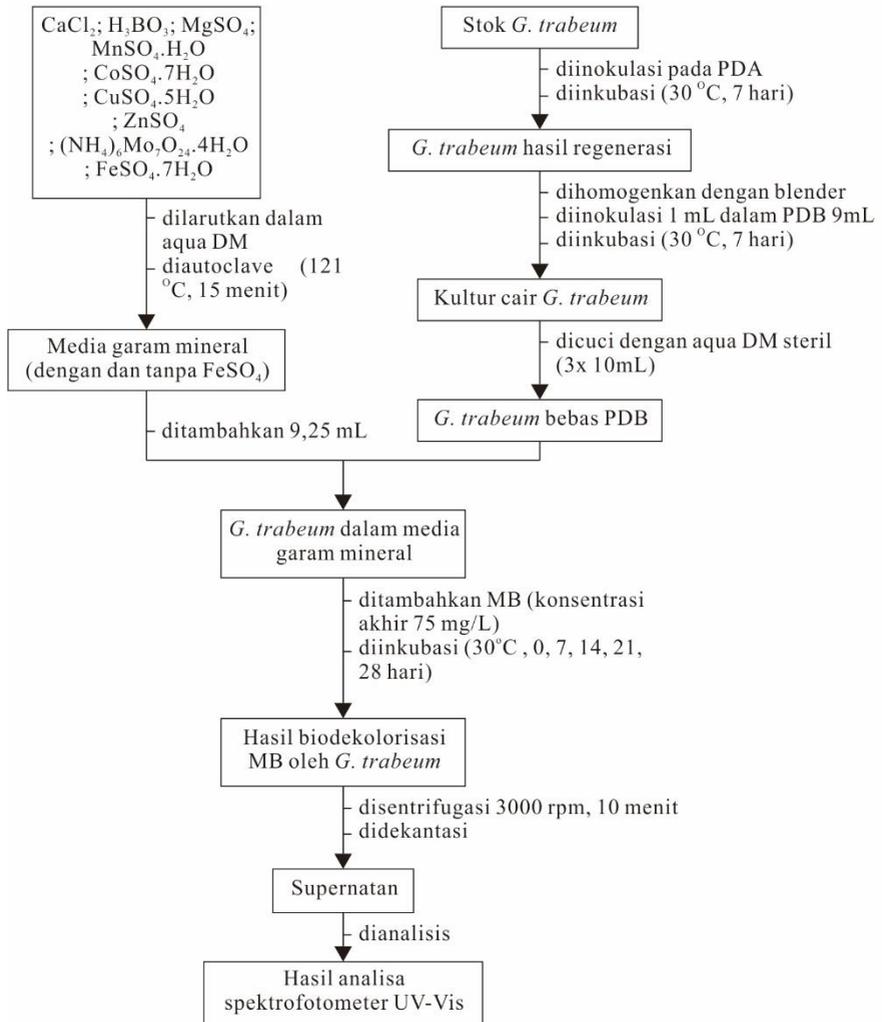
- Rauf, M. A., Meetani, M. A., Khaleel, A., Ahmed, A. (2010). Photocatalytic degradation of Methylene Blue using a mixed catalyst and product analysis by LC/MS. *Chemical Engineering Journal*. 157, 373-378.
- Reife, A. (1993). Dyes; environmental chemistry. In: Kroschwitz, J.I. *Encyclopedia of Chemical Technology*. John Wiley, New York, USA. p. 754.
- Rizqi, H. D., Purnomo, A. S. (2014). Biodegradasi metilen biru oleh *Daedalea dickinsii*. *Jurnal Seni dan Sains*. 2 (1), 1-6.
- Rizqi, H. D., Purnomo, A. S. (2017). The ability of brown-rot fungus *Daedalea dickinsii* to decolorize and transform methylene blue dye. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 33, 92.
- Rohman, A. (2007). *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Saratale, R. G., Saratale, G. D., Chang, J. S., Govindwar, S. P. (2011). Bacterial decolorization and degradation of azo dyes: a review. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. 42, 138-157.
- Shahryari, Z., Goharrizi, A. S., Azadi, M. (2010). Experimental study of methylene blue adsorption from aqueous solutions onto carbon nano tubes. *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering*. 2 (2), pp 016-028.

- Singh, A. P., Singh, T. (2014), Biotechnological applications of wood-rotting fungi: A review. *Biomass & Bioenergy*. 62, 198-206.
- Sreelatha, S., Reddy, C. N., Velvizhi, G., Mohan, S. V. (2015). Reductive behaviour of acid azodye based wastewater: biocatalyst activity in conjunction with enzymatic and bioelectro catalytic evaluation. *Bioresource Technology*. 188, 2-8.
- Suzuki, M. R., Hunt, C. G., Houtman, C. J., Dalebroux, Z. D., Hammel, K. E. (2006). Fungal hydroquinones contribute to brown rot of wood. *Environmental Microbiology*. 8 (12), 2214-2223.
- Ubaidillah, N. A., Purnomo, A. S., Putri, E. M. M. (2014). Biodegradasi metilen biru menggunakan jamur pelapuk coklat *Gloeophyllum trabeum*. *Jurnal Seni dan Sains*. 2 (1), 1-6.
- Ulfi, A., Purnomo, A. S., Putri, E. M. M. (2014). Biodegradasi metilen biru oleh jamur pelapuk coklat *Fomitopsis pinicola*. *Jurnal Seni dan Sains*. 2 (1), 1-4.
- Viitanen, H. (1994). Factors affecting the development of biodeterioration in wooden constructions. *Materials and Structures*. 27, 483-493.
- Wang, Y., Guo, L., Hyde, K. (2005). Taxonomic Placement of Sterile Morphotypes of Endophytic Fungi from *Pinus tabulaeformis* (Pinaceae) in Northeast China Based on rDNA Sequences. *Fungal Diversity*. 20, 235-260.

- Wunas, Yeanny, Susanti. (2011). Analisa Kimia Farmasi Kuantitatif (revisi kedua).
- Xiao, X., Li, T. -T., Lu, X. -R., Feng, X. -L., Han, X., Li, W.-W., Li, Q., Yu, H. -Q. (2018). A simple method for assaying anaerobic biodegradation of dyes. *Bioresource Technology*. 251, 204-209.
- Yani, M., Fauzi, A. M., Aribowo, F. (2003). Bioremediasi Lahan Terkontaminasi Senyawa Hidrokarbon. *Seminar Bioremediasi dan Rehabilitasi Lahan Sekitar Perminyakan dan Pertambangan*. Bogor: Forum Bioremediasi IPB.
- Zollinger, H. (1991). Synthesis, Properties and Application of Organic Dyes and Pigments 2nd revised Edition, *Color Chemistry*.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Kerja



Lampiran 2. Perhitungan

1. Pembuatan Larutan PDA

$$\begin{aligned}\text{Massa PDA} &= \frac{20}{1000 \text{ mL}} \times 39 \text{ gram} \\ &= 7,8 \text{ g}\end{aligned}$$

2. Pembuatan Larutan PDB

$$\begin{aligned}\text{Massa PDA} &= \frac{400}{1000 \text{ mL}} \times 24 \text{ gram} \\ &= 9,6 \text{ g}\end{aligned}$$

3. Pembuatan Larutan MB 1000 mg/L

$$\begin{aligned}\text{Massa MB} &= \frac{1000 \text{ mg}}{1000 \text{ mL}} \times 500 \text{ mL} \\ &= 0,5 \text{ g}\end{aligned}$$

4. Pembuatan Larutan Media Garam Mineral

a. CaCl_2 0,2 mM

$$\begin{aligned}\text{Massa CaCl}_2 &= M \times \text{Mr} \times V \\ &= 0,2 \text{ mM} \times 110,99 \text{ g/mol} \times 1000 \text{ mL} \\ &= 0,0222 \text{ g}\end{aligned}$$

b. H_3BO_3 12 μM

$$\begin{aligned}\text{Massa H}_3\text{BO}_3 &= M \times \text{Mr} \times V \\ &= 12 \mu\text{M} \times 61,83 \text{ g/mol} \times 1000 \text{ mL} \\ &= 0,0007 \text{ g}\end{aligned}$$

c. MgSO_4 0,8 mM

$$\begin{aligned}\text{Massa MgSO}_4 &= M \times \text{Mr} \times V \\ &= 0,8 \text{ mM} \times 120,37 \text{ g/mol} \times 1000 \text{ mL} \\ &= 0,0963 \text{ g}\end{aligned}$$

- d. $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 2 μM
Massa $\text{MnSO}_4 = M \times \text{Mr} \times V$
 $= 2 \mu\text{M} \times 169,02 \text{ g/mol} \times 1000 \text{ mL}$
 $= 0,0003 \text{ g}$
- e. $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,4 μM
Massa $\text{CoSO}_4 = M \times \text{Mr} \times V$
 $= 0,4 \mu\text{M} \times 281,1 \text{ g/mol} \times 1000 \text{ mL}$
 $= 0,0001 \text{ g}$
- f. $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,2 μM
Massa $\text{CuSO}_4 = M \times \text{Mr} \times V$
 $= 0,2 \mu\text{M} \times 249,68 \text{ g/mol} \times 1000 \text{ mL}$
 $= 0,0001 \text{ g}$
- g. ZnSO_4 0,4 μM
Massa $\text{ZnSO}_4 = M \times \text{Mr} \times V$
 $= 0,4 \mu\text{M} \times 161,54 \text{ g/mol} \times 1000 \text{ mL}$
 $= 0,0001 \text{ g}$
- h. $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0,04 μM
Massa $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O} = M \times \text{Mr} \times V$
 $= 0,04 \mu\text{M} \times 1235,87 \text{ g/mol} \times 1000 \text{ mL}$
 $= 0,0001 \text{ g}$
- i. $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 100 μM
Massa $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} = M \times \text{Mr} \times V$
 $= 100 \mu\text{M} \times 278,02 \text{ g/mol} \times 1000 \text{ mL}$
 $= 0,0278 \text{ g}$

5. Perhitungan % Dekolorisasi

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

Lampiran 3. Data Analisa Sampel

Tabel 1. Dekolorisasi MB oleh *G. trabeum* pada media garam mineral tanpa penambahan FeSO_4

Waktu inkubasi (hari)	Absorbansi Kontrol MB	Absorbansi Treatment	% Dekolorisasi
Bio	$3,949 \pm 0,174$	$3,083 \pm 0,063$	$21,930 \pm 1,610_a$
0	$3,949 \pm 0,174$	$3,006 \pm 0,145$	$23,879 \pm 3,671_a$
7	$3,949 \pm 0,174$	$0,970 \pm 0,130$	$75,437 \pm 3,294_a$
14	$3,949 \pm 0,174$	$0,702 \pm 0,005$	$82,223 \pm 0,126_a$
21	$3,949 \pm 0,174$	$0,499 \pm 0,060$	$87,364 \pm 1,521_a$
28	$3,949 \pm 0,174$	$0,462 \pm 0,002$	$88,301 \pm 0,053_b$

*Perbedaan alfabet pada data menunjukkan adanya perbedaan secara signifikan dari hasil uji T dengan $p^{\text{two-tail}} < 0,05$. Tanda \pm menunjukkan standar deviasi (n=2)

Tabel 2. Dekolorisasi MB oleh *G. trabeum* pada media garam mineral dengan penambahan FeSO_4

Waktu inkubasi (hari)	Absorbansi Kontrol MB	Absorbansi Treatment	% Dekolorisasi
Bio	$4,006 \pm 0,009$	$3,077 \pm 0,149$	$23,190 \pm 3,724_a$
0	$4,006 \pm 0,009$	$2,928 \pm 0,009$	$26,910 \pm 0,244_a$
7	$4,006 \pm 0,009$	$0,507 \pm 0,022$	$87,344 \pm 0,564_a$
14	$4,006 \pm 0,009$	$0,458 \pm 0,012$	$88,567 \pm 0,317_a$
21	$4,006 \pm 0,009$	$0,387 \pm 0,058$	$90,339 \pm 1,447_a$
28	$4,006 \pm 0,009$	$0,323 \pm 0,067$	$91,937 \pm 1,677_a$

*Perbedaan alfabet pada data menunjukkan adanya perbedaan secara signifikan dari hasil uji T dengan $p^{\text{two-tail}} < 0,05$. Tanda \pm menunjukkan standar deviasi (n=2)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Wahyu Adhy Kuncoro. Penulis dilahirkan di Bogor, 17 Desember 1996. Penulis telah menempuh pendidikan formal diantaranya TK Yaisra Mojokerto (2001-2003), SDN 1 Sooko Mojokerto (2003-2009), SMPN 1 Mojokerto (2009-2012) dan SMAN 1 Sooko Mojokerto (2012-2015).

Penulis menempuh studi S1 di Departemen Kimia, Fakultas Sains, Institut Teknologi Sepuluh Nopember melalui jalur SBMPTN dan terdaftar dengan Nomor Registrasi Pokok (NRP) 0121154000092. Pada tahun pertama penulis aktif di Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Musik dan Maritime Challenge. Pada tahun kedua dan ketiga penulis aktif pada Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMKA) sebagai staff Media Informasi pada tahun kedua dan Kepala Bidang Pelatihan Media Informasi. Penulis melakukan kerja praktik di Badan Penelitian dan Penerapan Teknologi (BPPT) sub bidang Pusat Teknologi Lingkungan selama 1 bulan periode Juni-Juli 2018. Penulis menyelesaikan program Sarjana dengan mengambil skripsi di Laboratorium Kimia Mikroorganisme, Departemen Kimia, di bawah bimbingan Adi Setyo Purnomo, M.Sc., Ph.D. dan Hamdan Dwi Rizqi, S.Si., M.Si. Penulis dapat dihubungi melalui wahyuadhy96@gmail.com.