

**Pola Aktivitas Enzim Lakase, Selulase, dan Xilanase Pada Masa Pertumbuhan
Budidaya Jamur Tiram Putih [*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.]
{The activity of laccase, cellulase, and xylanase on cultivation of oyster mushroom
[*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.]}**

Iwan Saskiawan, Nunuk Widhyastuti, Kasirah & Dodi Sutardi

Pusat Penelitian Biologi-LIPI, Jl. Raya Jakarta Bogor Km. 46 Cibinong 1691.

E-mail: iwansaskiawan@gmail.com

Memasukkan: April 2021, **Diterima:** Agustus 2021

ABSTRACT

Recently, *Pleurotus ostreatus* has become the most cultivated edible mushroom in Indonesia because of the simple in cultivation. *Pleurotus ostreatus* easy to grow in a medium contained sawdust as a main substrate, with the addition of rice brand, corn flour, lime and gypsum. Mushroom production is bioconversion process which involves the activity of lignocellulolytic enzymes such as laccase, cellulase, and xylanase. The aim of this study was to reveal the pattern of laccase, cellulase, and xylanase activity during the growth of *P. ostreatus* on the sawdust medium. The results show that the highest laccase activity was obtained on the 15th day after spawn inoculation (ASI) of 0.66 Unit and decline sharply after the day of 45th ASI until the day of 75th ASI. Furthermore, the similar pattern with difference on the time incubation was obtained on the activity of cellulase and xylanase. It was decrease after the day 30th ASI. The highest activity of cellulase was 0.51 Unit on 30th day of ASI and decrease gradually until the day of 75th ASI. Furthermore, the highest activity of xylanase was on 30th day ASI of 0.34 Unit and decrease sharply until the day of 75th.

Keywords: *Pleurotus ostreatus*, laccase, cellulase, xylanase

ABSTRAK

Jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) merupakan salah satu komoditas jamur pangan yang akhir-akhir ini menjadi primadona produk hortikultura. Jamur tiram biasanya dibudidayakan dengan menggunakan serbuk gergaji sebagai media tanam dengan beberapa penambahan bahan seperti dedak, jagung pecah, kapur dan gips. Proses biokonversi serbuk gergaji menjadi tubuh buah jamur tiram merupakan proses enzimatik yang melibatkan beberapa enzim penghidrolisis senyawa lignoselulosa. Enzim-enzim tersebut adalah lakase, selulase dan xilanase. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pola aktivitas enzim-enzim tersebut pada masa pertumbuhan jamur tiram, dan diharapkan dapat mengungkap peran ketiga enzim tersebut dalam proses biokonversi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa aktivitas enzim lakase meningkat dan mencapai nilai tertinggi pada 15 hari pertama setelah inokulasi bibit jamur tiram sebesar 0,66 Unit. Setelah itu aktivitas enzim lakase cenderung turun dan penurunan secara tajam terjadi setelah hari ke 45. Nilai aktivitas tertinggi enzim selulase diperoleh pada hari ke 30 sebesar 0,51 Unit dan setelah itu aktivitas enzim selulase mengalami penurunan sampai hari ke 75. Sedangkan nilai aktivitas tertinggi pada enzim xilanase diperoleh pada hari ke 30 sebesar 0,34 Unit dan mengalami penurunan hingga pada hari ke 75.

Kata Kunci : Jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*), enzim lakase, selulase, xilanase

PENDAHULUAN

Jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) merupakan salah satu jenis jamur pangan yang akhir-akhir ini banyak dibudidayakan di Indonesia. Di tingkat global jamur tiram mensuplai hampir 25% jamur pangan yang ada di dunia (Jongman *et al.* 2018). Jamur tiram dikenal karena memiliki nilai gizi yang tinggi karena mengandung protein yang cukup tinggi, serat, vitamin dan mineral serta senyawa aktif yang berfungsi sebagai imunomodulator (Kumar 2015) atau kemungkinan sebagai formula pendamping ASI (Setyawan dkk.

2021). Karakter biologi jamur tiram adalah memiliki *pileus* atau tudung yang berbentuk seperti tiram, pada awalnya berbentuk cembung, kemudian melebar dan akhirnya menjadi datar setelah matang. Diameter *pileus* berukuran 5-20 cm, ada yang berwarna putih, kuning keabu-abuan sampai coklat kemerahan, ungu terang sampai coklat gelap. Variasi warna ini tergantung strains, cahaya dan temperatur. Pinggiran *pileus* rata sampai berombak dan melekok ke dalam, tangkai pendek, lunak, licin dan mengkilat, tumbuh mengelompok. Tangkai berukuran 2-8 cm x 1-2 cm, berwarna putih, lunak, kedudukan tangkai terhadap tudung *laterally*

sampai *eccentrically*, bercabang dan membesar pada bagian ujung. Daging buah putih, tebal, agak sedikit berserat, berukuran 1-2 cm, berbau sedap (Susan & Retnowati 2017) sehingga dapat dianggap potensial sebagai sisipan penambah tepung tapioca untuk produk-produk makanan tertentu (Saskiawan dkk. 2018).

Jamur tiram biasanya dibudidayakan dengan menggunakan media tanam serbuk gergaji atau limbah jerami padi (Saskiawan 2015). Media tanam tersebut diberi penambahan bahan-bahan tertentu seperti bekatul/dedak, tepung jagung, kapur dan gips. Setelah melalui proses pencampuran, bahan-bahan tersebut kemudian dimasukkan dalam kantong plastik tahan panas ukuran 18 x 25 cm dan dibentuk menyerupai botol. Media tanam ini disebut dengan baglog. Baglog tersebut kemudian disterilkan, didiamkan selama satu malam untuk menurunkan suhu kemudian diinokulasi dengan bibit jamur tiram (Saskiawan dkk. 2016). Secara alamiah jamur tiram mempunyai kemampuan memproduksi enzim yang dapat menguraikan senyawa lignin dan selulosa yang terdapat di dalam bahan organik yang berasal dari sisa-sisa tanaman. Aktivitas enzim lignoselulase ini mengubah atau menurunkan komponen lignoselulosa menjadi larut serta memiliki berat molekul yang rendah yang selanjutnya diserap ke dalam sel oleh jamur tiram untuk pertumbuhannya. Oleh karena itu enzim lignoselulase memiliki peran penting dalam pertumbuhan dan pembentukan tubuh buah jamur tiram. Enzim yang berperan dalam degradasi lignoselulosa ini adalah enzim lakase, selulase dan xilanase (Xie *et al.* 2016)

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pola aktivitas enzim lakase, selulase, dan xilanase pada setiap fase pertumbuhan jamur tiram. Dengan mengetahui pola aktivitas enzim lignoselulosa ini diharapkan dapat mengungkap hubungan antara pembentukan tubuh buah dan pola aktivitas enzimnya.

BAHAN DAN CARA KERJA

Kultur murni jamur tiram putih (*P. ostreatus*) yang digunakan dalam penelitian ini merupakan koleksi Laboratorium Mikrobiologi Pangan, Pusat Penelitian Biologi LIPI. Sampel berupa baglog media tanam jamur tiram setelah diinokulasi dengan bibit jamur pada usia 15

hari, 30 hari, 45 hari, 60 hari, dan 75 hari. Baglog media tanam jamur menggunakan plastik PP dengan ukuran 18 x 35 cm. Pengukuran pertumbuhan miselium dilakukan dengan mengukur panjang miselium pada media tanam (Gambar 1).

Persiapan sampel dilakukan dengan mengambil sebanyak 10 gram sampel dan dilarutkan dengan 100 mL aquades steril dalam Erlenmeyer 250 mL. Ekstraksi dilakukan dengan menggunakan buffer fosfat 0.2 M (pH 7) dengan perbandingan medium serbuk gergaji dan buffer fosfat 1:2 (v/v) yaitu 50 mL sampel: 100 mL buffer fosfat. Kemudian ekstrak disentrifugasi dengan kecepatan 9000 rpm dalam waktu 10 menit pada suhu 4°C. Ekstrak enzim berada pada bagian supernatan sehingga yang diambil adalah supernatannya. Supernatan disaring kembali dengan menggunakan kertas saring Whatman grade 41 (ukuran pori 20-25µm) sehingga diperoleh filtrat jernih yang merupakan ekstrak kasar enzim untuk menganalisis aktivitas enzim lakase, selulase, dan xilanase.

Uji aktivitas enzim lakase dilakukan dengan metode menurut Bourbannais dan Paice (1992) dengan modifikasi. Sebanyak 750 µL larutan 2,2'-Azino-bis (3-Ethylbenzthiazoline-6-Sulfonic Acid) atau ABTS dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan 750 µL ekstrak enzim. Campuran reaksi tersebut kemudian di vorteks agar supaya lebih homogen dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 10, 20, dan 30 menit. Setelah itu larutan Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) 1% ditambahkan sebanyak 5 mL ke dalam semua



Gambar 1. Pengukuran pertumbuhan jamur tiram dengan mengukur panjang miselium pada baglog media tanam yang menggunakan plastik PP dengan ukuran 17 x 35 cm. (a: pertumbuhan fase vegetatif, 15 hari SMTI; b: pertumbuhan fase vegetatif, 30 hari SMTI; c: pertumbuhan fase generatif, produksi pertama tubuh buah, sekitar 45 hari SMTI, dan d : pertumbuhan fase generatif, produksi kedua tubuh buah, sekitar 60 hari SMTI)

tabung yang berisi sampel. Lalu sampel divorteks sampai larutan homogen. Larutan diukur pada spektrofotometer pada panjang gelombang 420 nm.

Uji aktivitas enzim selulase dilakukan dengan metode Miller (1959). Langkah pertama yang dilakukan adalah pembuatan larutan standart. Sebanyak enam buah tabung disiapkan yang masing-masing diisi dengan akuades, standar glukosa 0,1 mg/mL, 0,3 mg/mL, 0,5 mg/mL, 0,7 mg/mL, dan 0,9 mg/mL sebanyak 250 µL. Kemudian semua tabung ditambahkan dengan 500 µL Dinitrosalicylic Acid (DNS) dan dipanaskan selama 5 menit dalam pemanas air. Setelah itu ditambahkan 5 mL akuades steril dan diukur dengan menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 540 nm.

Ekstrak enzim sebanyak 125 µl dimasukkan kedalam tabung reaksi dan ditambahkan dengan 125 µL larutan Carboxy Methyl Cellulase (CMC) 5%. Setelah itu divorteks sehingga larutan menjadi homogen. Campuran reaksi tersebut diinkubasi pada suhu 37°C selama 10 menit, 20 menit, dan 30 menit. Setiap tabung yang telah diinkubasi ditambahkan dengan DNS 500 µL lalu divorteks dan dipanaskan kembali pada suhu air mendidih. Kemudian ditambahkan akuades sebanyak 5 mL dan ukur pada panjang gelombang 540 nm.

Uji aktivitas enzim xilanase dilakukan dengan metode DNS (Miller, 1959). Sebanyak 150 µL ekstrak enzim dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan dengan xilan 5% sebanyak 150 µL. Setelah itu divorteks sehingga larutan menjadi homogen. Inkubasi pada suhu 37°C selama 10 menit, 20 menit, dan 30 menit. Setiap tabung yang telah diinkubasi ditambahkan dengan DNS 200 µL kemudian divortek dan dipanaskan kembali pada suhu air mendidih. Kemudian ditambahkan akuades sebanyak 2 mL dan ukur pada panjang gelombang 540 nm.

HASIL

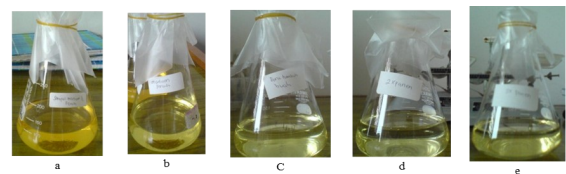
Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk gergaji kayu yang merupakan media tumbuh jamur tiram (baglog) dari setiap fase pertumbuhan jamur tiram. Pengambilan sampel dilakukan pada setiap 15 hari dari awal dilakukan inokulasi bibit jamur sampai dengan pemanenan

tubuh buah yang ke 2.

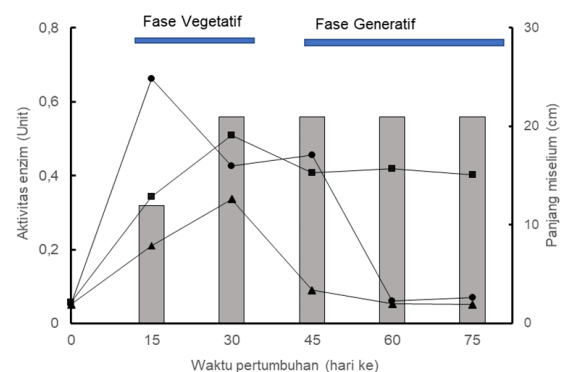
Pertumbuhan jamur tiram pada hari ke 15 setelah media tanam diinokulasi (SMTI) menunjukkan panjang miselia 12 cm. Pada hari ke 30 SMTI miselium sudah memenuhi seluruh permukaan media tanam. Tubuh buah pada panen pertama muncul pada sekitar hari ke 45 SMTI, diikuti pemunculan tubuh buah pada hari ke 60 dan 75 SMTI (Gambar 1).

Hasil ekstraksi sampel berupa filtrat yang mengandung enzim kasar. Setiap masa pertumbuhannya filtrat semakin tidak pekat (Gambar 2). Filtrat miselium setengah penuh (15 hari) terlihat lebih pekat dari pada filtrat lainnya. Filtrat tersebut berisi beberapa mineral misalnya karbon, nitrogen, dan yang lainnya. Sumber karbon dan nitrogen diperoleh berasal dari jaringan kayu. Selain itu, terdapat fosfor, belerang, dan kalium yang semuanya berasal dari jaringan kayu ataupun yang berasal dari pupuk yang ditambahkan selama masa pertumbuhan.

Aktivitas ketiga jenis enzim yaitu lakase, selulase dan xilanase ditunjukkan pada Gambar



Gambar 2. Ekstrak sampel untuk pengukuran aktivitas enzim lakase, selulase dan silanase dari *P. ostreatus* pada hari ke 15 (a), 30 (b), 45 (c), 60 (d), dan 75 (e).



Gambar 3. Aktivitas enzim lakase, selulase dan xylanase dari *P. ostreatus* serta pertumbuhan miselium pada berbagai fase pertumbuhan (● = lakase, ■ = selulase, ▲ = xylanase)

3. Aktivitas enzim ini dihitung dengan satuan Unit (U). Satu unit enzim lakase didefinisikan sebagai jumlah enzim lakase yang mengoksidasi tiap 1 μmol 2,2'-Azinobis [3-ethylbenzothiazoline -6-sulfonic acid] (ABTS) pada setiap menit. Aktivitas enzim lakase sebesar 0,052 U diperoleh pada hari ke 0 setelah media tanam diinokulasi (SMTI) selanjutnya diperoleh aktivitas enzim lakase sebesar 0,66 U, 0,43 U, 0,46 U pada inkubasi hari ke 15, 30, dan 45 SMTI. Kemudian aktivitas enzim lakase menurun pada hari ke 60 dan 75 SMTI menjadi sebesar 0,061 dan 0,071 SMTI.

Pengukuran enzim selulase menunjukkan bahwa dari hari ke 0 sampai ke 15 SMTI aktivitas selulase mengalami peningkatan dan mencapai puncaknya pada hari ke 45 yaitu sebesar 0,51 Unit. Selanjutnya mengalami penurunan pada hari ke 45 SMTI menjadi 0,42 Unit dan relatif stabil sampai hari ke 60 dan 75 SMTI yaitu masing-masing 0,42 Unit dan 0,41 Unit. Satu unit selulase didefinisikan sebagai jumlah μmol glukosa dalam 1 menit pada kondisi pengujian.

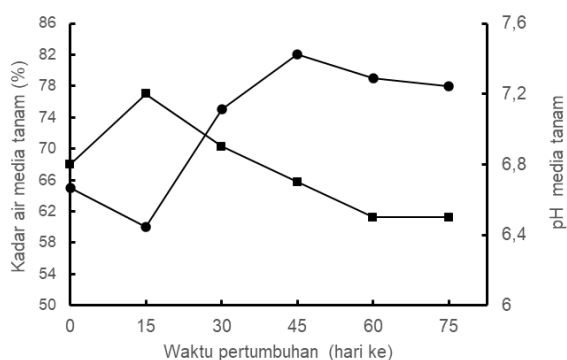
Hasil pengukuran aktivitas xilanase menunjukkan bahwa aktivitas tertinggi didapatkan pada hari ke 30 SMTI sebesar 0,34 Unit dan mengalami penurunan menjadi 0,09; 0,05; dan 0,05 Unit masing-masing pada hari ke 45, 60, dan 75 hari SMTI (Gambar 3). Analisis enzim xilanase menggunakan metode yang sama dengan analisis aktivitas selulase. Namun yang membedakan adalah substrat yang digunakan uji aktivitas enzim ini. Analisis aktivitas selulase dengan menggunakan CMC 0,5% sedangkan dalam mengukur aktivitas xilanase menggunakan xilan 0,5%. Seperti halnya CMC 0,5%, xilan 0,5% ini juga berfungsi sebagai substrat. Enzim ini akan menghidrolisis hemiselulosa yang disusun oleh sebagian besar xilan. Sehingga menggunakan xilan 0,5% sebagai substrat.

Pengukuran data pendukung seperti pH dan kadar air media tanam selama masa pertumbuhan jamur *P. ostreatus* dalam media tanam juga dilakukan (Gambar 4). Hasilnya menunjukkan bahwa nilai pH awal media tanam pada 0 hari SMTI adalah 6,8, kemudian menjadi 7,2 pada hari ke 15. Setelah hari ke 15 nilai pH terus mengalami penurunan sampai hari ke 75 SMTI sebesar 6,5. Kadar air media

tanam sebelum diinokulasi dengan bibit jamur memang diatur dengan kadar air sekitar 65%, selama pertumbuhan miselia pada fase vegetatif kadar air relatif stabil dan meningkat menjadi paling tinggi pada hari ke 45 SMTI sekitar 82% ketika fase pembentukan tubuh buah. Hal tersebut terjadi karena memang diberikan rangsangan berupa pengkabutan .

PEMBAHASAN

Menurut Janusz *et al.* (2017), enzim lakase berperan dalam mendegradasi lignin yang merupakan komponen utama dinding sel tumbuhan. Lignin ini berfungsi sebagai penopang dan pelindung untuk hemiselulosa dan selulosa yang berada di dalamnya. Kombinasi ketiga senyawa ini membuat struktur yang sangat keras dan kuat seperti pipa yang berfungsi untuk mengalirkan air dan nutrisi bagi tumbuhan selain sebagai penopang batang untuk tumbuhnya tanaman. Enzim lakase ini berperan sebagai pendegradasi awal sebelum terjadi hidrolisis selulosa dan hemiselulosa. Hasil pengukuran aktivitas enzim lakase ini hampir mirip dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Ruhl *et al.* (2008). Mereka mengukur aktivitas enzim lakase pada budidaya jamur tiram (*P. ostreatus*) dengan media jerami gandum. Aktivitas enzim lakase diperoleh pada fase pertumbuhan vegetatif sebelum terbentuknya tubuh buah (fase generatif). Selanjutnya Salmones & Mata. (2015), melaporkan bahwa aktivitas enzim lakase diperlukan dalam pertumbuhan vegetatif jamur *P.*



Gambar 4. Kondisi pH dan kadar air media tanam pada berbagai fase pertumbuhan *P. ostreatus* pada media tanam (● = kadar air, ■ = pH)

djamor Meskipun demikian Yildirim *et al.* (2015) juga menyebutkan bahwa penambahan dedak dapat meningkatkan aktivitas enzim lakase pada jamur *P. eryngii* yang dibudidayakan pada jerami gandum. Mereka juga mengemukakan bahwa aktivitas enzim lakase masih terdeteksi ketika primordia (bakal tubuh buah) sudah mulai terbentuk. Dalam penelitian ini bakal tubuh mulai terlihat pada hari ke 35 dan masih ditemukan aktivitas enzim lakase.

Uji aktivitas enzim selulase dilakukan untuk mengetahui banyaknya selulosa yang bisa dihidrolisis secara enzimatik menjadi glukosa pada setiap fase pertumbuhan jamur tiram. Analisis aktivitas selulase dengan menggunakan CMC sebagai substrat. Substrat CMC merupakan substrat selulosa murni yang berbentuk amorphous sehingga aktivitas enzimnya pada substrat CMC merupakan aktivitas enzim endo-1,4- β -glukanase. Endo-1,4- β -glukanase bekerja pada rantai dalam CMC menghasilkan oligo-sakarida atau rantai selulosa yang lebih pendek (Meryandini, 2009). Setelah itu ditambahkan dengan DNS dan dilakukan pemanasan untuk menghentikan reaksi enzimatik yang terjadi. DNS akan berikatan dengan glukosa dan menghentikan reaksi sehingga jumlah gula pereduksi dapat diukur pada panjang gelombang 540 nm. Nilai absorbansi yang semakin tinggi maka semakin banyak gula yang dihasilkan.

Dari hasil aktivitas selulase yang relatif stabil setelah hari ke 45 SMTI menunjukkan bahwa selulase berperan selama pertumbuhan jamur tiram. Jamur pangan mempunyai dua fase pertumbuhan dalam siklus hidupnya. Yang pertama adalah fase vegetatif atau fase pertumbuhan miselium dan yang ke dua adalah fase generatif atau fase pembentukan tubuh buah (Wu & Shin 2017).

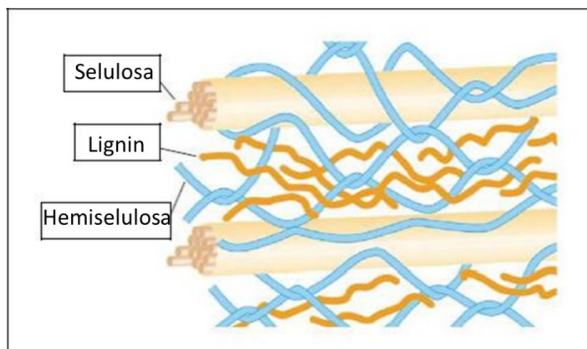
Pola aktivitas xilanase pada fase pertumbuhan jamur *P. ostreatus* dalam penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Singh *et al.* (2012) yang melaporkan bahwa aktivitas xilanase pada tiga species *Pleurotus* yaitu *P. florida*, *P. flabellatus* dan *P. sajor caju* menunjukkan peningkatan pada fase pertumbuhan miselium dan menurun tajam pada fase generatif. Hal ini bisa disebabkan karena aktivitas xilanase pada awal pertumbuhan miselium tertekan oleh aktivitas lakase yang cukup tinggi. Hal tersebut

bisa juga disebabkan karena hemiselulosa tidak digunakan sebagai sumber karbon pada awal pertumbuhan fase vegetatif (Singh & Sharma, 2002).

Dalam penelitian ini serbuk gergaji yang digunakan adalah berasal dari kayu sengon (*Paraserianthes falcataria*) yang diperoleh dari penggergajian kayu di daerah Cibinong. Hartati dkk. (2010) melaporkan bahwa kayu sengon mengandung selulosa 45,42%, lignin 26,50% dan hemiselulosa 21,00%. Selulosa merupakan rantai panjang molekul glukosa terikat satu dengan lainnya oleh ikatan β -(1,4) glikosidik dan memiliki sifat dapat didegradasi untuk penggunaan lebih luas. Konversi selulosa menjadi glukosa dapat dilakukan melalui proses pengasaman atau secara enzimatik dengan menggunakan enzim selulase. Hemiselulosa terdiri atas gula 5-C atau glikan yang pada umumnya terdiri atas d-xilosa, d-asam glukuronik, dan d-arabinosa. Hemiselulosa dapat direduksi menjadi gula sederhana oleh beberapa enzim yang membentuk enzim kompleks, salah satu nya adalah xilanase.

Lignin merupakan molekul yang sangat kompleks terdiri dari polimer fenolik (p-koumaril alkohol), koniferil alkohol dan sinapil alkohol) yang unit fenilpropane dihubungkan oleh ikatan eter dan karbon-karbon, sehingga sulit untuk didegradasi. Lignin merupakan molekul yang paling susah didegradasi dari komponen sel tanaman karena strukturnya tersebut. Semakin tinggi proporsi lignin maka semakin tinggi pula resisten terhadap degradasi kimia dan enzimatik. Lignin dapat didegradasi oleh mikroorganisme yang memiliki aktivitas ligninolitik, enzim lignin peroksidase (LiP), mangan peroksidase (MnP) dan lakase (Taherzadeh & Karimi 2008). Fungsi lignin dalam senyawa lignoselulosa adalah sebagai perekat yang mengikat senyawa selulosa dan hemiselulosa menjadi kesatuan yang kuat, yang menjadi material dari dinding sel tumbuhan. Secara umum struktur senyawa lignoselulosa dapat dijelaskan pada Gambar 5.

Budidaya jamur *P. ostreatus* merupakan proses fermentasi substrat padat (*Solid State Fermentation*) yang mengkonversi biomassa yang mengandung senyawa lignoselulosa menjadi tubuh jamur *P. ostreatus*. Nilai pH sangat mempengaruhi kemampuan jamur *P. ostreatus* dalam memproduksi enzim lignoselulosa untuk



Gambar 4. Representasi struktur lignoselulosa (Boudet *et al.* 2003)

menghidrolisis senyawa lignin, selulosa maupun hemiselulosa. Menurut Sardar dkk. (2015) hampir semua spesies *Pleurotus* spp. tumbuh optimal pada pH sekitar 6,0-6,5. Pada penelitian ini nilai pH dari hari ke 0 sampai hari ke 75 berkisar antara 6,5-7,2. Hal ini menunjukkan bahwa produksi enzim lignoselulase pada pertumbuhan jamur *P. ostreatus* optimal. Kadar dalam media tanam juga sangat berpengaruh terhadap fase pertumbuhan jamur *P. ostreatus*. Pada fase vegetatif atau pertumbuhan miselium memerlukan kadar air yang relatif rendah dibandingkan pada fase generatif atau pembentukan tubuh buah. Pada penelitian ini kadar air media tanam berkisar antara 65-85%.

KESIMPULAN

Pola aktivitas enzim lakase, selulase dan xilanase pada pertumbuhan *P. ostreatus* menunjukkan kemiripan. Perbedaan hanya ditunjukkan berdasarkan waktu inkubasi. Aktivitas enzim lakase paling tinggi diperoleh pada fase awal pertumbuhan vegetatif (15 SMTI) sebesar 0,66 U dan menurun secara drastis setelah hari ke 60 SMTI menjadi 0,06 Unit. Sedangkan enzim selulase menunjukkan kenaikan dari hari ke 15 SMTI dan mencapai aktivitas tertinggi sebesar 0,51 U pada hari ke 30 SMTI. Selanjutnya aktivitas enzim selulase turun secara melandai sampai hari ke 75 SMTI menjadi sebesar 0,40 Unit. Enzim xilanase menunjukkan pola yang sedikit berbeda dibandingkan lakase dan selulase. Aktivitas xilanase tertinggi dicapai pada hari ke 30 SMTI sebesar 0,34 U dan mengalami penurunan

secara drastis sampai hari ke 75 SMTI sebesar 0,05 Unit.

KONTRIBUSI PENULIS

IS dan NW berkontribusi pada penulisan naskah dan pengambilan data. K dan DS berkontribusi pada penyiapan sampel dan pemeliharaan media tanam di rumah jamur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia yang telah menyediakan fasilitas dan dana penelitian sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Boudet, AM., S. Kajita, JG. Pettenati & D. Goffner. 2003. Lignins and lignocellulosics: a better control of synthesis for new and improved uses. *Trends Plant Science*. 8(12): 576-581.
- Bourbonnais, R & M. Paice. 1992. Demethylation and delignification of kraft pulp by *Trametes versicolor* laccase in the presence of ABTS. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 36: 823-827.
- Hartati, S., E. Sudarmonowati, W. Fatriasari, E. Hermiati, W. Dwianto, R. Kaida, K. Baba, & T. Hayashi. 2010. Wood Characteristic of Superior Sengon Collection and Prospect of Wood Properties Improvement through Genetic Engineering. *Wood Research Journal*. 1(2): 103-108.
- Janusz, G., A. Pawlik, J. Sulej, US. Burek, AJ. Wilkolazka, & A. Paszcynski. 2017. Lignin degradation: microorganisms, enzymes involved, genomes analysis and evolution. *FEMS Microbiology Reviews*. 41: 941-962.
- Jongman, M., KB. Khare, & D. Loeto. 2018. Oyster Mushroom Cultivation at Different Production Systems A Review. *European Journal of Biomedical and Pharmaceutical Sciences*. 5(5): 72-79.
- Kumar, K. 2015. Role of edible mushroom as functional foods A review. *South*

- Asian Journal of Food Technology and Environment*. 1(3&4): 211-218.
- Kumla, J., N. Suwannarach, K. Sujarit, W. Penkhrue, P. Kakumyan, K. Jatuwong, S. Vadthananat, & S. Lumyong. 2020. Cultivation of Mushrooms and Their Lignocellulolytic Enzyme Production Through the Utilization of Agro-Industrial Waste. *Molecules*. 25 (12): 2811.
- Meryandini, A. 2009. Isolasi bakteri selulolitik dan karakterisasi enzimnya. *Makara Sains*, 13: 33-38.
- Miller, GL. 1959. Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. *Analytical Chemistry*. 31(3):426-428.
- Ruhl, M., C. Fischer, & U. Kues. 2008. Ligninolytic Enzyme Activities Alternate with Mushrooms Production during Industrial Cultivation of *Pleurotus ostreatus* on Wheat-straw-based Substrate. *Current Trends in Biotechnology and Pharmacy*. 2 (4) 478-492.
- Salmones, D., & G. Mata. 2015. Laccase production by *Pleurotus djamor* in agar media and during Cultivation on wheat straw. *Revista Mexicana de Micologia*. 42: 17-23.
- Sardar, H., MA. Ali, CM. Ayyub, & R. Ahmad. 2015. Effects of different culture media, temperature and pH levels on the growth of wild and exotic *Pleurotus* species. *Pakistan Journal of Phytopathology*. 27 (02): 139-145.
- Saskiawan, I. 2015. Penambahan Inokulan Mikroba Selulolitik pada Pengomposan Jerami Padi untuk Media Tanam Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*). *Jurnal Biologi Indonesia*. 11(2): 187-195.
- Saskiawan, I., N. Hasanah, & N. Shimomura. 2016. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* using sorghum-supplemented spawn on various substrates. *Mushroom Science and Biotechnology*. 23: 179-182.
- Saskiawan, I., W. Sally, El Kiyat, & N. Widhyastuti 2018. Karakterisasi Kwetiau Beras dengan Penambahan Tepung Tapioka dan Tepung Jamur Tiram. *Jurnal Biologi Indonesia*. 14 (2): 227 - 234.
- Setyawan, RH., I. Saskiawan, N. Widhyastuti, & Kasirah 2021. Formulasi Makanan Pendamping ASI (MP-ASI) Bubuk Instan Terfortifikasi Tempe dan Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*). *Jurnal Biologi Indonesia*. 17 (1): Pages: 57 - 65.
- Singh, MP., AK. Pandey, AK. Vishwakarma, AK. Srivastava, & VK. Pandey. 2012. Extracellular Xylanase Production by *Pleurotus* Species on Lignocellulosic Wastes under In Vivo Condition using novel Pretreatment. *Cellular Molecular Biology*. 58 (1):170-173.
- Singh, MP & R. Sharma. 2002. *Pleurotus florida* Eger an effective biodegrader of steam sterilized lignocellulosic wastes. *Pollution Research*. 21: 63-67.
- Susan, D., & A. Retnowati. 2017. Catatan Beberapa Jamur Makro Dari Pulau Enggano: Diversitas dan Potensinya. *Jurnal Berita Biologi*. 16(3), 219–330.
- Taherzadeh, M. & K. Karimi. 2008. Pretreatment of lignocellulose wastes to improve ethanol and biogas production: a review. *International Journal of Molecular Sciences*. 9: 1621-1651.
- Wu, Y & HJ. Shin. 2017. Cellulase from the Fruiting Bodies and Mycelia of Edible Mushrooms: A review. *Journal of Mushrooms*. 14(4): 1-9.
- Xie, C., L. Yan, W. Gong, Z. Zhu, S. Tan, D. Chen, Z. Hu, & Y. Peng. 2016. Lignocellulosic Enzyme Expression, Enzyme Activity, Substrate Utilization and Biological Efficiency of *Pleurotus Eryngii*. *Cellular Physiology and Biochemistry*. 39:1479-1494.
- Yildirim, N, N. Cickicoglu, & A.Yildiz. 2015. Laccase Enzyme Activity during Growth and Fruiting of *Pleurotus eryngii* Under Solid State Fermentation Medium Containing Agricultural Wastes. *International Journal Pure Applied Science*. 1: 64-71.

