



## Pro-life

Jurnal Pendidikan Biologi, Biologi, dan Ilmu Serumpun

<https://ejournal.uki.ac.id/index.php/prolife>

### Uji Aktivitas Enzim Selulase Baglog Jamur *Pleurotus cystidiosus*, *Pleurotus ostreatus* dan *Auricularia auricula* dengan Pelarut Berbeda

Astri Zulfa<sup>1\*</sup>, Tsabitah Athifah Qonitah<sup>1</sup>, Safendrri K Ragamustari<sup>2</sup>,  
Vivitri Dewi Prasasty<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Biologi, Fakultas Biologi dan Pertanian, Universitas Nasional, Jakarta

<sup>2</sup>Pusat Riset Mikrobiologi Terapan, Indonesian National Research and Innovation Agency, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Bogor

<sup>3</sup>Department of Pathobiological Sciences, School of Veterinary Medicine, Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana

\*Corresponding author: [astrizulfa@civitas.unas.ac.id](mailto:astrizulfa@civitas.unas.ac.id)

#### Article History

Received : 22 Mei 2024

Approved : 30 Juli 2024

Published : 31 Juli 2024

#### Keywords

enzyme activity, cellulase enzyme, fungi, solvent

#### ABSTRACT

Cellulase enzyme activity is essential for the breakdown of cellulose, a major component of plant cell walls. This enzyme is produced by a variety of microorganisms, including fungi such as mushrooms. This study aimed to evaluate the cellulase enzyme activity extracted from the baglogs of three different mushrooms: *Pleurotus cystidiosus* (brown oyster mushroom), *Pleurotus ostreatus* (white oyster mushroom), and *Auricularia auricula* (wood ear mushroom). The extraction was conducted using three different solvents: aquadest (distilled water), saline solution, and citrate buffer at pH 4. The cellulase activity was assessed under optimal conditions of 60 °C incubation temperature and 60 minutes incubation time. The results indicated that the lowest cellulase activity was found in the baglogs of *Pleurotus cystidiosus* extracted with aquadest, measuring at 0.0253 IU/mL. Conversely, the highest cellulase activity was observed in the baglogs of *Pleurotus ostreatus* extracted with aquadest, with an activity level of 0.0728 IU/mL. The glucose concentration, which serves as an indicator of the enzymatic hydrolysis of carboxymethyl cellulose (CMC), was highest in *Pleurotus ostreatus* extracted with aquadest at 393.043 ppm. These findings suggest that *Pleurotus ostreatus* is the most effective species for cellulase production among the tested mushrooms when extracted with aquadest. The optimal extraction and assay conditions determined in this study can guide future research and industrial applications in enhancing cellulase enzyme production from mushroom baglogs, particularly in bioconversion processes and bioethanol production.

## PENDAHULUAN

Jamur termasuk dalam Kingdom Fungi yang memiliki ciri, yaitu tidak memiliki klorofil, sehingga jamur dapat hidup secara heterotrof. Jamur dapat memperoleh makanan dengan cara mengabsorpsi bahan organik seperti hemiselulosa, selulosa, lignin, protein, dan pati dari lingkungan tempat pertumbuhannya, dan mengubah bahan-bahan tersebut menjadi molekul lebih sederhana dibantu enzim yang dihasilkan oleh hifa atau miselium. Setiap jamur memiliki enzim yang bersifat hidrolitik ekstraseluler untuk mencerna bahan organik dari lingkungan (Hidayat et al., 2016; Suryani & Cahyanto, 2022).

Divisi jamur Basidiomycota adalah kelompok jamur yang memiliki tubuh buah yang besar. Basidiomycota hidup di alam sebagai dekomposer pada kayu atau bagian tumbuhan lainnya (Amin et al., 2019; Wahyudi et al., 2016). Beberapa jenis jamur Basidiomycota telah dimanfaatkan sebagai bahan pangan oleh masyarakat, antara lain Jamur Tiram Coklat (*Pleurotus cystidiosus*), Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) dan Jamur Kuping (*Auricularia auricula*) (Fikri et al., 2023). Ketiga jenis jamur tersebut dibudidayakan menggunakan baglog yang berbahan dasar serbuk kayu gergaji. Penelitian Kenanga et al. (2014) dalam pembudidayaan jamur tiram putih menggunakan baglog sebagai media tanam

dengan komposisi serbuk gergaji sebesar 85%. Penelitian lain dari Panggabean et al. (2021) menggunakan biji wijen, kecipir dan jagung sebagai media pembibitan jamur *Pleurotus ostreatus*. Hasil penelitian di sekitar perkebunan kelapa sawit memperlihatkan bahwa masyarakat memanfaatkan jamur *Pleurotus ostreatus* dan *Auricularia auricula* sebagai sumber pangan (Lestari et al., 2022). Jenis-jenis jamur Basidiomycota tersebut dapat menghasilkan enzim-enzim yang dapat memecah lignoselulosa. Contohnya enzim ligninase, selulase, dan hemiselulase (Firdausi & Basah, 2018; Munir, 2006).

Enzim selulase dihasilkan oleh miselium jamur tertentu untuk menguraikan selulosa pada media tanam baglog (Isnawati et al., 2019). Enzim selulase dibentuk oleh kompleks enzim yang bekerja secara bertahap dan sinergi, dimulai dari proses pemotongan rantai selulosa oleh enzim Endo-1,4- $\beta$ -glukanase untuk menghasilkan molekul selulosa yang lebih pendek. Enzim Ekso-1,4- $\beta$ -glukanase memotong ujung rantai selulosa, sehingga menghasilkan selobiosa. Lalu, enzim  $\beta$ -D-glukosidase memotong molekul selobiosa menjadi dua molekul glukosa (Ikram-ul-Haq et al., 2005). Enzim selulase dibutuhkan dalam industri yang memproduksi bioetanol dari bahan selulosa, karena enzim tersebut dapat menguraikan selulosa dengan cepat menjadi glukosa. Limbah organik juga dapat diolah menjadi

pupuk cair dengan bantuan enzim selulase (S. Putri, 2016).

Aktivitas enzim dipengaruhi oleh faktor-faktor pH, suhu, konsentrasi substrat maupun enzim, dan hadir-tidak / konsentrasi inhibitor (Hames & Hooper, 2011). Suhu dan pH adalah faktor terpenting yang harus diketahui pengaruhnya terhadap reaksi enzimatik. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Puspitasari dan Ibrahim (2020) yang memperlihatkan aktivitas selulase yang semakin menurun karena penurunan suhu dan pH. Serupa dengan penelitian S. Putri (2016) yang menunjukkan bahwa suhu di bawah suhu optimal akan menyebabkan aktivitas enzim selulase mengalami penurunan. Penelitian dari Karlina (2015), menggunakan substrat untuk menguji aktivitas enzim selulase, dengan komposisi antara lain CMC 1% (b/v), terkonversi secara optimal pada pH 5; lama inkubasi 30 menit; pada suhu 50°C.

Ekstraksi enzim selulase dari media baglog jamur dengan pelarut yang berbeda masih belum banyak dilakukan. Penelitian aktivitas enzim selulase dari baglog jamur juga belum banyak diketahui. Oleh karena itu, penelitian bertujuan untuk mengukur aktivitas enzim selulase yang diekstraksi dari baglog jamur menggunakan tiga jenis jamur yang berbeda (*Pleurotus cystidiosus*, *Pleurotus ostreatus*, dan *Auricularia auricula*) dengan menggunakan pelarut *aquadest*, saline, dan buffer pH 4, sehingga

dapat ditentukan kondisi optimum untuk aktivitas enzim selulase.

Peningkatan permintaan enzim untuk berbagai aplikasi industri, seperti dalam produksi bioetanol dan pengolahan limbah (Erdoğan et al., 2023), menjadikan penelitian ini penting untuk menemukan sumber enzim yang lebih efisien dan ekonomis. Penelitian ini menunjukkan cara mengoptimalkan limbah serbuk gergaji, sebagai media tanam jamur dan sumber enzim selulase, sehingga mengurangi limbah dan meningkatkan nilai tambah bahan yang biasanya dibuang. Penelitian ini juga dapat memberikan informasi penting mengenai kondisi optimal untuk aktivitas enzim selulase dari berbagai jenis jamur.

## METODE PENELITIAN

Preparasi sampel dan pengukuran aktivitas enzim selulase secara kuantitatif dilakukan di Laboratorium Kimia, Fakultas Biologi dan Pertanian, Universitas Nasional. Jenis penelitian yang dilakukan merupakan penelitian eksperimental dengan dua kali pengulangan. Sampel yang digunakan di dalam percobaan penelitian ini adalah baglog jamur *Pleurotus cystidiosus*, *Pleurotus ostreatus* dan *Auricularia auricula* yang telah mengandung 90% miselium. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain pelarut berupa saline (NaCl 0,9%), buffer sitrat pH 4, dan *aquadest*; substrat *Carboximethyl*

*cellulase* (CMC) 1%; pereaksi *dinitrosalisilat acid* (DNS) 1%; dan D-glukosa.

### **Preparasi Crude Enzyme dari Baglog Jamur**

Pembuatan *crude enzyme* dari baglog jamur diawali dengan disiapkannya 4 *beaker glass* yang bersih, kemudian diisi masing-masing dengan 100 mL pelarut yang akan digunakan, yaitu pelarut dari larutan saline, buffer pH 4, dan *aquadest*. Ke dalam tiap *beaker glass* tersebut ditambahkan 20 g baglog jamur. Setiap campuran pelarut dan baglog jamur dihomogenkan menggunakan *hand blender* dalam baskom yang berisi es batu selama 15 menit. Selanjutnya 15 mL campuran tersebut dimasukkan ke dalam tabung *sentrifuse* dan *disentifuse* selama 30 menit dengan kecepatan 3000 rpm. Setelah *disentrifuse*, supernatan bagian atas diambil dan endapannya dibuang. Supernatan merupakan larutan yang mengandung *crude enzyme* yang akan diuji aktivitasnya. *Crude enzyme* dimasukkan ke dalam lemari pendingin untuk uji lanjutan.

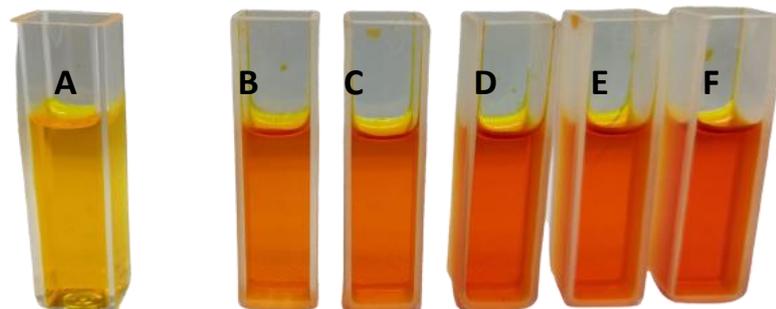
### **Uji Aktivitas Enzim Selulase**

Menurut Wu dan Shin (2016) aktivitas enzim dapat diuji menggunakan metode CMCcase dalam satuan *International Unit* (IU) dengan reagen *Dinitrosalicylic Acid* (DNS) dan CMC (*Carboxymethyl Celulose*) 1 % sebagai substrat. Tahap penelitian ini, dimulai dengan mencampur larutan *crude enzyme* 1 mL dari masing-masing pelarut

dengan 1 mL substrat CMC dan 0,25 mL aquades dalam 3 tabung reaksi berbeda. Dibuat juga larutan blanko ke dalam tabung reaksi berbeda berupa 1 mL substrat CMC + 1,25 mL aquades. Larutan *crude enzyme* dan blanko tersebut dimasukkan ke dalam *waterbath* 60°C selama 60 menit, sehingga enzim selulase bekerja memecah selulosa dari CMC sebagai substrat menjadi glukosa. Selanjutnya dibuat tiga buah kontrol dengan dicampurkan 1 mL *crude enzyme* dari masing-masing pelarut dengan 1 mL substrat CMC dan 0,25 mL aquades tanpa diinkubasi. Kemudian larutan *crude enzyme*, blanko, dan kontrol ditambahkan DNS 1% 1,5 mL dan diinkubasi kembali ke dalam *waterbath* 100°C selama 15 menit. Setelah itu, diukur nilai absorbansi *crude enzyme* dari masing-masing pelarut dan kontrol masing-masing pelarut. Absorbansi dihitung dengan menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 545 nm. Dihitung absorbansi terkoreksi dari ketiga sampel dan ketiga kontrol masing-masing pelarut dengan rumus berikut (Pujiati et al., 2018).

$$\text{Absorbansi terkoreksi} = \text{absorbansi sampel} - \text{absorbansi kontrol}$$

Menurut Pujiati et al. (2018), aktivitas enzim selulase di dalam hidrolisis selulosa kepada glukosa, dapat ditentukan dengan menggunakan kurva standar glukosa dengan konsentrasi yang telah diketahui. Metode



**Gambar 1.** Larutan glukosa dengan konsentrasi. (A) blanko; (B) 100 ppm; (C) 200 ppm; (D) 300 ppm; (E) 400 ppm; (F) 500 ppm.

Sumber. Dokumen Penulis

pembuatan kurva standar glukosa dilakukan sesuai penelitian D. P. Putri (2016), yaitu dengan mencampurkan 0,5 mL larutan glukosa dengan konsentrasi yang berbeda-beda, dari 100, 200, 300, 400, hingga 500 (ppm), dan DNS sebanyak 1,5 mL. Campuran glukosa dan DNS kemudian dipanaskan pada suhu 100°C selama 15 menit. Setelah sampel dipanaskan, nilai absorbansi sampel diukur dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 545 nm. Hasil uji larutan standar glukosa yang digunakan dalam penelitian disajikan pada **Gambar 1**. Aktivitas selulase dinyatakan dalam *international unit* (IU/mL) dengan rumus sebagai berikut.

$$AE = \frac{C}{BM \text{ glukosa} \times t} \times \frac{H}{E}$$

Keterangan:

AE= aktivitas enzim (IU/mL)

C= konsentrasi glukosa (ppm)

BM= berat molekul glukosa (180g/ mol)

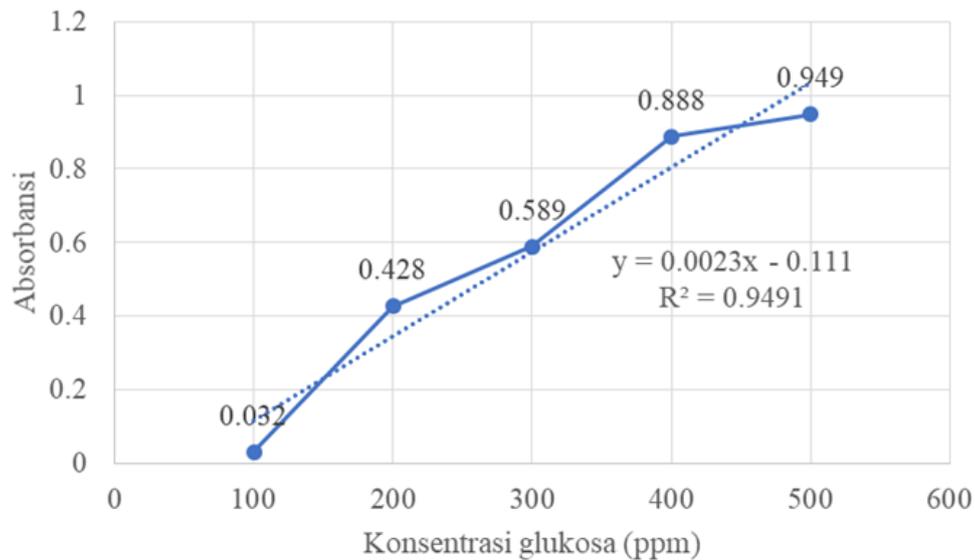
t= waktu inkubasi (menit)

H= volume total enzim dan substrat (mL)

E= volume enzim (mL)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode analisis aktivitas selulase secara kuantitatif dilakukan secara spektrofotometri menggunakan pereaksi DNS (asam 3,5-dinitrosalicylic) yang dapat mendeteksi gula pereduksi (glukosa) yang terbentuk dari hasil penguraian CMC (karboksimetilselulosa) oleh selulase yang membentuk kompleks berwarna jingga kemerahan. Pengukuran pada spektrofotometer dilakukan dengan mencari panjang gelombang maksimal. Penentuan panjang gelombang maksimal menggunakan reagen DNS memiliki tujuan untuk mendapat nilai absorbansi maksimum yang memberikan sensitivitas pengukuran yang paling baik. Panjang gelombang maksimal yang diperoleh yaitu 545 nm. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada pembuatan kurva standart glukosa, maka didapatkan persamaan regresi sebagai berikut, yaitu  $y = 0,0023x - 0,111$ . Kurva regresi linier dari hasil uji larutan standar glukosa disajikan pada **Gambar 2**.



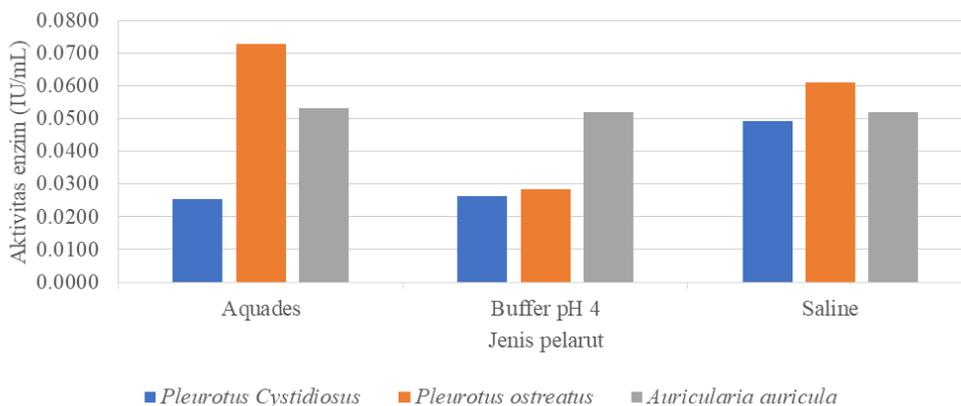
**Gambar 2.** Kurva standar glukosa yang menunjukkan regresi linier.  
Sumber. Dokumen Penulis

Selanjutnya, aktivitas enzim selulase dari tiap baglog jamur dan tiap pelarut dihitung berdasarkan banyaknya glukosa yang terbentuk sebagai hasil dari proses hidrolisis CMC. Konsentrasi glukosa dihitung dengan menggunakan regresi linear dari kurva standart glukosa. Hasil perhitungan konsentrasi glukosa dari tiap baglog jamur dapat dilihat pada **Tabel 1, 2** dan **3**. Kemudian dihitung besarnya aktivitas enzim, maka didapatkan hasil seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 3**.

Rata-rata besaran aktivitas enzim pada baglog jamur *Pleurotus cystidiosus* adalah 0,0336 IU/mL. Rata-rata besaran aktivitas enzim pada baglog jamur *Pleurotus ostreatus* adalah 0,0541 IU/mL. Sedangkan rata-rata besaran aktivitas enzim pada baglog jamur *Auricularia auricula* adalah 0,0524 IU/mL. Konsentrasi glukosa tertinggi terdapat pada baglog jamur

*Pleurotus ostreatus* yang diekstrak dengan pelarut *aquadest*, yaitu sebesar 393,043 ppm. Begitu pula dengan nilai aktivitas enzim selulasenya yang tertinggi terdapat pada baglog jamur *Pleurotus ostreatus* yang diekstrak dengan pelarut *aquadest*, yaitu sebesar 0,0728 IU/mL.

Komposisi baglog jamur antara lain serbuk gergaji 68,5%, dedak halus 13,5%, gypsum (CaSO<sub>4</sub>) 0,5%, kapur (CaCO<sub>3</sub>) 3,5%, TSP 0,5%, pupuk kandang 13,5%, dan air (Kamelia et al., 2018). Sedikit berbeda dengan penelitian Hadiyanti et al. (2020) baglog yang digunakan untuk menumbuhkan jamur *Auricularia auricula* terdiri atas serbuk gergaji, cocopeat, bekatul, air dan kapur. Sementara itu dalam penelitian Subali et al. (2023) digunakan media yang spesifik, antara lain serbuk gergaji kayu Sengon dan sekam padi 82%, dedak 10%, CaSO<sub>4</sub> 1,5%, dan CaCO<sub>3</sub> 1,5%.



**Gambar 3.** Besaran nilai aktivitas enzim selulase

**Tabel 1.** Konsentrasi glukosa baglog jamur *Pleurotus cystidiosus*

Pelarut	Absorbansi sampel <i>Pleurotus cystidiosus</i>	Absorbansi kontrol	Absorbansi terkoreksi	Konsentrasi glukosa (ppm)
Aquades	2,260	2,057	0,203	136.522
Buffer pH 4	2,035	1,819	0,216	142.174
Saline	2,816	2,316	0,500	265.652
<b>Rata-rata</b>	<b>2,370</b>	<b>2,064</b>	<b>0,306</b>	<b>181,449</b>

**Tabel 2.** Konsentrasi glukosa selulase baglog jamur *Pleurotus ostreatus*

Pelarut	Absorbansi sampel <i>Pleurotus ostreatus</i>	Absorbansi kontrol	Absorbansi terkoreksi	Konsentrasi glukosa (ppm)
Aquades	2,670	1,877	0,793	393,043
Buffer pH 4	1,957	1,715	0,242	153,478
Saline	2,514	1,866	0,648	330,000
<b>Rata-rata</b>	<b>2,380</b>	<b>1,819</b>	<b>0,561</b>	<b>292,174</b>

**Tabel 3.** Konsentrasi glukosa selulase baglog jamur *Auricularia auricula*

Pelarut	Absorbansi Sampel <i>Auricularia auricula</i>	Absorbansi Kontrol	Absorbansi Terkoreksi	Konsentrasi glukosa (ppm)
Aquades	2,040	1,489	0,551	287,826
Buffer pH 4	1,348	0,812	0,536	281,304
Saline	1,915	1,381	0,534	280,435
<b>Rata-rata</b>	<b>1,768</b>	<b>1,227</b>	<b>0,540</b>	<b>287,826</b>

Serbuk gergaji sebagai komponen utama budidaya jamur merupakan salah satu substrat yang kaya akan selulosa. Serbuk gergaji terdapat kandungan selulosa yang tinggi yaitu sekitar 40-45%. Serbuk gergaji kayu jati diketahui memiliki kadar selulosa sebesar 46,5% (Putri & Hidayat, 2019), sedangkan serbuk gergaji kayu sengon mengandung selulosa sebesar 41,17 % (Trisanti et al., 2018). Kandungan selulosa yang tinggi pada baglog jamur berpotensi

menghasilkan enzim selulase yang melimpah. Media tanam jamur merang (*Volvariella volvaceae*) mengandung isolate jamur dengan aktivitas selulolitik sebesar 0,7277 U/mL (Hasanah & Saskiawan, 2015).

Miselium jamur memproduksi enzim ekstraseluler yang berfungsi menghidrolisa senyawa yang berbobot molekul tinggi menjadi senyawa yang sederhana sehingga dapat dimanfaatkan oleh jamur tersebut.

Penelitian Imelda et al. (2015) menunjukkan adanya aktivitas enzim selulase dari serbuk gergaji sebagai media tumbuh jamur *Pleurotus ostreatus*. Miselium jamur dapat terinduksi oleh adanya ketersediaan substrat yang sesuai, seperti selulosa, hemiselulosa, atau lignin, sehingga jamur dapat menghasilkan enzim yang akan menghidrolisis substratnya menjadi senyawa yang sederhana dan mudah diserap untuk pertumbuhan.

Tiap pelarut yang digunakan dalam penelitian ini memiliki nilai pH yang beragam, antara lain Aquades pH 5,6; Buffer pH 4; dan Saline pH 5,5. Membandingkan dengan hasil penelitian aktivitas enzim selulase dari Singh et al. (2003) terhadap media tanam jamur *Pleurotus sajor-caju* yang menunjukkan aktivitas terbesar pada pelarut *aquadest* yaitu 1,99 U/g. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Idiawati et al. (2014), pH terbaik dalam menghasilkan enzim selulase dengan aktivitas enzim tertinggi adalah pH 5 dengan nilai aktivitas enzim sebesar 0,172 U/mL.

Temperatur mempengaruhi aktivitas enzim. Temperatur yang digunakan untuk inkubasi kerja enzim yaitu sebesar 60°C. Serupa dengan penelitian Ramadhan et al. (2020) yang juga menggunakan suhu 60°C untuk inkubasi. Sedikit berbeda dengan penelitian Idiawati et al. (2014) dan Pujiati et al. (2018) yang menggunakan suhu 50°C pada uji aktivitas enzim selulase. Penelitian

Imelda et al. (2015) menggunakan suhu 40°C untuk menginkubasi sampelnya. Sedangkan Hasanah dan Saskiawan (2015) dan Singh et al. (2003) melakukan inkubasi pada suhu ruang.

Penelitian ini dilakukan di laboratorium dengan kondisi yang terkendali. Media tanam yang digunakan dalam penelitian ini terbatas pada serbuk gergaji. Penggunaan media tanam lain mungkin memberikan hasil yang berbeda. Penelitian ini hanya menggunakan tiga jenis jamur (*Pleurotus cystidiosus*, *Pleurotus ostreatus* dan *Auricularia auricula*), sehingga penelitian lebih lanjut menggunakan jenis jamur lainya dapat dilakukan untuk mengevaluasi efektivitasnya.

## SIMPULAN

Penelitian yang dilakukan untuk mengukur aktivitas enzim selulase yang diekstraksi dari baglog jamur tiram coklat (*Pleurotus cystidiosus*), jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*), dan jamur kuping (*Auricularia auricula*), dapat disimpulkan bahwa suhu 60°C dan waktu inkubasi 60 menit merupakan kondisi optimum untuk aktivitas enzim selulase. Aktivitas enzim selulase terendah tercatat pada baglog jamur *Pleurotus cystidiosus* yang diekstraksi dengan pelarut *aquadest*, yaitu sebesar 0,0253 IU/mL. Sebaliknya, aktivitas enzim selulase tertinggi ditemukan pada baglog

jamur *Pleurotus ostreatus* yang diekstraksi dengan pelarut *aquadest*, yaitu sebesar 0,0728 IU/mL.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amin, N., Eriawati, E., & Firyal, C. F. (2019). Jamur Basidiomycota di Kawasan Wisata Alam Pucok Krueng Raba Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Biotik: Jurnal Ilmiah Biologi Teknologi dan Kependidikan*, 7(2), 155-162.
- Erdoğan, E. M., Karagöz, P., & Özkan, M. (2023). Bioethanol Production from Lignocellulosic Wastes: Potentials and Challenges. In E. Betiku & M. M. Ishola (Eds.), *Bioethanol: A Green Energy Substitute for Fossil Fuels* (pp. 123-160).
- Fikri, A. H. N., Rosyid, C. H. R., Mahajarifar, R. Z., Fadlun, F., & Noverita. (2023). Keanekaragaman Jamur Makro dan Potensinya di Kampung Citalahab, Balai Taman Nasional Gunung Halimun Salak. *AL-KAUNIYAH: Jurnal Biologi*, 16(1), 76-88.
- Firdausi, N. F., & Basah, A. W. M. (2018). Inventarisasi jamur makroskopis di kawasan hutan Mbeji lereng gunung Anjasmoro. *Jurnal Biology Science and Education*, 7(2), 142-146.
- Hadiyanti, N., Aji, S. B., & Saptorini, S. (2020). Kajian produksi jamur kuping (*Auricularia auriculajudae*) pada berbagai komposisi media tanam. *Jurnal Agroteknologi dan Agribisnis*, 4(1), 1-14.
- Hames, D., & Hooper, N. (2011). *Biochemistry (BIOS Instant Notes)* (4 Ed.): Taylor & Francis.
- Hasanah, N., & Saskiawan, I. (2015). *Aktivitas selulase isolat jamur dari limbah media tanam jamur merang*. Paper presented at the Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia.
- Hidayat, N., Wignyanto, W., Sumarsih, S., & Putri, A. I. (2016). *Mikologi industri*: Universitas Brawijaya Press.
- Idiawati, N., Harfinda, E. M., & Arianie, L. (2014). Produksi enzim selulase oleh *Aspergillus niger* pada ampas sagu. *Jurnal Natur Indonesia*, 16(1), 1-9.
- Ikram-ul-Haq, Javed, M. M., Khan, T. S., & Siddiq, Z. (2005). Cotton saccharifying activity of cellulases produced by co-culture of *Aspergillus niger* and *Trichoderma viride*. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 1(3), 241-245.
- Imelda, I., Nurmiati, N., & Periadnadi, P. (2015). Pengaruh pencucian media serbuk gergaji terhadap keberadaan dan aktivitas beberapa enzim media dan tubuh buah jamur tiram putih. *Online Jurnal of Natural Science*, 4(3), 310-321.
- Isnawati, I., Mahmudi, I., Khayati, D. N., Utami, T. W., Purwanti, K. E., & Ulfa, M. (2019). Pengaruh penambahan limbah kertas 80% dan kayu 20% sebagai alternatif media tanam jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*). *Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*, 21(2), 139-145.
- Kamelia, M., Anggoro, B. S., & Novitasari, D. (2018). Isolasi dan seleksi enzimatik bakteri selulolitik dari limbah media tanam jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) berbahan serbuk gergaji kayu karet (*Hevea brasiliensis* muell. Arg). *Biosfer: Jurnal Tadris Biologi*, 9(2), 225-237.
- Karlina, L. (2015). *Produksi crude enzim selulase dari substrat pelepah kelapa sawit oleh Aspergillus niger bccf 077 (kajian proporsi air : Substrat dan lama fermentasi)*. Universitas Brawijaya.
- Kenanga, P., Pambudi, A., & Puspitasari, R. L. (2014). Perbandingan Pertumbuhan Jamur Tiram Putih di Kumpang Ciseeng dan Universitas Al-Azhar Indonesia. *AL-KAUNIYAH: Jurnal Biologi*, 7(2), 94-98.

- Lestari, S. H., Budiarti, R. S., & Harlis. (2022). Kajian Pengetahuan Masyarakat Lokal Tentang Pemanfaatan Jamur sebagai Sumber Pangan Masyarakat Di Sekitar Perkebunan Kelapa Sawit Desa Pematang Kancil Kabupaten Merangin. *Jurnal Pro-Life*, 9(2), 448-463.
- Munir, E. (2006). *Pemanfaatan mikroba dalam bioremediasi: suatu teknologi alternatif untuk pelestarian lingkungan*. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Tetap dalam Bidang Mikrobiologi FMIPA USU. USU Repository. Medan.
- Panggabean, P. A., Rahayu, L., Watini, K., Burhannudin, B., & Wahyuningsih, I. (2021). Penggunaan Biji Wijen, Kecipir Dan Jagung Sebagai Media Pembibitan Jamur Tiram Putih (*Pleurotus Ostreatus*). *Jurnal Pro-Life*, 8(3), 192-198.
- Pujiati, P., Ardhi, M. W., & Prasetyo, E. N. (2018). *Bioteknologi berbasis proyek - produksi purifikasi enzim selulase dari kapang Trichoderma viride dan potensinya dalam bioscouring*. Magetan, Jawa Timur: AE Media Grafika.
- Puspitasari, D., & Ibrahim, M. (2020). Optimasi aktivitas selulase ekstraseluler isolat bakteri EG 2 isolasi dari bungkil kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 9(1), 42-50.
- Putri, D. A., & Hidayat, T. (2019). Serbuk kayu jati (*Tectona grandis* linn. F.) sebagai substrat alternatif untuk produksi enzim selulase. *Scripta Biologica*, 6(2).
- Putri, D. P. (2016). *Uji aktivitas enzim selulase pada substrat jerami padi dan serat mesokarp kelapa sawit oleh Aspergillus niger dan Trichoderma viride*. Universitas Brawijaya.
- Putri, S. (2016). *Karakterisasi enzim selulase yang dihasilkan oleh Lactobacillus plantarum pada variasi suhu, pH dan konsentrasi substrat*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Ramadhan, R. F., Montesqrit, M., & Marlida, Y. (2020). Produksi enzim selulase termostabil dari bakteri NG2 menggunakan berbagai sumber selulosa asal limbah pertanian dan perkebunan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian*, 8(2), 64-72.
- Singh, A. D., Abdullah, N., & Vikineswary, S. (2003). Optimization of extraction of bulk enzymes from spent mushroom compost. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology: International Research in Process, Environmental & Clean Technology*, 78(7), 743-752.
- Subali, D., Givianty, V. T., Hartanti, A. T., & Karmawan, L. U. (2023). Optimization of Composting Growing Media Time and Rice Husk Addition in *Auricularia Auricula* Cultivation. *AL-KAUNIYAH: Jurnal Biologi*, 16(2), 423-433.
- Suryani, Y., & Cahyanto, T. (2022). *Pengantar jamur makroskopis*: Gunung Djati Publishing.
- Trisanti, P. N., HP, S. S., Nura'ini, E., & Sumarno, S. (2018). Ekstraksi selulosa dari serbuk gergaji kayu sengon melalui proses delignifikasi alkali ultrasonik. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 19(3), 113-119.
- Wahyudi, T. R., Rahayu, S., & Azwin, A. (2016). Keanekaragaman jamur Basidiomycota di hutan tropis dataran rendah Sumatera, Indonesia (studi kasus di Arboretum Fakultas Kehutanan Universitas Lancang Kuning Pekanbaru). *Wahana Forestra: Jurnal Kehutanan*, 11(2), 98-111.
- Wu, Y., & Shin, H.-J. (2016). Cellulase from the fruiting bodies and mycelia of edible mushrooms: A review. *Journal of Mushrooms*, 14(4), 127-135.