

Aktivitas Selulase dan Pola Pertumbuhan Miselium *Aspergillus* RB1 (Fungi Selulolitik Asal TPST Rempoah, Banyumas) Berdasarkan Variasi Waktu Inkubasi

Cellulase Activity and Mycelial Growth Pattern of Aspergillus RB1 (Cellulolytic Fungi from TPST Rempoah, Banyumas) Based on Variations in Incubation Time

**Arif Rahman Hikam, Ratna Stia Dewi, Aris Mumpuni, Dwiana Muflihah Yulianti,
Adinda Eka Murti Setio**

Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman, Jalan dr. Suparno 63 Purwokerto, Banyumas
*corresponding author, Email: arahmanhikam@unsoed.ac.id

Rekam Jejak Artikel:

Diterima : 18/11/2025
Disetujui : 26/12/2025

Abstract

Cellulolytic fungi are one of the main microorganisms that play a role in the production of cellulase enzymes due to their ability to secrete high amounts of extracellular enzymes. *Aspergillus* RB1 is a cellulolytic fungal isolate obtained from the Rempoah Integrated Waste Processing Site (TPST), Banyumas, and has the potential to produce cellulase enzymes. This study aims to examine the activity of the cellulase enzyme and the growth pattern of *Aspergillus* RB1 mycelium at various incubation times. The isolate was rejuvenated and then grown in liquid CMC medium with varying incubation times of 0, 2, 4, 6, 8, 10, and 12 days with 3 replications. The culture filtrate was used as a source of crude cellulase enzyme extract, which was tested for activity using the DNS method by comparing it to a glucose standard curve. Mycelium growth was analyzed based on the measurement of biomass dry weight at each incubation time. The results showed that *Aspergillus* RB1 cellulase activity increased with increasing incubation time and reached its highest value on day 4 at 17.92 U/mL. The mycelial growth pattern showed a maximum dry weight of 0.81 g on day 4, indicating the exponential growth phase as the optimum phase for enzyme production. The alignment between the peak cellulase activity and the mycelial growth curve indicates that day 4 of incubation is the optimum time for cellulase production by *Aspergillus* RB1.

Key Words : *Aspergillus* RB1; cellulase activity; mycelial growth curve; incubation time

Abstrak

Fungi selulolitik merupakan salah satu mikroorganisme utama yang berperan dalam produksi enzim selulase karena kemampuannya mensekresikan enzim ekstraseluler dalam jumlah tinggi. *Aspergillus* RB1 merupakan isolat fungi selulolitik yang diperoleh dari Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Rempoah, Banyumas, dan berpotensi sebagai penghasil enzim selulase. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji aktivitas enzim selulase serta pola pertumbuhan miselium *Aspergillus* RB1 pada berbagai waktu inkubasi. Isolat diremajakan kemudian ditumbuhkan pada medium CMC cair dengan variasi lama inkubasi 0, 2, 4, 6, 8, 10, dan 12 hari dengan 3 ulangan. Filtrat kultur digunakan sebagai sumber ekstrak kasar enzim selulase, yang diuji aktivitasnya menggunakan metode DNS dengan perbandingan terhadap kurva standar glukosa. Pertumbuhan miselium dianalisis berdasarkan pengukuran berat kering biomassa pada setiap waktu inkubasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas selulase *Aspergillus* RB1 meningkat seiring bertambahnya waktu inkubasi dan mencapai nilai tertinggi pada hari ke-4 sebesar 17,92 U/mL. Pola pertumbuhan miselium menunjukkan berat kering maksimum pada hari ke-4 sebesar 0,81 g, yang mengindikasikan fase pertumbuhan eksponensial sebagai fase optimum produksi enzim. Keselarasan antara puncak aktivitas selulase dan kurva tumbuh miselium menunjukkan bahwa lama inkubasi hari ke-4 merupakan waktu optimum untuk produksi selulase oleh *Aspergillus* RB1.

Kata kunci : *Aspergillus* RB1; aktivitas selulase; kurva tumbuh miselium; waktu inkubasi

PENDAHULUAN

Selulase merupakan kelompok enzim hidrolitik yang berperan penting dalam degradasi selulosa menjadi gula sederhana, terutama glukosa. Enzim ini memiliki peranan strategis dalam berbagai bidang, seperti industri bioenergi, pakan ternak, tekstil, kertas, serta pengolahan limbah berbasis lignoselulosa. Pemanfaatan mikroorganisme sebagai penghasil selulase banyak dikembangkan karena dinilai lebih efisien, ramah lingkungan, dan mampu

menghasilkan enzim dalam jumlah besar dibandingkan sumber lain.

Jamur filamentous, khususnya genus *Aspergillus*, dikenal sebagai penghasil selulase potensial karena kemampuannya mensekresikan enzim ekstraseluler dalam jumlah tinggi serta adaptif terhadap berbagai kondisi lingkungan. Beberapa penelitian melaporkan bahwa *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus*, dan *Aspergillus fumigatus*

mampu menghasilkan aktivitas selulase tinggi pada medium yang mengandung selulosa atau turunannya, seperti carboxymethyl cellulose (CMC) (Acharya et al., 2008; Sohail et al., 2009). Isolat *Aspergillus* lokal memiliki potensi selulolitik yang tinggi dan berpeluang dikembangkan sebagai sumber enzim industri (Utami et al., 2018; Idiawati et al., 2014, Khokhar et al., 2012).

Lama inkubasi merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi pertumbuhan biomassa jamur dan produksi enzim selulase. Produksi selulase umumnya meningkat seiring dengan pertumbuhan miselium dan mencapai nilai optimum pada fase pertumbuhan eksponensial, kemudian menurun ketika kultur memasuki fase stasioner akibat keterbatasan nutrisi dan akumulasi metabolit (Cherry and Fidantsef, 2003). Oleh karena itu, analisis kurva tumbuh miselium menjadi penting untuk memahami hubungan antara pertumbuhan biomassa dan produksi enzim selulase. Beberapa penelitian, melaporkan adanya korelasi positif antara berat kering miselium dan aktivitas selulase yang dihasilkan oleh jamur filamentous (Acharya et al., 2008).

Pengujian aktivitas enzim selulase umumnya dilakukan dengan metode DNS (3,5-dinitrosalisilat), yang mengukur jumlah gula pereduksi hasil hidrolisis substrat selulosa. Metode DNS banyak digunakan karena relatif sederhana, sensitif, dan mampu memberikan gambaran kuantitatif aktivitas enzim melalui perbandingan dengan kurva standar glukosa (Miller, 1959). Metode DNS efektif digunakan untuk menentukan aktivitas selulase dari berbagai isolat jamur dan bakteri selulolitik (Utami et al., 2019). Dengan metode ini, peningkatan aktivitas selulase dapat dikaitkan secara langsung dengan kemampuan mikroorganisme dalam menghidrolisis selulosa selama masa inkubasi.

Aspergillus RB1 merupakan isolat lokal yang diperoleh dari Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Rempoah, Banyumas, dan telah dilaporkan memiliki kemampuan selulolitik tinggi dengan nilai indeks selulolitik sebesar 1,33 (Hikam, 2024). Namun, informasi mengenai pengaruh lama inkubasi terhadap aktivitas selulase serta keterkaitannya dengan kurva tumbuh miselium isolat ini belum diteliti. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji aktivitas enzim selulase *Aspergillus* RB1 pada berbagai waktu inkubasi menggunakan metode DNS serta menganalisis hubungannya dengan kurva tumbuh miselium, sehingga diperoleh waktu inkubasi optimum untuk produksi selulase. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan pemanfaatan isolat lokal *Aspergillus* RB1 sebagai sumber enzim selulase potensial dalam aplikasi bioteknologi berbasis biomassa lignoselulosa.

MATERI DAN METODE

Bahan yang digunakan adalah isolat *Aspergillus* RB1 yang diisolasi dari TPST Rempoah Banyumas,

alkohol 70%, akuades, kloramfenikol, media *Potato Dextrose Agar* (PDA) instan, media CMC Cair (1 gram CMC, 0,04 gram $MgSO_4$, 0,15 gram KNO_3 , 0,1 gram K_2HPO_4 , 0,004 gram $CaCl_2$, 0,4 gram yeast, 100 ml aquadest), larutan *Dinitrosalicylic acid* (DNS), kertas saring, spiritus, *aluminium foil*, plastik *wrap*, kantong plastik, dan kertas label. Alat yang digunakan adalah cawan Petri, tabung reaksi, labu Erlenmeyer, gelas ukur, *object glass*, *cover glass*, jarum ose, bor gabus, corong, *cotton plug*, timbangan digital, *hotplate and stirrer*, *Laminar Air Flow* (LAF), autoklaf, mikroskop, spektrofotometer, *waterbath*.

Penelitian ini dirancang sebagai penelitian eksperimental yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama inkubasi terhadap aktivitas enzim selulase yang dihasilkan oleh isolat fungi *Aspergillus* RB1. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah lama inkubasi, sedangkan variabel terikatnya adalah aktivitas enzim selulase. Penelitian dilaksanakan menggunakan rancangan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor perlakuan, yaitu waktu inkubasi yang terdiri atas enam taraf, yaitu 0, 2, 4, 6, 8, 10, dan 12 hari, dengan 3 ulangan tiap perlakuan.

Peremajaan isolat

Kultur Isolat *Aspergillus* RB1 diremajakan dan diperbanyak pada medium PDA dalam cawan petri dan diinkubasi selama 5 hari. Isolat hasil peremajaan yang sudah tumbuh kemudian diamati karakter makromorfologi di cawan dan mikromorfologinya dengan metode slide culture di bawah mikroskop. Hasil pengamatan dibandingkan dengan data karakter isolat sebelumnya untuk konfirmasi bahwa isolat yang tumbuh merupakan isolat yang sama.

Pembuatan Kurva tumbuh miselium

Perbanyakan isolat hasil peremajaan *Aspergillus* RB1 digunakan untuk mengukur kurva tumbuh miselium. Sebanyak 5 plug isolat *Aspergillus* RB1 dengan streak *cork borer* diinokulasikan ke dalam 100 ml medium CMC cair. Perlakuan lama inkubasi dilakukan pada hari ke 0, 2, 4, 6, 8, 10, dan 12. Miselium yang tumbuh pada medium cair kemudian diambil dan disaring filtratnya dengan kertas saring dan alat penyedot (vacum). Masa miselium keringkan didalam oven dengan suhu 50C selama 1 hari dan ditimbang untuk mengetahui bobot keringnya. Data bobot kering digunakan untuk membuat kurva tumbuh miselium. Filtrat medium cair digunakan untuk ekstraksi selulase.

Ekstraksi Selulase (Talantan et al., 2018)

Ekstrak kasar selulase dihasilkan melalui sentrifugasi filtrat medium cair pada kecepatan 10000 rpm selama 10 menit dengan suhu 4°C. Proses ini bertujuan memisahkan sel mikroorganisme yang mengendap dari supernatan, yang merupakan cairan berisi enzim. Supernatan kemudian disaring menggunakan kertas saring untuk mendapatkan filtrat jernih sebagai ekstrak kasar selulase. Filtrat ini

kemudian digunakan untuk analisis aktivitas enzim selulase .

Pembuatan Kurva Standar Glukosa menggunakan Metode DNS (Talantan et al., 2018)

Pembuatan kurva standar glukosa diawali dengan menyiapkan larutan standar glukosa pada konsentrasi 0, 20, 40, 60, 80, dan 100 ppm. Selanjutnya, 1ml larutan glukosa untuk setiap konsentrasi dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan dihomogenkan dengan 1 ml reagen DNS. Tabung reaksi ditutup dengan aluminium foil dan dipanaskan dalam air mendidih selama 15 menit hingga larutan menjadi berwarna merah-cokelat. Setelah larutan dingin, nilai absorbansi diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 540 nm. Data nilai absorbansi dibuat menjadi kurva standar glukosa.

Uji Aktivitas Selulase dengan Metode DNS (Talantan et al., 2018)

Pengukuran aktivitas selulolitik dilakukan dengan mengukur kadar gula reduksi yang dilakukan terhadap 3 kelompok tabung reaksi, yang terdiri dari sampel, kontrol, dan blanko. Tabung reaksi sampel berisi 1 ml ekstrak kasar selulase dan ditambahkan dengan 1 ml DNS, kemudian diinkubasi selama 30 menit dan dihentikan aktivitas enzimnya dengan dipanaskan di dalam *waterbath* selama 5 menit pada suhu 90°C, kemudian ditambahkan akuades sebanyak 2 ml. Tabung reaksi kontrol berisi 1 ml larutan medium CMC cair dan ditambahkan dengan 1 ml DNS, selanjutnya dipanaskan di dalam *waterbath* selama 5 menit pada suhu 90°C, kemudian ditambahkan akuades sebanyak 2 ml. Tabung reaksi blanko diisi 1 ml akuades dan ditambahkan dengan 1 ml DNS, selanjutnya dipanaskan di dalam *waterbath* selama 5 menit pada suhu 90°C, kemudian ditambahkan akuades sebanyak 2 ml. Nilai absorbansi diukur pada panjang gelombang 540 nm dengan menggunakan spektrofotometer UV Vis

(Talantan *et al.*, 2018). Aktivitas enzim dihitung dengan menggunakan rumus:

Aktivitas Selulase (U/ml) =

$$\left[\text{Konsentrasi glukosa sampel} \times \frac{1000}{v \times t \times \text{BM}} \right]$$

Keterangan :

t : waktu inkubasi (30 menit)

v : volume enzim (1 ml)

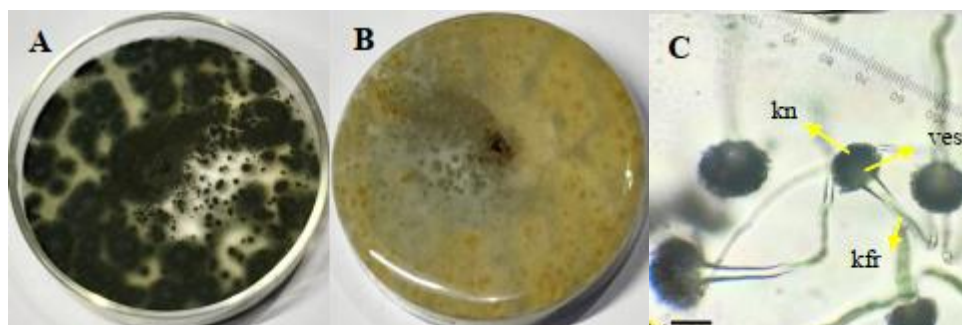
BM : berat molekul glukosa (180 dalton)

Analisis Data

Data aktivitas enzim selulase yang diperoleh pada masing-masing lama inkubasi dianalisis secara deskriptif dan divisualisasikan dalam bentuk grafik mengetahui perlakuan lama inkubasi dengan aktivitas enzim selulase tertinggi.

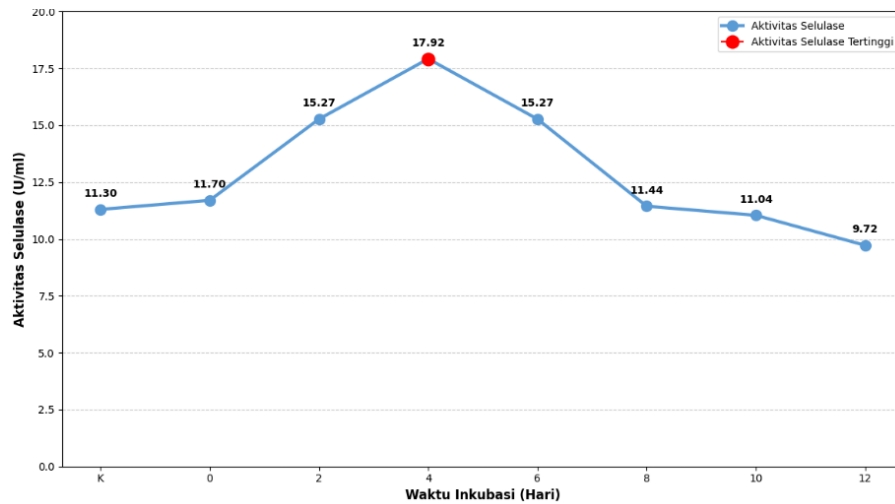
HASIL DAN PEMBAHASAN

Peremajaan isolat *Aspergillus* RB1 menunjukkan pertumbuhan koloni yang baik dan stabil pada medium kultur PDA. Secara makroskopis, koloni hasil peremajaan memiliki bentuk sirkular, mudah menyebar, tepi relatif rata, permukaan halus hingga bergranula, serta warna hijau keabu-abuan dengan bagian balik koloni pucat hingga kekuningan, yang sesuai dengan karakter isolat *Aspergillus* RB1 hasil isolasi dari TPST Rempoah. Pengamatan mikroskopis menunjukkan hifa bersekat, konidiofor tegak dengan vesikel bulat, fialid tersusun radial, dan konidia berbentuk bulat hingga sub-bulat. Menurut Watanabe (2002), jamur *Aspergillus* memiliki konidiofor yang tumbuh tegak dan jarang bercabang, tangkainya berwarna hialin, serta konidia phialospous berwarna hijau tua dengan tekstur permukaan yang kasar. Kesamaan karakter makroskopis dan mikroskopis tersebut mengonfirmasi bahwa isolat *Aspergillus* RB1 hasil peremajaan memiliki karakter yang sama dengan isolat asal dan layak digunakan untuk tahap penelitian selanjutnya.

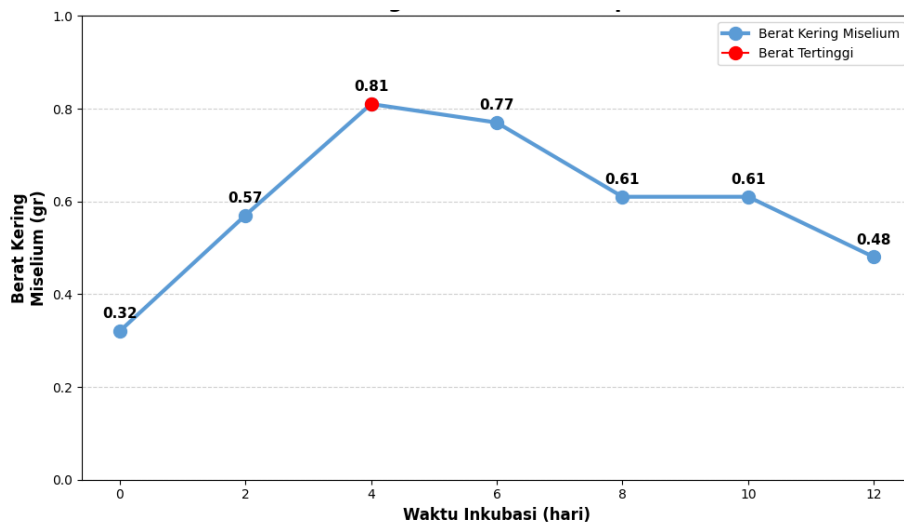


Gambar 1. Hasil pengamatan peremajaan karakter isolat *Aspergillus* RB1

Keterangan: (A) Makromorfologi permukaan koloni, (B) Makromorfologi sebalik koloni, (C) Mikromorfologi koloni yang diamati dengan mikroskop cahaya skala = 10µm (kn; konidia, ves; vesikel, kfr; konidiofor)



Gambar 2. Grafik aktivitas selulase medium Isolat *Aspergillus* RB1.



Gambar 3. Kurva Pertumbuhan Isolat *Aspergillus* RB1

Setelah isolat *Aspergillus* RB1 diremajakan, isolat selanjutnya ditumbuhkan pada medium CMC cair dengan variasi lama inkubasi 0, 2, 4, 6, 8, 10, dan 12 hari untuk menguji aktivitas enzim selulase serta kurva tumbuh miseliumnya. Pada setiap waktu inkubasi, kultur dipanen dan medium cair disaring untuk memperoleh filtrat yang digunakan sebagai sumber ekstrak kasar enzim. Aktivitas selulase kemudian diuji menggunakan metode DNS (3,5-dinitrosalisilat) dengan mengukur jumlah gula pereduksi yang dihasilkan dan dibandingkan dengan kurva standar glukosa kemudian dihitung menggunakan rumus. Hasil pengujian aktivitas enzim selulase *Aspergillus* RB1 disajikan pada Gambar 2.

Berdasarkan grafik aktivitas enzim selulase terhadap waktu inkubasi (Gambar 2), *Aspergillus* RB1 menunjukkan kemampuan menghasilkan enzim selulase sejak awal inkubasi, dengan aktivitas sebesar 11,30 U/mL dan meningkat hingga mencapai nilai

maksimum pada hari ke-4 sebesar 17,92 U/mL. Setelah mencapai puncak pada hari ke-4, aktivitas selulase mengalami penurunan pada hari ke-6 hingga hari ke-12.

Kurva tumbuh miselium *Aspergillus* RB1 ditentukan dengan mengukur berat kering miselium pada setiap variasi lama inkubasi. Pengukuran berat kering ini digunakan sebagai indikator pertumbuhan biomassa jamur selama masa inkubasi. Hasil pengamatan berat kering miselium *Aspergillus* RB1 pada berbagai lama inkubasi selanjutnya disajikan dalam bentuk kurva tumbuh, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.

Hasil pengukuran berat kering miselium *Aspergillus* RB1 menunjukkan pola kurva tumbuh yang khas bagi fungi filamentous. Pada awal inkubasi hingga hari ke-4, berat kering miselium meningkat dari 0,32 g menjadi 0,81 g, yang menandakan fase pertumbuhan eksponensial (log phase). Peningkatan biomassa ini menunjukkan bahwa *Aspergillus* RB1

mampu memanfaatkan nutrisi dalam medium secara optimal untuk pertumbuhan dan pembentukan miselium. Setelah mencapai puncak pada hari ke-4, berat kering miselium mulai menurun secara bertahap hingga hari ke-12, yang mengindikasikan peralihan menuju fase stasioner dan fase penurunan (decline phase).

Aktivitas enzim selulase *Aspergillus* RB1 menunjukkan dinamika yang erat kaitannya dengan kurva tumbuh miselium selama masa inkubasi. Aktivitas selulase meningkat seiring bertambahnya waktu inkubasi dan mencapai nilai maksimum pada hari ke-4, yang mengindikasikan fase produksi enzim paling optimal. Puncak aktivitas selulase ini bertepatan dengan fase pertumbuhan aktif miselium, sebagaimana tercermin dari peningkatan berat kering biomassa. Pada fase eksponensial tersebut, kebutuhan sel fungi terhadap sumber karbon meningkat secara signifikan, sehingga mendorong sintesis dan sekresi enzim selulase untuk menghidrolisis selulosa sebagai substrat utama dalam medium (Lynd et al., 2002).

Setelah mencapai puncaknya, aktivitas selulase mengalami penurunan pada hari ke-6 hingga hari ke-12, sejalan dengan menurunnya berat kering miselium. Penurunan ini menunjukkan bahwa berkurangnya biomassa aktif berdampak langsung terhadap kapasitas produksi enzim. Selain faktor keterbatasan nutrisi, akumulasi metabolit sekunder serta perubahan kondisi lingkungan kultur turut memengaruhi stabilitas dan efektivitas enzim selulase, sekaligus memperlambat laju pertumbuhan miselium (Beguín and Aubert, 1994). Pada fase lanjut pertumbuhan, energi sel fungi cenderung dialihkan untuk mempertahankan viabilitas sel dibandingkan untuk sintesis enzim ekstraseluler.

Keterkaitan antara aktivitas selulase dan fase pertumbuhan miselium ini sejalan dengan temuan penelitian sebelumnya. Acharya et al. (2008) melaporkan bahwa produksi selulase oleh *Aspergillus niger* berkorelasi kuat dengan fase eksponensial pertumbuhan dan mengalami penurunan ketika kultur memasuki fase stasioner. Hal serupa juga dikemukakan oleh Goyal et al. (2014), yang menyatakan bahwa menurunnya produksi selulase pada fase akhir pertumbuhan berkaitan dengan penurunan aktivitas metabolik sel serta meningkatnya degradasi enzim oleh protease. Selain itu, produksi enzim selulase oleh fungi selulolitik dipengaruhi oleh kemampuan fisiologis dan kondisi fermentasi (Larasati et al., 2018).

Dengan demikian, pola aktivitas selulase *Aspergillus* RB1 merefleksikan kurva tumbuh miselium yang diamati, di mana hari ke-4 merupakan waktu inkubasi optimum untuk produksi enzim. Temuan ini menegaskan pentingnya pengaturan waktu inkubasi dalam upaya memaksimalkan aktivitas selulase dan memperkuat potensi *Aspergillus* RB1 sebagai sumber enzim selulase

untuk aplikasi bioteknologi berbasis biomassa lignoselulosa.

SIMPULAN

Aspergillus RB1 menunjukkan aktivitas enzim selulase tertinggi sebesar 17,92 U/mL pada lama inkubasi hari ke-4. Pada waktu inkubasi yang sama, kurva tumbuh miselium memperlihatkan berat kering miselium maksimum sebesar 0,81 g, yang menunjukkan bahwa fase pertumbuhan eksponensial merupakan kondisi paling optimal untuk produksi enzim selulase. Keselarasan antara puncak aktivitas selulase dan berat kering miselium ini menegaskan bahwa lama inkubasi hari ke-4 merupakan waktu terbaik untuk produksi selulase oleh *Aspergillus* RB1.

DAFTAR REFERENSI

- Acharya, P.B., Acharya, D.K. and Modi, H.A. 2008. Optimization for cellulase production by *Aspergillus niger* using saw dust as substrate. *African Journal of Biotechnology*, 7(22), pp. 4147–4152.
- Adam, A.T., Pakaya, M.S., Hiola, F., Aman, L.O. and Uno, W.Z., 2025. Perbandingan Produksi Enzim Selulase Dari *Aspergillus niger* Dengan dan Tanpa Menggunakan Penginduksi Carboxymethyl Cellulose (CMC). *Jurnal Kolaboratif Sains*, 8(9), pp. 5732-5737.
- Beguín, P. and Aubert, J.P. 1994. The biological degradation of cellulose. *FEMS Microbiology Reviews*, 13(1), pp. 25–58.
- Cherry, J.R. and Fidantsef, A.L. 2003. Directed evolution of industrial enzymes: an update. *Current Opinion in Biotechnology*, 14(4), pp. 438–443.
- Goyal, V., Mittal, A., Bhuwal, A., Singh, G., Yadav, A. and Aggarwal, N.K. 2014. Parametric optimization of cellulase enzyme production from *Aspergillus* sp. *Biotechnology Research International*, 2014, pp. 1–8.
- Hikam, A. R., Setio, A. E. M., Mumpuni, A., Yulianti, D. M., & Dewi, R. S. 2024. Isolasi, Skrining dan Identifikasi Fungi Selulolitik Asal Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Rempoah, Kabupaten Banyumas. *SCISCITATIO : Duta Wacana Christian University*, 5(2), pp. 58-66.
- Idiawati, N., Harfinda, E. M. & Arianie, L., 2014. Produksi Enzim Selulase oleh *Aspergillus niger* pada Ampas Sagu. *Jurnal Natur Indonesia*, 16(1), pp. 1-9.
- Khokhar, I., Haider, M. S., Mushtaq, S. & Mukhtar, I., 2012. Isolation and Screening of Highly Cellulolytic Filamentous Fungi. *Journal of*

- Applied Sciences and Environmental Management*, 16(3), pp. 223-226.
- Larasati, T. R. D., Mulyana, N., Anggriawan, M. & Effendi, Y., 2018. Produksi Enzim Selulase oleh Fungi Selulolitik yang Diradiasi Sinar Gamma Dalam Fermentasi Jerami Padi. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 16(3), pp. 139-147.
- Lynd, L.R., Weimer, P.J., van Zyl, W.H. and Pretorius, I.S. 2002. Microbial cellulose utilization: fundamentals and biotechnology. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 66(3), pp. 506–577.
- Miller, G. L. (1959). Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. *Analytical Chemistry*, 31, pp. 426-428.
- Sohail, M., Ahmad, A. and Khan, S.A. 2009. Production of cellulase from *Aspergillus terreus* MS105 on crude substrates. *Pakistan Journal of Botany*, 41(3), pp. 1411–1419.
- Talantan, V. M., Marina, M., Lambui, O. & Suwastika, I. N., 2018. Uji Aktivitas Selulase dari Jamur Selulolitik Asal Tanah Danau Kalimpa'a Sulawesi Tengah. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 7(3), pp. 323-333.
- Utami, A.P., Setyaningsih, R., Pangastuti, A., and Lusi, S.S.A., 2019. Optimasi produksi enzim selulase dari jamur *Penicillium* sp. SLL06 yang diisolasi dari serasah daun salak (*Salacca edulis*). In *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, 5(2), pp. 145-149.
- Watanabe, T., 2002. *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi*. London: CRC Press.