

## Isolasi dan Karakterisasi Jamur Selulolitik pada Fermetodege: Pakan Fermentasi Berbahan Campuran Eceng Gondok, Bekatul Padi, dan Tongkol Jagung

### *Isolation and Characterization of Cellulolytic Fungi in Fermetodege: Fermented Feed Made from a Mixture of Water Hyacinth, Rice Bran, and Corn Cob*

Rony Afif Hidayat\*, Isnawati

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Surabaya

\*e-mail: rony.17030244030@mhs.unesa.ac.id

**Abstrak.** Jamur selulolitik berperan dalam proses degradasi bahan yang mengandung selulosa seperti eceng gondok, bekatul padi, dan tongkol jagung yang merupakan campuran bahan pakan fermentasi dalam penelitian ini. Penelitian ini bertujuan memperoleh isolat jamur selulolitik dan mendeskripsikan karakteristik isolat jamur yang diisolasi dari fermetodege serta aktivitas selulolitik isolat jamur yang mampu mendegradasi media *carboxymethyl cellulose* (CMC). Isolasi jamur menggunakan media *potato dextrose agar* (PDA) dengan metode *pour plate*. Isolat jamur diseleksi dengan menumbuhkan di media CMC dan diamati terbentuknya zona bening di sekitar koloni setelah diwarnai dengan *Congo red* 0,1%. Indeks selulolitik isolat jamur dihitung berdasarkan perbandingan antara diameter zona bening dan diameter koloni jamur. Karakterisasi dilakukan dengan pengamatan morfologi koloni secara makroskopis serta pengamatan mikroskopis. Hasil isolasi diperoleh 9 isolat jamur selulolitik dengan 3 isolat jamur memiliki indeks selulolitik berkategori sedang ( $1 \leq \text{indeks} \leq 2$ ) yaitu JPS1, JPS2, dan JPS9, sementara 6 isolat jamur dengan indeks selulolitik kategori rendah ( $\text{indeks} < 1$ ) antara lain JPS3, JPS4, JPS5, JPS6, JPS7, dan JPS8. Kesembilan isolat jamur selulolitik dikarakterisasi termasuk genus *Aspergillus* (JPS1, JPS2, JPS5, JPS7, JPS8, dan JPS9), *Mucor* (JPS3), *Rhizopus* (JPS4), dan *Penicillium* (JPS6). Isolat jamur selulolitik yang diperoleh dalam penelitian ini berpotensi dikembangkan lebih lanjut sebagai kandidat inokulum pada proses fermentasi bahan selulosik, seperti untuk pembuatan pakan fermentasi, produksi selulase dan bioetanol.

**Kata kunci:** Aktivitas selulolitik; fermetodege; isolasi; jamur selulolitik; karakterisasi

**Abstract.** Cellulolytic fungi play a role in the process of degradation of materials containing cellulose such as water hyacinth, rice bran, and corn cob which are a mixture of fermented feed ingredients in this study. This study aims to obtain cellulolytic fungal isolates and to describe the characteristics of the fungal isolates isolated from fermetodege as well as the cellulolytic activity of fungal isolates which can degrade *carboxymethyl cellulose* (CMC) media. Isolation of fungi using *potato dextrose agar* (PDA) with *pour plate* method. Fungal isolates were selected by growing on CMC media and observed the formation of clear zone around the colony after staining with 0.1% *Congo red*. The cellulolytic index of fungal isolates was calculated based on the ratio between the clear zone diameter and the diameter of the fungal colony. Characterization was carried out by observing colony morphology in macroscopic and microscopic observations. The isolation results obtained 9 cellulolytic fungal isolates with 3 fungal isolates having medium cellulolytic index ( $1 \leq \text{index} \leq 2$ ), namely JPS1, JPS2, and JPS9, while 6 fungal isolates with low category cellulolytic index ( $\text{index} < 1$ ) include JPS3, JPS4, JPS5, JPS6, JPS7, and JPS8. The nine isolates of cellulolytic fungi were characterized including the genera *Aspergillus* (JPS1, JPS2, JPS5, JPS7, JPS8, and JPS9), *Mucor* (JPS3), *Rhizopus* (JPS4), and *Penicillium* (JPS6). Cellulolytic fungal isolates obtained in this study have the potential to be further developed as inoculum candidates in the fermentation process of cellulosic materials, such as for the manufacture of fermented feed, cellulase, and bioethanol production.

**Key words:** Cellulolytic activity; fermetodege; isolation; cellulolytic fungi; characterization

## PENDAHULUAN

Jamur termasuk salah satu mikroorganisme yang memiliki peranan penting dalam proses penguraian kandungan selulosa pada suatu bahan. Jamur menguraikan selulosa dengan menghasilkan selulase sehingga selulosa akan dirombak menjadi molekul-molekul yang lebih

sederhana (Krishaditersanto, 2018). Isnawati (2019) berhasil mengisolasi beberapa jamur yang potensial menguraikan selulosa di antaranya jamur dari genus *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Trichoderma*, dan *Penicillium*. Jamur genus *Aspergillus* dan *Trichoderma* diketahui memiliki potensi mendegradasi selulosa ditunjukkan dengan tingginya nilai indeks selulolitik kedua genus tersebut (Sutari, 2020).

Jamur selulolitik dapat diisolasi pada bahan yang memiliki kandungan selulosa tinggi, salah satunya berasal dari pakan ternak fermentasi yang disebut fermetodege yang terbuat dari bahan campuran eceng gondok, bekatul padi, dan tongkol jagung. Pakan ternak difermentasi bertujuan untuk meningkatkan nilai nutrisi pada pakan ternak dan hasil fermentasi juga dapat meningkatkan nilai pencernaan pakan (Rizali *et al.*, 2018). Berdasarkan Alimuddin *et al.* (2018) menunjukkan bahwa terdapat pengaruh pemanfaatan bahan pakan ternak yang difermentasi terhadap penambahan bobot ternak. Fermentasi pada bahan pakan terjadi karena adanya peranan mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik yang terkandung dalam pakan (Agustono *et al.*, 2017). Menurut Isnawati (2019) dalam proses fermentasi terdapat beberapa mikroorganisme yang berperan dalam fermentasi, salah satunya jamur selulolitik.

Eceng gondok berpotensi dikembangkan sebagai bahan pakan fermentasi karena ketersediaan yang melimpah di perairan dan memiliki kandungan selulosa yang tinggi. Pertumbuhan eceng gondok yang cepat dapat menjamin ketersediaan bahan pakan. Pemanfaatan eceng gondok sebagai bahan pakan juga menjadi bentuk konservasi lingkungan, karena apabila populasi eceng gondok yang tinggi di perairan dapat menyebabkan pendangkalan perairan serta meningkatkan penguapan air. Kandungan lignoselulosa dalam eceng gondok terdiri dari selulosa 31,44%, hemiselulosa 44,48%, dan lignin 19,99% (Das *et al.*, 2016). Eceng gondok tergolong tumbuhan air yang ketersediaannya melimpah di alam serta memiliki kandungan gizi berdasarkan analisis proksimat yang berpotensi dimanfaatkan sebagai campuran pakan. Eceng gondok bagian batang dan daun memiliki kandungan gizi berdasarkan analisis proksimat berupa kandungan bahan kering 17,20%, serat kasar 4,08%, protein kasar 3,55%, kadar abu 3,93%, karbohidrat 8,22%, dan lemak 1,50% (Ramlan dan Indrianti, 2018). Fitrihidajati *et al.*, (2015) menunjukkan bahwa fermentasi eceng gondok dapat meningkatkan kualitas gizi bahan pakan.

Bahan dasar lain yang berpotensi diolah menjadi pakan melalui proses fermentasi yaitu bekatul padi. Bekatul padi berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan pakan karena potensi ketersediaannya yang tinggi sebagai hasil samping dalam penggilingan padi. Bekatul padi diketahui memiliki kandungan lignoselulosa berkisar 7-11,4% (Nugroho *et al.*, 2019). Berdasarkan analisis proksimat, bekatul padi memiliki kandungan protein kasar 16,27%, kadar air 12,16%, serat kasar 27,51%, karbohidrat 53,46, dan kadar mineral 5,32% (Luthfianto *et al.*, 2017). Lokapirnasari *et al.* (2015) membuktikan bahwa fermentasi pada bekatul padi dapat meningkatkan kadar protein kasar dan menurunkan kandungan serat kasar dalam bekatul padi.

Tongkol jagung termasuk limbah pertanian yang ketersediannya melimpah ketika panen berlangsung sehingga perlu ditangani lebih lanjut supaya tidak menjadi limbah yang menyebabkan pencemaran lingkungan. Tongkol jagung memiliki kandungan selulosa 41%, hemiselulosa 36%, dan lignin 16% (Sina *et al.*, 2020). Analisis proksimat tongkol jagung menunjukkan bahwa terdapat kandungan serat kasar 32,83%, protein kasar 1,92%, kadar lemak 0,39%, dan kadar air 3,09% (Gustiani dan Permadi, 2015). Ketersediaan tongkol jagung yang melimpah ditunjang dengan kandungan gizi yang terkandung menunjukkan bahwa tongkol jagung berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan pakan fermentasi. Gustiani dan Permadi (2015) menunjukkan bahwa tongkol jagung yang dimanfaatkan sebagai pakan ternak fermentasi dapat meningkatkan kadar protein kasar dan bobot ternak.

Keterbatasan pemanfaatan eceng gondok, bekatul padi, dan tongkol jagung sebagai bahan pakan ternak dikarenakan ketiga bahan memiliki nilai pencernaan rendah. Tingkat palatabilitas ketiga bahan yang rendah disebabkan adanya kandungan lignoselulosa yang terkandung dalam bahan-bahan tersebut tergolong tinggi, sehingga ternak sulit untuk mencerna bahan pakan. Kandungan selulosa yang tinggi pada bahan pakan perlu dilakukan fermentasi bahan untuk meningkatkan kualitas dan tingkat palatabilitas bahan pakan.

Penelitian tentang isolasi dan karakterisasi jamur selulolitik ini dilakukan bertujuan untuk memperoleh isolat jamur selulolitik yang berperan dalam fermentasi fermetodege dan mendeskripsikan karakteristik masing-masing isolat jamur hingga diperoleh nama genus isolat jamur selulolitik berdasarkan aktivitas selulolitik dari isolat jamur yang mampu menguraikan selulosa pada fermetodege yang merupakan pakan fermentasi berbahan campuran eceng gondok, bekatul padi, dan tongkol jagung. Isolat jamur selulolitik yang diperoleh dalam penelitian ini dapat menyediakan bahan

isolat jamur dalam pembuatan inokulum yang bermanfaat untuk degradasi bahan lain yang mengandung selulosa untuk berbagai keperluan seperti pada produksi selulase dan bioetanol.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini termasuk penelitian deskriptif eksploratif yang dilaksanakan selama bulan Oktober 2020 sampai Januari 2021. Pengambilan sampel eceng gondok dilakukan di Sungai Pelayaran, Desa Krembangan, Kecamatan Taman, Kabupaten Sidoarjo. Sampel bekatul padi diambil dari penggilingan padi di kawasan pertanian Desa Cabean, Kecamatan Sawahan, Kabupaten Madiun sementara pengambilan sampel tongkol jagung dilakukan di kawasan pertanian Desa Balonggebang, Kecamatan Gondang, Kabupaten Nganjuk. Penelitian ini dimulai dari pembuatan pakan fermentasi berbahan campuran eceng gondok, bekatul padi, dan tongkol jagung hingga serangkaian proses isolasi dan karakterisasi jamur selulolitik dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya.

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain *laminar air flow* (LAF), inkubator, autoklaf, timbangan analitik, *hot plate*, *vortex*, mikroskop, mikropipet, kertas saring, *refrigerator*, jarum ose, peralatan gelas. Bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari eceng gondok, bekatul padi, tongkol jagung, akuades, alkohol 70%, spiritus, *lactophenol cotton blue*, pewarna *Congo red* 0,1%, media *potato dextrose agar* (PDA), *carboxymethyl cellulose* (CMC), agar, pepton, *yeast extract*,  $K_2HPO_4$ ,  $MgSO_4 \cdot H_2O$ ,  $(NH_4)_2SO_4$ ,  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ , dan  $MnSO_4$ .

Pakan fermentasi dibuat dengan campuran bahan terdiri dari 1 kg eceng gondok, 1 kg bekatul padi, dan 1 kg tongkol jagung dengan setiap bahan difermentasi dengan perbandingan 1:1:1. Eceng gondok yang dimanfaatkan berupa bagian daun dan batang. Eceng gondok diambil dari perairan yang memiliki kualitas air baik. Bekatul padi dan tongkol jagung diambil dalam keadaan bersih. Ketiga bahan diperlakukan dengan cara dipotong hingga ukurannya kecil, dihaluskan, dikeringkan untuk mengurangi kadar air, kemudian dikukus selama 20 menit (Fitrihidajati *et al.*, 2015). Bahan yang telah dikukus kemudian didinginkan lalu dicampur secara merata lalu dimasukkan dalam keranjang kotak yang telah dilapisi daun pisang pada bagian bawah dan samping, serta menutup bagian atas keranjang. Pembuatan pakan fermentasi diperlakukan secara alamiah selama 15 hari tanpa adanya penambahan *starter* mikroba.

Isolasi jamur dilakukan dengan metode agar tuang (*pour plate*) dengan cara mengambil pakan secara acak pada kedalaman 10-15 cm sebanyak 10 g kemudian disuspensikan dalam akuades steril dengan volume 90 ml lalu dihomogenkan dengan *vortex*, selanjutnya dilakukan seri pengenceran hingga pengenceran  $10^{-5}$ . Menurut Adryan *et al.* (2017) pengenceran  $10^{-3}$  hingga  $10^{-5}$  merupakan pengenceran yang digunakan untuk isolasi jamur. Sampel yang telah disuspensi dari pengenceran  $10^{-3}$  hingga  $10^{-5}$ , masing-masing pengenceran diambil sebanyak 1 ml kemudian dikultur pada 10 ml media pertumbuhan jamur. Media *potato dextrose agar* (PDA) digunakan sebagai media pertumbuhan selama isolasi jamur. Media PDA yang digunakan dimodifikasi dengan penambahan 50 mg antibiotik *chloramphenicol* dalam 100 ml media PDA untuk menghambat pertumbuhan kontaminan seperti bakteri. Inkubasi dilakukan selama 3-7 hari pada suhu ruang. Isolasi dilakukan setiap hari selama 15 hari proses fermentasi alamiah (Isnawati, 2019).

Pemurnian jamur dilakukan setelah jamur hasil isolasi tumbuh. Pemurnian bertujuan untuk memperoleh biakan murni tanpa adanya pertumbuhan mikroba lain (Adryan *et al.*, 2017). Pemurnian dilakukan dengan memilih koloni jamur hasil isolasi yang berbeda berdasarkan kenampakan morfologi setiap koloni. Pemurnian isolat fungi dilakukan dengan metode cawan gores (*streak plate*) pada media PDA.

Pengujian isolat jamur yang memiliki potensi mendegradasi selulosa dilakukan dengan mengetahui adanya zona bening (*clear zone*) di sekitar koloni jamur pada media selektif. Pengujian aktivitas degradasi selulosa setiap isolat jamur dilakukan dengan cara isolat jamur yang telah dimurnikan ditumbuhkan dengan metode cawan gores (*streak plate*) pada media selektif yaitu media *carboxymethyl cellulose* (CMC). Komposisi media CMC yang digunakan terdiri dari 10 g CMC, 5 g pepton, 3 g *yeast extract*, 5 g  $K_2HPO_4$ , 0,2 g  $MgSO_4 \cdot H_2O$ , 0,5 g  $(NH_4)_2SO_4$ , 0,01 g  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ , 0,001 g  $MnSO_4$ , 1000 ml akuades steril, dan 20 g agar (Sumerta dan Kanti, 2016). Isolat yang ditumbuhkan pada media CMC diinkubasi pada suhu ruang selama 3 hari. Isolat yang tumbuh pada media CMC kemudian digenangi dengan 2 ml pewarna *Congo red* 0,1% selama 10 menit, dan dibilas dengan larutan NaCl 1 M (Sumerta dan Kanti, 2016). Zona bening yang terbentuk disekitar koloni jamur menunjukkan bahwa isolat jamur tersebut mampu mendegradasi selulosa. Pengukuran diameter

zona bening yang terbentuk dan diameter koloni jamur dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui indeks aktivitas selulolitik isolat jamur. Menurut Sutari (2020) indeks aktivitas selulolitik dihitung berdasarkan rumus, sebagai berikut:

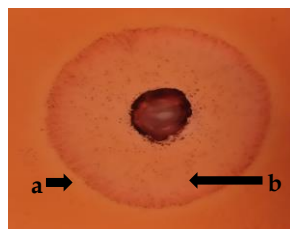
$$\text{Indeks aktivitas selulolitik (IS)} = \frac{\text{Diameter zona bening (DB)} - \text{diameter koloni (DK)}}{\text{Diameter koloni (DK)}}$$

Kriteria nilai indeks selulolitik apabila indeks <1 tergolong rendah, tergolong sedang apabila  $1 \leq \text{indeks} \leq 2$ , dan apabila indeks >2 tergolong tinggi (Sutari, 2020).

Isolat jamur yang menunjukkan kemampuan dalam mendegradasi selulosa ditunjukkan dengan terbentuknya zona bening pada media CMC selanjutnya dilakukan proses karakterisasi berdasarkan kenampakan morfologi makroskopis dan mikroskopis isolat jamur. Pengamatan makroskopis isolat jamur meliputi pengamatan bentuk koloni, warna koloni pada bagian permukaan (*above*) dan balik koloni (*reverse*), tekstur permukaan, tipe miselium, elevasi, dan diameter koloni (Susilowati *et al.*, 2020). Pengamatan mikroskopis isolat jamur selulolitik dilakukan dengan metode *slide culture* (Valencia dan Meitiniarti, 2017). Pembuatan *slide culture* dilakukan dengan cara cawan petri steril yang berisi kertas saring yang di atasnya telah diletakkan *object glass* datar dan batang penahan *object glass*. Media PDA diteteskan secara aseptis di atas *object glass* datar kemudian isolat jamur diambil menggunakan jarum ose dan dikultur pada media PDA. Kaca penutup digunakan untuk menutup media kultur jamur pada *object glass*. Akuades steril diteteskan secukupnya pada kertas saring untuk menjaga kelembaban. Cawan petri diinkubasi pada suhu ruang selama 3-5 hari. Biakan jamur yang telah tumbuh pada *slide culture* kemudian diamati dengan mikroskop dengan cara *cover glass* pada *slide culture* diambil dan diletakkan di atas *object glass* datar yang sebelumnya telah ditetesi larutan *lactophenol cotton blue*. Isolat jamur selulolitik secara makroskopis (morfologi koloni) dan mikroskopis (pertumbuhan miselium dan spora) yang diperoleh dideskripsikan untuk memperoleh hasil karakterisasi berupa nama isolat jamur pada tingkat genus dengan mengacu pada artikel ilmiah yang terkait karakterisasi jamur serta buku *Illustrated Genera of Imperfect Fungi* (Barnett dan Hunter, 1998) dan *Pengenalan Kapang Tropik Umum* (Gandjar *et al.*, 1999).

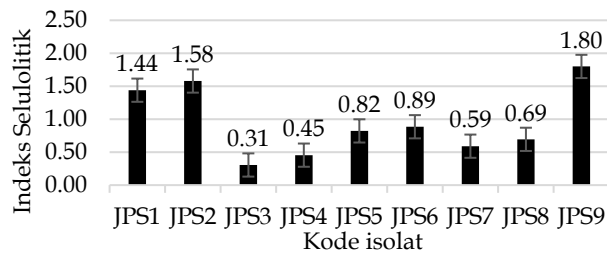
## HASIL

Pemurnian isolat jamur untuk skrining aktivitas selulolitik dilakukan pada koloni jamur yang tumbuh pada seri pengenceran  $10^{-5}$ , karena hasil isolasi jamur dari seri pengenceran  $10^{-3}$  dan  $10^{-4}$  memiliki kepadatan koloni yang terlalu padat. Hasil isolasi jamur yang berhasil dilakukan diperoleh 9 isolat jamur yang memiliki morfologi koloni berbeda dengan kode isolat JPS1, JPS2, JPS3, JPS4, JPS5, JPS6, JPS7, JPS8, JPS9. Seleksi kemampuan selulolitik 9 isolat jamur hasil isolasi menunjukkan masing-masing isolat jamur mampu mendegradasi media CMC. Perhitungan indeks selulolitik masing-masing isolat jamur menunjukkan nilai indeks kategori rendah hingga sedang. Tiga isolat jamur yang memiliki nilai indeks selulolitik sedang ( $1 \leq \text{indeks} \leq 2$ ) yaitu isolat JPS1, JPS2, dan JPS9. Isolat jamur selulolitik dengan indeks selulolitik kategori rendah (indeks <1) antara lain isolat JPS3, JPS4, JPS5, JPS6, JPS7, dan JPS8.

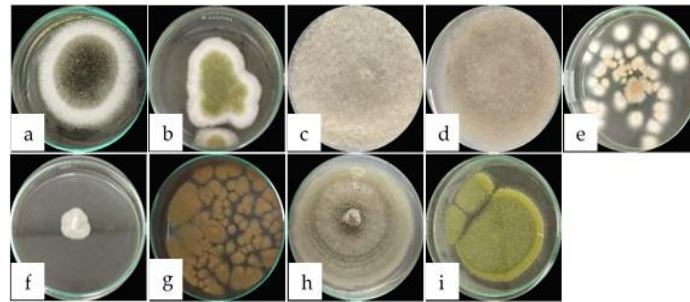


**Gambar 1.** Kenampakan aktivitas selulolitik isolat jamur ditunjukkan adanya zona bening pada media CMC. a. Zona bening; b. Koloni isolat jamur

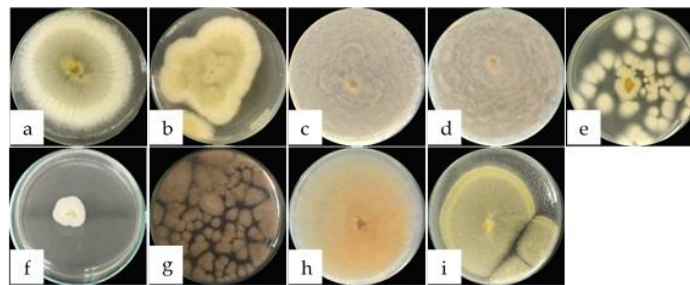
Isolat jamur yang memiliki kemampuan mendegradasi selulosa pada media CMC dikarakterisasi berdasarkan karakteristik morfologi koloni secara makroskopis dan pengamatan karakteristik mikroskopis.



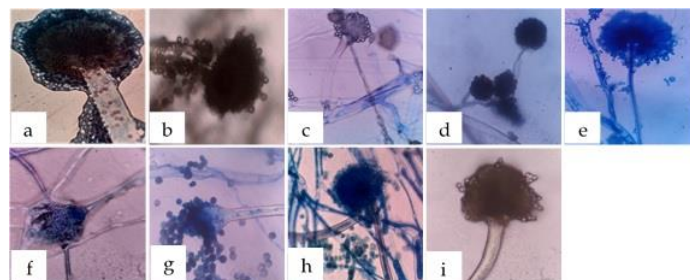
**Gambar 2.** Diagram indeks selulolitik hasil hidrolisis CMC isolat fungi selulolitik



**Gambar 3.** Morfologi makroskopis permukaan atas koloni isolat jamur selulolitik pada media PDA. a. JPS1; b. JPS2; c. JPS3; d. JPS4; e. JPS5; f. JPS6; g. JPS7; h. JPS8; i. JPS9



**Gambar 4.** Morfologi makroskopis balik (permukaan bawah) koloni isolat jamur selulolitik pada media PDA. a. JPS1; b. JPS2; c. JPS3; d. JPS4; e. JPS5; f. JPS6; g. JPS7; h. JPS8; i. JPS9



**Gambar 5.** Karakteristik mikroskopis isolat jamur selulolitik (perbesaran 1000x). a. JPS1; b. JPS2; c. JPS3; d. JPS4; e. JPS5; f. JPS6; g. JPS7; h. JPS8; i. JPS9

**Tabel 1.** Karakterisasi isolat jamur selulolitik kode JPS1-JPS5 inkubasi 7 hari

Karakter	Kode Isolat				
	JPS1	JPS2	JPS3	JPS4	JPS5
<b>Karakter morfologi koloni</b>					
Bentuk	Sirkuler	Sirkuler	Sirkuler	Sirkuler	Sirkuler
Warna permukaan	Hitam dengan tepi putih	Hijau muda dengan tepi putih	Putih keabu-abuan	Putih keabu-abuan atau kecoklatan	Cokelat kekuningan tepi putih
Warna balik koloni	Kekuningan	Kekuningan	Putih kekuningan	Putih kekuningan	Putih kekuningan
Margin	<i>Filamentous</i>	<i>Filamentous</i>	<i>Filamentous</i>	<i>Rhizoid</i>	<i>Filamentous</i>

Karakter	Kode Isolat				
	JPS1	JPS2	JPS3	JPS4	JPS5
Tekstur	Beludru	Beludru	Kapas	Kapas	Beludru
Elevasi	<i>Umbonate</i>	<i>Umbonate</i>	<i>Raised</i>	<i>Raised</i>	<i>Umbonate</i>
Miselium	Aerial	Aerial	Aerial	Aerial	Aerial
Eksudat	-	-	-	-	-
Garis radial	-	-	-	-	-
Zonasi	-	-	-	-	-
Pertumbuhan	Cepat	Moderat hingga cepat	Cepat	Cepat	Moderat hingga cepat
Diameter (7 hari inkubasi)	4,5-6 cm	2,5-5 cm	6-8 cm	6-8 cm	2-4 cm
<b>Karakter mikroskopis</b>					
Hifa	Bersepta	Bersepta	Tidak bersepta	Tidak bersepta	Bersepta
Warna Hifa	Hialin	Hialin	Hialin	Hialin	Hialin
Rhizoid	-	-	-	+	-
Tipe konidiofor/ sporangiofor	Tunggal	Tunggal	Tunggal/ Bercabang	Tunggal	Tunggal
Warna konidiofor/ sporangiofor	Hialin	Hialin	Hialin	Hialin	Hialin
Dinding konidiofor/ sporangiofor	Halus	Halus	Halus	Halus	Halus
Vesikel/ kolumela	<i>Globose</i>	<i>Globose hingga subglobose</i>	<i>Globose</i>	<i>Globose hingga oval</i>	<i>Globose</i>
Fialid	<i>Biseriate</i>	<i>Biseriate</i>	-	-	<i>Biseriate</i>
Bentuk konidia/ sporangium	Bulat hingga semibulat	Bulat hingga semibulat	Bulat	Bulat	Bulat
Warna konidia/ sporangium	Cokelat kehitaman	Cokelat kehitaman	Cokelat	Cokelat kehitaman	Cokelat
<b>Dugaan genus</b>	<i>Aspergillus</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Mucor</i>	<i>Rhizopus</i>	<i>Aspergillus</i>

Keterangan: (+) = terdapat, (-) = tidak terdapat

**Tabel 2.** Karakterisasi isolat jamur selulolitik kode JPS6-JPS9 inkubasi 7 hari

Karakter	Kode Isolat			
	JPS6	JPS7	JPS8	JPS9
<b>Karakter morfologi koloni</b>				
Bentuk	Sirkuler	Sirkuler	Sirkuler	Sirkuler
Warna permukaan	Putih	Hijau kekuningan tepi keabu-abuan	Abu-abu kehijauan dengan tepi putih keabuan	Hijau dengan tepi keabu-abuan
Warna balik koloni	Putih keabu-abuan	Hijau kekuningan	Jingga kekuningan	Kekuningan
Margin	<i>Entire</i>	<i>Filamentous</i>	<i>Filamentous</i>	<i>Filamentous</i>
Tekstur	Beludru	Beludru	Beludru	Beludru
Elevasi	<i>Umbonate</i>	<i>Umbonate</i>	<i>Umbonate</i>	<i>Umbonate</i>
Miselium	Immerse	Aerial	Aerial	Aerial
Eksudat	-	-	-	-
Garis radial	+	-	-	-
Zonasi	-	+	+	+
Pertumbuhan	Lambat hingga moderat	Cepat	Moderat hingga cepat	Cepat
Diameter (7 hari inkubasi)	2-3 cm	4-5 cm	2,5-4,5 cm	3-5 cm
<b>Karakter mikroskopis</b>				
Hifa	Bersepta	Bersepta	Bersepta	Bersepta
Warna Hifa	Hialin	Hialin	Hialin	Hialin
Rhizoid	-	-	-	-
Tipe konidiofor/ sporangiofor	Tunggal	Tunggal	Tunggal	Tunggal
Warna konidiofor/ sporangiofor	Hialin	Hialin	Hialin	Hialin

Karakter	Kode Isolat			
	JPS6	JPS7	JPS8	JPS9
Dinding konidiofor/ sporangiofor	Halus	Halus	Halus	Halus
Vesikel/ kolumela	-	<i>Globose</i>	<i>Globose</i>	<i>Globose</i>
Fialid	<i>Uniseriate</i>	<i>Uniseriate</i>	<i>Biseriate</i>	<i>Biseriate</i>
Bentuk konidia/ sporangium	Semibulat hingga silindris	Bulat	Bulat	Bulat
Warna konidia/ sporangium	Hialin	Hialin	Hialin	Cokelat
<b>Dugaan genus</b>	<i>Penicillium</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Aspergillus</i>

Keterangan: (+) = terdapat, (-) = tidak terdapat

## PEMBAHASAN

Isolasi jamur selulolitik pada pakan fermentasi berbahan campuran eceng gondok, bekatul padi, dan tongkol jagung diperoleh sembilan isolat antara lain JPS1, JPS2, JPS3, JPS4, JPS5, JPS6, JPS7, JPS8, dan JPS9. Kesembilan isolat jamur diseleksi dengan melakukan uji aktivitas selulolitik pada media CMC dengan hasil diketahui bahwa semua isolat dapat menghasilkan zona bening yang terbentuk di sekitar koloni jamur. Zona bening yang terbentuk pada media CMC menunjukkan bahwa isolat jamur mampu mendegradasi selulosa. Menurut Sukmawati *et al.* (2018) zona bening pada media CMC terbentuk karena terdapat CMCase yang memutus ikatan  $\beta$ -1,4-glikosidik dalam media CMC serta adanya ikatan kuat antara polisakarida yang memiliki kandungan  $\beta$ -(1,4)-D-glukopiranosil dengan *Congo red*. Indeks selulolitik dari kesembilan isolat jamur diketahui terdapat 3 isolat jamur yang termasuk kriteria indeks selulolitik sedang, sementara 6 isolat jamur termasuk kriteria rendah. Indeks selulolitik tertinggi pada penelitian ini diperoleh oleh isolat JPS9 yang memiliki nilai indeks selulolitik sebesar 1,80 dan nilai indeks terendah diperoleh oleh isolat JPS3 sebesar 0,31. Sutari (2020) mengisolasi jamur selulolitik yang berasal dari limbah rumah tangga dengan nilai indeks selulolitik tertinggi yang diperoleh sebesar 3,24. Penelitian Sari *et al.* (2017) menunjukkan bahwa hasil uji aktivitas selulolitik jamur hasil isolasi dari limbah pengolahan sagu menunjukkan indeks selulolitik tertinggi sebesar 2,63. Indeks selulolitik yang dihitung memiliki nilai yang berbeda antar isolat menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kemampuan masing-masing isolat jamur dalam menghasilkan selulase untuk hidrolisis selulosa (Arman *et al.*, 2020).

Selulosa diketahui termasuk polisakarida linear yang terdiri dari monomer glukosa yang dihubungkan oleh ikatan  $\beta$ -1,4-glikosidik (Behera *et al.*, 2017). Selulosa didegradasi secara enzimatik dengan peranan selulase dalam menghidrolisis ikatan  $\beta$ -1,4-glikosidik dalam serat selulosa (Andlar *et al.*, 2018). Selulosa didegradasi menjadi glukosa melibatkan mekanisme kerja enzimatik oleh kompleks selulase yang terdiri dari eksoglukanase, endoglukanase, dan  $\beta$ -glukosidase (Bhattacharya *et al.*, 2015). Selulosa didegradasi melalui mekanisme kerja sinergis antara eksoglukanase dan endoglukanase yang menghidrolisis ikatan glikosidik dalam selulosa menjadi glukosa dan selobiosa, selanjutnya selobiosa dihidrolisis untuk membentuk glukosa oleh  $\beta$ -glukosidase (Sharma *et al.*, 2019).

Karakterisasi jamur dilakukan pada kesembilan isolat jamur selulolitik yaitu isolat JPS1, JPS2, JPS3, JPS4, JPS5, JPS6, JPS7, JPS8, dan JPS9 dengan mengamati morfologi koloni secara makroskopis dan karakteristik mikroskopis jamur. Berdasarkan hasil karakterisasi terhadap kesembilan isolat jamur selulolitik yang ditemukan pada pakan fermentasi berbahan campuran eceng gondok, bekatul padi, dan tongkol jagung dengan mengacu pada buku *Illustrated Genera of Imperfect Fungi* (Barnett dan Hunter, 1998) dan *Pengenalan Kapang Tropik Umum* (Gandjar *et al.*, 1999) menunjukkan jamur selulolitik yang diperoleh dikategorikan dalam empat genus yaitu *Aspergillus* (JPS1, JPS2, JPS5, JPS7, JPS8, dan JPS9), *Rhizopus* (JPS3), *Mucor* (JPS4), dan *Penicillium* (JPS6).

Isolat JPS1, JPS2, JPS5, JPS7, JPS8, dan JPS9 memiliki kemiripan karakteristik morfologi koloni yang hampir sama. Morfologi koloni keenam isolat jamur menunjukkan ciri koloni berbentuk sirkuler, tekstur seperti beludru dengan miselium bersifat aerial, elevasi *umbonate*, dan tepi bertipe *filamentous*. Koloni jamur anggota genus *Aspergillus* yang ditemukan pada penelitian ini memiliki warna koloni berwarna hitam (JPS1), hijau muda (JPS2), cokelat kekuningan (JPS5), hijau kekuningan (JPS7), abu-abu kehijauan (JPS8), dan hijau (JPS9) dengan tepi koloni putih hingga keabu-abuan, serta balik koloni berwarna kekuningan. Pertumbuhan jamur tergolong moderat hingga cepat dengan diameter setelah inkubasi 7 hari berkisar 2-6 cm. Isolat JPS1, JPS2, dan JPS5 tidak tampak adanya tetes eksudat, garis radial dan zonasi pada koloni, sementara isolat JPS7, JPS8, dan JPS9 ditemukan adanya zonasi pada koloni jamur tanpa adanya tetes eksudat dan garis radial. Saif *et al.* (2020)



mendesripsikan anggota genus *Aspergillus* dengan ciri makroskopis yaitu pertumbuhan koloni moderat hingga cepat pada media PDA dengan warna koloni berbeda-beda tiap spesiesnya seperti ditemukan berwarna hijau, hitam, kecokelatan, atau abu-abu kehijauan.

Karakteristik mikroskopis keenam isolat jamur genus *Aspergillus* dicirikan secara umum memiliki hifa bersepta dengan vesikel berbentuk bulat atau semibulat, fialid termasuk *uniseriate* atau *biseriate*, konidia berbentuk bulat atau semibulat, dan konidiofor tunggal berdinding halus. Berdasarkan hasil karakterisasi diketahui isolat JPS1, JPS2, JPS5, JPS7, JPS8, dan JPS9 memiliki kemiripan dengan jamur genus *Aspergillus*. Nyongesa *et al.* (2015) mendeskripsikan ciri mikroskopis anggota genus *Aspergillus* dengan karakteristik memiliki fialid *uniseriate* atau *biseriate*, vesikel berbentuk *pyriform* atau *globose* namun ditemukan juga berbentuk *clavate* dan *radiate*, kepada konidia berbentuk *radiate*, bulat, maupun *columnar*. Berdasarkan Chen *et al.* (2017), ciri mikroskopis dari anggota genus *Aspergillus* yaitu memiliki konidia berbentuk bulat atau semibulat hingga elips dengan warna cokelat, fialid seperti labu, konidiofor berwarna hialin atau cokelat muda, dan vesikel berbentuk bulat hingga semibulat.

Karakteristik morfologi koloni isolat JPS3 dicirikan dengan koloni berbentuk sirkuler dengan warna permukaan putih keabu-abuan dengan warna balik koloni putih kekuningan. Tepi koloni *filamentous*, elevasi tipe *raised* dengan tekstur seperti kapas. Pertumbuhan koloni cepat dengan diameter pada 7 hari inkubasi berkisar 6-8 cm. Koloni jamur tidak memiliki garis radial, zonasi koloni, dan tetes eksudat. Ciri mikroskopis menunjukkan hifa tidak tampak bersepta berwarna hialin, tidak terdapat rhizoid, sporangiofor tunggal atau bercabang, sporangium berbentuk bulat berwarna cokelat, dan kolumela berbentuk bulat. Karakteristik isolat JPS3 berdasarkan karakter morfologi koloni dan mikroskopis memiliki kemiripan dengan genus *Mucor*. Berdasarkan Izzatinnisa' *et al.* (2020), jamur genus *Mucor* memiliki ciri warna koloni putih keabu-abuan, hifa tidak bersepta, sporangium bulat, kolumela silinder atau bulat. Jamur genus *Mucor* memiliki permukaan koloni bertekstur seperti kapas, tidak ditemukan adanya garis radial pada koloni, dan salah satu ciri mikroskopis tidak memiliki rhizoid (Fathoni *et al.*, 2017).

Isolat JPS4 berdasarkan pengamatan makroskopis morfologi koloni memiliki permukaan koloni putih keabu-abuan dengan warna balik berwarna putih kekuningan. Koloni berbentuk sirkuler dengan tekstur seperti kapas, elevasi bertipe *raised*, bertepi tipe rhizoid dengan miselium aerial. Diameter koloni berkisar 6-8 cm pada inkubasi 7 hari serta memiliki pertumbuhan yang cepat. Koloni tidak tampak adanya tetes eksudat, garis radial, dan zonasi. Karakteristik mikroskopis dicirikan dengan hifa tidak bersepta, sporangiofor bercabang tunggal, sporangium berbentuk *globose* warna cokelat kehitaman, dan terdapat rhizoid. Isolat JPS4 memiliki kemiripan karakteristik dengan genus *Rhizopus*. Jamur genus *Rhizopus* memiliki karakteristik morfologi koloni berwarna putih, bertekstur seperti kapas, dan ciri mikroskopis di ujung hifa terdapat sporangium berbentuk bulat (Sulistiyono dan Mahyuni, 2019). Simangunsong *et al.* (2019) mendeskripsikan genus *Rhizopus* memiliki ciri hifa berwarna hialin, sporangiofor tunggal, dan terdapat rhizoid.

Isolat JPS6 memiliki karakteristik koloni berbentuk sirkuler, permukaan berwarna putih dengan warna balik koloni putih keabu-abuan, tepi koloni rata, tekstur seperti beludru, elevasi *umbonate*, miselium tipe *immerse*, tampak adanya garis radial tanpa adanya tetes eksudat dan zonasi koloni, serta memiliki pertumbuhan koloni lambat hingga moderat, dan berdiameter 2-3 cm dalam 7 hari inkubasi. Karakteristik mikroskopis diamati menunjukkan hifa bersepta dengan percabangan konidiofor tunggal, berdinding halus, dan berwarna hialin. Konidia berbentuk semibulat hingga silindris seperti rantai panjang dan memiliki fialid *uniseriate*. Hasil karakterisasi isolat JPS6 menunjukkan kemiripan karakteristik dengan genus *Penicillium*. Yanti *et al.* (2019) berhasil mengisolasi jamur genus *Penicillium* dengan ciri koloni berbentuk sirkuler dengan warna permukaan putih dan warna balik koloni putih. Genus *Penicillium* diketahui memiliki ciri mikroskopis berupa hifa bersepta dan membentuk konidium (Valencia dan Meitiniarti, 2017). Berdasarkan Yanti *et al.* (2019), secara mikroskopis genus *Penicillium* dicirikan terdapat konidiofor berwarna hialin, metula dan fialid silindris, dan konidia berbentuk *globose* atau elips.

Hasil isolasi dan karakterisasi jamur selulolitik pada pakan fermentasi berbahan campuran eceng gondok, bekatul padi, dan tongkol jagung berkaitan dengan jenis fermentasi yang dilakukan. Fermentasi dilakukan dengan metode *solid state fermentation* (SSF) dalam kondisi mikroaerofilik. *Solid state fermentation* umum digunakan untuk proses fermentasi bahan dengan kandungan lignoselulosa dengan keseluruhan proses fermentasi dapat mengoptimalkan produktivitas dalam menghasilkan selulase (Marín *et al.*, 2019). Penerapan *solid state fermentation* memberikan dampak pada peningkatan produktivitas fermentasi karena konsentrasi enzim yang dihasilkan tinggi, serta pengurangan risiko



kontaminasi (Leite *et al.*, 2020). Faktor yang berpengaruh dalam *solid state fermentation* diantaranya aktivitas mikroorganisme, aerasi, kadar air, suhu, dan jenis substrat (Sadh *et al.*, 2018). Bahan pakan yang bersifat padat dengan kadar air sedikit mendukung terbentuknya kondisi mikroaerofilik selama fermentasi sehingga terbentuk kondisi fermentasi dengan ketersediaan oksigen dalam jumlah terbatas yang diperlukan oleh jamur selulolitik untuk mendegradasi bahan yang tinggi selulosa selama proses fermentasi. Jamur selulolitik berpotensi dalam degradasi lignoselulosa pada bahan ditunjukkan dengan adanya biokonversi lignoselulosa menjadi glukosa (Arnthong *et al.*, 2020). Jamur selulolitik mendegradasi selulosa untuk digunakan sebagai sumber karbon untuk pertumbuhan, metabolisme, dan pengaturan ekspresi gen (Hu *et al.*, 2020).

Genus jamur selulolitik yang ditemukan pada penelitian ini termasuk genus jamur yang dapat dimanfaatkan pada fermentasi bahan yang memiliki kandungan lignoselulosa melalui penerapan *solid state fermentation*. Dias *et al.* (2018) memanfaatkan jamur genus *Aspergillus* melalui *solid state fermentation* untuk memfermentasi sorgum dalam produksi selulase. Behnam *et al.* (2016) menunjukkan bahwa beberapa anggota genus *Mucor* dengan *solid state fermentation* dapat dimanfaatkan untuk memfermentasi dedak gandum. Janarny dan Gunathilake (2020) menerapkan *solid state fermentation* dengan memanfaatkan peranan jamur *Rhizopus* untuk memfermentasi bekatul padi. Ire *et al.* (2018) mengungkapkan bahwa *Penicillium* dapat optimal dalam menghasilkan selulase pada substrat tongkol jagung dengan *solid state fermentation*.

Jamur selulolitik genus *Aspergillus* pada penelitian ini menjadi genus jamur yang paling banyak ditemukan selama proses fermentasi. Genus *Aspergillus* diketahui tergolong jamur yang banyak ditemukan pada proses isolasi jamur selulolitik. Chafla *et al.* (2016) berhasil mengisolasi 9 isolat jamur selulolitik pada tanaman kakao dengan 5 isolat diantaranya bergenus *Aspergillus*. Isolasi jamur selulolitik yang dilakukan Seephueak *et al.* (2017) pada limbah substrat jamur menunjukkan bahwa genus *Aspergillus* termasuk salah satu genus yang dominan ditemukan selama proses isolasi.

Genus *Mucor*, *Rhizopus*, dan *Penicillium* juga diketahui termasuk genus jamur selulolitik yang ditemukan pada isolasi jamur pendegradasi bahan dengan kandungan selulosa. Sutaoney *et al.* (2020) mengisolasi 11 genus jamur selulolitik yang berpotensi dalam bioproses pengolahan limbah tekstil, diantaranya terdapat genus *Mucor* dan *Rhizopus*. M'barek *et al.* (2019) memperoleh dua isolat jamur selulolitik anggota genus *Penicillium* yang diisolasi dari bahan lignoselulosa seperti sereal. Effiong *et al.* (2019) mengisolasi jamur selulolitik dari tanah, air limbah *pulp* dan kayu busuk dengan hasil memperoleh isolat jamur anggota genus *Rhizopus* dari tanah, *Penicillium* dan *Mucor* dari kayu yang membusuk.

Genus *Aspergillus* dan *Penicillium* diketahui memiliki beberapa anggota genus yang dapat menghasilkan mikotoksin yang berbahaya bagi ternak ruminansia. Ternak ruminansia diketahui memiliki mekanisme biokontrol terhadap mikotoksin dalam kadar rendah. Menurut Loh *et al.* (2020), ruminansia memiliki mekanisme detoksifikasi terhadap mikotoksin melalui biotransformasi oleh mikroorganisme *indigenous* yang berada di rumen. Pengendalian kontaminasi mikotoksin pada pakan dapat dilakukan dengan menghambat produksi mikotoksin melalui penghambatan pertumbuhan jamur (Martindah dan Bahri, 2016).

Isolat jamur selulolitik yang berhasil diperoleh dari penelitian ini berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut menjadi inokulum pada proses fermentasi bahan. Jamur selulolitik dapat dikembangkan sebagai sumber inokulum, salah satunya inokulum pada pakan ternak fermentasi. Jamur selulolitik juga dapat dikembangkan dalam proses fermentasi untuk menghasilkan suatu produk. Jamur selulolitik dapat dimanfaatkan untuk proses fermentasi untuk menghasilkan selulase (Dias *et al.*, 2018). Menurut Prasad *et al.* (2019) bioetanol dapat diproduksi melalui sakarifikasi enzimatis dengan memanfaatkan jamur selulolitik. Janarny dan Gunathilake (2020) menunjukkan bahwa proses fermentasi dengan memanfaatkan jamur selulolitik dapat meningkatkan kandungan senyawa bioaktif pada bahan yang difermentasi.

## SIMPULAN

Jamur hasil isolasi pada pakan fermentasi berbahan campuran eceng gondok, bekatul padi, dan tongkol jagung menunjukkan adanya jamur yang mampu mendegradasi selulosa. Isolasi jamur pada pakan fermentasi berhasil mengisolasi sebanyak 9 isolat jamur selulolitik. Indeks selulolitik isolat jamur dikategorikan rendah hingga sedang. Tiga isolat diketahui memiliki nilai indeks kategori sedang yaitu JPS1, JPS2, dan JPS8, sementara isolat dengan indeks kategori rendah yaitu isolat JPS3, JPS4, JPS5, JPS6, JPS7, dan JPS8. Karakterisasi terhadap masing-masing isolat jamur selulolitik menunjukkan bahwa isolat JPS1, JPS2, JPS5, JPS7, JPS8, dan JPS9 termasuk genus *Aspergillus*, isolat

JPS3 merupakan genus *Mucor*, isolat JPS4 bergenus *Rhizopus*, dan isolat JPS6 adalah genus *Penicillium*. Isolat jamur selulolitik yang berhasil diperoleh pada penelitian ini berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai sumber inokulum jamur selulolitik dengan dipastikan terlebih dahulu tidak menghasilkan mikotoksin, sehingga dapat dimanfaatkan pada berbagai fungsi yang tidak terbatas pada pembuatan pakan fermentasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adryan A, Widyastuti R dan Djajakirana G, 2017. Isolasi dan Identifikasi Mikroba Tanah Pendegradasi Selulosa dan Pektin dari Rhizosfer *Aquilaria malaccensis*. *Buletin Tanah dan Lahan*; 1(1): 58-64.
- Agustono B, Lamid M, Ma'arif A dan Purnama MTE, 2017. Identifikasi Limbah Pertanian dan Perkebunan sebagai Bahan Pakan Inkonsvensional di Banyuwangi. *Jurnal Medik Veteriner*; 1(1): 12-22.
- Alimuddin A, Wajo MJ dan Lekitoo MN, 2018. Kinerja Sapi Bali Jantan yang Diberikan Pakan Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*) Substitusi Fermentasi Jerami Padi. *Cassowary*; 1(1): 55-62.
- Andlar M, Rezić T, Marđetko N, Kracher D, Ludwig R and Šantek B, 2018. Lignocellulose Degradation: an Overview of Fungi and Fungal Enzymes involved in Lignocellulose Degradation. *Engineering in Life Sciences*; 18(11): 768-778.
- Arman Z, Sondana GA, Fikriyah NN, Afifah ZN, Balqis M, Hasanah R, Risandi A, Sofiana I, Nisa H, Ridawati and Muktiningsih M, 2020. Screening of Amylolytic and Cellulolytic Yeast from *Dendrobium spathilingue* in Bali Botanical Garden, Indonesia. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2242, No. 1, pp. 050013), June 2020.
- Arnthong J, Siamphan C, Chuaseeharonnachai C, Boonyuen N and Suwannarangsee S, 2020. Towards a Miniaturized Culture Screening for Cellulolytic Fungi and Their Agricultural Lignocellulosic Degradation. *Journal of Microbiology and Biotechnology* 30(11): 1670-1679.
- Barnett HL and Hunter BB, 1998. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi* (Ed. 4). USA: American Phytopathological Society.
- Behera BC, Sethi BK, Mishra RR, Dutta SK and Thatoi HN, 2017. Microbial Cellulases–Diversity & Botechnology with Reference to Mangrove Environment: A Review. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*; 15(1): 197-210.
- Behnam S, Karimi K, Khanahmadi M and Salimian Z, 2016. Optimization of Xylanase Production by *Mucor indicus*, *Mucor hiemalis*, and *Rhizopus oryzae* through Solid State Fermentation. *Biological J Microorganism V* 4(16): 1–10.
- Bhattacharya AS, Bhattacharya A and Pletschke BI, 2015. Synergism of Fungal and Bacterial Cellulases and Hemicellulases: a Novel Perspective for Enhanced Bio-Ethanol Production. *Biotechnology Letters* 37(6): 1117-1129.
- Chafra AL, Rodríguez Z, Boucourt R, Espín J and Silva L, 2016. Isolation, Selection and Characterization of Cellulolytic Fungi from Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Hull. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*; 50(3): 411-420.
- Chen AJ, Hubka V, Frisvad JC, Visagie CM, Houbraken J, Meijer M, Varga J, Demirel R, Jurjević Ž, Kubátová A and Sklenář F, 2017. Polyphasic Taxonomy of *Aspergillus* section *Aspergillus* (formerly *Eurotium*), and its occurrence in Indoor Environments and Food. *Studies in Mycology*; 88: 37-135.
- Das SP, Gupta A, Das D and Goyal A, 2016. Enhanced Bioethanol Production from Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) by Statistical Optimization of Fermentation Process Parameters using Taguchi Orthogonal Array Design. *International Biodeterioration & Biodegradation*; 109: 174-184.
- Dias LM, Dos Santos BV, Albuquerque CJB, Baeta BEL, Pasquini D and Baffi MA, 2018. Biomass Sorghum as a Novel Substrate in Solid-State Fermentation for the Production of Hemicellulases and Cellulases by *Aspergillus niger* and *A. fumigatus*. *Journal of Applied Microbiology*; 124(3): 708-718.
- Effiong TE, Abdulsalami MS, Egbe NE and Bakare V, 2019. Screening of Fungi Isolates from Soil, Pulp Waste Water and Rotten Wood for Cellulase Producing Potentials. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*; 23(6): 1051-1055.
- Fathoni R, Radiastuti N, dan Wijayanti F, 2017. Identifikasi Jenis Cendawan pada Kelelawar (Ordo Chiroptera) di Kota Tangerang Selatan. *Jurnal Mikologi Indonesia*; 1 (1): 28-37.
- Fitrihidajati H, Ratnasari E dan Soeparno G, 2015. Kualitas Hasil Fermentasi pada Pembuatan Pakan Ternak Ruminansia Berbahan Baku Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*). *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*; 7(1): 62-67.
- Gandjar I, Samson RA, Vermeulen K, Oetari A dan Santoso I, 1999. *Pengenalan Kapang Tropik Umum*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Gustiani E dan Permadi K, 2015. Kajian Pengaruh Pemberian Pakan Lengkap Berbahan Baku Fermentasi Tongkol Jagung terhadap Produktivitas Ternak Sapi PO di Kabupaten Majalengka. *Jurnal Peternakan Indonesia (Indonesian Journal of Animal Science)*; 17(1): 12-18.
- Hu Y, Xu W, Hu S, Lian L, Zhu J, Shi L, Ren A and Zhao M, 2020. In *Ganoderma lucidum*, Glsnf1 Regulates Cellulose Degradation by Inhibiting GICreA during the Utilization of Cellulose. *Environmental microbiology*; 22(1): 107-121.

- Ire FS, Okoli AO, and Ezebuio V, 2018. Production and Optimization of Cellulase from *Penicillium* sp. using Corn-Cob and Pawpaw Fibre as Substrates. *Journal of Advances in Microbiology*, 8(2): 1-10.
- Isnawati. 2019. Aktivitas Sellulolitik Fungi Indigenus pada Fermetoge: Pakan Fermentasi Hewan Ruminansia Terbuat dari Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dan Tongkol Jagung (*Zea mays*). *Jurnal Riset Biologi dan Aplikasinya*; 1(1): 26-31.
- Izzatinnisa', Utami U dan Mujahidin A, 2020. Uji Antagonisme Beberapa Fungi Endofit pada Tanaman Kentang terhadap *Fusarium oxysporum* secara In Vitro. *Jurnal Riset Biologi dan Aplikasinya*; 2(1): 18-25.
- Janarny G and Gunathilake KDPP, 2020. Changes in Rice Bran Bioactives, their Bioactivity, Bioaccessibility and Bioavailability with Solid-State Fermentation by *Rhizopus oryzae*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 23: 101510.
- Krishaditersanto R, 2018. Degradasi Komponen Serat Serbuk Gergaji Hasil Biokonversi Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) dengan Level Urea Berbeda. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan* 28(2): 175-182.
- Leite P, Sousa D, Fernandes H, Ferreira M, Costa AR, Filipe D, Gonçalves M, Peres H, Belo I and Salgado, J.M., 2020. Recent Advances in Production of Lignocellulolytic Enzymes by Solid-State Fermentation of Agro-industrial Wastes. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 27 October 2020.
- Loh ZH, Ouwerkerk D, Klieve AV, Hungerford NL and Fletcher MT, 2020. Toxin Degradation by Rumen Microorganisms: a Review. *Toxins* 12(10): 664.
- Lokapirnasari WP, Setiawan A dan Prawesthirini S, 2015. Potensi Kombinasi Bakteri dan Jamur Selulolitik pada Fermentasi Bekatul terhadap Kandungan Serat Kasar dan Protein Kasar. *Buletin of Animal Science (Buletin Peternakan)* 39(3): 174-179.
- Luthfianto D, Noviyanti RD dan Kurniawati I, 2017. Karakterisasi Kandungan Zat Gizi Bekatul pada Berbagai Varietas Beras di Surakarta. In *Proceeding 6th University Research Colloquium 2017: Seri MIPA dan Kesehatan*, 7 September 2017.
- Marín M, Artola A and Sánchez A, 2019. Optimization of Down-Stream for Cellulases Produced under Solid-State Fermentation of Coffee Husk. *Waste and Biomass Valorization* 10(10): 2761-2772.
- Martindah E and Bahri S, 2016. Mycotoxin Contamination in the Food Chain. *Indonesian Bulletin of Animal and Veterinary Sciences* 26(3): 115-124.
- M'barek HN, Taidi B, Smaoui T, Aziz MB, Mansouri A and Hajjaj H, 2019. Isolation, Screening and Identification of Ligno-cellulolytic Fungi from Northern Central Morocco. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* 23(4): 207-217.
- Nugroho SPW, Baskara M dan Moenandir J, 2019. Pengaruh Tiga Jenis dan Tiga Komposisi Nutrisi Media Tanam pada Jamur Tiram Putih. *Jurnal Produksi Tanaman* 7(9): 1725-1731.
- Nyongesa B, Okoth S and Ayugi V, 2015. Identification Key for *Aspergillus* Species Isolated from Maize and Soil of Nandi County, Kenya. *Advances in Microbiology* 5(4): 205-229.
- Prasad S, Kumar S, Yadav KK, Choudhry J, Kamyab H, Bach QV, Sheetal KR, Kannojiya S and Gupta N, 2020. Screening and Evaluation of Cellulytic Fungal Strains for Saccharification and Bioethanol Production from Rice Residue. *Energy* 190: 116422.
- Ramlan P dan Indrianti MA, 2018. Analisa Potensi Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Danau Limboto sebagai Pakan Ternak. In *Prosiding Seminar Nasional Integrated Farming System*, Gorontalo 25-26 November 2018.
- Rizali A, Fachrianto F, Ansari MH dan Wahdi A, 2018. Pemanfaatan Limbah Pelepah dan Daun Kelapa Sawit melalui Fermentasi *Trichoderma* sp. sebagai Pakan Sapi Potong. *EnviroScienteeae* 14(1): 1-7.
- Sadh PK, Duhan S and Duhan JS, 2018. Agro-industrial Wastes and Their Utilization Using Solid State Fermentation: a Review. *Bioresources and Bioprocessing* 5(1): 1-15.
- Saif FA, Yaseen, SA, Alameen AS, Mane SB and Undre PB, 2020. Identification and Characterization of *Aspergillus* Species of Fruit Rot Fungi using Microscopy, FT-IR, Raman and UV-Vis Spectroscopy. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 246: 119010.
- Sari AR, Kusdiyantini E dan Rukmi MI, 2017. Produksi Selulase oleh Kapang *Aspergillus* sp. Hasil Isolasi dari Limbah Pengolahan Sagu (*Metroxylon* sp.) dengan Variasi Konsentrasi Inokulum Pada Fermentasi Terendam Statis. *Jurnal Akademika Biologi* 6 (1): 11-20.
- Seephueak P, Preecha C and Seephueak W, 2017. Isolation and Screening of Cellulolytic Fungi from Spent Mushroom Substrates. *Int J Agric Technol* 13 (5): 729-739.
- Sharma HK, Xu C and Qin W, 2019. Biological Pretreatment of Lignocellulosic Biomass for Biofuels and Bioproducts: an Overview. *Waste and Biomass Valorization* 10 (2): 235-251.
- Simangunsong R, Rahmawati R dan Mukarlina M, 2019. Isolasi dan Identifikasi Jamur Rizosfer dari Tanaman Durian (*Durio zibethinus* Murr.) di Desa Bemban, Kecamatan Sungai Kakap, Pontianak. *Protobiont* 8(3): 34-39.
- Sina NWF, Sukmaria AA dan Redjeki S, 2020. Studi Kinetika Reaksi Fermentasi Selulosa Tongkol Jagung Menggunakan Enzim Selulase pada Reaktor Batch. *ChemPro* 1(02): 14-19.
- Sukmawati D, Dellanerra D and Risandi A, 2018. Screening the Capabilities of Indonesian Indigenous Mold in Producing Cellulase Enzyme. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 434, No. 1, p. 012125), November 2018.
- Sulistiyono FD dan Mahyuni S, 2019. Isolasi dan Identifikasi Jamur Endofit pada Umbi Talas (*Colocasia esculenta* (L.) Schoot). *Jurnal Sains Natural* 9 (2): 66-70.

- Sumerta IN dan Kanti A, 2016. Keanekaragaman Khamir yang Diisolasi dari Sumber Daya Alam Pulau Enggano, Bengkulu dan Potensinya sebagai Pendeградasi Selulosa. *Berita Biologi*; 15(3): 247-255.
- Susilowati DN, Sofiana I, Atmini KD dan Yuniarti E, 2020. Penapisan Kapang Asal Lahan Sulfat Masam Kalimantan Selatan sebagai Penghasil Enzim Ekstraseluler. *Agric Vol. 32 (1)*: 65-82.
- Sutaoney P, Choudhary R and Gupta AK, 2020. Bioprospecting Cellulolytic Fungi Associated with Textile Waste and in Vitro Optimization of Cellulase Production by *Aspergillus flavus* NFCCI-4154. *Development 13(1)*: 64-84.
- Sutari NWS, 2020. Isolasi dan Identifikasi Morfologi Jamur Selulolitik dari Limbah Rumah Tangga di Desa Sanur Kauh, Bali. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi 13(2)*: 100-105.
- Valencia PE dan Meitiniarti VI, 2017. Isolasi dan Karakterisasi Jamur Ligninolitik serta Perbandingan Kemampuannya dalam Bidelignifikasi. *Scripta Biologica 4( 3)*: 171-175.
- Yanti AH, Setyawati TR dan Kurniatuhadi R, 2019. Karakterisasi Kapang dari Saluran Pencernaan Cacing Nipah (*Namalycastis rhodochorde*) asal Desa Sungai Kakap, Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat. *Life Science 8(2)*: 113-125.

**Published:** 31 Mei 2021

**Authors:**

Rony Afif Hidayat, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, Jalan Ketintang Gedung C3 Lt.2 Surabaya 60231, Indonesia, e-mail: rony.17030244030@mhs.unesa.ac.id  
Isnawati, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, Jalan Ketintang Gedung C3 Lt.2 Surabaya 60231, Indonesia, e-mail: isnawati@unesa.ac.id

**How to cite this article:**

Hidayat RA, Isnawati I, 2021. Isolasi dan Karakterisasi Jamur Selulolitik pada Fermetodege: Pakan Fermentasi Berbahan Campuran Eceng Gondok, Bekatul Padi, dan Tongkol Jagung. *LenteraBio*; 10(2): 176-187