

Pengaruh Variasi Kadar Air pada Produksi Lipase oleh *Aspergillus aculeatus* Ms. 11 dengan Fermentasi Substrat Padat Menggunakan Medium *Press-Cake* Biji Karet (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.)
{Effect of Variation of Moisture Content on Lipase Production by *Aspergillus aculeatus* Ms. 11 by Solid Substrate Fermentation Using Medium *Press-Cake* Rubber Seed (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.)}

Raihana Rifma Hanun Nurbaity¹ & Miftahul Ilmi²

Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
Email: ¹raihana.rifma.h@mail.ugm.ac.id ²m.ilmi@ugm.ac.id

Memasukkan: Januari 2022, **Diterima:** Juni 2022

ABSTRACT

Lipase is an enzyme that has potential in industry. Lipases can be produced from microbes such as lipolytic molds. In several lipase production studies, solid state fermentation (SSF) was assessed to have better biomolecular characteristics at a lower cost than submerged fermentation (SmF) because it utilizes agro-industrial waste as a substrate. One of the underutilized agro-industrial wastes is rubber seed (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.). Rubber seeds are considered to have high nutrient content (contains 29.12% protein, 24.68% carbohydrates), but their potential as a fermentation medium is not yet known. This study aims to utilize rubber seeds as a medium substrate to determine lipase productivity by *Aspergillus aculeatus* Ms. 11. The research method used was (SSF) with variations in water content as a parameter in lipase productivity. The results showed that the highest yield was obtained at 90% water content on day 4 with the amount of 314.735 U/g while the highest lipase productivity was obtained at 90% water content on second day with the amount of 131.567 U/g/day. These results indicate that high water content affects lipase productivity.

Keywords: rubber seed, water content, lipolytic mold, lipase, SSF

ABSTRAK

Lipase merupakan enzim yang memiliki potensi pada berbagai aplikasi dalam industri. Lipase dapat dihasilkan dari mikroba seperti kapang lipolitik. Dalam beberapa penelitian produksi lipase, SSF dinilai mendapatkan produk dengan biomolekul yang lebih baik dengan biaya lebih rendah daripada SmF karena memanfaatkan limbah agroindustri sebagai substrat. Salah satu limbah agroindustri yang kurang pemanfaatannya adalah biji karet (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.). Biji karet dinilai memiliki kandungan nutrisi tinggi namun belum diketahui potensinya sebagai substrat pada medium fermentasi. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan biji karet sebagai substrat medium untuk mengetahui produktivitas lipase oleh *Aspergillus aculeatus* Ms. 11. Metode penelitian yang digunakan adalah *solid state fermentation* (SSF) dengan variasi kadar air sebagai parameter dalam produktivitas lipase. Hasil menunjukkan yield tertinggi diperoleh pada kadar air 90% di hari ke-4 dengan jumlah 314,735 U/g sedangkan produktivitas lipase tertinggi diperoleh pada kadar air 90% hari ke dua dengan jumlah 131,567 U/g/hari.

Kata Kunci: biji karet, kadar air, kapang, lipase, SSF

PENDAHULUAN

Lipase merupakan enzim penting dan secara komersial biasanya diperoleh dari mikroba yang memproduksi lipase ekstraseluler. Sifat katalitik pada lipase berperan dalam berbagai aplikasi pada industri, contohnya sebagai aditif pada detergen, elaborasi makanan diet yang digunakan pada industri makanan, memperoleh molekul bioaktif

dalam industri farmasi dan senyawa optik murni pada proses sintesis kimia (Sharma *et al.* 2001) Lipase dapat dihasilkan oleh tanaman, hewan serta mikroba. Mikroba penghasil enzim tersebut diantaranya dapat diperoleh dari bakteri, aktinomisetes, yeast, dan kapang. Kapang lipolitik diketahui mampu menghasilkan lipase ekstraseluler dengan aktivitas lipolitik cukup tinggi sehingga merupakan sumber utama dalam industri

(Suyanto dkk. 2015). Dalam beberapa tahun terakhir, solid state fermentation (SSF) dinilai dapat menghasilkan karakteristik produk biomolekul yang lebih baik dan hasil yang lebih tinggi daripada *submerged fermentation* (SmF) karena SSF menggunakan residu agroindustri berbiaya rendah sebagai bahan baku (Amin *et al.* 2014). Lipase berperan mengkatalis reaksi hidrolisis medium dalam keadaan ketersediaan air yang tinggi sedangkan dalam kondisi ketersediaan air rendah pada medium, maka lipase cenderung mengkatalis reaksi esterifikasi (Bhumibhamon & Phattayakom 2003). Karena lipase mampu melakukan berbagai jenis reaksi, lipase bermanfaat secara luas dalam industri aplikasi bioteknologi. Karena air dapat mempengaruhi peran lipase sebagai katalis, variasi kadar air pada substrat padat dapat menentukan pertumbuhan mikrobia dan produktivitas dari lipase.

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil karet alam terbesar di dunia dengan total area perkebunan karet sebesar 3.338.162 ha (2003) dengan proporsi tanaman karet yang memproduksi karet sebesar 2.035.058 ha (61%) (Direktorat Jenderal Perkebunan 2006). Selain menghasilkan lateks, perkebunan karet juga menghasilkan biji karet sebanyak 1.500 kg/ha/tahun (Teterissa & Marpaung 1985) yang belum dimanfaatkan secara optimum. Secara umum, biji karet mengandung protein dan asam lemak yang cukup tinggi. Karena kandungan dari residu biji karet, *press-cake* ini dianggap sebagai substrat padat yang bernilai untuk produksi enzim dengan menumbuhkan mikrobia. Selain itu, penggunaan residu agroindustri merupakan salah satu strategi terbaik untuk pengelolaan limbah pertanian (Unni *et al.* 2015) Pada penelitian sebelumnya telah berhasil mengisolasi strain *Aspergillus aculeatus* Ms. 11 dari limbah non-dairy creamer dari PT. Kievit Indonesia, Salatiga, Jawa Tengah yang dapat menghasilkan lipase. Lipase dari strain tersebut diproduksi dalam medium cair dengan glukosa (Triyaswati & Ilmi 2020). Kapang tersebut mampu memproduksi lipase hingga $439,10 \pm 32,08$ U/g biomassa setelah penumbuhan selama 96 jam menggunakan metode SmF. Namun dengan metode SSF, belum diketahui kemampuan strain tersebut dalam produksi

lipase dengan menggunakan *press-cake* biji karet. Biji karet merupakan limbah agroindustri yang kadar proteinnya tinggi namun pemanfaatannya terutama di bidang industri kurang optimum. Oleh karena itu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai produktivitas lipase oleh *Aspergillus aculeatus* Ms. 11 menggunakan *press-cake* biji karet sebagai medium fermentasi. Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah kadar air untuk mengetahui pengaruh kadar air terhadap penyerapan nutrisi dan produktivitas lipase oleh *Aspergillus aculeatus* Ms. 11.

BAHAN DAN CARA KERJA

Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini antara lain spektrofotometer *UV-Vis Scanning*, *orbital incubator shaker* (Stuart SI500), dan oven pengering. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain isolat kapang *Aspergillus aculeatus* Ms.11 milik Fakultas Biologi UGM yang diperoleh dari limbah padat PT. Kievit Indonesia; medium pertumbuhan yang terdiri dari *press-cake* biji karet, glukosa, *olive oil*, $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$, NH_2CONH_2 , NaH_2PO_4 , KH_2PO_4 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, CaCl_2 , akuades dan PDA (*Potato Dextrose Agar*); bahan kimia terdiri dari, Triton X-100, etanol, isooktan, asam oleat, reagen Cu-asetat, piridin, reagen Lowry dan reagen DNS.

Biji karet dikoleksi dari perkebunan karet di daerah Keling, Jepara, Jawa Tengah. Biji karet tersebut dihancurkan dan diambil inti bijinya kemudian dilakukan *pressing* di PAU Pascasarjana Laboratorium Rekayasa dengan tekanan 100 KN hingga menghasilkan minyak dan *press-cake* biji karet. *Press-cake* biji karet diblender halus kemudian diayak dengan ukuran partikel 0,1-0,2 mm. *Press-cake* biji karet kemudian disimpan ke dalam wadah plastik kedap udara pada suhu 4° C sebelum digunakan sebagai substrat.

Media yang digunakan untuk menyimpan stok kultur menggunakan PDA (*Potato Dextrose Agar*) pada medium agar miring pada tabung reaksi. Media PDA dibuat dengan menggunakan media PDA (39 g/L) dan agar (10 g/L). Proses pembuatannya yaitu 3,9 g PDA dan 1 g agar dilarutkan dalam akuades 100 ml.

Media PDA kemudian disterilkan dengan autoklaf ber-tekanan 1 atm 121°C selama 15 menit. Proses subkultur kapang dilakukan dengan metode *streak* pada 16 tabung reaksi. Setelah koloni kapang tumbuh, ditambahkan 5 ml akuades dan 0,1 ml Triton-X 100 steril kadar 0,01% kemudian diambil menggunakan ose untuk mendapatkan suspensi spora.

Medium yang digunakan adalah medium substrat padat dari biji karet. Kultur fermentasi ditumbuhkan pada 100 ml erlenmeyer yang terdiri dari 5 g *press-cake* biji karet dengan tambahan 9 mL *Mineral Growth Medium* (MGM) (1,80 g NaH₂PO₄, 0,30 g KH₂PO₄, 0,045 gMgSO₄.7H₂O, 0,0375 g CaCl₂, dan glukosa+olive oil masing-masing 1 %). Variasi kadar air pada substrat tersebut kemudian diatur menjadi 10%, 30%, 50%, 70%, dan 90%. Seluruh media disterilisasi pada suhu 121°C selama 30 menit. Suspensi spora yang akan ditumbuhkan ke dalam medium fermentasi sebanyak 1 mL agar tiap medium mendapatkan suspensi yang sama. Lalu medium fermentasi diinkubasi pada suhu 30°C sebanyak dua kali ulangan dengan waktu fermentasi hari ke -0, 2, 4, dan 7.

Produksi enzim kasar lipase didapatkan dengan cara menambahkan 100 mL akuades pada medium fermentasi lalu dishaker pada 250 rpm pada suhu 25°C selama 30 menit. Kemudian campuran tersebut disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 1. Ekstrak kasar enzim menghasilkan filtrat yang digunakan untuk penentuan aktivitas lipase, protein, dan sisa glukosa.

Aktivitas relatif lipase (U/mL) diuji menggunakan reagen *Cupric-acetate pyridine* (CAP) (Kwon & Rhee 1986). Pereaksi yang digunakan untuk mengetahui aktivitas esterifikasi lipase dalam menghasilkan ester asam lemak dibuat dengan melarutkan 1,58 ml asam oleat dalam 8,42 ml isooktan dan 0,29 ml etanol dalam 9,71 ml isooktan. Lalu kedua campuran tersebut dicampur menjadi satu dan dihomogenkan. Pengukuran aktivitas enzim lipase dilakukan dengan menginkubasi 100 µl suhu 30 °C. Reaksi dihentikan dengan meletakkan tabung reaksi pada *icebath* selama 5 menit. 100 µl sampel ditambahkan dengan 1900 µL isooktan dan reagen 400 µL CAP kemudian divortex selama 5 detik dan didiamkan selama 20 menit. Nilai absorbansi

diukur pada panjang gelombang 715 nm. Satu unit aktivitas esterifikasi (U) didefinisikan sebagai jumlah asam oleat (µmol/mL) yang dikonversi menjadi produk per menit (Ilmi *et al.* 2017)

Pada penelitian ini, pengujian terhadap aktivitas lipase dilihat dari unit lipase total, *yield*, dan produktivitas lipase. Unit lipase total (U) didefinisikan sebagai unit aktivitas lipase (U/mL) dikalikan total volume filtrat medium (mL).

Yield (U/g) didefinisikan sebagai unit lipase total (U) per berat *press-cake* biji karet yang digunakan (gr).

Produktivitas enzim lipase (U/g/hari) didefinisikan sebagai jumlah *yield* per waktu fermentasi (hari).

Pengukuran kadar protein dilakukan dengan metode Lowry (1951). 200 µL filtrat dari masing-masing sampel pada tabung reaksi ditambahkan 1 mL larutan Lowry lalu divortex kemudian diletakkan dalam ruang gelap selama 15 menit. Kemudian ditambahkan larutan Lowry D (Folin Ciocalteu) sebanyak 100 µL dan divortex. Lalu diinkubasi selama 30 menit masih dalam keadaan gelap. Setelah itu, absorbansi sampel diukur dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 750 nm. Dari pengukuran absorbansi sampel didapatkan jumlah unit aktivitas enzim.

Aktivitas enzim di difinisikan sebagai aktivitas enzim (U/mg) merupakan rasio aktivitas relatif enzim (U/mL) dengan kadar protein (mg/mL)

Pengujian gula reduksi pada medium fermentasi menggunakan metode *Dinitrosalicylic Acid* (DNS). Larutan DNS dibuat dengan cara melarutkan 0,438 g serbuk DNS ke dalam gelas beker yang berisi 20 ml akuades, kemudian ditambahkan 12 g K/Na-tartrat tetrahidrat dalam 8 mL 2 M NaOH dengan 20 mL 96 mM asam 3,5-dinitrosalisilat) (larutan menjadi kuning berkabut) dan 2 M NaOH: 4 g pellet NaOH ditambahkan akuades hingga 50 mL (larutan menjadi kuning oranye, bening) secara berurutan ke dalam DNS hingga larut. Pencampuran menggunakan *hotplate stirrer* pada suhu 50° C. Pengujian gula reduksi dilakukan dengan cara menambahkan 200 µL reagen DNS dan 400 uL akuades.200 µL ke dalam tabung reaksi yang berisi 200 µL filtrat sampel. Lalu dihomogenisasi dengan vortex dan dipanaskan pada *water bath* dengan suhu 85-90°C

selama 10 menit. Campuran didiamkan pada suhu ruang hingga mendingin dan ditambahkan 5 mL akuades lalu divortex. Setelah itu, absorbansi sampel diukur dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 540 nm (Wood & Bhat 1988).

Analisis data dilakukan menggunakan *Microsoft Office Excel* untuk menentukan rata-rata dan standar deviasi dan *OriginLab 2021 Data Analysis Software* untuk mengetahui dan membuat visualisasi data produktivitas dan aktivitas spesifik enzim. SPSS v.25 (IBM SPSS Statistics 20) untuk uji statistik menggunakan *One-Way ANOVA Post-Hoc Test DUNCAN* dengan taraf kepercayaan sebesar 95% ($\alpha = 0,05$).

HASIL

Produksi Lipase oleh *Aspergillus aculeatus* Ms. 11 menggunakan SSF dengan Variasi Kadar Air

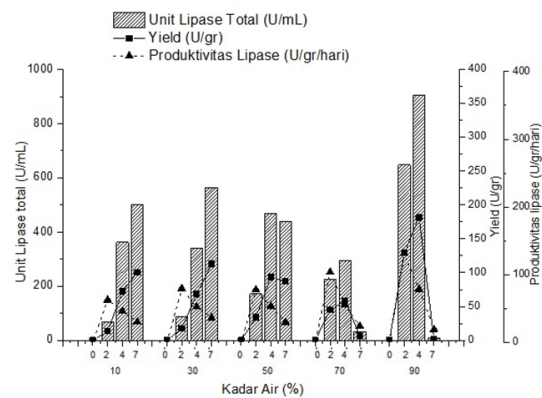
Produksi lipase oleh *Aspergillus aculeatus* Ms. 11 dapat ditentukan melalui perbandingan unit lipase total (U/mL), *yield* (U/g), dan produktivitas lipase (U/g/hari). Unit lipase total didapatkan dari perhitungan unit lipase per mL dikalikan dengan total volume filtrat medium produksi (mL). Dari hasil perhitungan unit lipase total, bisa didapatkan jumlah *yield* dan produktivitas lipase. *Yield* merupakan jumlah unit lipase total per berat biji karet (U/g) sedangkan produktivitas lipase merupakan jumlah *yield* per waktu fermentasi (U/g/hari). Hasil unit lipase total, *yield*, dan produktivitas lipase pada metode SSF dengan variasi kadar air dapat dilihat pada Gambar 1.

Berdasarkan Gambar 1, pada semua variasi kadar air, tidak ada unit lipase total, *yield*, dan produktivitas lipase di hari ke-0. Pada kadar air 10% dan 30%, unit lipase total dan *yield* mengalami peningkatan hingga hari ke-7, sedangkan pada kadar air 50%, 70% dan 90%, unit lipase total dan *yield* mengalami penurunan di hari ke-7. Gambar 1 menunjukkan bahwa *yield* tertinggi diperoleh pada kadar air 90% di hari ke-4 dengan jumlah 314.735 U/g sedangkan produktivitas lipase tertinggi diperoleh pada kadar air 90% hari ke 2 dengan jumlah 131.567 U/g/hari. Pada kadar air 90%, air yang menghambat penyerapan glukosa oleh kapang sehingga kadar glukosa terukur menurun (Gambar 3). Hal ini

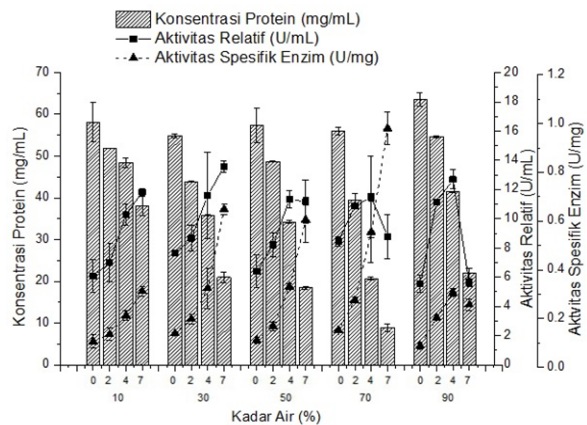
menyebabkan kapang menggunakan sumber karbon lain dan meningkatkan produksi lipasenya.

Aktivitas Spesifik Enzim oleh *Aspergillus aculeatus* Ms. 11 menggunakan SSF dengan Variasi Kadar Air

Aktivitas spesifik enzim diukur dengan cara membandingkan aktivitas relatif enzim dengan konsentrasi protein untuk mendapatkan per miligram protein. Pengukuran konsentrasi protein dilakukan dengan cara mereaksikan filtrat melalui metode Lowry kemudian absorbansinya diukur pada panjang gelombang 750 nm. Hasil konsentrasi protein, aktivitas relatif enzim, dan aktivitas spesifik enzim pada metode SSF dengan variasi kadar air dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Perbandingan unit lipase total, *yield* dan produktivitas lipase oleh *A. aculeatus* Ms. 11 dengan variasi kadar air pada substrat biji karet dengan perlakuan hari ke-0, 2, 4 dan 7.



Gambar 2. Perbandingan konsentrasi protein, aktivitas relatif, dan aktivitas spesifik enzim *A. aculeatus* Ms. 11 dengan variasi kadar air pada substrat biji karet dengan perlakuan hari ke-0, 2, 4 dan 7.

Konsentrasi protein pada grafik menunjukkan penurunan pada semua variasi kadar air, aktivitas relatif enzim mengalami peningkatan pada kadar air 10% dan 30% hingga hari ke-7 sedangkan pada kadar air 50%, 70%, dan 90% mengalami penurunan di hari ke-4. Jumlah penurunan konsentrasi protein tertinggi ada pada medium dengan kadar air 70% dengan konsentrasi protein di hari ke-7 merupakan yang terendah dengan jumlah 8.911 mg/mL.

Konsumsi Glukosa oleh *Aspergillus aculeatus* Ms. 11 Menggunakan SSF dengan Variasi Kadar Air

Press-cake biji karet mengandung karbohidrat yang cukup tinggi sebesar 24,73% tidak berbeda jauh dengan hasil yang diteliti (Unni *et al.* 2015) sebesar 24,21%. Pada penelitian ini, pengujian yang dilakukan adalah pengukuran kadar glukosa. Kadar glukosa yang diukur menunjukkan jumlah konsumsi glukosa oleh *Aspergillus aculeatus* Ms. 11 selama proses fermentasi. Gambar 3 menyajikan hasil dari konsumsi glukosa pada metode SSF dengan variasi kadar air.

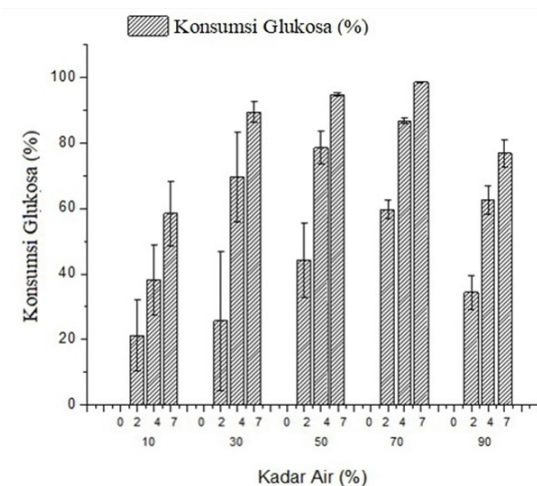
Berdasarkan Gambar 4, grafik menunjukkan konsumsi glukosa oleh *Aspergillus aculeatus* Ms. 11 meningkat dari hari ke-0 hingga ke-7 pada semua variasi kadar air. Konsumsi glukosa terendah ada di hari ke-2 pada kadar air 10% sebanyak 21,189% sedangkan jumlah konsumsi

glukosa tertinggi ada di hari ke-7 pada kadar air 70% sebanyak 98,564%. Pengukuran kadar glukosa dilakukan untuk mengetahui potensi biji karet sebagai substrat pada produksi lipase oleh kapang. Kadar glukosa terukur menunjukkan glukosa yang digunakan oleh kapang selama proses fermentasi.

PEMBAHASAN

Produksi Lipase oleh *Aspergillus aculeatus* Ms. 11 menggunakan SSF dengan Variasi Kadar Air

Berdasarkan Gambar 1, dengan adanya variasi kadar air mempengaruhi jumlah unit lipase total, *yield*, dan produktivitas lipase. Jika dilihat pada grafik hasil, kadar air mempengaruhi peningkatan jumlah produktivitas lipase, namun jika waktu fermentasi terlalu lama akan menurunkan produktivitas lipase. Hal ini dapat ditunjukkan dengan jumlah produktivitas lipase yang tinggi di hari ke-2 dengan semua variasi kadar air namun pada kadar air di atas 50% mengalami penurunan drastis di hari ke-4. Dari hasil grafik tersebut, maka diketahui bahwa kadar air yang tinggi menunjukkan pengaruh terhadap produktivitas lipase. Kadar air mempengaruhi aktivitas air (A_w) pada medium padat. Pada SSF memerlukan kondisi kelembaban yang cukup bagi pertumbuhan kapang tetapi kadar air tidak terlalu tinggi agar tidak mengganggu proses pertumbuhan dan penyerapan nutrisi oleh nutrisi (van Hanh *et al.* 2010). Serta mempersulit proses aerasi dan transfer massa pada proses metabolisme (Sunaryanto *et al.* 2010). Namun, pengaruh kadar air bergantung pada jenis mikrobia dan substrat yang digunakan (Pau & Omar 2004). Pada penelitian Raimbault (1998), kadar air terbaik untuk *A. niger* pada medium substrat padi sebesar 40% sedangkan pada medium substrat kulit kopi sebesar 70% dan pada medium substrat ampas sagu sebesar 85% (Idiawati *et al.* 2004). Pada penelitian ini, kadar air mempengaruhi bagaimana kapang menyerap dan menggunakan nutrisi selama proses fermentasi hingga menghasilkan enzim lipase.



Gambar 3. Konsumsi Glukosa oleh *A. aculeatus* Ms. 11 dengan variasi kadar air pada substrat biji karet dengan perlakuan hari ke-0, 2, 4 dan 7.

Aktivitas Spesifik Enzim oleh *Aspergillus aculeatus* Ms. 11 menggunakan SSF dengan Variasi Kadar Air

Konsentrasi protein menunjukkan jumlah protein yang dihasilkan oleh *A. aculeatus* Ms. 11 dalam miligram per mililiter. Peningkatan konsentrasi protein yang dihasilkan kapang menunjukkan peningkatan daya katalitik suatu enzim. Keberadaan protein lain yang terlarut juga dapat terbaca pada pengukuran sehingga menyebabkan peningkatan nilai konsentrasi protein (Murray *et al.* 2003). Aktivitas spesifik enzim diperoleh dengan membagi aktivitas relatif enzim dengan konsentrasi protein. Aktivitas spesifik enzim menunjukkan tingkat kemurnian suatu enzim, semakin tinggi aktivitas spesifik suatu enzim maka semakin tinggi kemurnian enzim tersebut (Purba *et al.* 2020). Sehingga peningkatan konsentrasi protein yang dihasilkan berbanding lurus peningkatan aktivitas enzim oleh kapang.

Jika melihat perbandingan grafik konsentrasi protein dan aktivitas spesifik enzim, dapat dilihat bahwa konsentrasi protein mengalami penurunan sedangkan aktivitas spesifik enzim mengalami peningkatan. Jika peningkatan konsentrasi protein yang dihasilkan kapang menunjukkan peningkatan daya katalitik suatu enzim, maka penurunan konsentrasi protein menunjukkan penurunan aktivitas enzim, namun grafik konsentrasi protein dan aktivitas enzim berbanding terbalik. Nilai konsentrasi protein tertinggi ada di hari ke-0, hal ini diasumsikan sebagai konsentrasi protein pada medium substrat belum digunakan oleh kapang. Karena konsentrasi protein yang terukur adalah protein dalam medium substrat dan protein yang dihasilkan oleh kapang, maka aktivitas spesifik enzim tidak dapat diperoleh melalui nilai konsentrasi protein karena penurunan konsentrasi protein pada grafik menunjukkan bahwa protein yang terukur adalah protein pada medium substrat sebagai nutrisi, adanya protein ini tidak menunjukkan konsentrasi protein yang murni dihasilkan oleh kapang sehingga tidak dapat menunjukkan aktivitas spesifik enzim. Karena aktivitas spesifik enzim tidak dapat ditentukan, maka pengaruh kadar air pada tiap perlakuan hanya dapat dilihat dari penurunan konsentrasi protein substrat yang menunjukkan penggunaan oleh kapang untuk pertumbuhan-

nya. Pada kadar air 70%, kapang menyerap protein dengan optimal dengan jumlah penurunan konsentrasi protein terbanyak pada Gambar 2.

Konsumsi Glukosa oleh *Aspergillus aculeatus* Ms. 11 menggunakan SSF dengan Variasi Kadar Air

Berdasarkan Gambar 3, grafik menunjukkan konsumsi glukosa oleh *Aspergillus aculeatus* Ms. 11 meningkat dari hari ke-0 hingga ke-7 pada semua variasi kadar air. Grafik menunjukkan bahwa semakin lama waktu fermentasi, semakin panjang fase pertumbuhan kapang dan semakin banyak glukosa yang dikonsumsi. Konsumsi glukosa terendah ada di hari ke-2 pada kadar air 10% menunjukkan bahwa kadar air yang terlalu rendah memperpanjang fase lag kapang dan menyebabkan pertumbuhan kapang terhambat sehingga mengganggu proses penyerapan nutrisi. Sedangkan jumlah konsumsi glukosa tertinggi ada di hari ke-7 pada kadar air 70% menunjukkan bahwa kadar air 70% merupakan kadar air yang optimal untuk penyerapan nutrisi oleh kapang. Pada kadar air 90%, jumlah air yang banyak menyebabkan penyerapan glukosa oleh kapang tidak optimal sehingga jumlah konsumsi glukosa yang terukur menurun. Kondisi ini menyebabkan kapang menggunakan sumber karbon lain untuk membantu memenuhi kebutuhannya. Jika mengacu pada Gambar 1, jumlah unit lipase total yang tinggi ada pada kadar air 90% menunjukkan kapang menggunakan sumber karbon lain (olive oil) untuk proses metabolisme dan pertumbuhannya sehingga kapang memproduksi lipase lebih banyak.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa *Aspergillus aculeatus* Ms. 11 mampu tumbuh dan menghasilkan enzim lipase pada medium substrat *press-cake* biji karet dengan kadar air 90% untuk produktivitas lipase tertinggi dengan jumlah 131,567 U/g/hari.

DAFTAR PUSTAKA

Amin, M., HN. Bhatti, M. Zuber, IA. Bhatti, & M. Asgher. (2014). Potential use of

- agricultural wastes for the production of lipase by *Aspergillus Melleus* under solid state fermentation. *Journal of Animal and Plant Sciences*. 24(5) 1430-147.
- Bhumibhamon, O., & K. Phattayakorn. 2003. Lipase-Producing Microorganisms for Use in Contaminated Fat and Oil Kitchen Wastewater Treatment. *Kasetsart Journal Natural Science*. 37: 327-333.
- Idiawati, N., EM. Harfinda, & L. Arianie. 2015. Produksi Enzim Selulase oleh *Aspergillus niger* pada ampas Sagu. *Jurnal Natur Indonesia*, 16(1):1-9. (1. <http://doi.org/10.31258/jnat.16.1.1-9>).
- Ilmi, M., C. Hidayat, P. Hastuti, HJ. Heeres, & MJEC. & van der Maarel. 2017. Utilisation of *Jatropha* press cake as substrate in biomass and lipase production from *Aspergillus niger* 65I6 and *Rhizomucor miehei* CBS 360.62. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 9 (September 2016), 103–107. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2016.12.004>.
- Lowry, OH., NJ. Rosebrough, AL. Farr, & RJ. Randall. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal Biology and Chemistry*. 193: 265–275. [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(19\)52451-6](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(19)52451-6).
- Murray, RK., DK. Granner, PA. Mayes, & VW. Rodwell. 2003. Biokimia Harper. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Ed 25. Jakarta. 270.
- Purba, N., IBW. Gunam, & IMM. Wijaya. 2020. Produksi Enzim Selulase Kasar dari Isolat Bakteri B2S8 menggunakan Substrat Brangkas Jagung dengan Perlakuan Konsentrasi Inokulum dan Komposisi Media yang berbeda. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 8(2): 267-278.
- Raimbault, M. 1998. General and microbial aspects of solid substrate fermentation. *Electronic Journal of Biotechnology*. 1: (3): 174-188.
- Sharma, R., Y. Chisti, & UC. Banerjee 2001. Production, purification, characterization, and applications of lipases. *Biotechnology Advances*, 19(8), 627-662. [https://doi.org/10.1016/S0734-9750\(01\)0086-6](https://doi.org/10.1016/S0734-9750(01)0086-6)
- Suyanto, E. ES. Soetanto, & MN. Cahyanto 2015. Produk Lipase Kapang Lipolitik pada Limbah Ampas Kelapa. *Bio-eksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*. 1 (1): 12-17.
- Triyaswati, D., & M. Ilmi. 2020. Lipase-producing Filamentous Fungi from Non-dairy Creamer Industrial Waste. *Microbiology and Biotechnology Letters* 48: 167–178. doi:10.4014/mbl.1912.12018.
- Unni, KN., PA. Faisal, P. Priji, S. Sajith, S. Sreedevi, ES. Hareesh, TAN. Roy, & S. Benjamin. 2015. Rubber Seed Kernel as Potent Solid Substrate for the Production of Lipase by *Pseudomonas aeruginosa* Strain BUP2. *Advances in Enzyme Research*, 3(2): 31-38. <https://doi.org/10.4236/aer.2015.32004>.
- van Hanh, V., TA. Pham, & K. Kim. 2010. Improvement of a fungal strain by repeated and sequential mutagenesis and optimization of solid-state fermentation for the hyper-production of raw-starch-digesting enzyme. *Journal of Microbiology and Biotechnology*. 20 (4): 718-726. <https://doi.org/10.4014/jmb.0908.08016>.
- Wood, TM., & KM. Bhat. 1988. Methods for measuring cellulase activities, in: Biomass part A: cellulose and hemicellulose, *Methods in Enzymology*. Elsevier, pp. 87–112. doi:10.1016/0076-6879(88)60109-1.

