

Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, Vol. 6, No. 1, Hlm. 219-227, Juni 2014

ISOLASI DAN PENAPISAN KAPANG LAUT ENDOFIT PENGHASIL SELULASE

ISOLATION AND SCREENING OF ENDOPHYTIC MARINE FUNGI FOR CELLULASE PRODUCTION

Aulia Andhikawati¹, Yulia Oktavia¹, Bustami Ibrahim¹, dan Kustiariyah Tarman^{1,2*}

¹Departemen Teknologi Hasil Perairan, FPIK-IPB, Bogor

²Divisi Bioteknologi Kelautan, Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan, LPPM, IPB, Bogor; *E-mail: kustya@gmail.com

ABSTRACT

*Cellulolytic fungi are potentially useful in biotechnology. Decomposition of substrates containing cellulose can be applied in bioethanol and enzymes production. Fungi are one group of microorganisms that can decompose cellulose materials. This study aimed to obtain potential cellulolytic fungi isolated from marine habitat. Screening of the fungi was performed using CBM media with different salinity. Six isolates were tested quantitatively for cellulolytic activity using congo red staining. Cellulolytic index of algicolous and manglicolous fungi were lower than those of EN isolate, *Veronea sp.* KT19, and sponge associate (SMH). Fungi cultured in freshwater and seawater media possessed higher cellulolytic index in compared to those of cultures in 3% NaCl medium. However, freshwater and seawater media showed no significant effect. Cellulolytic index of EN isolate, *Veronaea sp.* KT19, and SMH after six days of incubation were 1.357; 1.267, and 1.278, respectively. All six isolates potentially produced cellulase in all medium tested.*

Keywords: Cellulolytic, cellulose, endophytes, enzyme.

ABSTRAK

Kapang yang memiliki aktivitas selulolitik sangat berpotensi dalam aplikasi di bidang bioteknologi. Dekomposisi bahan yang mengandung selulosa dapat diaplikasikan untuk produksi bioetanol dan enzim. Salah satu mikroorganisme yang mampu memecah komponen selulosa adalah kapang. Penelitian ini bertujuan mendapatkan kapang selulolitik potensial yang diisolasi dari habitat laut. Penapisan kapang dilakukan pada media CBM dengan salinitas yang berbeda yaitu air laut, air tawar dan NaCl 3%. Enam isolat kapang diuji selulolitik secara kualitatif dengan pewarnaan congo red. Indeks selulolitik kapang yang diisolasi dari rumput laut dan daun mangrove lebih kecil dibandingkan dengan isolat kapang EN, *Veronea sp.* KT19, dan SMH. Penggunaan media air tawar dan air laut menunjukkan nilai rata-rata indeks selulolitik lebih tinggi dibandingkan pada media NaCl 3% tetapi penggunaan media air tawar dan air laut tidak berbeda nyata. Indeks selulolitik isolat kapang EN selama 6 hari pada media air tawar yaitu 1,357, kapang *Veronea sp.* KT19 sebesar 1,267, dan isolat kapang SMH sebesar 1,278. Keenam isolat memiliki potensi sebagai kapang penghasil selulase pada semua jenis media.

Kata kunci: endofit, enzim, selulolitik, selulosa.

I. PENDAHULUAN

Selulase adalah enzim yang dapat mengkatalis terjadinya reaksi hidrolisis pada polimer organik, seperti selulosa menjadi komponen gula sederhana yang

mencakup glukosa. Pada enzim selulase kompleks terdapat tiga enzim utama yaitu endoglukanase, eksoglukanase dan selobiose (β -glukosidase) (Winarno, 2010). Endoglukanase menghidrolisis ikatan β -1,4-glikosidik secara acak pada

daerah amorf selulosa menjadi glukosa, selobiosa dan selodektrin. Eksoglukanase menghidrolisis selodektrin dengan memutus unit selobiosa dari ujung rantai polimer, sedangkan selobiose menghidrolisis selobiosa dan selo-oligosakarida menjadi glukosa (Syamsudin *et al.*, 2008).

Selulase memiliki potensi yang sangat besar pada aplikasi di bidang industri. Selulase sering digunakan pada industri tekstil, detergen, makanan, kertas dan industri pakan hewan untuk meningkatkan daya cerna pakan. Pada masalah keterbatasan jumlah bahan bakar fosil, emisi gas rumah kaca dan polusi udara yang ditimbulkan dari bahan bakar fosil, maka perlu dikembangkan industri bioetanol dari komponen lignoselulolitik yang menggunakan enzim selulase dan hemiselulase dalam proses hidrolisis bahan yang mengandung lignoselulosa. Pada produksi bioetanol, biaya pada enzim komersial yang digunakan untuk proses hidrolisis bahan baku perlu dikurangi dan perlu ditingkatkan efisiensi dalam proses produksi secara ekonomi (Sukumaran *et al.*, 2005).

Enzim selulase dapat dihasilkan oleh makroorganisme dan mikroorganisme. Salah satu mikroorganisme yang dapat memproduksi enzim selulase adalah kapang. Enzim selulase yang dihasilkan oleh kapang genus *Trichoderma* sebagian besar adalah enzim selobiohidrolase, sedangkan enzim selulase yang berasal dari genus *Aspergillus* yaitu enzim β -glukosidase. Fikrinda *et al.* (2000) menyatakan bahwa mikroorganisme selulolitik mampu menghasilkan selulase kompleks, yaitu suatu campuran beberapa jenis selulase yang berbeda. Selulase kompleks mampu menghidrolisis Kristal selulosa menjadi gula terlarut yang efisien.

Kapang endofit merupakan kapang yang hidup di bagian dalam tumbuhan, seperti daun, ranting, cabang kecil atau akar (Gandjar *et al.*, 2006). Selain itu, jika dibandingkan dengan jamur patogen pada

tumbuhan dan isolat kapang dari tanah, relatif sedikit metabolit sekunder yang telah diisolasi dari kapang endofit (Tan and Zou, 2001). Sekitar 6500 kapang endofit diisolasi dari tanaman herbal dan pohon serta alga untuk mengetahui aktivitas biologis dan profil kimianya. Proporsi kapang endofit dari yang diisolasi dari tanaman, alga dan tanah untuk menghasilkan aktivitas biologis masing-masing sebesar 80%, 83% dan 64% (Schulz *et al.*, 2002).

Kapang endofit dapat menghasilkan enzim-enzim penting, seperti enzim pendegradasi oligosakarida (selulase), xylanase, mannanase dan inulinase. Kapang laut endofit dapat menghasilkan hormon yang dapat memacu pertumbuhan inangnya, zat antibiotik dan metabolit sekunder lainnya yang bermanfaat (Ranghukumar, 2008). Sebagian besar fungi endofit menghasilkan metabolit sekunder jika dikultur dan difermentasi, tetapi temperatur, komposisi media dan intensitas cahaya sangat menentukan jumlah dan komponen yang dihasilkan oleh fungi endofit (Cai *et al.*, 2012). Kapang yang dapat menguraikan senyawa selulosa, umumnya berasal dari kapang terestrial dimana salinitas media yang digunakan yaitu salinitas air tawar, seperti *Mucor* sp, *Aspergillus* sp, *Penicillium* sp (Subowo, 2010) dan *Thricoderma* sp (Delabona *et al.*, 2012), sedangkan kapang yang berasal dari material laut belum banyak dieksplor. Optimasi media pertumbuhan kapang dengan salinitas berbeda perlu dilakukan untuk menentukan media pertumbuhan terbaik bagi kapang dalam menghasilkan selulase. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kapang selulolitik potensial yang diisolasi dari habitat laut.

II. METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan untuk isolasi dan penapisan kapang adalah

kapang koleksi dari Kustiariyah Tarman (Isolat EN, *Veronaea sp.* KT19, dan SMH), Isolat dari rumput laut, daun mangrove, agar, KH_2PO_4 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, *yeast extract*, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, *Potato Dextrose Agar* (PDA), *Potato Dextrose Broth* (PDB), *Carboxyl Methyl Cellulose* (CMC), *congo red*, NaCl, dan air laut. Alat yang digunakan yaitu mikroskop (Cole Parmer).

2.1. Isolasi Kapang Endofit

Isolasi kapang endofit mengacu pada penelitian yang dilakukan Tarman, 2011 dengan cara sterilisasi permukaan. Sampel dipotong sebesar ± 1 cm dan ditanam di dalam media PDA air tawar, air laut dan NaCl 3% yang telah ditambahkan kloramfenikol 1 mg/l dan diinkubasi pada suhu ruang selama 3 hari.

2.2. Penapisan Kapang Selulolitik

Penapisan kapang selulolitik dengan metode zona bening (Purwadaria *et al.*, 2003) dilakukan dengan menggunakan pewarnaan merah kongo 0,1%. Isolat kapang ditumbuhkan pada media *Cellulolysis Basal Medium* (CBM) yang berbeda (air tawar, air laut dan NaCl 3%) dengan sumber karbonnya yaitu CMC. Kapang diinkubasi selama 6 hari pada suhu ruang. Zona bening akan terbentuk setelah melakukan penambahan NaCl 1 M dan didiamkan selama 15 menit. Adanya aktivitas selulase dilihat dari indeks selulolitik yang terbentuk. Indeks selulolitik merupakan nisbah antara diameter zona bening dengan diameter koloni.

2.3. Pengukuran Pertumbuhan Kapang

Pengukuran pertumbuhan kapang dilakukan berdasarkan metode Subowo (2010). Isolat kapang endofit yang terpilih berdasarkan uji zona bening ditumbuhkan pada media cair PDB. Kultur kemudian

diinkubasi pada suhu ruang selama 27 hari. Pengukuran bobot biomassa kapang dilakukan setiap 3 hari. Miselia kapang yang tumbuh di dalam media PDB kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring Whatman No. 1 dan dikeringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu 80°C . Bobot kering miselia ditentukan dengan menghitung selisih bobot antara kertas kering kosong dengan kertas saring yang berisi miselia.

2.4. Analisis Data

Data yang diperoleh dilakukan uji normalitas kemudian dianalisis dengan sidik ragam atau *Univariate Analysis of Varians* (ANOVA). Apabila F_{hitung} menunjukkan perbedaan nyata pada taraf uji 95% dan perbedaan sangat nyata pada taraf uji 99% maka dilanjutkan dengan uji Duncan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan. Penelitian ini menggunakan percobaan faktorial yang melibatkan dua faktor yaitu faktor pertama (isolat kapang) yang terdiri dari 7 taraf faktor yaitu isolat EN, KT19, SMH, RL6, RL9, D1, D3 dan faktor kedua (salinitas media) yang terdiri dari 3 taraf faktor yaitu air tawar, air laut dan NaCl 3% serta rancangan model percobaan sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Keterangan :

Y_{ijk} = pengamatan pada ulangan ke-k yang mendapat perlakuan faktor pertama taraf ke-i dan faktor kedua taraf ke-j; μ = rata-rata umum; α_i = pengaruh faktor pertama taraf ke-i; β_j = pengaruh faktor kedua taraf ke-j; $(\alpha\beta)_{ij}$ = pengaruh interaksi faktor pertama taraf ke-i dan faktor kedua taraf ke-j; dan ϵ_{ijk} = komponen galat.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Isolasi Kapang Endofit

Kapang endofit yang digunakan pada penelitian ini diisolasi dari rumput laut dan daun mangrove. Kapang laut umumnya diisolasi dari tumbuhan yang hidup di dalam laut dan sekitarnya, dari alga, hewan laut dan juga dari buih air laut (Gandjar *et al.*, 2006). Hasil isolasi kapang endofit pada rumput laut dan daun mangrove diperoleh masing-masing dua isolat kapang. Keempat jenis isolat kapang yang telah diisolasi dapat tumbuh pada berbagai media yaitu media NaCl 3%, air laut dan air tawar. Media yang digunakan untuk isolasi kapang ini ditambahkan klorampenikol sebanyak 1 ppm. Hal ini dilakukan agar dapat mencegah pertumbuhan bakteri pada media. Kumala dan Siswanto (2007) menyatakan bahwa kapang endofit dapat tumbuh pada media PDA yang telah ditambahkan dengan klorampenikol (0,005% w/v) sebagai bahan antibakteri untuk pertumbuhan kapang. Keempat isolat kapang yang telah diisolasi (D1, D3, RL6 dan RL9) dan tiga isolat kapang koleksi Kustiariyah Tarman (EN, KT19 dan SMH) diremajakan pada media PDA cawan dan dilihat secara mikroskopik pada bagian miselia kapang (Tabel 1).

Kapang endofit laut ini dapat tumbuh pada kondisi di media NaCl 3%, air tawar dan air laut. Hal ini diduga kapang tersebut merupakan fungi laut yang fakultatif, dimana fungi dari lingkungan air tawar atau terrestrial mampu tumbuh dan bersporulasi di lingkungan laut (Gandjar *et al.*, 2006). Isolat kapang dari daun mangrove dapat tumbuh pada ketiga salinitas media yang berbeda karena mangrove dapat tumbuh pada lingkungan dengan salinitas antara air laut dan air tawar, air laut umumnya mengandung 35 gram/liter garam (Hogarth, 2007). Salinitas laut di Indonesia berkisar antara 30-31 ‰. Semua



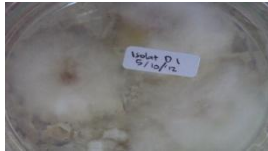

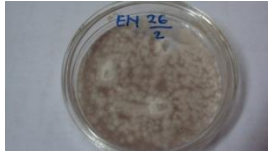

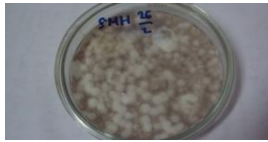
kapang yang telah diisolasi tersebut diduga merupakan kapang endofit laut karena semua isolat kapang dapat tumbuh pada kondisi lingkungan laut. Penelitian Ranghukumar *et al.* (1994) kapang yang diisolasi dari lingkungan laut dapat tumbuh pada media yang ditambahkan garam laut sebanyak 1,5% - 3%.

3.2. Penapisan Kapang Selulolitik

Tiga jenis isolat kapang koleksi Kustiariyah Tarman dan empat jenis isolat kapang yang telah diisolasi kemudian ditapis berdasarkan indeks selulolitiknya dengan salinitas media yang berbeda-beda yaitu dengan penambahan NaCl 3%, air laut dan air tawar. Pada media dengan penambahan air laut dan air tawar, semua isolat kapang dapat menghasilkan zona bening dengan rata-rata indeks selulolitik yang berbeda selama 6 hari inkubasi pada suhu ruang, sedangkan pada media dengan penambahan NaCl 3% hanya isolat D1 yang tidak menghasilkan zona bening (Gambar 1). Hal ini diduga karena kondisi media dengan NaCl 3% merupakan kondisi yang sesuai dengan isolat kapang D3, sehingga isolat kapang tidak memproduksi enzim selulase yang menyebabkan tidak terdeteksinya aktivitas selulase berdasarkan uji zona bening. Mangrove dapat tumbuh pada lingkungan dengan konsentrasi garam laut sebesar 3,5 ‰. Toleransi terhadap salinitas bukan hanya sekedar kemampuannya tumbuh pada salinitas yang berada sesuai dengan lingkungannya tetapi mengenai respon suatu spesies terhadap perubahan salinitas (Hogarth, 2007).

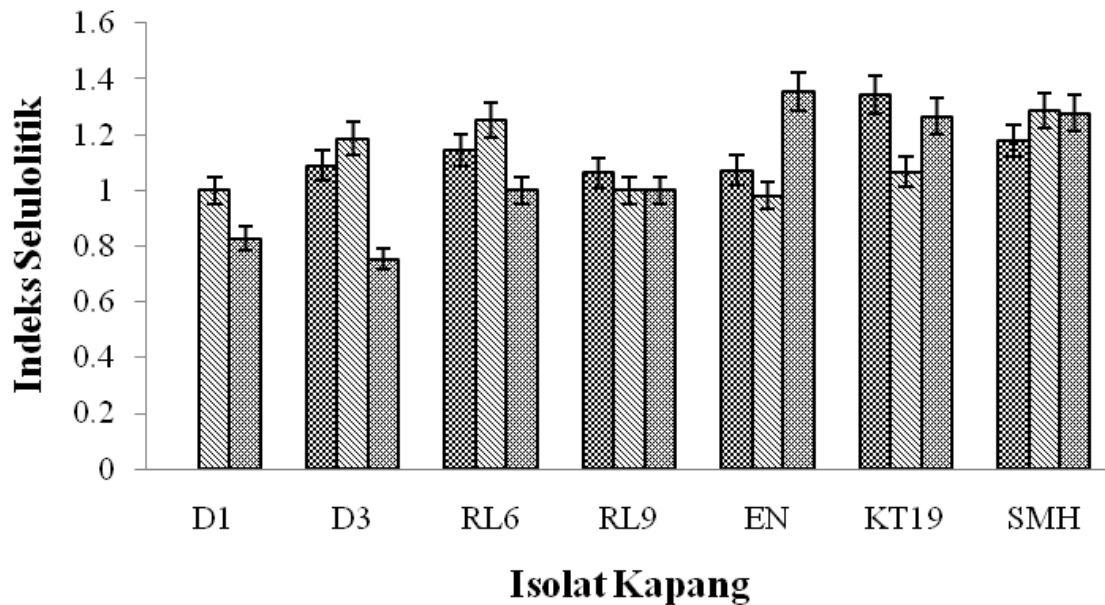
Gambar 1 menunjukkan bahwa nilai indeks selulolitik terbesar terdapat pada isolat EN yang tumbuh pada media yang menggunakan air tawar yaitu dengan nilai indeks selulolitik mencapai 1,357. Hasil analisis statistik dengan pola faktorial RAL menunjukkan bahwa rata-rata indeks selulolitik terbesar terdapat pada media dengan air laut dan air tawar.

Tabel 1. Data kapang endofit yang digunakan.

Sumber	Kode isolat	Foto kapang	Bentuk miselium
Rumput Laut	RL6		Septa membagi hifa menjadi kompartemen. Ujung hifa monositik.
	RL9		Septa membagi hifa menjadi kompartemen. Ujung hifa monositik. Konidia berbentuk seperti bulan sabit dan memiliki satu septum
Daun mangrove	D1		Septa membagi hifa menjadi kompartemen. Ujung hifa monositik.
	D3		Septa membagi hifa menjadi kompartemen. Setiap kompartemen ada satu inti. Ujung hifa monositik.
Lamun	EN		Septa membagi hifa menjadi kompartemen. Setiap kompartemen ada satu inti. Ujung hifa monositik.
Pasir laut	KT19		Hifa terbagi oleh septa menjadi kompartemen yang terdiri dari satu inti tiap bagiannya.
Spons	SMH		Hifa terbagi oleh septa menjadi kompartemen yang terdiri dari satu inti tiap bagiannya. Konidia berbentuk elips tanpa septum.

Penggunaan air laut dan air tawar pada media menghasilkan nilai nisbah zona bening yang tidak berbeda nyata. Terdapatnya nisbah zona bening terbesar pada isolat kapang EN maka isolat ini memiliki potensi yang lebih efisien dalam menghasilkan enzim selulase. Semakin besar indeks selulolitik yang dihasilkan maka semakin besar enzim yang dihasilkan oleh koloni kapang tersebut.

Kapang EN memiliki nilai indeks selulolitik sebesar 1,357, nilai ini tidak jauh berbeda dengan nilai indeks selulolitik pada kapang-kapang selulolitik dari jenis *Aspergillus terreus* sebesar 1-10, *Penicillium* sp. sebesar 0-6, *Trichoderma harzianum* sebesar 1, dan *Rhizopus* sp. sebesar 0-4 (Jahangeer *et al.*, 2005), *Aspergillus flavus* sebesar 1,4 (Purwadaria *et al.*, 2003). Hal ini diduga adanya



Gambar 1. Penapisan Kapang Selulolitik dengan Salinitas Media yang berbeda (▣ NaCl 3%; ▤ Air laut; ▥ Air tawar).

sekresi enzim selulase pada kapang selulolitik dan terjadi degradasi media yang mengandung selulosa sehingga mampu membentuk nisbah zona bening. Menurut Teater and Wood (1992), penapisan secara cepat pada mikroba selulolitik dapat dilakukan dengan pengukuran daerah bening, walaupun demikian penentuan tersebut hanya merupakan deteksi semi kuantitatif. Penapisan kuantitatif merupakan suatu konfirmasi dan hasilnya belum tentu sama dengan penapisan daerah bening.

Kapang merupakan salah satu agen yang mampu mendekomposisi sebagian besar material-material organik dan sebagian kecil substrat yang mengandung selulosa. Setiap kapang selulolitik menghasilkan kompleks enzim selulase yang berbeda-beda, tergantung dari gen yang dimiliki dan sumber karbon yang digunakan untuk didegradasi (Meryandini *et al.* 2009). Banyak enzim intraseluler dan ekstraseluler yang terdapat pada lamun yang tidak toleransi pada garam dan secara signifikan tumbuh pada kondisi dengan konsentrasi NaCl yang rendah (Hogarth 2007). Dalam penelitian ini,

semua isolat ditumbuhkan pada media basal selulolitik yang mengandung *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) 1% (b/v) sebagai komponen inducernya. Apabila nutrisi pada medium tumbuhnya habis maka mikroorganisme akan memanfaatkan sumber karbon selulosa dengan mensintesis enzim selulase. Kemampuan membentuk zona bening pada substrat amorf seperti CMC menunjukkan adanya enzim endo- β -1.4 glukonase (CMCase) yang dapat memutuskan ikatan β -1.4 glikosida pada serat selulosa tersebut secara acak dan banyaknya daerah amorf pada substrat tersebut menyebabkan CMC dapat dihidrolisis dengan lebih efisien (Goto *et al.*, 1992).

3.3. Pertumbuhan Kapang EN

Isolat kapang EN (Gambar 2) dari hasil tahap sebelumnya memiliki potensi sebagai kapang selulolitik dengan media air tawar, maka isolat kapang EN ditumbuhkan pada media PDA air tawar selama 6 hari dan di *pre-culture* ke media cair selama 7 hari. Pertumbuhan isolat EN dilakukan pada media cair yaitu *Potato*

Dextrose Broth (PDB) yang diinkubasi selama 27 hari pada suhu ruang dengan kondisi statis. Setelah diinkubasi selama 27 hari dihasilkan miselium berwarna putih pada seluruh permukaan media seperti yang terlihat pada Gambar 3. Pertumbuhan isolat EN dihitung berdasarkan berat kering miselium kapang. Tingkat pertumbuhan isolat kapang EN yang diisolasi dari lamun laut berada pada kisaran 0,078–0,8 gram.

media untuk pertumbuhan sehingga kapang mengalami pertumbuhan miselia yang cepat. Media PDB mengandung sumber karbon yang berasal dari kentang dan *dextrose*. Sumber karbon merupakan komponen terpenting dalam medium pertumbuhan, karena sel-sel mikroba sebagian besar terdiri dari unsur-unsur karbon dan nitrogen (Kusumaningtyas *et al.*, 2010).

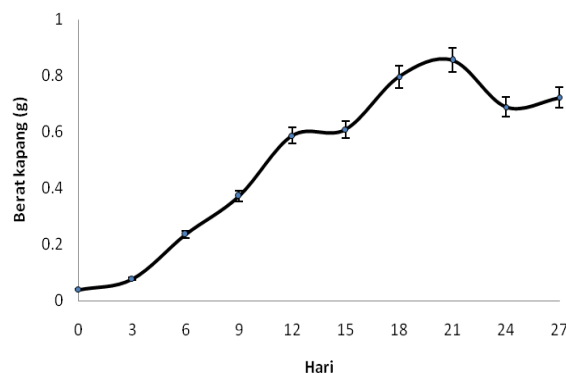


Gambar 2. Isolat EN (atas) pada media PDA dan konidia yang tumbuh pada miselia (bawah).

Tingkat pertumbuhan tertinggi pada isolat kapang EN dicapai pada hari ke 21 dengan berat miselia mencapai 0.855 gram. Pada Gambar 4 diketahui bahwa kurva pertumbuhan isolat kapang EN memiliki fase adaptasi hingga hari ke 3 dan pada hari ke 12 memasuki fase eksponensial. Fase stasioner didapat pada hari ke 12 hingga hari ke 27. Hal ini diduga karena pada hari ke 3 hingga ke 12 kapang memanfaatkan semua nutrisi



Gambar 3. Pertumbuhan isolat kapang EN pada media PDB.



Gambar 4. Kurva pertumbuhan isolat Kapang EN.

IV. KESIMPULAN

Semua isolat kapang yang diperoleh dari rumput laut dan daun mangrove serta isolat kapang koleksi Kustiariyah Tarman menghasilkan nisbah

zona bening sehingga berpotensi sebagai kapang selulolitik pada salinitas media yang berbeda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia atas dana penelitian yang berjudul Pengembangan Teknologi Produksi Bioetanol melalui Pemanfaatan Limbah Industri Rumput Laut dengan Kapang Endofit Indigenous Laut Indonesia, melalui program Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi kepada Dr. Kustiariyah Tarman, S.Pi., M.Si.

DAFTAR PUSTAKA

- Cai, M., X. Zhou, J. Lu, W. Fan, J. Zhou, C. Niu, L. Kang, X. Sun, and Y. Zhang. 2012. An integrated control strategy for the fermentation of the marine-derived fungus *Aspergillus glaucus* for the production of anticancer polyketides (short communication). *J. Marine Biotechnology*. DOI 10.1007/s10126-012-9435-6.
- Delabona, P.S., C.S. Farinas, M.R. da Silva, S.F. Azzon, and J.G. da Cruz Pradella. 2012. Use of a new *Trichoderma harzianum* strain isolated from the amazon rainforest with pretreated sugar cane bagasse for on-site cellulase production. *J. of Bioresource Technology*, 107:517–521.
- Fikrinda, I. Anas, T. Purwadaria, dan D.A. Santosa. 2000. Isolasi dan seleksi bakteri penghasil selulase ekstremofil dari ekosistem air hitam. *J. Mikrobiologi Indonesia*, 2(5):48-53.
- Gandjar, I., W. Sjamsuridzal, dan A. Oetari. 2006. Mikologi dasar dan terapan. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta. 178 hlm.
- Goto, M., K. Furukawa, and S. Hayashida. 1992. An avicel affinity site in an avicel-digesting exocellulose from a *Trichoderma viride* mutant. *Bioscience Biotechnology Biochemistry*, 56:1523-1528.
- Hogarth, P.J. 2007. The biology of mangroves and seagrasses. Oxford University Press. New York. 284p.
- Jahangeer, D., N. Khan, S. Jahangeer, M. Sohail, S. Shahzad, A. Ahmad, and S.A. Khan. 2005. Screening and characterization of fungal cellulases isolated from the native environmental source. *Pakistan J. of Botany*, 37(3):739-748.
- Kumala, S. and E.B. Siswanto. 2007. Isolation and screening of endophytic microbes from *Morinda citrifolia* and their ability to produce anti-microbial substances. *J. Mikrobiologi Indonesia*, 3(1):145-148.
- Kusumaningtyas, E., M. Natasia, dan Darmono. 2010. Potensi metabolit kapang endofit rimpang lengkuas merah dalam menghambat pertumbuhan *Eschericia coli* dan *Staphylococcus aureus* dengan media fermentasi PDB dan PDY. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Hlm.:819-824.
- Meryandini, A, W. Widosari, B. Maranatha, T.C. Sunarti, N. Rachmania, dan H. Satria. 2009. Isolasi bakteri selulolitik dan karakterisasi enzimnya. *J. Makara Sains*, 13(1):33-38.
- Purwadaria, T., P.A. Marbun, A.P. Sinurat, dan P.P. Ketaren. 2003. Perbandingan aktivitas enzim selulase dari bakteri dan kapang hasil isolasi dari rayap. *J. Ilmu Ternak dan Veteriner*, 8(4):213-219.

- Ranghukumar, C. 2008. Marine fungal biotechnology: an ecological perspective. *Fungal Diversity*, 31:19-35.
- Schulz, B., C. Boyle, S. Draeger, A.K. Römmert, and K. Krohn. 2002. Endophytic fungi: a source of novel biologically active secondary metabolites. *J. Mycological Research*, 106(9):996-1004.
- Subowo, Y.B. 2010. Uji aktivitas enzim selulase dan ligninase dari beberapa jamur dan potensinya sebagai pendukung pertumbuhan tanaman terong (*Solanum molongena*). *Berita Biologi*, 10(1):1-6.
- Sukumaran, R.K., R.R. Singhanian, and A. Pandey. 2005. Microbial cellulases -production, application and challenges. *J. of Scientific and Industrial Research*, 64:832-844.
- Syamsudin, S. Purwati, dan A.R. Taufik. 2008. Efektivitas aplikasi enzim dalam sistem lumpur aktif pada pengolahan limbah pulp dan kertas. *Berita Selulosa*, 43(2):83-92.
- Tan, R.X. and W.X. Zou. 2001. Endophytes: a rich source of functional metabolites. *J. of Natural Products Rep.*, 18:448-459.
- Tarman, K. 2011. Biological and chemical investigations of Indonesian marine-derived fungi and their secondary metabolites [disertation]. Germany: Ernst-Moritz-Arndt University of Greifswald. 178p.
- Winarno, F.G. 2010. Enzim Pangan. M-Brio Press, Bogor. 166hlm.
- Diterima* : 14 Maret 2014
Direview : 7 Mei 2014
Disetujui : 19 Mei 2014

