

Berita Biologi

Jurnal Ilmu-ilmu Hayati



BERITA BIOLOGI

Vol. 15 No. 3 Desember 2016

Terakreditasi Berdasarkan Keputusan Kepala Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
No. 636/AU3/P2MI-LIPI/07/2015

Tim Redaksi (*Editorial Team*)

Andria Agusta (Pemimpin Redaksi, *Editor in Chief*)
Kusumadewi Sri Yulita (Redaksi Pelaksana, *Managing Editor*)
Gono Semiadi
Atit Kanti
Siti Sundari
Evi Triana
Kartika Dewi

Desain dan Layout (*Design and Layout*)

Muhamad Ruslan, Fahmi

Kesekretariatan (*Secretary*)

Nira Ariasari, Enok, Budiarjo

Alamat (*Address*)

Pusat Penelitian Biologi-LIPI
Kompleks Cibinong Science Center (CSC-LIPI)
Jalan Raya Jakarta-Bogor KM 46,
Cibinong 16911, Bogor-Indonesia
Telepon (021) 8765066 - 8765067
Faksimili (021) 8765059
Email: berita.biologi@mail.lipi.go.id
jurnalberitabiologi@yahoo.co.id
jurnalberitabiologi@gmail.com

Website: http://e-journal.biologi.lipi.go.id/index.php/berita_biologi



Berita Biologi

Jurnal Ilmu-ilmu Hayati

ISSN 0126-1754
636/AU3/P2MI-LIPI/07/2015
Volume 15 Nomor 3, Desember 2016

Berita Biologi	Vol. 15	No. 3	Hlm. 207-319	Bogor, Desember 2016	ISSN 0126-1754
----------------	---------	-------	--------------	----------------------	----------------

Pusat Penelitian Biologi - LIPI

Ucapan terima kasih kepada
Mitra Bebestari nomor ini
15(3) – Desember 2016

Dr. Ir. Yulin Lestari
Dr. Ir. Gayuh Rahayu
Dr. Elfahmi, M.Si
Prof. Dr. Amarila Malik MSi., Apt.
Dr. Dewi Malia Prawiradilaga
Dr. Dono Wahyuno
Dr. Novik Nurhidayat
Dr. Atik Retnowati SP., M.Sc.
Dr. Endang Warsiki, STP, M.Si
Dr. I Made Suidiana, M.Sc.
Dr. Denny Nugroho Sugianto, ST.MSi
Dr. Puspita Lisdiyanti, M.Agr.Chem.
Ir. IG.B. Adwita Arsa, MP
Iman Hidayat, Ph.D.

KEANEKARAGAMAN KHAMIR YANG DIISOLASI DARI SUMBER DAYA ALAM PULAU ENGGANO, BENGKULU DAN POTENSINYA SEBAGAI PENDEGRADASI SELULOSA

[Diversity of Yeasts Isolated from Natural Resources of Enggano Island, Bengkulu and Its Cellulolytic Potency]

I Nyoman Sumerta* dan Atit Kanti

Bidang Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

Jalan Raya Jakarta-Bogor Km 46, Cibinong 16911, Jawa Barat, Indonesia

e-mail: i.nyoman.sumerta@lipi.go.id

ABSTRACT

The present study revealed the occurrence and diversity of yeasts from natural resources of Enggano Island. The yeasts were isolated from soil, sediment, leaf, leaf litter, fruit, and flower. Isolation was performed using direct plating, membrane filtration, ballistospore-falling and enrichment culture using glucose, xylose and xylan as carbon source. After isolating, yeasts were screened for its cellulolytic potency. The occurrence of yeasts in different isolation technique are clearly found. Most of 87 yeasts isolated, abundant in leaf, soil, and sediment sample. The total yeasts isolated were classified into 32 species based on D1/D2 LSU 26S rDNA sequences analysis which genera of *Candida* were predominant (33%). The predominant yeast species were identified as *Candida tropicalis* (16,1%), *Cyberlindnera saturnus* (16,1%), and *Rhodospodium paludigenum* (11,5%). Screening on carboxymethyl cellulose medium, there are 43 isolates within 22 yeasts species have cellulolytic activity. Four species of Basidiomycetous have high activity which includes *Pseudozyma antarctica* Y15Eg001; *Pseudozyma hubeiensis* Y15Eg015; *Anthracozytis chrysopogonis* Y15Eg072; *Cryptococcus laurentii* Y15Eg017 and two from Ascomycetous are *Sarocladium bactrocephalum* Y15Eg226, Y15Eg227. Some of cellulolytic yeast isolates are indicated as new species candidate and required to reconfirm in another conserve regions to ensure its taxonomic position. Various yeasts isolated from Enggano Island with its cellulolytic potency should contribute to scientific information regarding microbial genetic resources of outer islands of Indonesia.

Keywords: Enggano Island, cellulolytic yeast, carboxymethyl cellulose, D1/D2 LSU 26S rDNA

ABSTRAK

Penelitian ini mengungkapkan keberadaan dan keanekaragaman khamir dari sumber daya alam Pulau Enggano. Khamir diisolasi dari sampel tanah, sedimen, daun, serasah, buah dan bunga. Sampel diisolasi menggunakan metode kultur langsung, filtrasi membran, *ballistospore-falling*, dan dikultur dengan media pengayaan dari glukosa, xilosa dan xilan sebagai sumber karbon. Setelah isolasi, dilakukan penapisan untuk melihat kemampuan selulolitiknya. Teknik isolasi yang berbeda sangat jelas berpengaruh terhadap jenis khamir yang diisolasi. Sebanyak 87 isolat khamir berhasil diisolasi terutama dari sampel daun, tanah, dan sedimen. Berdasarkan analisis daerah D1/D2 LSU 26S rDNA, 87 isolat tersebut dikelompokkan ke dalam 32 jenis dimana anggota dari marga *Candida* paling mendominasi (33%). Sementara jenis khamir yang paling mendominasi yaitu *Candida tropicalis* (16,1%), *Cyberlindnera saturnus* (16,1%), dan *Rhodospodium paludigenum* (11,5%). Penapisan kemampuan khamir dalam mendegradasi selulosa dilakukan pada media *carboxymethyl cellulose*. Diperoleh 43 isolat dalam 22 jenis khamir yang memiliki aktivitas selulolitik. Empat jenis khamir kelompok Basidiomycetes memiliki aktivitas tinggi yaitu *Pseudozyma antarctica* Y15Eg001; *Pseudozyma hubeiensis* Y15Eg015; *Anthracozytis chrysopogonis* Y15Eg072; *Cryptococcus laurentii* Y15Eg017 dan dua dari kelompok Ascomycetes yaitu *Sarocladium bactrocephalum* Y15Eg226, Y15Eg227. Beberapa isolat khamir yang berpotensi mendegradasi selulosa terindikasi kandidat spesies baru dan dibutuhkan konfirmasi ulang pada region lain untuk memastikan posisi taksonominya. Berbagai jenis khamir dari Pulau Enggano dengan potensi selulolitiknya dapat menambah informasi ilmiah terkait sumber daya genetik mikroorganisme pulau terluar Indonesia.

Kata Kunci : Pulau Enggano, khamir pendegradasi selulosa, *carboxymethyl cellulose*, D1/D2 LSU 26S rDNA

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara tropis di dunia yang memiliki tingkat keaneka-ragaman hayati yang tinggi. Selain keanekaragaman flora dan fauna, dewasa ini keanekaragaman mikroorganisme juga menjadi perhatian. Daya tarik tersebut datang dari bentang alam dan iklim di Indonesia yang sangat mendukung bagi kehidupan mikroorganisme seperti khamir atau fungi bersel satu. Di Indonesia, khamir sangat dominan ditemukan pada hutan hujan tropis (Sjamzuridzal *et al.*, 2010). Khamir memiliki peran ekologis yang penting dalam siklus bahan organik

hutan hujan tropis. Hal tersebut berkontribusi dalam perbaikan struktur tanah, rantai makanan dan pertumbuhan tanaman. Walaupun khamir bukan pendegradasi utama bahan organik, namun bentuk interaksi khamir dengan organisme lain penting bagi mikrohabitat suatu substrat (Botha, 2011). Khamir berasosiasi dengan mikroorganisme lain dalam optimalisasi proses degradasi material organik seperti selulosa (Blanchette dan Shaw, 1978). Khamir mendegradasi material organik melalui enzim-enzim seperti selulase, inulinase, xilanas, proteinase, dan lipase yang dimilikinya (Juszczak *et al.*, 2005; Kurtzman *et al.*, 2011; Johnson dan

*Diterima: 2 Mei 2016 -Diperbaiki: 5 November 2016 -Disetujui: 29 November 2016

Echavarii-Erasun, 2011). Karakteristik yang dimiliki oleh khamir tersebut dapat dimanfaatkan pada bidang sosial ekonomi untuk pembuatan makanan fermentasi (Saono *et al.*, 1974; Kuriyama *et al.*, 1997), minuman beralkohol (Limtong *et al.*, 2005; Steensels *et al.*, 2014), pengembang rasa, produksi enzim dan vitamin (Aidoo *et al.*, 2006).

Potensi ekologis khamir menjadi salah satu jawaban dari permasalahan material organik yang sulit terurai. Material organik seperti selulosa cenderung lebih mudah didegradasi oleh kelompok fungi dibandingkan dengan mikroorganisme lainnya (Duncan *et al.*, 2008). Fungi dapat hidup pada substrat yang sebagian besar berupa selulosa dan menggunakan selulosa sebagai sumber nutrisi kedua setelah glukosa (Duncan *et al.*, 2008; Reddy *et al.*, 2014). Hal ini disebabkan, kelompok fungi memiliki enzim-enzim selulolitik yang bekerja secara sinergi sehingga mampu mendegradasi selulosa dengan optimal (Zhang *et al.*, 2009; Goyal dan Soni, 2011). Enzim-enzim tersebut seperti β -1,4 endoglucanase, β -1,4 exoglucanase, dan β -1,4 glucosidase juga dimiliki oleh khamir (de Souza *et al.*, 2013). Beberapa jenis khamir yang telah dilaporkan memiliki kemampuan mendegradasi selulosa, antara lain: *Cryptococcus macerans* (Dennis, 1972), *Candida cellulolytica*, *Candida fukuyamanensis*, *Candida krusei*, *Williopsis saturnus* (Nakase *et al.*, 1994); *Cryptococcus laurentii* (de Souza *et al.*, 2013). Beberapa penelitian melaporkan khamir-khamir yang mampu mendegradasi selulosa dari Indonesia termasuk ke dalam jenis *Sporobolomyces poonsookiae*, *Rhodospodium paludigenum*, *Cryptococcus flavescens*, *Debaryomyces*, *Yamadazyma aff. mexicana*, *Pichia*, *Pseudozyma*, *Sporodiobolus* (Kanti dan Sudiana, 2002; Kanti *et al.*, 2012; Kanti, 2015). Peran mikroorganisme pendegradasi selulosa di bidang industri bermanfaat dalam pengembangan industri kertas (Peciulyte, 2007), deterjen, tekstil, industri makanan, (Ram *et al.*, 2014), fermentasi dan energi terbarukan bioetanol (Spindler *et al.*, 1989; de Souza *et al.*, 2013). Seperti di Brazil, bioetanol yang dihasilkan oleh khamir melalui fermentasi selulosa tebu telah sukses dikembangkan dan bahkan mampu memasok 30% kebutuhan energi negara tersebut (Dorfler dan Amorim 2007; Kurtzman *et al.*, 2011).

Informasi mengenai keanekaragaman khamir di Indonesia masih terbatas dan sangat diperlukan. Selain dari segi kebermanfaatannya untuk masyarakat, bentang alam Indonesia menjadi tantangan dalam eksplorasi khamir *indigenous* di Indonesia. Menurut Sjamzuridzal *et al.* (2010), sekitar 41% khamir yang ada di Indonesia merupakan kandidat taksa baru yang tersebar di pulau-pulau besar seperti Jawa, Sulawesi, Sumatera, Kalimantan, dan Nusa Tenggara. Namun, eksplorasi keanekaragaman khamir belum menyentuh pulau terluar Indonesia, misalnya Pulau Enggano salah satu pulau terluar Indonesia yang berada di sebelah barat daya dan berbatasan langsung dengan Samudera Hindia. Data yang terkait dengan keanekaragaman mikroorganisme di daerah ini belum pernah dilaporkan. Sejauh ini, penelitian di Pulau Enggano masih berkaitan dengan kehidupan socio-kultur masyarakat adatnya (Blench, 2014). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengungkapkan keanekaragaman jenis khamir dari Pulau Enggano dan melakukan penapisan potensinya sebagai pendegradasi selulosa untuk memperkuat informasi ilmiah serta menambah khasanah sumber daya genetik khamir berpotensi di Indonesia. Melalui penelitian ini diharapkan diperoleh jenis-jenis khamir yang berpotensi sebagai pendegradasi selulosa sehingga dapat digunakan pada penelitian-penelitian selanjutnya.

BAHAN DAN CARA KERJA

Isolasi Sampel

Pengambilan sampel dilakukan pada bulan April 2015 di empat wilayah yaitu Malakoni (E102° 16'512", S7°20'855"), Meok (E102°13'406", S5° 19'412"), Taman Buru (E102°10'450", S5°18'105"), dan Banjar Sari (E102°10'550", S5°18'72"). Sampel yang dikoleksi antara lain tanah, sedimen dasar perairan, serasah, daun, bunga, dan buah. Media untuk isolasi sampel adalah *Rose Bengal Chloramphenicol Agar/RBCA* 32 g/L (Oxoid CM0549) atau *Potato Dextrose Agar/PDA* 40 g/L (Oxoid CM0139) + *chloramphenicol* 1 g/L. Media isolasi tersebut merupakan media umum untuk mengisolasi berbagai jenis khamir atau filamentus fungi. Sementara media pengayaan memiliki komposisi *Yeast Nitrogen Base* (Difco 239210) 26,8

g/L, sodium propionate 2g/L (Sigma 1001924056), *chloramphenicol* 1,2 g/L (Sigma C-0378), dan bahan pengaya berupa glukosa 10 g/L atau xilosa 20 g/L atau xilan 10 g/L.

Isolasi sampel menggunakan berbagai teknik untuk memperoleh berbagai jenis khamir. Sampel diisolasi menggunakan metode penanaman langsung, *ballistospore-falling*, filtrasi membran, dan dikultur pada media pengayaan. Pada isolasi dengan penanaman langsung, sampel serasah, daun, dan bunga diletakkan langsung di atas media isolasi. Berbeda halnya dengan filtrasi, sebanyak 1 gram sampel (daun, serasah, tanah, sedimen) ditambah dengan 50 mL akuades steril kemudian divortex selama 5 menit dan disaring menggunakan *filter paper* (Whatman 1003110). Hasil saringan sebanyak 0,1 mL, disebar pada media isolasi. Sementara cairan hasil saring divakum menggunakan *cellulose nitrat filter* (Biotech 11406-47-ACN) pada mesin *Millipore*. Kertas *cellulose nitrat filter* hasil vakum diletakkan di atas media isolasi. Metode *ballistospore-falling* hanya dilakukan untuk sampel serasah dan daun seperti yang dijelaskan oleh Boundy-Mills (2006). Teknik isolasi melalui pengayaan dilakukan dengan inkubasi 1 gram sampel pada 5 mL media pengayaan selama 5 hari kemudian disebar pada media isolasi setelah melalui pengenceran. Khamir yang tumbuh pada masing-masing metode tersebut diisolasi dan dipurifikasi. Isolat khamir yang sudah murni, dipreservasi pada penyimpanan *deep freezing* suhu -80°C . Penyimpanan menggunakan tabung *cryoprotectan* yang berisi gliserol 10% ditambah dengan *trehalose* 5% untuk menjaga viabilitas.

Identifikasi Khamir

Khamir diidentifikasi secara molekuler dengan pemetaan daerah D1/D2 LSU 26S rDNA mengikuti metode Hamby *et al.* (2012) dengan beberapa modifikasi. Sebanyak 1 μL koloni khamir dihomogenisasi pada PCR *tube* yang berisi 50 μL NFW (*nuclease free water*) dan 20 μL reagen SNET (0,3% SDS; 400 mM NaCl; 5 mM EDTA; 20 mM Tris-HCl). Ekstraksi dilakukan dengan metode pemanasan pada suhu 98°C selama 10 menit. Amplifikasi DNA dilakukan dalam 25 μL campuran reagen PCR yang terdiri dari primer NL1 5'-

CATATCAATAAGCGAAAAG-3' dan NL4 5'-GGTCCGTGTTTCAAGACGG-3' (Kurtzman and Robnett, 1998) masing-masing 0,5 μL dengan konsentrasi 10 pmol; 12,5 μL *GoTaq Green Master Mix* (Promega); 10,5 μL NFW; serta 1 μL cetakan DNA. Identifikasi taksonomi khamir dengan komparasi data sekuen pada *DNA Data Bank of Japan* (DDBJ) menggunakan program *Basic Local Search Tool* (BLAST).

Analisis Pohon Filogenetik

Pohon filogenetik dikonstruksi untuk melihat kekerabatan jenis khamir yang memiliki potensi sebagai pendegradasi selulosa. Hasil pemetaan daerah D1/D2 LSU 26S rDNA isolat khamir disejajarkan menggunakan metode MUSCLE (*Multiple Sequence Comparison by Log-Expectation*) (Edgar, 2004). Jarak filogenetik ditentukan menggunakan model *Maximum Composite Likelihood* pada program MEGA 6.0 dengan nilai *bootstrap* 1.000 replikasi. Sementara itu, pohon filogenetik dikonstruksi menggunakan metode *Neighbour Joining* (Saitou dan Nei, 1987).

Penapisan Aktivitas Selulolitik

Setelah isolat khamir teridentifikasi, dilakukan penapisan menggunakan CMC (*Carboxy-methyl Cellulose*) untuk mengetahui kemampuan degradasi selulosanya (Kanti, 2015). Media CMC terdiri dari 3 g/L *Yeast Extract* (Oxoid LP0021); 5 g/L *peptone*; 10 g/L CMC (Sigma 9004-32-4); 5 g/L K_2HPO_4 ; 0,5 g/L $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_2$; 0,2 g/L $\text{MgSO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$; 0,01 g/L $\text{FeCl}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$; 0,001 g/L MnSO_4 ; 20 g/L agar (pH $6,2 \pm 0,2$). Khamir ditumbuhkan pada CMC agar selama 5 hari pada suhu kamar. Aktivitas selulolitik khamir diamati dengan menuangkan 2 mL Congo Red ke atas permukaan media selama 10 menit. Selanjutnya Congo Red dibilas dengan larutan NaCl 0,1 N. Khamir pendegradasi selulosa ditentukan oleh terbentuknya zona bening di sekitar koloni yang tumbuh. Rasio diameter zona bening tergantung dari aktivitas selulolitik yang dimiliki setiap isolat.

HASIL

Diperoleh sebanyak 87 isolat khamir dari isolasi berbagai sampel sumber daya alam Pulau

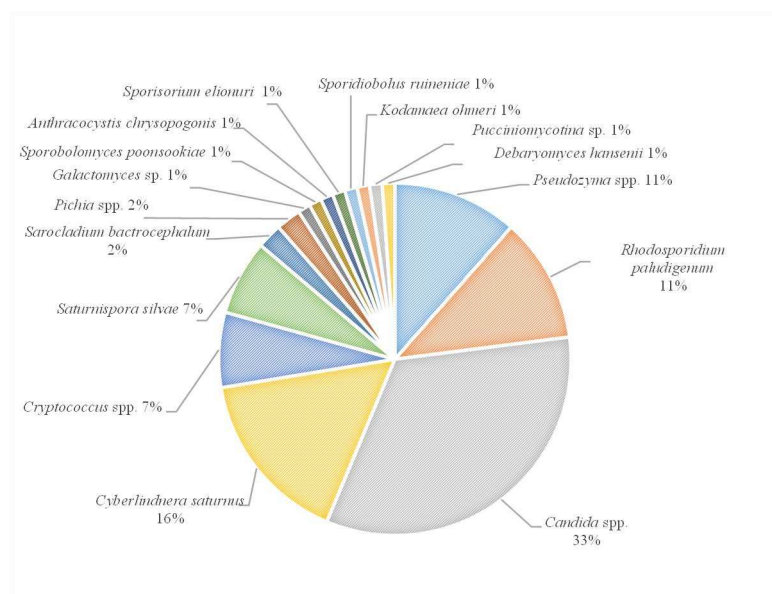
Enggano (Tabel 1). Teknik isolasi yang digunakan menentukan jumlah dan jenis khamir yang diperoleh. Sampel serasah dan daun diisolasi menggunakan empat teknik. Namun pada sampel serasah hanya teknik filtrasi membran yang terisolasi khamir dan selebihnya terisolasi filamentus fungi. Teknik isolasi serasah, daun, tanah dan sedimen dengan *millipore vacuum*, dominan terisolasi filamentus fungi. Menariknya hanya pada sampel daun yang berhasil diisolasi 12 isolat khamir. Pada sampel bunga

dilakukan teknik *balistospora-falling* dan penanaman langsung. Isolasi sampel bunga tidak diperoleh khamir yang memiliki *balistospora*.

Secara keseluruhan, khamir paling dominan diisolasi pada sampel daun, tanah dan serasah. Berdasarkan teknik isolasi, sampel yang diisolasi melalui media pengayaan lebih dominan diperoleh khamir dibandingkan teknik isolasi lainnya. Semua isolat khamir dari isolasi sampel sumber daya alam Pulau Enggano tersimpan di Laboratorium

Table 1. Jumlah isolat khamir yang terisolasi dari sampel berdasarkan metode isolasi (*Number of yeast isolates occurred based on isolation methods*)

No.	Metode isolasi (<i>Isolation methods</i>)	Tipe Sampel (<i>Type of sample</i>)					Total	
		Serasah (<i>leaf litter</i>)	Bunga (<i>Flower</i>)	Buah (<i>Fruit</i>)	Daun (<i>Leaf</i>)	Tanah (<i>Soil</i>)		Sedimen (<i>Sediment</i>)
1	<i>Balistospora falling</i>				2		2	
2	Penanaman langsung		7		1		8	
3	Filtrasi membran	3			9		12	
4	<i>Millipore vacuum</i>				12		12	
5	Media pengayaan							
	- Glukosa			2		4	7	13
	- Xilosa	3				11	5	19
	- Xilan	3		1		9	8	21
	Total	9	7	3	24	24	20	87



Gambar 1. Persentase kelompok khamir yang diisolasi dari sumber daya alam Pulau Enggano (*Percentage of yeast group isolated from Enggano Island natural resources*)

Biosistematik - *Indonesian Culture Collection* (InaCC), Bidang Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

Berdasarkan hasil identifikasi data pemetaan daerah D1/D2 LSU rDNA diperoleh indeks kemiripan dengan *type strain* jenis khamir sebesar 97-100%. Delapan puluh tujuh isolat tersebut teridentifikasi menjadi 32 jenis khamir. Hasil tersebut kemudian dikelompokkan hingga diperoleh 16 kelompok khamir dari sumber daya alam Pulau Enggano (Gambar 1). Jenis khamir didominasi oleh kelompok marga *Candida* yaitu sebanyak 33% kemudian diikuti oleh jenis *Cyberlindnera saturnus*

16% dan *Rhodospiridium paludigenum* sebanyak 11%. Sementara jenis khamir yang paling mendominasi antara lain *Candida tropicalis* (16,1%), *Cy. saturnus* (16,1%), *Rh. paludigenum* (11,5%), *Pseudozyma hubeiensis* dan *Saturnispora silvae* masing-masing 6,9%. Distribusi jenis khamir pada masing-masing sampel dan teknik isolasi yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2. Jenis khamir yang mendominasi seperti *Rh. paludigenum* hanya terisolasi pada sampel bunga dan daun sedangkan *Cy. saturnus* serta *C. tropicalis* terisolasi dari sampel tanah, serasah, sedimen. Dominasi *Cy. saturnus* dan *C. tropicalis* sangat jelas terlihat

Table 2. Jenis khamir yang terisolasi pada berbagai sampel (*Yeasts species isolated from different samples*)

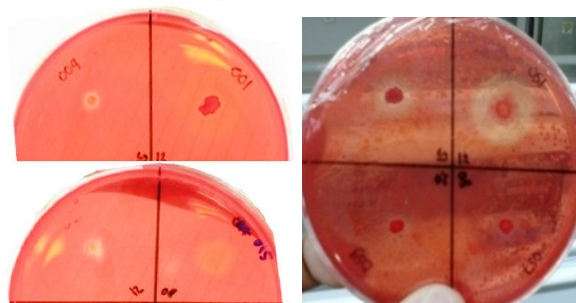
No.	Sampel (Sample)	Metode isolasi (Isolation method)	Jenis khamir (Yeast species)
1	Serasah (Leaf litter)	Filtrasi membran (<i>Membrane filtration</i>)	<i>Sarocladium bactrocephalum</i> , <i>Sporisorium elionuri</i>
		Media diperkaya glukosa (<i>Enriched with glucose</i>)	<i>Cy. saturnus</i> , <i>C. intermedia</i> , <i>C. yuanshanica</i>
		Media diperkaya xilan (<i>Enriched with xylan</i>)	<i>C. tropicalis</i> , <i>C. metapsilosis</i>
2	Bunga (Flower)	Penanaman langsung (<i>Direct plating</i>)	<i>Pseudozyma parantarctica</i> , <i>C. natalensis</i> , <i>Pucciniomycotina</i> sp., <i>Cryptococcus laurentii</i> , <i>Rh. paludigenum</i> , <i>Anthracoystis chrysopogonii</i> , <i>Pichia burtonii</i> , <i>Debaryomyces hansenii</i>
3	Buah (Fruits)	Media diperkaya glukosa (<i>Enriched with glucose</i>)	<i>Saturnispora silvae</i>
		Media diperkaya xilan (<i>Enriched with xylan</i>)	
4	Daun (Leaf)	<i>Balistospora falling</i>	<i>Rh. paludigenum</i> , <i>Pseudozyma hubeiensis</i>
		Penanaman langsung (<i>Direct plating</i>)	<i>Pseudozyma siamensis</i>
		Filtrasi membran (<i>Membrane filtration</i>)	<i>Pseudozyma antarctica</i> , <i>Rh. paludigenum</i> , <i>Pseudozyma hubeiensis</i> , <i>Cryptococcus laurentii</i> , <i>Kodamaea ohmeri</i>
5	Tanah (Soil)	Millipore vacuum	<i>Rh. paludigenum</i> , <i>Cryptococcus flavescens</i> , <i>Cryptococcus nemorosus</i> , <i>C. tropicalis</i> , <i>Pseudozyma aphidis</i> , <i>Sporidiobolus ruineniae</i> , <i>Cy. saturnus</i> , <i>C. tropicalis</i> , <i>Pichia manshurica</i>
		Media diperkaya glukosa (<i>Enriched with glucose</i>)	<i>Candida</i> sp., <i>C. insectorum</i> , <i>Cy. saturnus</i> , <i>C. tropicalis</i> , <i>Saturnispora silvae</i> , <i>Galactomyces</i> sp., <i>Sporobolomyces poonsookiae</i> .
		Media diperkaya xilosa (<i>Enriched with xylose</i>)	
6	Sedimen (Sediment)	Media diperkaya xilan (<i>Enriched with xylan</i>)	<i>Cy. saturnus</i> , <i>Cryptococcus laurentii</i> , <i>C. quercitrusa</i> , <i>Saturnispora silvae</i> , <i>C. tropicalis</i> , <i>C. pseudolambica</i> , <i>C. intermedia</i> .
		Media diperkaya glukosa (<i>Enriched with glucose</i>)	<i>C. tropicalis</i> , <i>C. albicans</i> , <i>Kluyveromyces hubeiensis</i> , <i>Cyberlindnera saturnus</i> , <i>Saturnispora silvae</i>
		Media diperkaya xilosa (<i>Enriched with xylose</i>)	<i>C. yuanshanica</i> , <i>C. tropicalis</i> , <i>Saturnispora silvae</i> , <i>Cy. saturnus</i>
		Media diperkaya xilan (<i>Enriched with xylan</i>)	<i>C. pseudolambica</i> , <i>Cy. saturnus</i> , <i>C. intermedia</i> , <i>C. tropicalis</i> , <i>C. albicans</i> , <i>C. phangngensis</i> , <i>Saturnispora silvae</i>

melalui teknik isolasi dengan media pengayaan sedangkan *Rh. paludigenum* serta *Pseudozyma* spp. tidak terisolasi. Hasil dari 87 isolat khamir yang ditapis, diperoleh sebanyak 43 (49,4%) isolat yang positif membentuk zona bening dan artinya berpotensi mendegradasi selulosa (CMC). Hal tersebut dapat dilihat dari zona bening disekitar koloni khamir saat media CMC diwarnai Congo Red (Gambar 2). Diperoleh 6 isolat yang memiliki rasio zona bening/selulolitik tertinggi (>2), sebanyak 12 isolat yang terkatagorikan rasio sedang ($1,5 < x < 2$), dan 25 rasio selulolitik rendah ($<1,5$). Empat puluh tiga isolat yang positif pendegradasi selulosa terdiri dari 16 jenis khamir. Jenis khamir memiliki aktivitas

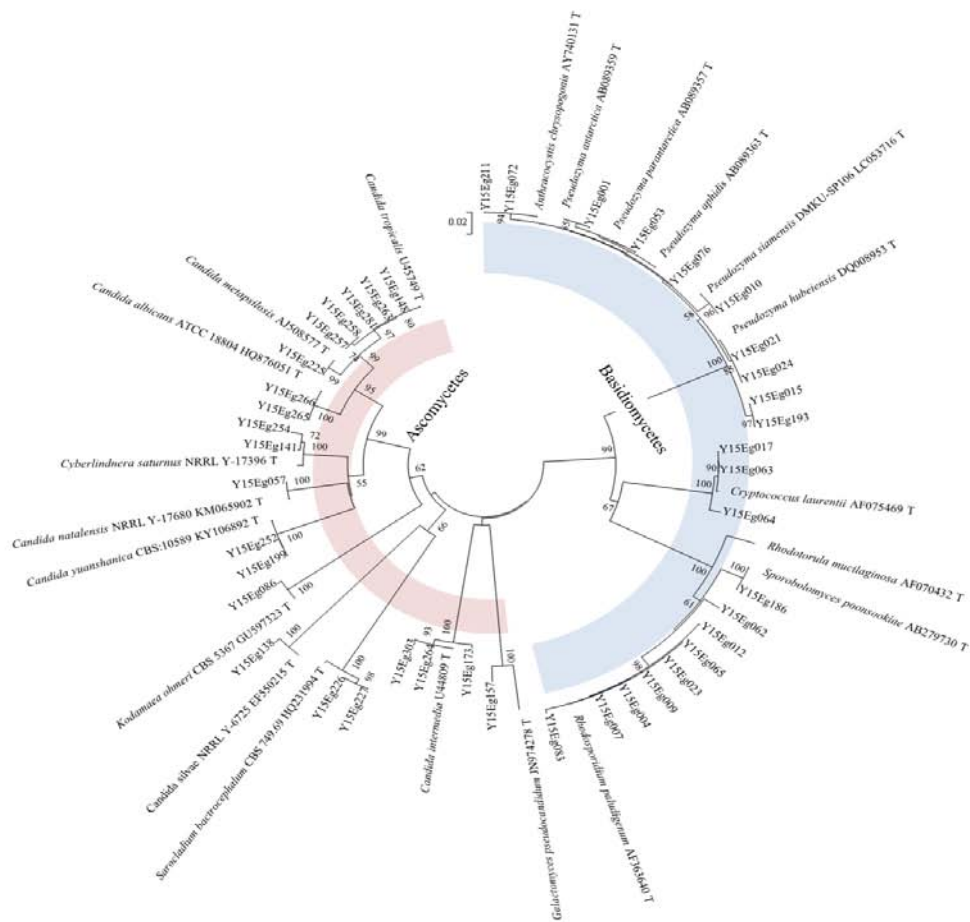
selulolitik kategori tinggi yaitu *Pseudozyma antarctica* Y15Eg001, *Pseudozyma hubeiensis* Y15Eg015, *Anthracoystis chrysopogonis* Y15Eg072, *Cryptococcus laurentii* Y15Eg017, *Sarocladium bactrocephalum* Y15Eg226; Y15Eg227 (Tabel 3). Tinjauan dari konstruksi pohon filogenetik menunjukkan hubungan kekerabatan secara kladistik antar jenis khamir pendegradasi selulosa (Gambar 3). Hasil kladistik menggambarkan khamir yang berpotensi pendegradasi selulosa tergabung kedalam kelompok Ascomycetes dan Basidiomycetes. Jenis khamir yang memiliki aktivitas katategori tinggi didominasi oleh kelompok Basidiomycetes.

Tabel 3. Jenis khamir yang memiliki aktivitas selulolitik (*yeasts species that have cellulolytic activity*)

Kategori aktivitas selulolitik (<i>Cellulolytic activity category</i>)	Jenis khamir (<i>Yeast species</i>)	Jumlah (<i>Amount</i>)
Tinggi (High) (rasio zona bening >2) (<i>Clear zone ratio</i> >2)	<i>Ps. antarctica</i> Y15Eg001; <i>Ps. hubeiensis</i> Y15Eg015; <i>Anthracoystis chrysopogonis</i> Y15Eg072; <i>Cry. laurentii</i> Y15Eg017; <i>Sarocladium bactrocephalum</i> Y15Eg226, Y15Eg227.	6 (5 jenis/ <i>species</i>)
Sedang (Medium) (rasio zona bening $1,5 < x < 2$) (<i>Clear zone ratio</i> $1,5 < x < 2$)	<i>Ps. siamensis</i> Y15Eg010; <i>Ps. hubeiensis</i> Y15Eg021, Y15Eg193; <i>Rh. paludigenum</i> Y15Eg023; Y15Eg065; Y15Eg083; <i>C. albicans</i> Y15Eg266; <i>C. intermedia</i> Y15Eg264, Y15Eg303; <i>Ps. parantarctica</i> Y15Eg053; <i>C. tropicalis</i> Y15Eg148; <i>Kodamaea ohmeri</i> Y15Eg086.	12 (8 jenis/ <i>species</i>)
Rendah (Low) (rasio zona bening $<1,5$) (<i>Clear zone ratio</i> $<1,5$)	<i>Rh. paludigenum</i> Y15Eg004, Y15Eg007, Y15Eg009, Y15Eg012; <i>Ps. hubeiensis</i> Y15Eg024; <i>Ps. aphidis</i> Y15Eg076; <i>Saturnispora silvae</i> Y15Eg138; <i>Cy. saturnus</i> Y15Eg141, Y15Eg254; <i>Galactomyces</i> sp. Y15Eg157; <i>C. intermedia</i> Y15Eg173; <i>Sporobolomyces poonsookiae</i> Y15Eg186; <i>Pucciniomycotina</i> sp. Y15Eg062; <i>C. natalensis</i> Y15Eg057, <i>Cryp. laurentii</i> Y15Eg063, Y15Eg064; <i>C. yuanshanica</i> Y15Eg199, Y15Eg252; <i>Sporisorium elionuri</i> Y15Eg211; <i>C. tropicalis</i> Y15Eg257, Y15Eg258, Y15Eg263, Y15Eg281; <i>C. albicans</i> Y15Eg265; <i>C. metapsilosis</i> Y15Eg225.	25 (16 jenis/ <i>species</i>)



Gambar 2. Penapisan khamir pada media CMC agar setelah diwarnai Congo Red. Zona bening menunjukkan adanya aktivitas selulolitik. (*Screening yeast in CMC media colored with Congo Red. Clear zone reveal its cellulolytic activity*)



Gambar 3. Filogram filogenetik jenis khamir yang memiliki potensi pendegradasi selulos berdasarkan pemetaan daerah D1/D LSU rDNA. (*Phylogram of yeasts which have cellulolytic potency based on D1/D2 region LSU rDNA sequences*)

PEMBAHASAN

Khamir yang diperoleh dari isolasi berbagai sampel sumber daya alam Pulau Enggano menggambarkan kemampuan khamir untuk hidup pada berbagai substrat. Pada penelitian ini, sebagian besar khamir diisolasi pada sampel tanah, daun, dan sedimen. Daya dukung yang ada pada setiap sampel dapat menjadi nutrisi untuk khamir, misalnya sampel tanah dan sedimen yang kaya bahan organik serta mineral sehingga mendukung kehidupan khamir (Botha, 2006; 2011). Berbeda halnya dengan khamir yang diisolasi pada daun (*phylloplane*) menggunakan cairan yang dikeluarkan oleh tumbuhan seperti gula, asam organik, asam amino, dan mineral sebagai sumber nutrisi utama (Fonseca dan Inacio, 2006).

Selain variasi sampel, teknik isolasi juga berpengaruh terhadap jenis khamir yang terisolasi. Teknik isolasi yang diterapkan pada sampel

tergantung dari tipe sampel dan tujuan yang ingin dicapai (Steensels *et al.*, 2014). Hasil teknik isolasi konvensional cenderung didominasi oleh filamentus fungi sehingga sulit diperoleh khamir. Hasil tersebut berbeda dengan isolasi menggunakan media pengayaan yang sudah dikondisikan menggunakan bahan kimia tertentu untuk meminimalisir pertumbuhan mikroorganisme selain khamir. Melalui penggunaan teknik isolasi media pengayaan glukosa, xilan, dan xilosa dapat diperoleh khamir yang bisa menggunakan sumber karbon tersebut sehingga bioprospeksi khamir lebih mudah diketahui dan dikembangkan.

Keanekaragaman khamir dapat digambarkan melalui 32 jenis yang teridentifikasi. Tingkat kemiripan 98-100% dapat dianggap identik sampai tingkat jenis, sedangkan kemiripan 97% dapat diindikasikan sebagai kandidat jenis baru yaitu

isolat Y15Eg062 dan Y15Eg157. Tampilan pohon filogenetik pada Gambar 3 menjelaskan waktu evolusi isolat Y15Eg157 perbedaannya sangat jauh dengan *clade Galactomyces* sedangkan pada isolat Y15Eg062 membentuk percabangan lain namun lebih dekat dengan *clade Pucciniomycotina* atau *Rhodosporidium*. Untuk sementara kedua isolat tersebut ditempatkan pada takson *Galactomyces* sp. dan *Pucciniomycotina* sp., sedangkan dalam memastikan posisi filogenetik isolat tersebut perlu dilakukan konfirmasi lebih lanjut pada region yang berbeda.

Hasil identifikasi analisis daerah D1/D2 LSU 26S rDNA memperlihatkan tingkat dominasi jenis khamir yang diperoleh berbeda berdasarkan penggunaan teknik isolasi. Misalnya jenis khamir *Rh. paludigenum* tidak terisolasi pada media pengayaan sedangkan *Cy. saturnus* hanya terisolasi pada media pengayaan. Kedua jenis khamir tersebut adalah jenis khamir yang paling mendominasi pada kedua model teknik isolasi tersebut. Berbeda halnya dengan jenis khamir anggota marga *Candida*, yang dapat diisolasi dari hampir keseluruhan tipe sampel. Dari seluruh isolat yang terisolasi sebanyak 33% didominasi oleh *Candida*. Hal tersebut menunjukkan kemampuan hidup *Candida* mempunyai rentang karakter fisiologis hidup diberbagai substrat. Seperti diketahui, khamir anggota *Candida* merupakan jenis khamir oportunistik yang dilaporkan mendominasi hingga 60% jenis khamir yang telah dilaporkan (Kurtzman *et al.*, 2011). Hamby *et al.* (2012) juga melaporkan bahwa jenis khamir dari marga *Candida* juga dominan pada serangga dan habitusnya.

Separuh dari total isolat khamir yang diisolasi menunjukkan potensi sebagai pendegradasi selulosa (49,4%). Enzim selulolitik khamir menghidrolisis selulosa menjadi glukosa, asam organik dan senyawa lainnya (Ram *et al.*, 2014), yang menyebabkan terbentuknya zona bening sedangkan *Congo Red* tervisualisasi berikatan dengan selulosa (Sazci *et al.*, 1986). Total jenis khamir yang berpotensi pendegradasi selulosa sebanyak 22 jenis, dan 5 jenis diantaranya memiliki aktivitas selulolitik yang relatif tinggi. Seperti halnya jenis khamir dari *Pseudozyma*, *Sporobolomyces*, dan *Cryptococcus* sudah diketahui sebagai khamir yang dapat mendegradasi selulosa (Kanti *et al.*, 2012;

Souza *et al.*, 2013; Kanti, 2015). Hasil rekonstruksi pohon filogenetik khamir merepresentasikan khamir yang berpotensi sebagai pendegradasi selulosa berasal dari dua kelompok yaitu Ascomycetes dan Basidio-mycetes. Namun kecenderungan jenis yang kemampuannya relatif tinggi berasal dari kelompok Basidiomycetes selaras dengan penelitian oleh Kanti *et al.* (2012) dan Kanti (2015).

Gambaran keanekaragaman khamir dan potensi yang digali menjadi keunikan tersendiri pada karakteristik khamir yang diisolasi dari sumber daya alam Enggano. Hal tersebut disebabkan hasil hidrolisis selulosa berupa glukosa yang bermanfaat untuk bahan baku fermentasi dalam pembuatan bioetanol generasi kedua atau lainnya (Spindler *et al.*, 1989). Oleh karena itu, sumber daya genetik khamir memiliki prospeksi menjadi bagian dari penelitian di Indonesia pada bidang pangan, industri dan bioenergi terbarukan.

KESIMPULAN

Jenis khamir yang diisolasi dari sumber daya alam Pulau Enggano sebanyak 32 jenis yang didominasi oleh anggota marga *Candida*. Jenis khamir *C. tropicalis*, *Cy. saturnus*, dan *Rh. paludigenum* adalah jenis khamir yang mendominasi. Sementara 22 jenis khamir berpotensi sebagai pendegradasi selulosa. Dua isolat khamir yang mampu mendegradasi selulosa yaitu Y15Eg062 dan Y15Eg157 terindikasi sebagai kandidat jenis baru yang perlu dikonfirmasi lebih lanjut secara molekuler maupun kimia untuk menentukan posisi taksonominya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari Proyek Kedeputan Ilmu Pengetahuan Hayati, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) di Pulau Enggano tahun 2015. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Yeni Yuliani, Mia Kusmiati, dan mahasiswa Institut Pertanian Bogor Navia serta Fakhri atas asistensinya selama penelitian di Laboratorium Biosistematik Mikrob, Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

Aidoo KE, MJR Nout and PK Sarkar. 2006. Occurrence and Function of Yeasts in Asian Indigenous Fermented Foods.

- FEMS Yeast Research* **6**(1), 30–39.
- Blanchette RA and GC Shaw. 1978.** Associations Among Bacteria, Yeasts, and Basidiomycetes During Wood Decay. *Phytopathology* **68**(4), 631.
- Blench R. 2014.** *The Enggano: Archaic Foragers and Their Interactions With The Austronesian World.* 1-16. CBI 2AL. Cambridge.
- Botha A. 2006.** Yeast in Soil. In: *The Yeast Handbook: Biodiversity and Ecophysiology of Yeast.* Rosa C and Gabor P (Eds), 221-240. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. Gabor P (Eds), 221-240. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Botha A. 2011.** The Importance And Ecology Of Yeasts In Soil. *Soil Biology and Biochemistry* **43**(1), 1–8.
- Boundy-Mills K. 2006.** Methods for Investigating Yeast Biodiversity. In: *The Yeast Handbook: Biodiversity and Ecophysiology of Yeast.* Rosa C and Gabor P (Eds), 67-100. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Dennis C. 1972.** Breakdown of Cellulose by Yeast Species. *Journal of General Microbiology* **71**, 409-411.
- Dorfler J and HV Amorim. 2007.** Applied Bioethanol Technology in Brazil. *Zuckerindustrie* **132**(9), 694–697.
- Duncan SM, R Minasaki, RL Farrell, JM Thwaites, BW Held, BE Arenz, JA Jurgens and RA Blanchette. 2008.** Screening Fungi Isolated From Historic Discovery Hut On Ross Island, Antarctica For Cellulose Degradation. *Antarctic Science* **20**(05), 1–8.
- Edgar RC. 2004.** MUSCLE: A Multiple Sequence Alignment Method with Reduced Time and Space Complexity. *BMC Bioinformatics* **5**, 113.
- Fonseca A and J Inacio. 2006.** Phylloplane Yeasts. In: *The Yeast Handbook: Biodiversity and Ecophysiology of Yeast.* Rosa C and Gabor P (Eds), 263-301. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Goyal M and G Soni. 2011.** Production and Characterization of Cellulolytic Enzymes By *Pleurotus florida*. *Mycosphere* **2**(3), 249-254.
- Hamby KA, A Hernández, K Boundy-Mills and FG Zalom. 2012.** Associations of Yeasts with Spotted-Wing *Drosophila (Drosophila suzukii)*; Diptera: Drosophilidae) in Cherries and Raspberries. *Applied and Environmental Microbiology* **78**(14), 4869–4873.
- Johnshon EA and Echavarri-Erasun, 2011.** Yeast Biotechnology. In: *The Yeast: A Taxonomic Study. 5th Edition.* Kurtzman CP Fell JW, Boekhout T (Eds), 21-44. Elsevier, Amsterdam.
- Juszczyk P, M Wojtatowicz, B Zarowska, J Chrzanowska and A Malicki. 2005.** Diversity of Physiological and Biochemical Properties Within Yeast Species Occurring in Rokpol Cheese. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* **14**(3), 257–261.
- Kanti A. 2015.** Carboxymethyl Cellulose Hydrolyzing Yeast Isolated from South East Sulawesi, Indonesia. *Jurnal Biologi Indonesia* **11**(2), 285–294.
- Kanti A and IM Sudiana. 2002.** Cellulolytic Yeast Isolated from Soil Gunung Halimun National Park. *Berita Biologi* **6**(1), 85-90.
- Kanti A, N Sukarno, E Sukara, LK Darusman. 2012.** Cellulolytic Yeast Isolated From Raja Ampat Indonesia. *Analisa bogoriense* **16**(1), 27-34.
- Kuriyama H, D Sastraatmadja, Y Igosaki, K Watanabe, A Kanti and T Fukatsu. 1997.** Identification and Characterization of Yeast Isolated from Indonesian Fermented Food. *Mycoscience* **38**, 441-445.
- Kurtzman CP, JW Fell and T Boekhout. 2011.** *The Yeast: A Taxonomic Study 5th Edition.* Elsevier B.V, Amsterdam.
- Kurtzman CP and CJ Robnett. 1998.** Identification and Phylogeny of Ascomycetous Yeasts From Analysis of Nuclear Large Subunit (26S) Ribosomal DNA Partial Sequences. *Antonie van Leeuwenhoek, International Journal of General and Molecular Microbiology* **73**(4), 331–371.
- Limtong S, S Sintara and P Suwannarit. 2005.** Yeast Diversity in Thai Traditional Alcoholic Starter. *Kasetsart Journal* **36** (2), 149-158.
- Nakase T, M Suzuki, M Takashima, M Hamamoto, T Hatano and S Fukui. 1994.** A Taxonomic Study on Cellulolytic Yeasts and Yeast-Like Microorganisms Isolated in Japan: I. Ascomycetous Yeast Genera *Candida* and *Williopsis*, and A Yeast-Like Genus Prototheca. *Journal of Genetics Applied Microbiology* **40**, 519-531.
- Peculyte D. 2007.** Isolation of Cellulolytic Fungi from Waste Paper Gradual Recycling Materials. *Ekologija* **53**(4), 11-18.
- Ram L, K Kaur and S Sharma. 2014.** Screening Isolation and Characterization of Cellulase Producing Micro-Organisms from Soil. *International Journal of Pharmaceutical Science Invention.* **3**(3), 12–18.
- Reddy PLN, S Babu, A Radhaiah and A Sreeramulu. 2014.** Original Research Article Screening , Identification and Isolation of Cellulolytic Fungi from Soils of Chittoor District, India. *International Journal of Current Microbiology Applied Science* **3**(7), 761-771.
- Saitou N and M Nei. 1987.** The Neighbor-Joining Method: A New Method for Reconstructing Phylogenetic Trees. *Molecular Biology and Evolution* **4**(4), 406–25.
- Saono S, I Gandjar, T Basuki and H Karsono. 1974.** Mycoflora of Ragi and Some Other Traditional Fermented Foods of Indonesia. *Annales Bogorienses* **5**(4), 187-204.
- Sazci A, A Radford and K Erenler. 1986.** Detection of Cellulolytic Fungi by Using Congo Red As An Indicator: A Comparative Study With The Dinitrosalicylic Acid Reagent Method. *Journal of Applied Bacteriology* **94**(4), 559–562.
- Sjamzuridzal W, A Oetari, A Kanti, R Saraswati, C Nakashima, Y Widyastuti and A Katsuhiko. 2010.** Ecological and Taxonomical Perspective of Yeast in Indonesia. *Mikrobiologi Indonesia* **4**(2), 60–68.
- Steensels J, T Snoek, E Meersman, MP Nicolino, K Voordeckers and KJ Verstrepen. 2014.** Improving Industrial Yeast Strains: Exploiting Natural and Artificial Diversity. *FEMS Microbiology Reviews* **38** (5), 947–95.
- de Souza AC, FP Carvalho, CFS Batista, RF Schwan and DR Dias. 2013.** Sugarcane Bagasse Hydrolysis Using Yeast Cellulolytic Enzymes. *Journal of Microbiology and Biotechnology* **23**(10), 1403–1412.
- Spindler DD, CE Wyman and K Grohmann. 1989.** Evaluation of Thermotolerant Yeasts In Controlled Simultaneous Saccharifications And Fermentations Of Cellulose To Ethanol. *Biotechnology and bioengineering* **34**(2), 189–195.
- Zhang YHP, J Hong and X Ye. 2009.** Cellulase Assays. In: *Biofuels: Methods and Protocols.* Jonathan R. Mielenz (Eds), 213-231. Humana Press, Springer Science. New York.

Pedoman Penulisan Naskah Berita Biologi

Berita Biologi adalah jurnal yang menerbitkan artikel kemajuan penelitian di bidang biologi dan ilmu-ilmu terkait di Indonesia. Berita Biologi memuat karya tulis ilmiah asli berupa makalah hasil penelitian, komunikasi pendek dan tinjauan kembali yang belum pernah diterbitkan atau tidak sedang dikirim ke media lain. Masalah yang diliput, diharuskan menampilkan aspek atau informasi baru.

Tipe naskah

- 1. Makalah lengkap hasil penelitian (*original paper*)**

Naskah merupakan hasil penelitian sendiri yang mengangkat topik yang *up-to-date*. Tidak lebih dari 15 halaman termasuk tabel dan gambar. Pencantuman lampiran seperlunya, namun redaksi berhak mengurangi atau meniadakan lampiran.
- 2. Komunikasi pendek (*short communication*)**

Komunikasi pendek merupakan makalah hasil penelitian yang ingin dipublikasikan secara cepat karena hasil temuan yang menarik, spesifik dan baru, agar dapat segera diketahui oleh umum. Artikel yang ditulis tidak lebih dari 10 halaman. Hasil dan pembahasan boleh digabung.
- 3. Tinjauan kembali (*review*)**

Tinjauan kembali merupakan rangkuman tinjauan ilmiah yang sistematis-kritis secara ringkas namun mendalam terhadap topik penelitian tertentu. Hal yang ditinjau meliputi segala sesuatu yang relevan terhadap topik tinjauan yang memberikan gambaran '*state of the art*', meliputi temuan awal, kemajuan hingga issue terkini, termasuk perdebatan dan kesenjangan yang ada dalam topik yang dibahas. Tinjauan ulang ini harus merangkum minimal 30 artikel.

Struktur naskah

- 1. Bahasa**

Bahasa yang digunakan adalah bahasa Indonesia atau Inggris yang baik dan benar.
- 2. Judul**

Judul harus singkat, jelas dan mencerminkan isi naskah diikuti oleh nama dan alamat surat menyurat penulis. Nama penulis untuk korespondensi diberi tanda amplop cetak atas (*superscript*).
- 3. Abstrak**

Abstrak dibuat dalam dua bahasa, bahasa Indonesia dan Inggris. Abstrak memuat secara singkat tentang latar belakang, tujuan, metode, hasil yang signifikan, kesimpulan dan implikasi hasil penelitian. Abstrak berisi maksimum 200 kata, spasi tunggal. Di bawah abstrak dicantumkan kata kunci yang terdiri atas maksimum enam kata, dimana kata pertama adalah yang terpenting. Abstrak dalam bahasa Inggris merupakan terjemahan dari bahasa Indonesia. Editor berhak untuk mengedit abstrak demi alasan kejelasan isi abstrak.
- 4. Pendahuluan**

Pendahuluan berisi latar belakang, permasalahan dan tujuan penelitian. Sebutkan juga studi terdahulu yang pernah dilakukan.
- 5. Bahan dan cara kerja**

Pada bagian ini boleh dibuat sub-judul yang sesuai dengan tahapan penelitian. Metoda harus dipaparkan dengan jelas sesuai dengan standar topik penelitian dan dapat diulang oleh peneliti lain. Apabila metoda yang digunakan adalah metoda yang sudah baku cukup ditulis sitasi dan apabila ada modifikasi harus dituliskan dengan jelas bagian mana dan apa yang dimodifikasi.
- 6. Hasil**

Sebutkan hasil-hasil utama yang diperoleh berdasarkan metoda yang digunakan. Apabila ingin mengacu pada tabel/grafik/diagram atau gambar uraikan hasil yang terpenting dan jangan menggunakan kalimat 'Lihat Tabel 1'. Apabila menggunakan nilai rata-rata harus menyebutkan standar deviasi.
- 7. Pembahasan**

Jangan mengulang isi hasil. Pembahasan mengungkap alasan didapatkannya hasil dan apa arti atau makna dari hasil yang didapat tersebut. Bila memungkinkan, bandingkan hasil penelitian ini dengan membuat perbandingan dengan studi terdahulu (bila ada).
- 8. Kesimpulan**

Menyimpulkan hasil penelitian, sesuai dengan tujuan penelitian, dan penelitian berikut yang bisa dilakukan.
- 9. Ucapan terima kasih**
- 10. Daftar pustaka**

Tidak diperkenankan untuk mensitasi artikel yang tidak melalui proses peer review. Apabila harus menyitir dari "Laporan" atau "komunikasi personal" dituliskan '*unpublished*' dan tidak perlu ditampilkan di daftar pustaka. Daftar pustaka harus berisi informasi yang *up to date* yang sebagian besar berasal dari *original papers*. Penulisan terbitan berkala ilmiah (nama jurnal) tidak disingkat.

Format naskah

- Naskah diketik dengan menggunakan program Word Processor, huruf New Times Roman ukuran 12, spasi ganda kecuali Abstrak. Batas kiri-kanan atas-bawah masing-masing 2,5 cm. Maksimum isi naskah 15 halaman termasuk ilustrasi dan tabel.
- Penulisan bilangan pecahan dengan koma mengikuti bahasa yang ditulis menggunakan dua angka desimal di belakang koma. Apabila menggunakan bahasa Indonesia, angka desimal menggunakan koma (,) dan titik (.) bila menggunakan bahasa Inggris. Contoh: Panjang buku adalah 2,5cm. Length of the book is 2.5 cm. Penulisan angka 1-9 ditulis dalam kata kecuali bila bilangan satuan ukur, sedangkan angka 10 dan seterusnya ditulis dengan angka. Contoh lima orang siswa, panjang buku 5 cm.
- Penulisan satuan mengikuti aturan *international system of units*.
- Nama takson dan kategori taksonomi merujuk kepada aturan standar termasuk yang diakui. Untuk tumbuhan *International Code of Botanical Nomenclature* (ICBN), untuk hewan *International Code of Zoological Nomenclature* (ICZN), untuk jamur *International Code of Nomenclature for Algae, Fungi and Plant* (ICFAFP), *International Code of Nomenclature of Bacteria* (ICNB), dan untuk organisme yang lain merujuk pada kesepakatan Internasional. Penulisan nama takson lengkap dengan nama author hanya dilakukan pada bagian deskripsi takson, misalnya pada naskah taksonomi. Sedangkan penulisan nama takson untuk bidang lainnya tidak perlu menggunakan nama author.
- Tata nama di bidang genetika dan kimia merujuk kepada aturan baku terbaru yang berlaku.
- Ilustrasi dapat berupa foto (hitam putih atau berwarna) atau gambar tangan (*line drawing*).
- Tabel
Tabel diberi judul yang singkat dan jelas, spasi tunggal dalam bahasa Indonesia dan Inggris, sehingga Tabel dapat berdiri sendiri. Tabel diberi nomor urut sesuai dengan keterangan dalam teks. Keterangan Tabel diletakkan di bawah Tabel. Tabel tidak dibuat tertutup dengan garis vertikal, hanya menggunakan garis horisontal yang memisahkan judul dan batas bawah. Paragraf pada isi tabel dibuat satu spasi.
- Gambar
Gambar bisa berupa foto, grafik, diagram dan peta. Judul ditulis secara singkat dan jelas, spasi tunggal. Keterangan yang menyertai gambar harus dapat berdiri sendiri, ditulis dalam bahasa Indonesia dan Inggris. Gambar dikirim dalam bentuk .jpeg dengan resolusi minimal 300 dpi.
- Daftar Pustaka
Sitasi dalam naskah adalah nama penulis dan tahun. Bila penulis lebih dari satu menggunakan kata 'dan' atau *et al*. Contoh: (Kramer, 1983), (Hamzah dan Yusuf, 1995), (Premachandra *et al.*, 1992). Bila naskah ditulis dalam bahasa Inggris yang menggunakan sitasi 2 orang penulis

maka digunakan kata 'and'. Contoh: (Hamzah and Yusuf, 1995).

a. Jurnal

Nama jurnal ditulis lengkap.

Premachandra GS, H Saneko, K Fujita and S Ogata. 1992. Leaf Water Relations, Osmotic Adjustment, Cell Membrane Stability, Epicuticular Wax Load and Growth as Affected by Increasing Water Deficits in Sorghum. *Journal of Experimental Botany* **43**, 1559-1576.

b. Buku

Kramer PJ. 1983. *Plant Water Relationship*, 76. Edisi ke-(bila ada). Academic, New York.

c. Prosiding atau hasil Simposium/Seminar/Lokakarya.

Hamzah MS dan SA Yusuf. 1995. Pengamatan Beberapa Aspek Biologi Sotong Buluh (*Sepioteuthis lessoniana*) di Sekitar Perairan Pantai Wokam Bagian Barat, Kepulauan Aru, Maluku Tenggara. *Prosiding Seminar Nasional Biologi XI*, Ujung Pandang 20-21 Juli 1993. M Hasan, A Mattimu, JG Nelwan dan M Litaay (Penyunting), 769-777. Perhimpunan Biologi Indonesia.

d. Makalah sebagai bagian dari buku

Leegood RC and DA Walker. 1993. Chloroplast and Protoplast. In: *Photosynthesis and Production in a Changing Environment*. DO Hall, JMO Scurllock, HR Bohlar Nordenkamp, RC Leegood and SP Long (Eds), 268-282. Chapman and Hall. London.

e. Thesis dan skripsi.

Keim AP. 2011. Monograph of the genus *Orania* Zipp. (Arecaceae; Oraniinae). University of Reading, Reading. [PhD. Thesis].

f. Artikel online.

Artikel yang diunduh secara online mengikuti format yang berlaku misalnya untuk jurnal, buku atau thesis, serta dituliskan alamat situs sumber dan waktu mengunduh. Tidak diperkenankan untuk mensitasi artikel yang tidak melalui proses *peer review* atau artikel dari laman web yang tidak bisa dipertanggung jawabkan kebenarannya seperti wikipedia.

Forest Watch Indonesia[FWI]. 2009. Potret keadaan hutan Indonesia periode 2000-2009. <http://www.fwi.or.id>. (Diunduh 7 Desember 2012).

Formulir persetujuan hak alih terbit dan keaslian naskah

Setiap penulis yang mengajukan naskahnya ke redaksi Berita Biologi akan diminta untuk menandatangani lembar persetujuan yang berisi hak alih terbit naskah termasuk hak untuk memperbanyak artikel dalam berbagai bentuk kepada penerbit Berita Biologi. Sedangkan penulis tetap berhak untuk menyebarkan edisi cetak dan elektronik untuk kepentingan penelitian dan pendidikan. Formulir itu juga berisi pernyataan keaslian naskah, yang menyebutkan bahwa naskah adalah hasil penelitian asli, belum pernah dan sedang diterbitkan di tempat lain.

Penelitian yang melibatkan hewan

Untuk setiap penelitian yang melibatkan hewan sebagai obyek penelitian, maka setiap naskah yang diajukan wajib disertai dengan 'ethical clearance approval' terkait *animal welfare* yang dikeluarkan oleh badan atau pihak berwenang.

Lembar ilustrasi sampul

Gambar ilustrasi yang terdapat di sampul jurnal Berita Biologi berasal dari salah satu naskah. Oleh karena itu setiap naskah yang ada ilustrasi harap mengirimkan ilustrasi dengan kualitas gambar yang baik disertai keterangan singkat ilustrasi dan nama pembuat ilustrasi.

Proofs

Naskah *proofs* akan dikirim ke author dan diwajibkan membaca dan memeriksa kembali isi naskah dengan teliti. Naskah proofs harus dikirim kembali ke redaksi dalam waktu tiga hari kerja.

Naskah cetak

Setiap penulis yang naskahnya diterbitkan akan diberikan 1 eksemplar majalah Berita Biologi dan reprint. Majalah tersebut akan dikirimkan kepada *corresponding author*.

Pengiriman naskah

Naskah dikirim dalam bentuk .doc atau .docx.

Alamat kontak: Redaksi Jurnal Berita Biologi, Pusat Penelitian Biologi-LIPI

Cibinong Science Centre, Jl. Raya Bogor Km. 46 Cibinong 16911

Telp: +61-21-8765067

Fax: +62-21-87907612, 8765063, 8765066

Email: jurnalberitabiologi@yahoo.co.id

berita.biologi@mail.lipi.go.id

BERITA BIOLOGI

Vol. 15 (3)

Isi (Content)

Desember 2016

MAKALAH HASIL RISET (ORIGINAL PAPERS)

- DIVERSITY OF XYLOSE ASSIMILATING YEAST FROM THE ISLAND OF ENGGANO, SUMATERA, INDONESIA [Keragaman Khamir Pengguna Xilose yang Diisolasi dari Pulau Enggano, Sumatera, Indonesia]**
Atit Kanti and I Nyoman Sumerta 207–215
- KERAGAMAN AKTINOMISETES ASAL SERASAH, SEDIMEN, DAN TANAH PULAU ENGGANO, BENGKULU [Diversity of Actinomycetes From Soil, Sediment, and Leaf Litter Samples of Enggano Island, Bengkulu]**
Ade Lia Putri dan Arif Nurkanto 217–225
- SKRINING BEBERAPA JAMUR ENDOFIT TUMBUHAN DARI PULAU ENGGANO, BENGKULU SEBAGAI ANTIBAKTERI DAN ANTIOKSIDAN [Screening of Plant Endophytic Fungi from Enggano Island, Bengkulu for Antibacterial and Antioxidant Activities]**
Dewi Wulansari, Aldho Pramana Putra, Muhammad Ilyas, Praptiwi, Ahmad Fathoni, Kartika Dyah Palupi dan Andria Agusta 227–235
- VARIASI DAN DEGRADASI SUARA PANGGILAN KODOK JANGKRIK [HYLARANA NICOBARIENSIS (STOLICZKA, 1870)] (ANURA: RANIDAE) ASAL PULAU ENGGANO [Variation and degradation on advertisement calls of Cricket Frog, Hylarana nicobariensis (Stoliczka, 1870) (Anura: Ranidae) from Enggano Island]**
Hellen Kurniati dan Amir Hamidy 237–246
- KEANEKARAGAMAN KHAMIR YANG DIISOLASI DARI SUMBER DAYA ALAM PULAU ENGGANO, BENGKULU DAN POTENSINYA SEBAGAI PENDEGRADASI SELULOSA [Diversity of Yeasts Isolated from Natural Resources of Enggano Island, Bengkulu and Its Cellulolytic Potency]**
I Nyoman Sumerta dan Atit Kanti 247–255
- KEANEKARAGAMAN JAMUR ARBUSKULA DI PULAU ENGGANO [Diversity of Arbuscular Fungi in Enggano Island]**
Kartini Kramadibrata 257–265
- EVALUASI ANTIBAKTERI DAN ANTIOKSIDAN EKSTRAK SMILAX spp. DARI PULAU ENGGANO [Evaluation of Antibacterial and Antioxidant of Smilax spp. Extracts Collected from Enggano]**
Praptiwi, Kartika Dyah Palupi, Ahmad Fathoni, Ary P. Keim, M. Fathi Royani, Oscar Effendi dan Andria Agusta 267–274
- AKTIVITAS ANTIBAKTERI AKTINOMISETES LAUT DARI PULAU ENGGANO [Antibacterial activity of marine actinomycetes from Enggano Island]**
Shanti Ratnakomala, Pamela Apriliana, Fahrurrozi, Puspita Lisdiyanti dan Wien Kusharyoto 275–283
- POTENSI ANTIBAKTERI TIGA SPESIES BAKTERI ASAM LAKTAT ASLI ENGGANO TERHADAP BAKTERI PATOGEN DAN PEMBUSUK MAKANAN [Antibacterial Potential of Three Indigenous Lactic Acid Bacteria Species from Enggano Against Pathogenic and Food Spoilage Bacteria]**
Sulistiani dan Tatik Khusniati 285–293
- KUALITAS NUTRISI ANEKA TEPUNG DAN KUE TALAM BERBASIS BAHAN PANGAN PULAU ENGGANO DENGAN PENAMBAHAN *Lactobacillus plantarum* B110 [Nutritional Quality of Various Flour and Talam Cake Based on Enggano Island Food Material Additional *Lactobacillus plantarum* B110]**
Tatik Khusniati, Sulistiani, Abdul Choliq, Dhea Loka Nanta, Dita Kusuma Wardani, dan Dahniar Saraswati 295–302
- PERTUMBUHAN, PRODUKSI DAN POTENSI GIZI TERONG ASAL ENGGANO PADA BERBAGAI KOMBINASI PERLAKUAN PEMUPUKAN [The growth, production and nutrition potential of Enggano eggplant on various combinations of fertilizer treatments]**
Titi Juhaeti dan Peni Lestari 303–313
- ## KOMUNIKASI PENDEK
- ANALISIS FRONT SALINITAS BERDASARKAN MUSIM DI PERAIRAN PANTAI BARAT SUMATERA [Analysis of Salinity Front by Season in the Coastal West of Sumatra]**
Supiyati, Suwarsono dan Nissa Astuti 315–319