



P-ISSN 0126-1754

E-ISSN 2337-8751

Terakreditasi Peringkat 2

21/E/KPT/2018

Volume 17 Nomor 3, Desember 2018

Berita Biologi

Jurnal Ilmu-ilmu Hayati



Berita Biologi	Vol. 17	No. 3	Hlm. 225 - 349	Bogor, Desember 2018	ISSN 0126-1754
----------------	---------	-------	----------------	----------------------	----------------

Pusat Penelitian Biologi - LIPI

BERITA BIOLOGI

Vol. 17 No. 3 Desember 2018

Terakreditasi Berdasarkan Keputusan Direktur Jendral Penguatan Riset dan
Pengembangan, Kemenristekdikti RI
No. 21/E/KPT/2018

Tim Redaksi (*Editorial Team*)

Andria Agusta (Pemimpin Redaksi, *Editor in Chief*)
(Kimia Bahan Alam, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Kusumadewi Sri Yulita (Redaksi Pelaksana, *Managing Editor*)
(Sistematika Molekuler Tumbuhan, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Gono Semiadi
(Mammalogi, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Atit Kanti
(Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Siti Sundari
(Ekologi Lingkungan, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Evi Triana
(Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Kartika Dewi
(Taksonomi Nematoda, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Dwi Setyo Rini
(Biologi Molekuler Tumbuhan, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Desain dan Layout (*Design and Layout*)

Muhamad Ruslan, Fahmi

Kesekretariatan (*Secretary*)

Nira Ariasari, Budiarjo, Liana

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

Keterangan foto cover depan: Populasi pakis pohon pada tingkat pancang di plot IV di Sumatera Utara
(*Notes of cover picture*): (*Population of sapling in plot IV in North Sumatra*) sesuai dengan halaman 313 (*as in page 313*).



P-ISSN 0126-1754
E-ISSN 2337-8751
Terakreditasi Peringkat 2
21/E/KPT/2018

Volume 17 Nomor 3, Desember 2018

Berita Biologi

Jurnal Ilmu-ilmu Hayati

Berita Biologi	Vol. 17	No. 3	Hlm. 225 – 349	Bogor, Desember 2018	ISSN 0126-1754
----------------	---------	-------	----------------	----------------------	----------------

Pusat Penelitian Biologi - LIPI

Ucapan terima kasih kepada
Mitra Bebestari nomor ini
17(3) – Desember 2018

Prof. Dr. Ir. Yohanes Purwanto
(Etnobotani, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Dr. Rudhy Gustiano
(Pemuliaan dan Genetika, Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar
dan Penyuluhan Perikanan - KKP)

Dr. Andria Augusta
(Kimia Bahan Alam, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Prof. Dr. Ir. Haryati Tandipayuk, MS
(Nutrisi Ikan, (FIKP), Universitas Hasanuddin)

Dr. Ir. Usman, M.Si
(Nutrisi dan Teknologi Pakan Ikan, Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau dan
Penyuluhan Perikanan)

Dr. Siti Sundari
(Ekologi Lingkungan, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Deden Girmansyah, M.Si
(Taksonomi Tumbuhan (Begoniaceae), Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Ir. Sri Wahyuni, MSi
(Tekologi Benih, Balai Besar Penelitian Tanaman Padi)

Prof. Dr. Tukirin Partomihardjo
(Ekologi Hutan dan Biogeografi Pulau, Pusat Penelitian Biologi – LIPI)

Dr. Titien Ngatinem Praptosuwiryo, M.Si.
(Ekologi dan Evolusi Biosistematika Tumbuhan (Pteridophyta),
Pusat Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Bogor – LIPI)

Tri Handayani, M.Sc.
(Ilmu Pemuliaan dan Geentika Tanaman, Balai Penelitian Tanaman Sayuran)

ISOLASI DAN IDENTIFIKASI KAPANG ENDOFIT ASAL AKAR TANAMAN KUNYIT (*Curcuma longa*) SEBAGAI ANTIMALARIA

[Isolation and Identification of Endophytic Fungi from Turmeric Plant (*Curcuma longa*) Root as Antimalarial]

Eris Septiana,¹ Fauzy Rachman,¹ Sylvia J R Lekatompessy,¹ Harmastini I Sukiman,¹ dan Partomuan Simanjuntak^{1,2}

¹Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI, Jln. Raya Bogor Km 46, Cibinong 16911

²Fakultas Farmasi, Universitas Pancasila, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12630

email: septiana.eris@gmail.com

ABSTRACT

Malaria is still the leading cause of death worldwide with nearly half the world's population at risk. Parasitic resistance to existing antimalarial drugs in the market makes the search for a source of new drugs from nature is very important. Therefore, the aims of this study are to determine in vitro antimalarial activity of endophytic fungi extract from turmeric root and to identify the selected isolate molecularly. Heme polymerization inhibition method was used as in vitro antimalarial assay. The selected isolate was then identified using ITS1, ITS2, and 5.8S sequences of rDNA. The result of this study obtained 16 isolates of endophytic fungi from root of turmeric plant with isolate code were of K.Cl.Sb.A1 - K.Cl.Sb.A16. All of the ethyl acetate extracts of isolated endophytic fungi have heme polymerization inhibition activity. K.Cl.Sb.A11 was the most active isolate on heme polymerization inhibition test with 94,31% at concentration of test material at 8 mg/mL and IC₅₀ value at 1.84 mg/mL. Molecular analysis showed that K.Cl.Sb.A11 isolate was *Penicillium* sp. and potentially developed as an antimalarial drug.

Key Words: *Curcuma longa*, endophytic fungi, *Penicillium* sp., heme polymerization, molecular identification

ABSTRAK

Malaria masih merupakan penyebab utama kematian di seluruh dunia dengan hampir separuh populasi dunia yang beresiko terjangkit. Resistensi parasit terhadap obat antimalaria yang ada di pasaran menjadikan pencarian sumber obat baru dari alam sangat penting. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aktivitas antimalaria dari ekstrak kapang endofit akar kunyit secara *in vitro* dan mengidentifikasi isolat terpilih secara molekuler. Uji antimalaria menggunakan metode penghambatan polimerisasi hem. Isolat terpilih kemudian dilakukan identifikasi molekuler menggunakan sekuens ITS1, ITS2, dan 5.8S dari rDNA. Hasil pengujian menunjukkan bahwa didapatkan 16 isolat kapang endofit dari akar tanaman kunyit dengan kode isolat K.Cl.Sb.A1 - K.Cl.Sb.A16. Seluruh ekstrak etil asetat kapang endofit hasil isolasi memiliki aktivitas penghambatan polimerisasi hem sebesar 94,31% pada konsentrasi bahan uji 8 mg/mL dan memiliki nilai IC₅₀ sebesar 1,84 mg/mL. Analisis molekuler menunjukkan bahwa isolat K.Cl.Sb.A11 adalah kapang *Penicillium* sp. dan berpotensi dikembangkan sebagai obat antimalaria.

Kata Kunci: *Curcuma longa*, kapang endofit, *Penicillium* sp., polimerisasi hem, identifikasi molekuler

PENDAHULUAN

Penyakit malaria merupakan penyakit yang disebabkan oleh parasit *Plasmodium* melalui vektor nyamuk *Anopheles* betina. Malaria masih merupakan penyebab utama kematian di seluruh dunia dengan hampir separuh populasi dunia yang beresiko terjangkit. Sekitar 300-500 juta kasus malaria telah dilaporkan di seluruh dunia dan lebih dari 1 juta orang meninggal tiap tahunnya (Murray *et al.*, 2012). Parasit *Plasmodium* akan menyerang sel darah merah inangnya dan mendegradasi hemoglobin dalam vakuola makanannya untuk mendapatkan senyawa-senyawa yang dibutuhkan selama fase hidupnya. Hasil degradasi hemoglobin ini akan menghasilkan produk samping yaitu hem bebas yang toksik

terhadap parasit maupun inangnya. Untuk mempertahankan hidupnya, parasit akan mengubah hem bebas tersebut menjadi hemozoin yang tidak toksik (Huy *et al.*, 2007).

Berbagai upaya telah dilakukan untuk menanggulangi penyakit malaria, salah satunya dengan penggunaan obat-obatan. Klokuin, quinin, sulfodaksin, dan artemisinin merupakan obat antimalaria yang digunakan secara luas di seluruh dunia. Penggunaan obat antimalaria ternyata masih menimbulkan resistensi parasit, bahkan telah dilaporkan adanya resistensi *Plasmodium* terhadap obat antimalaria terbaru yaitu artemisinin (Jiazhong *et al.*, 2013). Oleh karena itu, upaya yang bisa dilakukan ialah dengan pencarian bahan obat baru

*Diterima: 7 November 2017 - Diperbaiki: 28 Februari 2018 - Disetujui: 16 November 2018

baik dari tanaman, hewan, maupun mikroba. Salah satu tanaman yang dimanfaatkan sebagai obat anti-malaria ialah kunyit. Masyarakat kota Jambi memanfaatkan air kunyit sebagai obat malaria tradisional (Darmawan dan Lipinwati, 2014). Selain di Indonesia, pemanfaatan tanaman kunyit sebagai obat malaria juga telah lama dilakukan. Pemakaian tanaman kunyit baik tunggal maupun sebagai ramuan obat tradisional malaria telah dilakukan di India dan Nigeria (Nagendrappa *et al.*, 2013; Olorunnisola *et al.*, 2013).

Selain penggunaan sebagai obat malaria secara tradisional, tanaman kunyit juga dilaporkan memiliki aktivitas antimalaria secara ilmiah. Ekstrak sikloheksana dan metanol rimpang tanaman kunyit memiliki aktivitas dalam menghambat pertumbuhan parasit *Plasmodium falciparum* penyebab malaria (Chenniappan and Kadarkarai, 2010). Kemampuan kunyit sebagai antimalaria dikarenakan kandungan kurkumin di dalamnya (Cui *et al.*, 2007). Ekstrak etanol kunyit memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan parasit *P. falciparum* yang setara dengan kurkumin (Martinez-Correa *et al.*, 2017). Selain menggunakan tanaman secara langsung, salah satu cara mendapatkan senyawa aktif ialah memanfaatkan mikroba endofit.

Mikroba endofit merupakan mikroba baik kapang maupun bakteri yang hidup dalam jaringan tanaman inangnya, tidak menunjukkan gejala penyakit, serta membentuk simbiosis mutualisme (Dai *et al.*, 2008). Kapang endofit merupakan mikroba endofit yang banyak dimanfaatkan untuk mendapatkan senyawa aktif. Hal ini dikarenakan kapang endofit dapat menghasilkan senyawa aktif yang mirip dan memiliki aktivitas biologis yang sama dengan tanaman inangnya. Kapang endofit yang diisolasi dari tanaman *Artemisia annua*, tanaman yang merupakan sumber senyawa aktif anti-malaria artemisinin, menghasilkan senyawa steroid yang memiliki aktivitas antimalaria yang sama dengan tanaman inangnya (Wahyono *et al.*, 2010).

Penelitian tentang kapang endofit asal tanaman kunyit sebagai antimalaria dengan metode penghambatan polimerisasi hem belum banyak dilakukan di Indonesia. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi kapang endofit dari akar kunyit asal Sukabumi dan mengetahui

kemampuannya sebagai antimalaria secara *in vitro* dengan cara menghambat polimerisasi hem menjadi hemozoin.

BAHAN DAN CARA KERJA

Bahan Tumbuhan

Bahan tumbuhan berupa kunyit (*Curcuma longa* L.) diperoleh dari daerah Cicurug, Sukabumi, Jawa Barat, Indonesia. Sampel diambil pada Bulan Januari 2013. Tanaman selanjutnya diidentifikasi di Herbarium Bogoriense, Puslit Biologi - LIPI.

Isolasi kapang endofit

Sampel tanaman dicuci dengan air mengalir selama 10 menit untuk membersihkan dari debu dan selanjutnya dikeringanginkan di suhu ruang menggunakan kertas saring steril. Sampel tanaman kemudian dipisahkan bagian-bagiannya meliputi akar, rimpang, batang, dan daun. Bagian yang digunakan dalam penelitian ini ialah bagian akar. Akar tanaman kunyit dipotong menjadi beberapa bagian dengan panjang sekitar 3 cm dan dilakukan sterilisasi permukaan.

Isolasi kapang endofit mengikuti metode sterilisasi permukaan (Tomita, 2003). Sterilisasi permukaan dilakukan dengan merendam akar tanaman kunyit dalam etanol 70 % selama 1 menit, natriumhipoklorida 5,3 % selama 5 menit, dan etanol 70 % selama 30 detik. Seluruh sampel dikeringkan di atas kertas saring steril di dalam laminar. Sampel kemudian dipotong sepanjang 1 cm kemudian diletakkan di atas media *Corn Meal Malt extract Agar* (CMMA) yang terdiri atas 17 g *Corn Meal Agar*, 20 g *Malt Extract*, 2 g *Yeast Extract* dan 50 mg *chloramphenicol* per liter akuades di dalam cawan Petri (diameter 9 cm). Masing-masing dilakukan 3 kali pengulangan. Cawan Petri kemudian diinkubasi pada suhu kamar. Seluruh koloni kapang yang tumbuh kemudian dimurnikan dengan cara mengambil sekelumit hifa dan ditanam pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA) dan diinkubasi pada suhu kamar selama 48-72 jam. Koloni yang murni dan tumbuh baik selanjutnya ditanam pada media PDA miring sebanyak tiga ulangan dengan menambahkan kode isolat serta disimpan pada suhu 4 °C.

Fermentasi dan ekstraksi kapang endofit

Isolat kapang endofit yang telah berumur 7 hari kemudian diambil dengan cara dilubangi dengan pelubang steril berdiameter 6 mm dan diambil sebanyak 2 buah untuk difermentasi dalam media *Potato Dextrose Broth* (PDB) volume 5 ml selama 7 hari. Pada hari ketujuh, 5 mL media fermentasi beserta isolat yang telah tumbuh dipindahkan ke dalam media PDB baru sampai volume 50 ml dan diinkubasi kembali selama 7 hari. Pada hari ke-14, 50 mL media fermentasi beserta isolat yang telah tumbuh dipindahkan ke dalam media PDB baru sampai volume 500 ml dan diinkubasi selama tujuh hari. Fermentasi dilakukan di atas pengaduk dengan kecepatan 120 rpm pada suhu ruang. Setelah total 21 hari fermentasi, filtrat dan biomassa kapang endofit dipisahkan dengan penyaringan menggunakan kertas saring steril dalam corong Buchner hampa udara. Filtrat langsung diekstraksi dengan etil asetat sebanyak 3 kali dalam corong pisah sedangkan biomassa dikeringkan di dalam oven pada suhu 50 °C selama 24 jam. Biomassa kering kemudian diekstrak dengan etil asetat sebanyak tiga kali dalam tabung kaca. Ekstrak filtrat dan biomassa masing-masing dipekatkan menggunakan labu penguap putar hampa udara sampai diperoleh ekstrak kering pekat.

Uji aktivitas antimalaria

Uji aktivitas antimalaria secara *in vitro* dilakukan mengikuti metode penghambatan polimerisasi hem (Basilico *et al.*, 1998). Sebanyak 100 µL larutan hematin 1 mM dalam larutan natrium hidroksida 0,1 M dengan seri konsentrasi mulai 250 sampai 15,625 µM (1:2) dimasukkan ke dalam lubang 96 sumuran dan dibaca serapannya pada panjang gelombang 405 nm menggunakan *microplate reader* untuk membuat kurva baku hematin. Untuk skrining, sebanyak 100 µL larutan hematin 1 mM dalam larutan natrium hidroksida 0,1 M dimasukkan dalam tabung mikro 1,5 mL, kemudian ditambahkan 50 µL bahan uji dengan konsentrasi 8 mg/mL. Untuk memulai reaksi polimerisasi hem, ditambahkan 50 µL asam asetat glasial dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37 °C. Sebagai kontrol negatif adalah akuades.

Setelah inkubasi berakhir, tabung mikro disentrifugasi dengan kecepatan 8000 rpm selama

10 menit. Supernatan dibuang dan endapan dicuci dengan 200 µL larutan dimetil sulfoksida (DMSO) sebanyak 4 kali dengan masing-masing pencucian disentrifugasi dengan kecepatan 8000 rpm selama 10 menit. Endapan setelah pencucian kemudian dilarutkan dalam 200 µL natrium hidroksida 0,1 M. Sebanyak 100 µL larutan dimasukkan ke dalam lubang 96 sumuran dan dibaca serapannya pada panjang gelombang 405 nm menggunakan *microplate reader*. Persen penghambatan dihitung berdasarkan persamaan (1) (Basilico *et al.*, 1998).

$$\% \text{ Penghambatan} = (A - B) / A \times 100 \% \dots (1)$$

Keterangan: A=kadar hematin kontrol negatif

B=kadar hematin bahan uji

Ekstrak terbaik pada konsentrasi bahan uji 8 mg/mL kemudian dilanjutkan dengan mencari nilai IC_{50} (kadar senyawa yang mampu menghambat polimerisasi hem hingga 50%) dengan seri konsentrasi akhir sebesar 0,125; 0,25; 0,5; 1; dan 2 mg/mL serta seri konsentrasi akhir klorokuin sulfat sebesar 0,0625; 0,125; 0,25; 0,5; dan 1 mg/mL. Nilai IC_{50} kemudian dihitung menggunakan analisis regresi linier.

Identifikasi molekuler isolat terpilih

Kapang endofit dengan aktivitas penghambatan polimerisasi hem tertinggi diidentifikasi berdasarkan analisis molekuler menggunakan sekuens ITS1, ITS2, dan 5.8S dari rDNA dengan menggunakan primer ITS5 (5'-GGA AGT AAA AGT CGT AAC AAG G-3') dan ITS4 (5'-TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC-3') (White *et al.*, 1990). Isolasi DNA menggunakan metode CTAB (Sambrook and Russel, 2001). Miselium kapang ditumbuhkan di dalam Erlenmeyer 50 mL yang berisi media PDB dan diinkubasi di atas *shaker* dengan kecepatan 120 rpm pada suhu 29 °C selama 72 jam. Miselium dipanen dengan menyaring hasil fermentasi dengan menggunakan kertas saring steril dan dicuci dengan akuades steril, kemudian dimasukkan dalam mortar steril dan digerus dengan penggerus steril dengan ditambahkan nitrogen cair. Sekitar 0,5 g biomassa kering dipindahkan ke dalam 1,5 mL tabung mikro yang berisi 600 µL larutan buffer CTAB. Tabung kemudian dibolak-balik dan diinkubasi selama

30 menit pada suhu 65 °C dan selanjutnya diinkubasi di dalam es selama 5 menit. Sebanyak 600 µL campuran kloroform:isoamilalkohol (24:1) ditambahkan ke dalam tabung. Tabung kemudian dibolak-balik dan disentrifugasi pada 25.000 x g pada suhu 4 °C selama 10 menit. Supernatan dipindahkan ke dalam tabung baru dan diekstraksi dengan 600 µL campuran fenol:kloroform:isoamilalkohol (25:24:1). Tabung dibolak-balik dan disentrifugasi pada 25.000 x g pada suhu 4 °C selama 10 menit. Supernatan dipindahkan ke dalam tabung baru dan ditambahkan dengan 0,1 x volume 2M NaOAc pH 5,2 dan 3 x volume etanol dan diinkubasi pada suhu -20 °C selama 2 jam. Pelet DNA cendawan didapatkan dengan cara sentrifugasi pada 25.000 x g pada suhu 4 °C selama 25 menit. Pelet DNA kapang dicuci dengan 500 µL 70% etanol, kemudian disentrifugasi pada 25.000 x g pada suhu 4 °C selama 5 menit. Pelet DNA kapang dikeringkan di dalam ruang kedap udara selama 5 menit dan dilarutkan dengan 0,2 x volume RNase dan 30 µL buffer TE steril dan selanjutnya diinkubasi pada suhu 37 °C selama 10 menit dan 70 °C selama 10 menit.

Amplifikasi DNA dilakukan dengan membuat volume 30 µL yang mengandung 10,5 µL air bebas basa, 15 µL 2x PCR mastermix (Promega), 0,75 µL 10 pmol masing-masing primer ITS1 dan ITS4, dan 3 µL (sekitar 250 ng/ µL) templat DNA. Reaksi amplifikasi dilakukan sebanyak 35 siklus sebagai berikut: pre-denaturasi pada 95 °C selama 15 menit, denaturasi pada 95 °C selama 30 menit, *annealing* pada 55 °C selama 30 detik, pemanjangan pada 72 °C selama 1,5 menit, pemanjangan ulang pada 72 °C selama 5 menit, dan terakhir disimpan pada suhu 25 °C selama 10 menit. Pemurnian produk PCR dilakukan dengan *PEG precipitation method* (Hiraishi *et al.*, 1995) dan dilanjutkan dengan siklus sekuensing. Hasil siklus sekuensing dimurnikan kembali dengan *ethanol purification method*.

Hasil sekuensing dianalisis menggunakan program BioEdit dan selanjutnya di BLAST dengan data genom yang telah didaftarkan di DNA Data Bank of Japan atau National Center for Biotechnology Information untuk menentukan spesies yang memiliki *homology/similarity* tertinggi dan terdekat secara molekuler.

HASIL

Isolasi, ekstraksi, dan skrining antimalaria

Hasil isolasi kapang endofit dari bagian akar tanaman kunyit diperoleh 16 isolat. Isolat-isolat tersebut kemudian disimpan sebagai stok dalam media miring PDA. Masing-masing isolat juga diberikan kode isolat yaitu K.Cl.Sb.A1 – K.Cl.Sb.A16.

Seluruh isolat menunjukkan bahwa perolehan ekstrak etil asetat biomassa lebih tinggi dibandingkan dengan ekstrak etil asetat filtrat kecuali isolat K.Cl.Sb.A11, K.Cl.Sb.A12, K.Cl.Sb.A15, dan K.Cl.Sb.A16 (Tabel 1). Ekstrak etil asetat filtrat tertinggi terdapat pada isolat K.Cl.Sb.A11, sedangkan ekstrak etil asetat biomassa tertinggi terdapat pada isolat K.Cl.Sb.A3 yaitu masing-masing sebesar 171,00 dan 478,00 mg/L.

Hasil skrining aktivitas antimalaria secara *in vitro* melalui metode penghambatan polimerisasi hem terhadap masing-masing ekstrak pada konsentrasi 8 mg/mL menunjukkan bahwa terdapat aktivitas penghambatan yang bervariasi. Secara umum ekstrak etil asetat filtrat memiliki aktivitas penghambatan polimerisasi hem yang lebih tinggi dibandingkan dengan biomassa, kecuali isolat K.Cl.Sb.A4, K.Cl.Sb.A5, dan K.Cl.Sb.A9. Ekstrak etil asetat filtrat isolat K.Cl.Sb.A11 memiliki aktivitas penghambatan tertinggi yaitu sebesar 94,31 %. Sedangkan isolat K.Cl.Sb.A2 memiliki aktivitas terendah baik pada ekstrak etil asetat filtrat maupun biomassa yaitu masing-masing sebesar 0,49 dan 11,65 % (Tabel 2). Hasil pengujian lanjutan menunjukkan bahwa ekstrak etil asetat filtrat isolat K.Cl.Sb.A11 memiliki nilai IC₅₀ yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol positif klorokuin fosfat (Tabel 3). Oleh karena itu hanya isolat K.Cl.Sb.A11 yang dilanjutkan pada tahap identifikasi secara molekuler.

Identifikasi isolat kapang endofit terpilih

Pada analisis molekuler kapang endofit asal akar tanaman kunyit dengan aktivitas penghambatan polimerisasi hem terbaik yaitu isolat K.Cl.Sb.A11 (Gambar 1) dilakukan dengan menggunakan primer ITS 4 dan ITS 5 (White *et al.*, 1990). Berdasarkan hasil sekuen identifikasi molekuler, isolat K.Cl.Sb.A11 menunjukkan kemiripan 100% dengan

Tabel 1. Perolehan produk dari ekstrak etil asetat filtrat dan biomassa kapang endofit dari akar tanaman kunyit (*Yield Product from ethyl acetate extract of filtrate and biomass of endophytic fungi from root turmeric plant*)

Nomor (Number)	Kode Isolat (Isolate code)	Perolehan ekstrak (<i>extract yields</i>) (mg/L)	
		Filtrat (<i>filtrate</i>)	Biomassa (<i>Biomass</i>)
1	K.Cl.Sb.A1	80,20	237,00
2	K.Cl.Sb.A2	125,80	382,20
3	K.Cl.Sb.A3	163,60	478,00
4	K.Cl.Sb.A4	148,00	412,20
5	K.Cl.Sb.A5	113,40	201,00
6	K.Cl.Sb.A6	87,00	354,80
7	K.Cl.Sb.A7	72,60	252,20
8	K.Cl.Sb.A8	159,20	353,20
9	K.Cl.Sb.A9	121,20	473,60
10	K.Cl.Sb.A10	136,80	210,80
11	K.Cl.Sb.A11	171,00	111,00
12	K.Cl.Sb.A12	59,20	48,40
13	K.Cl.Sb.A13	153,00	293,00
14	K.Cl.Sb.A14	99,60	428,60
15	K.Cl.Sb.A15	102,80	39,60
16	K.Cl.Sb.A16	105,80	47,80

Keterangan: Media pertumbuhan 500 mL PDB, usia 21 hari.
(Notes: growth medium in 500 mL of PDB, 21 days old).



Gambar 1. Kapang endofit *Penicillium* sp. (isolat K.Cl.Sb.A11) asal akar tanaman kunyit (*Endophytic fungi *Penicillium* sp. (K.Cl.Sb.A11 isolate) from root turmeric plant*)

Tabel 2. Aktivitas penghambatan polimerisasi hem dari ekstrak etil asetat filtrat dan biomassa kapang endofit dari akar tanaman kunyit (*Heme polymerization inhibition activity from ethyl acetate extract of filtrate and biomass of endophytic fungi from root turmeric plant*)

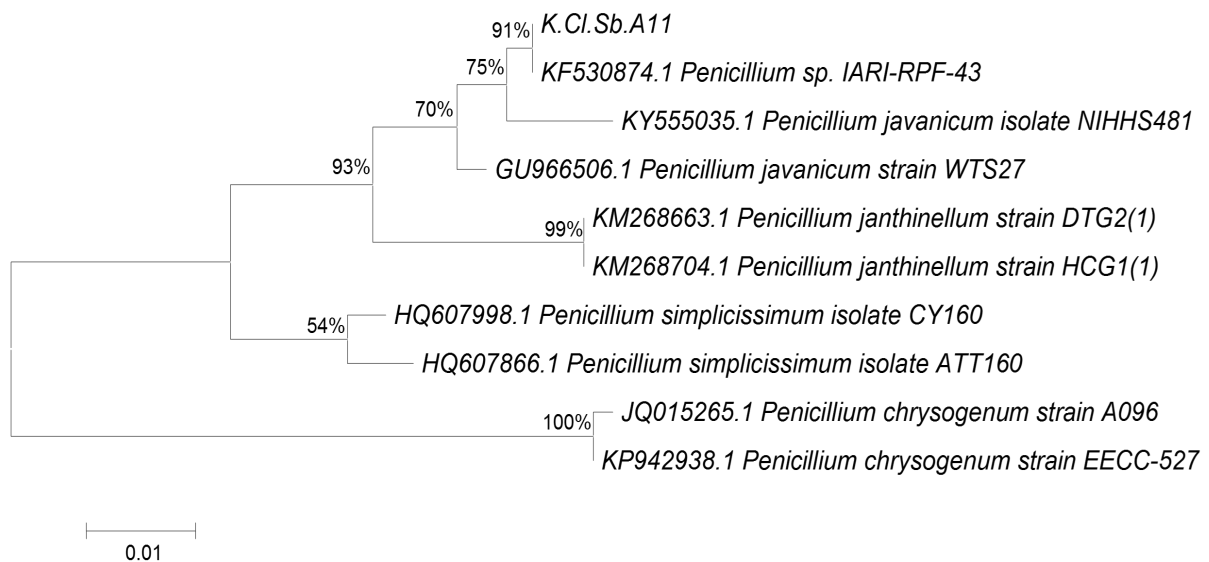
Nomor (Number)	Kode Isolat (Isolate code)	Penghambatan (<i>Inhibition</i>) (%)	
		Filtrat (<i>Filtrate</i>)	Biomassa (<i>Biomass</i>)
1	K.Cl.Sb.A1	49,87	14,09
2	K.Cl.Sb.A2	11,65	0,49
3	K.Cl.Sb.A3	72,03	69,80
4	K.Cl.Sb.A4	35,38	39,60
5	K.Cl.Sb.A5	27,91	74,41
6	K.Cl.Sb.A6	45,58	45,26
7	K.Cl.Sb.A7	46,49	42,59
8	K.Cl.Sb.A8	29,78	12,39
9	K.Cl.Sb.A9	54,76	55,83
10	K.Cl.Sb.A10	50,15	45,15
11	K.Cl.Sb.A11	94,31	60,44
12	K.Cl.Sb.A12	54,40	31,80
13	K.Cl.Sb.A13	88,80	22,09
14	K.Cl.Sb.A14	55,06	24,27
15	K.Cl.Sb.A15	73,04	22,09
16	K.Cl.Sb.A16	71,48	49,03

Tabel 3. Nilai IC₅₀ penghambatan polimerisasi hem ekstrak etil asetat filtrat kapang endofit K.Cl.Sb.A11 (*IC₅₀ value of heme polymerization inhibition from ethyl acetate extract of filtrate of endophytic fungi K.Cl.Sb.A11*)

Sampel (sample)	Konsentrasi (<i>concentration</i>) (mg/mL)	Penghambatan (<i>inhibition</i>) %	IC ₅₀ (mg/mL)
Ekstrak etil asetat filtrat isolat K.Cl.Sb.A11	0,125	20,65	1,84
	0,25	30,09	
	0,5	39,13	
	1	41,59	
	2	50,14	
Klorokuin fosfat	0,0625	47,24	0,15
	0,125	50,99	
	0,25	51,38	
	0,5	60,46	
	1	74,05	

Tabel 4. Hasil analisis molekuler isolat terpilih berdasarkan sekuen ITS-rDNA (*Result of molecular analysis of the selected isolate based on ITS-rDNA sequens*)

Isolat (<i>Isolate</i>)	Strain Pemanding (Nomor aksesori) <i>Comparison strain (Accession number)</i>	Nilai Total (<i>Total score</i>)	Nilai keselarasan (<i>Query cover</i>)	Nilai E (<i>E value</i>)	Kemiripan (<i>Identity</i>)
K.Cl.Sb.A11	<i>Penicillium</i> sp. IARI-RPF-43 (KF530874.1)	1088	100%	0,0	100%



Gambar 2. Pohon filogenetik kapang endofit asal akar kunyit (isolat K.Cl.Sb.A11) berdasarkan sekuens daerah ITS dengan metode *Neighbor Joining* dengan model Tamura 3-parameter. Nilai bootstrap yang ditunjukkan pada percabangan didapatkan dari 1000 kali pengulangan. (*Phylogenetic tree for endophytic fungi associated with turmeric root (K.Cl.Sb.A11 isolate) based on ITS region sequences of ribosomal neighbor-joining method with Tamura 3-parameter models. Bootstrap values are indicated on the branches obtained from 1000 replications*)

sekuens dari GenBank (Tabel 4) dan mempunyai hubungan kekerabatan yang lebih dekat dengan *Penicillium* sp. IARI-RPF-43 (Gambar 2).

PEMBAHASAN

Proses fermentasi yang dilakukan ialah metode fermentasi goyang yang bertujuan agar aerasi dan agitasi dapat terjaga. Aerasi dibutuhkan untuk mensuplai oksigen kapang endofit sedangkan agitasi atau pengadukan bertujuan untuk meningkatkan suplai oksigen dalam medium, meningkatkan homogenitas suhu (Kumala dan Pratiwi, 2014), serta mempertahankan homogenitas

konsentrasi nutrisi (Wahyono *et al.*, 2010). Secara umum, perolehan ekstrak etil asetat biomassa lebih tinggi dibandingkan dengan ekstrak etil asetat filtrat. Hal ini sejalan dengan penelitian Dompeipen dan Simanjuntak (2015) yang melaporkan bahwa ekstrak biomassa kapang endofit asal tanaman mahoni lebih berat dibandingkan dengan ekstrak filtratnya. Hal ini dapat terjadi karena ekstrak etil asetat biomassa kapang endofit mengandung asam lemak yang memiliki berat molekul yang lebih tinggi dibanding senyawa lainnya saat diekstraksi dengan etil asetat. Etil asetat merupakan pelarut cenderung non-polar

yang dapat melarutkan banyak senyawa hidrofobik seperti asam lemak (Harborne, 1998).

Pada penghambatan polimerisasi hem, secara umum ekstrak etil asetat filtrat kapang endofit memiliki kemampuan penghambatan yang lebih baik dibandingkan dengan ekstrak etil asetat biomassa. Hasil yang sama juga dilaporkan oleh Bustanussalam *et al.* (2015) bahwa aktivitas ekstrak etil asetat kapang endofit asal rimpang kunyit lebih tinggi dibandingkan dengan ekstrak etil asetat biomassa. Hal ini akibat sebagian besar senyawa aktif berupa metabolit sekunder akan dikeluarkan ke dalam media fermentasi, sehingga di dalam filtrat lebih banyak mengandung senyawa metabolit sekunder aktif dibandingkan di dalam miselia atau biomassa kapang endofit (Theantana *et al.*, 2007).

Hasil penghambatan polimerisasi hem ekstrak etil asetat filtrat kapang endofit asal akar tanaman kunyit pada penelitian ini masih lebih tinggi aktivitasnya dibandingkan dengan ekstrak etil asetat filtrat kapang endofit asal rimpang tanaman kunyit pada penelitian sebelumnya. Penghambatan tertinggi ekstrak etil asetat filtrat kapang endofit asal rimpang tanaman kunyit sebesar 79,15 % pada konsentrasi bahan uji sebesar 8 mg/mL (Septiana *et al.*, 2017). Pada penelitian ini, penghambatan ekstrak etil asetat filtrat kapang endofit asal akar tanaman kunyit sebesar 50,14 % pada konsentrasi bahan uji 2 mg/mL. Hasil tersebut sedikit lebih rendah dibandingkan dengan aktivitas kapang endofit IP-2 sebesar 52,73% pada konsentrasi bahan uji yang sama (Purwantini *et al.*, 2015).

Suatu bahan alam yang diuji aktivitas penghambatan polimerisasi hem menggunakan metode yang dikemukakan oleh Basilico (1998) dapat dikategorikan memiliki aktivitas penghambatan polimerisasi hem apabila nilai IC_{50} nya di bawah nilai IC_{50} dari klorokuin sulfat sebesar 37,5 mM atau sekitar 12 mg/mL (Baelsman *et al.*, 2000). Dalam penelitian ini, nilai IC_{50} dari ekstrak etil asetat filtrat kapang endofit K.Cl.Sb.A11 sebesar 1,84 mg/mL lebih kecil dibandingkan dengan nilai IC_{50} klorokuin sulfat. Oleh karena itu, ekstrak etil asetat filtrat kapang endofit K.Cl.Sb.A11 memiliki aktivitas antimalaria melalui penghambatan polimerisasi hem. Mekanisme yang terjadi pada aktivitas

penghambatan polimerisasi hem ialah terjadinya interaksi antara senyawa uji dengan sistem elektrolit hem dan atau gugus hidroksil dalam bahan uji yang berikatan dengan ion besi hem (Basilico *et al.*, 1998).

Pada analisis molekuler, didapatkan hasil bahwa isolat kapang endofit K.Cl.Sb.A11 asal akar kunyit memiliki hubungan kekerabatan yang lebih dekat dengan *Penicillium* sp. Beberapa kapang dari genus *Penicillium* telah dilaporkan sebagai kapang endofit dari tanaman suku Zingiberaceae selain tanaman kunyit. Kapang *Penicillium citrinum* berhasil diisolasi sebagai kapang endofit dari tanaman jahe-jahean pinding hijau *Hornstedtia conica* (Putra *et al.*, 2015). Peran kapang *Penicillium* sebagai kapang endofit salah satunya ialah dengan menghasilkan senyawa metabolit sekunder. Kapang endofit *Penicillium* sp. yang diisolasi dari daun kunyit putih (*Curcuma zedoaria*) menghasilkan metabolit sekunder golongan flatal dan piranon (Muharni *et al.*, 2014). Metabolit sekunder yang dihasilkan oleh kapang endofit *Penicillium* berhubungan dengan aktivitas biologisnya, salah satunya sebagai antimalaria.

Kapang Endofit *Penicillium* sp. yang diisolasi dari rumput laut *Caulerpa scalpelliformis*, dan *Halimeda macroloba*, serta dari tanaman *Phyllanthus embilica* mempunyai aktivitas antimalaria dengan menghambat pertumbuhan parasit *Plasmodium falciparum* strain 3D7 (Kaushik *et al.*, 2014). Kapang endofit *Penicillium* sp. juga telah dilaporkan memiliki aktivitas antimalaria melalui penghambatan polimerisasi hem. Ekstrak miselia kapang endofit *Penicillium* sp. yang berhasil diisolasi dari tanaman *Artemisia annua* mampu menghambat polimerisasi hem dengan nilai IC_{50} sebesar 2,29 mg/mL (Purwantini *et al.*, 2010). Jika dibandingkan dengan penelitian ini, aktivitas penghambatan polimerisasi hem kapang endofit tersebut lebih rendah. Oleh karena itu kapang endofit isolat K.Cl.Sb.A11 bisa dikatakan lebih berpotensi.

KESIMPULAN

Isolasi kapang endofit dari akar tanaman kunyit diperoleh 16 isolat. Ekstrak etil asetat filtrat isolat K.Cl.Sb.A11 yang secara molekuler lebih

dekat kekerabatannya dengan *Penicillium* sp. isolat IARI-RPF-43, memiliki aktivitas penghambatan polimerisasi hem dan berpotensi dikembangkan sebagai obat malaria.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia atas dana penelitian yang telah diberikan melalui kegiatan penelitian unggulan tahun 2016.

DAFTAR PUSTAKA

- Baelsmans, R., Deharo, E., Munoz, V., Sauvain, M. and Ginsburg, H., 2000. Experimental condition for testing the inhibitory activity of chloroquine on the formation of β -hematin. *Experimental Parasitology*, 96(4), pp. 243–248.
- Basilico, N., Pagani, E., Monti, D., Oliario, P. and Taramelli, D., 1998. A microtitre-based method for measuring the haem polymerization inhibitory activity (HPIA) of antimalarial drugs. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 42(1), pp. 55–60.
- Bustanussalam, Rachman, F., Septiana, E., Lekatompessy, S.J.R., Widowati, T., Sukiman, H.I. and Simanjuntak, P., 2015. Screening for endophytic fungi from turmeric plant (*Curcuma longa* L.) of Sukabumi and Cibinong with potency as antioxidant compounds producer. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 18(1), pp. 42–45.
- Chenniappan, K. and Kadarkarai, M., 2010. In vitro antimalarial activity of traditionally used western ghats plants from India and their interactions with chloroquine against chloroquine-resistant *Plasmodium falciparum*. *Parasitology Research*, 107(6), pp. 1351–1364.
- Cui, L., Mao, J. and Cui, L., 2007. Cytotoxic effect of curcumin on malaria parasite *Plasmodium falciparum*: inhibition of histone acetylation and generation of reactive oxygen species. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 51(2), pp. 488–494.
- Dai, C.C., Yu, B.Y. and Li, X., 2008. Screening of endophytic fungi that promote the growth of *Euphorbia pekinensis*. *African Journal of Biotechnology*, 7(19), pp. 3505–3510.
- Darmawan, A. dan Lipinwati., 2014. Gambaran obat tradisional yang digunakan penderita malaria di wilayah Puskesmas Simpang IV Sipin Kota Jambi 2014. *Jambi Medical Journal*, 2(2), pp. 114–126.
- Dompeipen, E.J. dan Simanjuntak, P., 2015. Aktivitas antidiabetes dan antioksidan kapang endofit dari tanaman mahoni (*Swietenia macrophylla* King). *Biopropal Industri*, 6(1), pp. 7–17.
- Harborne, J.B., 1998. *Phytochemical Methods: A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis*. 3rd ed. Chapman & Hall, England.
- Hiraishi, A., Kamagata, Y. and Nakamura, N., 1995. Polymerase chain reaction amplification and restriction fragment length polymorphism analysis of 16S rRNA genes from methanogens. *Journal of Fermentation Bioengineering*, 79(6), pp. 523–529.
- Huy, N.T., Uyen, D.T., Maeda, A., Oida, T., Harada, S. and Kamei, K., 2007. Simple colorimetric inhibition assay of heme crystallization for high-throughput screening of antimalarial compounds. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 51(1), pp. 350–353.
- Jiazhong, L., Li, S., Bai, C., Liu, H. and Gramatica, P., 2013. Structural requirements of 3-carboxyl-4(1H)-quinolones as potential antimalarials from 2D and 3D QSAR analysis. *Journal of Molecular Graphics and Modelling*, 44, pp. 266–277.
- Kaushik, N.K., Murali, T.S., Sahal, D. and Suryanarayanan, T.S., 2014. A search for antiplasmodial metabolites among fungal endophytes of terrestrial and marine plants of Southern India. *Acta Parasitologica*, 59(4), pp. 745–757.
- Kumala, S. dan Pratiwi, A.P., 2014. Efek antimikroba dari kapang endofit ranting tanaman biduri. *Jurnal Farmasi Indonesia*, 7(2), pp. 111–120.
- Martinez-Correa, H.A., Paula, J.T., Kayano, A.C.A.V., Queiroga, C.L., Magalhaes, P.M., Costa, F.T.M. and Cabral, F.A., 2017. Composition and antimalarial activity of extracts of *Curcuma longa* L. obtained by a combination of extraction processes using supercritical CO₂ ethanol and water as solvents. *The Journal of Supercritical Fluids*, 119, pp. 122–129.
- Muharni, Fitriya, Ruliza, M.O., Susanti, D.A. and Elfita., 2014. Di(2-Ethylhexyl)(phthalate and pyranon derived from endophytic fungi *Penicillium* sp the leave of kunyit putih (*Curcuma zedoaria*). *Indonesian Journal of Chemistry*, 14(3), pp. 290–296.
- Murray, C.J.L., Rosenfeld, L.C., Lim, S.S., Andrews, K.G., Foreman, K.J., Haring, D., Fullman, N., Naghavi, M., Lozano, R. and Lopez, A.D., 2012. Global malaria mortality between 1980–2010: a systematic analysis. *Lancet*, 379(9814), pp. 413–431.
- Nagendrappa, P.B., Naik, M.P. and Payyappallimana, U., 2013. Ethnobotanical survey of malaria prophylactic remedies in Odisha, India. *Journal of Ethnopharmacology*, 146(3), pp. 768–772.
- Olorunnisola, O.S., Adetutu, A., Balogun, E.A. and Afolayan, A.J., 2013. Ethnobotanical survey of medicinal plants used in the treatment of malarial in Ogbomosho, Southwest Nigeria. *Journal of Ethnopharmacology*, 150(1), pp. 71–78.
- Purwantini, I., Wahyono, Mustofa dan Susidarti, R.A., 2010. Aktivitas Inhibitor Polimerisasi Hem Metabolit *Penicillium* sp. Fungi Endofit yang Diisolasi dari *Artemisia annua*. *Prosiding Seminar Nasional Eight Star Performance Pharmacist. Fakultas Farmasi Universitas Gadjah Mada*, 1(1), pp. 155–159.
- Purwantini, I., Wahyono, Mustofa dan Susidarti, R.A., 2015. Pengaruh media pada pertumbuhan fungi endofit IP-2 dan produksi metabolit aktif inhibitor polimerisasi hem. *Traditional Medicine Journal*, 20(1), pp. 51–56.
- Putra, I.P., Rahayu, G. and Hidayat, I., 2015. Impact of domestication on the endophytic fungal diversity associated with wild *Zingiberaceae* at mount Halimun Salak National Park. *HAYATI Journal of Biosciences*, 22(4), pp. 157–162.
- Sambrook, J. and Russel, D.W., 2001. *Molecular Cloning: A Laboratory Manual*, 3rd ed. Cold Spring Harbor Laboratory Pr, USA.
- Septiana, E., Bustanussalam, Rachman, F., Hapsari, Y. dan Simanjuntak, P., 2017. Potensi ekstrak kapang endofit asal rimpang kunyit sebagai antimalaria dan antioksidan. *Jurnal Kefarmasian Indonesia*, 7(1), pp. 1–9.
- Theantana, T., Hyde, K.D. and Lumyong, S., 2007. Asparaginase production by endophytic fungi isolated from some Thai medicinal plants. *KMITL Science and Technology Journal*, 7(1), pp. 13–18.
- Tomita, F., 2003. Endophytes in Southeast Asia and Japan: their taxonomic diversity and potential applications. *Fungal Diversity*, 14, pp. 187–204.
- Wahyono, Pudjiono dan Widayati, P., 2010. Uji aktivitas senyawa antiplasmodium dari fungi endofit tanaman *Artemisia annua* L. *Majalah Farmasi Indonesia*, 21(4), pp. 230–235.

White, T.J., Bruce, T., Lee, S. and Taylor, I., 1990. Amplification and Direct Sequencing of Fungal Ribosomal RNA Genes for Phylogenetics. Dalam:

Innis, M.A., Gelfand, D.H., Sninsky, J.J. dan White, T.J. eds. *PCR Protocols: A Guide to Method and Applications*. Academic Press. New York.

INDEKS PENGARANG

A

Abimanyu, A.A., 65
Adie, .M.M., 241
Agusta, A., 31
Agustiyani, D., 205
Andayani, D., 225
Antonius, S., 205
Amelia, M., 323
Aslianti, T., 9
Atikah, T.D., 335

B

Basuki, T., 21

D

Diana, N. E., 147
Djumali, 21, 147
Dwiyanti, D., 123

E

Efendy, O., 31
Ernawati, Y., 39

F

Febrianti, R., 65
Firmansyah, M.A., 103

G

Garsetiasih, R., 49

H

Hadiyanti, N., 135
Herawati, N., 91

I

Indriyani, S., 123

J

Jamaris, Z., 9

K

Koesrini, 265
Krisnawati, A., 241
Kusumawati, D., 9
Kusmini, I.I., 195
Kusumawati, A., 91
Kuswantoro, F., 283

L

Laili, N., 205
Lestari, P., 183
Lekatompessy, S.J.R., 273
Liana, T., 103
Lugrayasa, I.N., 283

M

Maftu'ah, E., 253
Mastur, 215
Mulyaningsih, S., 21
Mulyaningrum, S.R.H., 299
Muntadliroh, 283

N

Nugroho, K., 183
Nugroho, E., 85
Nurainas, 175
Nurtjahya, E., 255

P

Pardono, 135
Purwaningsih, 335
Putri, F.P., 195
Putera, S., 85

R

Radona., R., 157
Rachman, F., 273
Rahardjo, M.F., 39
Rahmaida, R., 323
Rahayu, W., 103
Rianti, A., 49
Rijzaani, H., 183
Royyani, M.F., 1, 31
Rustiami, H., 225

S

Sadili, A., 1
Santoso, A., 91
Septiana, E., 273
Setyowati, M., 215
Sihotang, V.B.L., 31
Simanjuntak, P., 273
Subositi, D., 115
Subagja, J., 157, 195
Sujarwo, W., 283
Sularto, 65
Suharyanto, 65
Sukiman, H.I., 273
Supriyadi, 135, 147
Susilawati, A., 253
Susilowati, D.N., 215
Syamsuardi, 175
Suwoyo, H.S., 299
Syah, R., 299

T

Takandjandji, M., 49
Tampubolon, P.A.R.P., 39
Terryana, RT., 183
Triana, E., 77
Tribudiarti, M., 175
Trimanto, 123

W

Wardani, W., 313
Widodo, H., 115

Z

Zein, M.S.A., 165

INDEKS SUBJEK

A

Adaptasi, 265,266,270,271,272
Akar adventif, 313,314,315,316,317,319,320
Aktivitas denitrifikasi, 205,206,207,208,209,212,213
Alang-alang (*Imperata cylindrica* (L.) Beauv.), 115
Analisis lintasan, 215,216,218,219,220
Anatomi, 123,124,125,130,132
Ampas tahu,
299,300,301,302,303,306,307,310,311,312

B

Barbonymus, 195
Barkoding DNA, 165,166
Belitung, 225,26,227,228,230,232,234,238,239
Bengkuang 241,242,243,246,247,248,249,250,251
Berat, 195,196,197,198,200,201,202
Bioleching, 253, 254
Buah lokal, 283,295
Bumbu masak, 283,284,286,287,289,280,293,296

C

Cabai, 183,184,185,186,187,188,189,191,192
Ciplukan, 135
Curcuma, 123,124,125,130, 131, 132
Curcuma longa, 273,274,271
Cyathea contaminans 313,321

D

Daucus carota L., 103
Database, 115,116
Dataran rendah, 103,104,105,113
Diversitas floristik, 335

F

Famili accipitridae. 165,166,167,168,169
Favonoid 135,136,137,142,143,144,145
Fekunditas 195,196,197,198,200,201
Fenotip 215,216,217,218,219
Frekuensi pakan, 157,159,161,162

G

Gas N₂O, 205,206,207,209,212,213
Glikosilasi, 91,92,95,97,98,100
Gunung Keneng, 335,336,33,338,339,348
Gunung Payung. 335,336,337,338,343,348,340,341

I

Identifikasi molekuler 273,275,276
Ikan nila, 299,300,301,302,303,305,306,307,
308,309,310,311,312
Indonesia, 195
Indonesia, 322,323,324,325,326,327,332
Inpara, 265,266,267,268,269,270,271,272
Inter Simple Sequence Repeats (ISSR) 115,116

K

Kacang tunggak, 215,216,217,218,219,220
Kajian entobotani, 175
Kapang endofit, 273,274,275,276,279,280,281
Kerajaan Rokan, 175,177,178
Karakter sekunder, 215,216,218,219,220
Keanekaragaman, 225,238,239
Keanekaragaman hayati, 322,232,332
Kearifan lokal, 283
Keragaman, 135,136,137,138,141,143,144,145
Keragaman genetik, 115,116,120,121
Keragaman Genetik 183,184,186,187,188,189,192
Kerapatan populasi, 313,314,316,320
Kolaborasi, 322,323,325,326,327,329,331
Kutipan, 322,323,324,325,326,327,329,331

L

Laju perkecambahan, 241, 244, 246, 247, 249,250
Lahan kering 147,148,150,151,152,153
Lahan rawa 265,266,268,270,271,272

M

Marka SSR, 183,184,185,186,187,188,189,191,192
Masakan tradisional, 175,176,178,181
Morfologi, 123,124,125,130,132
Morfologi, 135,136,137,141,143,144,145

N

NrS, 205,206,207,209,211,213
NosZ 205,206,207,209,211,213

P

Pachyrhizus erosus, 241, 251
Padi 253,254,255,257,258,259,260,261,262,263,264
Pakan, 299,300,301,302,303,306,307,308,309,310,311,312
Pakis pohon, 313,314,315,316,319

INDEKS SUBJEK

- Paket pemupukan, 103,104,107,109,111,113
Palem, 225,226,230, 234,236,238
Panjang, 195,196,197,198,200,201,202
Pasir Ipis, 335,336,337,338,339,340,341,343
Penicillium sp., 273,277,279,280,281
Pertumbuhan, 157,158,159,160, 161,162,163
Pertumbuhan 299,300,301,302,303,306,307,308,309,
310,311,312
Pichia pastoris, 91,92,100
Polimerisasi hem, 273,274,275,276,278,280,281
Potensi tumbuh maksimal, 241
Profitabilitas. 157,158,161,162,163
Pulau Mendanau, 225,226,227,228,238
Produksi, 147,148,149,150,151
Produktivitas lahan, 253, 254,263
Profil protein total, 135,136,137,141,144
Promoter AOX 91,94
Pupuk, 147,148,149,150,151,152,153,154,155
Publikasi ilmiah, 322,323,324,325,326,327,331
- R**
Rempah, 175,176,177,178,179,180,181
Rimpang, 123,124,125,130, 131, 132
- S**
Sayur lokal, 283
Scopus, 322,323,324
Sintasan, 157,158,159,160, 161,162,163
Sistem ekspresi, 91,92
Sitokrom c oksidase subunit I (COI), 165,166,167,168,
169,170,172
Struktur hutan, 335,339,343
Sulfat masam aktual, 253, 254, 256, 260,263
- T**
Tabanan 283,284,286,290,291,293,296
Tanah lempung liat berpasir 103,104,113
Tebu, 147,148,149,150,151,152,153,154,155
Tengadak, 195,196,197,198,199,200,201,202
Tor tambroides, 157,158,159,160, 161,162
- U**
Umur masak polong, 241,242,243, 244,250
use value. 175,176,179,180
- V**
vegetasi, 335,336,337,348,349
Vektor, 91,92,93,94,95
- Z**
Zingiberaceae 123,132

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 harus 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 diberikan dalam bahasa Indonesia dan Inggris. Judul ditulis dalam huruf tegak kecuali untuk nama ilmiah yang menggunakan bahasa latin, Judul harus singkat, jelas dan mencerminkan isi naskah dengan diikuti oleh nama serta alamat surat menyurat penulis dan alamat email. 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. Perlu disebutkan juga studi terdahulu yang pernah dilakukan terkait dengan penelitian yang dilakukan.
- 5. Bahan dan cara kerja**
Bahan dan cara kerja berisi informasi mengenai metode yang digunakan dalam penelitian. 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 sitasinya dan apabila ada modifikasi maka harus dituliskan dengan jelas bagian mana dan hal apa yang dimodifikasi.
- 6. Hasil**
Hasil memuat data ataupun informasi utama yang diperoleh berdasarkan metoda yang digunakan. Apabila ingin mengacu pada suatu tabel/grafik/diagram atau gambar, maka hasil yang terdapat pada bagian tersebut dapat diuraikan dengan jelas dengan tidak menggunakan kalimat 'Lihat Tabel 1'. Apabila menggunakan nilai rata-rata maka harus menyertakan pula standar deviasinya.
- 7. Pembahasan**
Pembahasan bukan merupakan pengulangan dari hasil. Pembahasan mengungkap alasan didapatkannya hasil dan arti atau makna dari hasil yang didapat tersebut. Bila memungkinkan, hasil penelitian ini dapat dibandingkan dengan studi terdahulu.
- 8. Kesimpulan**
Kesimpulan berisi informasi yang menyimpulkan hasil penelitian, sesuai dengan tujuan penelitian, implikasi dari hasil penelitian dan penelitian berikutnya yang bisa dilakukan.
- 9. Ucapan terima kasih**
Bagian ini berisi ucapan terima kasih kepada suatu instansi jika penelitian ini didanai atau didukung oleh instansi tersebut, ataupun kepada pihak yang membantu langsung penelitian atau penulisan artikel ini.
- 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* dan penulisan terbitan berkala ilmiah (nama jurnal) tidak disingkat.

Format naskah

- Naskah diketik dengan menggunakan program Microsoft Word, huruf New Times Roman ukuran 12, spasi ganda kecuali Abstrak spasi tunggal. 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 ditulis dengan menggunakan koma (,) dan ditulis dengan menggunakan titik (.) bila menggunakan bahasa Inggris. Contoh: Panjang buku adalah 2,5 cm. 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 ditulis dengan merujuk kepada aturan standar yang diakui. Untuk tumbuhan menggunakan *International Code of Botanical Nomenclature* (ICBN), untuk hewan menggunakan *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. 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.
- Untuk range angka menggunakan en dash (–), contohnya pp.1565–1569, jumlah anakan berkisar 7–8 ekor. Untuk penggabungan kata menggunakan hyphen (-), contohnya: masing-masing.
- 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.

8. **Gambar**
Gambar bisa berupa foto, grafik, diagram dan peta. Judul gambar 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, untuk *line drawing* minimal 600dpi.
9. **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). Jika sitasi beruntun maka dimulai dari tahun yang paling tua, jika tahun sama maka dari nama penulis sesuai urutan abjad. Contoh: (Anderson, 2000; Agusta *et al.*, 2005; Danar, 2005). Penulisan daftar pustaka, sebagai berikut:
 - a. **Jurnal**
Nama jurnal ditulis lengkap.
Agusta, A., Maehara, S., Ohashi, K., Simanjuntak, P. and Shibuya, H., 2005. Stereoselective oxidation at C-4 of flavans by the endophytic fungus *Diaporthe* sp. isolated from a tea plant. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 53(12), pp.1565–1569.
 - b. **Buku**
Anderson, R.C. 2000. *Nematode Parasites of Vertebrates, Their Development and Transmission*. 2nd ed. CABI Publishing, New York. pp. 650.
 - c. **Prosiding atau hasil Simposium/Seminar/Lokakarya.**
Kurata, H., El-Samad, H., Yi, T.M., Khammash, M. and Doyle, J., 2001. Feedback Regulation of the Heat Shock Response in *Escherichia coli*. *Proceedings of the 40th IEEE Conference on Decision and Control*. Orlando, USA pp. 837–842.
 - d. **Makalah sebagai bagian dari buku**
Sausan, D., 2014. Keanekaragaman Jamur di Hutan Kabungolor, Tau Lumbis Kabupaten Nunukan, Kalimantan Utara. Dalam: Irham, M. & Dewi, K. eds. *Keanekaragaman Hayati di Beranda Negeri*. pp. 47–58. PT. Eaststar Adhi Citra. Jakarta.
 - e. **Thesis, skripsi dan disertasi**
Sundari, S., 2012. Soil Respiration and Dissolved Organic Carbon Efflux in Tropical Peatlands. *Dissertation*. Graduate School of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo. Japan.
 - f. **Artikel online.**
Artikel yang diunduh secara online ditulis dengan mengikuti format yang berlaku untuk jurnal, buku ataupun thesis dengan dilengkapi alamat situs dan waktu mengunduh. Tidak diperkenankan untuk mensitasi artikel yang tidak melalui proses peer review misalnya laporan perjalanan maupun artikel dari laman web yang tidak bisa dipertanggung jawabkan kebenarannya seperti wikipedia.
Himman, L.M., 2002. A Moral Change: Business Ethics After Enron. San Diego University Publication. <http://ethics.sandiego.edu/LMH/oped/Enron/index.asp>. (accessed 27 Januari 2008) bila naskah ditulis dalam bahasa inggris atau (diakses 27 Januari 2008) bila naskah ditulis dalam bahasa indonesia

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 tidak sedang diterbitkan di tempat lain serta bebas dari konflik kepentingan.

Penelitian yang melibatkan hewan

Setiap naskah yang penelitiannya melibatkan hewan (terutama mamalia) sebagai obyek percobaan/penelitian, wajib menyertakan '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 yang dipublikasi pada edisi tersebut. Oleh karena itu, setiap naskah yang ada ilustrasinya diharapkan dapat mengirimkan ilustrasi atau foto dengan kualitas gambar yang baik dengan disertai keterangan singkat ilustrasi atau foto dan nama pembuat ilustrasi atau pembuat foto.

Proofs

Naskah *proofs* akan dikirim ke penulis dan penulis diwajibkan untuk 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 secara online ke website berita biologi: http://e-journal.biologi.lipi.go.id/index.php/berita_biologi

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: berita.biologi@mail.lipi.go.id
jurnalberitabiologi@yahoo.co.id atau
jurnalberitabiologi@gmail.com

BERITA BIOLOGI

Vol. 17 (3)

Isi (*Content*)

Desember 2018

P-ISSN 0126-1754

E-ISSN 2337-8751

MAKALAH HASIL RISET (ORIGINAL PAPERS)

KEANEKARAGAMAN PALEM DI PULAU MENDANAU, BELITUNG [Palms Diversity in Mendanau Island, Belitung] <i>Deri Andayani, Eddy Nurtjahya dan Himmah Rustiami</i>	225 – 239
PENGARUH UMUR MASAK POLONG TERHADAP VIABILITAS DAN VIGOR BENIH BEBERAPA AKSESI BENGKUANG (<i>Pachyrhizus erosus</i>) [The Effect of Pod Maturity to Seed Viability and Vigor of Several Yam Bean Accessions] <i>Ayda Krisnawati dan M. Muchlish Adie</i>	241 – 251
BIOLEACHING UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS LAHAN SULFAT MASAM AKTUAL UNTUK TANAMAN PADI [Bioleaching to Improve Productivity Actual of Acid Sulfate Soil for Rice Crop] <i>Eni Maftu'ah dan Ani Susilawati</i>	253 – 264
ADAPTASI DAN KERAGAAN HASIL PADI VARIETAS INPARA DI LAHAN RAWA [Adaptation and Yield Performance of Inpara Rice of Varieties on Swamp Lands] <i>Koesrini</i>	265 – 272
ISOLASI DAN IDENTIFIKASI KAPANG ENDOFIT ASAL AKAR TANAMAN KUNYIT (<i>Curcuma longa</i>) SEBAGAI ANTIMALARIA [Isolation and Identification of Endophytic Fungi from Turmeric Plant (<i>Curcuma longa</i>) Root as Antimalarial] <i>Eris Septiana, Fauzy Rachman, Sylvia J.R. Lekatompessy, Harmastini I. Sukiman dan Partomuan Simanjuntak</i>	273 – 282
STUDI ETNOBOTANI TIGA PASAR TRADISIONAL DI KABUPATEN TABANAN BALI [Etnobotanical Study of Three Traditional Markets in Tabanan Regency Bali] <i>Wawan Sujarwo, I Nyoman Lugrayasa dan Farid Kuswantoro</i>	283– 297
PERTUMBUHAN, SINTASAN, DAN PRODUKSI IKAN NILA MERAH (<i>Oreochromis niloticus</i>) YANG DIBERI KOMBINASI PAKAN KOMERSIL DAN AMPAS TAHU HASIL FERMENTASI [Growth, survival rate, and production of red Tilapia <i>Oreochromis niloticus</i> fed combination of commercial feed and fermented tofu waste] <i>Hidayat Suryanto Suwoyo, Sri Redjeki Hesti Mulyaningrum dan Rachman Syah</i>	299– 312
KAJIAN POTENSI PRODUKSI AKAR ADVENTIF PAKIS POHON <i>Cyathea contaminans</i> (CYATHEACEAE) DI JAWA BARAT DAN SUMATERA UTARA [Study on Production Potential of Adventitious Root of the Scaly Tree Fern <i>Cyathea contaminans</i> (Cyatheaceae) in West Java and Nort Sumatra] <i>Wita Wardani</i>	313 – 321
PENGARUH KOLABORASI TERHADAP KUALITAS PUBLIKASI PENELITIAN KEANEKARAGAMAN HAYATI INDONESIA BERDASARKAN BASIS DATA SCOPUS (1990-2012) [Impact of Collaboration on Quality of Publications in Biodiversity Research from Indonesian Researchers based on Scopus Database (1990-2012)] <i>Rizka Rahmaida dan Mia Amelia</i>	323 – 334
DIVERSITAS FLORISTIK DAN STRUKTUR VEGETASI DI HUTAN GUNUNG PAYUNG, TAMAN NASIONAL UJUNG KULON [Floristic Diversity and Vegetation Structure in Mount Payung Forests, Ujung Kulon National Park] <i>Purwaningsih dan Tika D. Atikah</i>	335 – 349