

Mini Review
**JAMUR ENDOFIT, BIODIVERSITAS, POTENSI DAN PROSPEK
PENGUNAANNYA SEBAGAI SUMBER BAHAN OBAT BARU**

Hadi Kuncoro¹⁾ dan Noor Erma Sugijanto²⁾

Kelompok Bidang Ilmu Biologi Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Mulawarman¹⁾.

Jl. Penajam, Kampus Unmul Gunung Kelua, Samarinda, Kalimantan Timur.

e-mail: hadikuncoro@farmasi.unmul.ac.id

Departemen Kimia Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Airlangga, Surabaya, Jawa Timur²⁾.

ABSTRACT

Endhophytes microbes are microbes that live in colonies formed in plant tissues without harming its host plant. Endhophytes was first reported in 1904. Each higher plants may contain some Endhophytes microbes that produce secondary metabolites as a product of coevolution or genetic transfer occurred (genetic recombination) from its host plants to microbial Endhophytes. Endhophytes originating from areas with high biodiversity have the potential to generate chemical diversity is also high and has a future economic prospects.

Key words : *Endhophytes, genetic transfer, biodiversity*

ABSTRAK

Mikroba Endofit adalah mikroba yang hidup membentuk koloni di dalam jaringan tanaman tanpa membahayakan tanaman inangnya. Endofit dilaporkan pertama kali pada tahun 1904. Setiap tanaman tingkat tinggi dapat mengandung beberapa mikroba endofit yang menghasilkan metabolit sekunder sebagai akibat koevolusi atau terjadi transfer genetik (genetic recombination) dari tanaman inangnya ke mikroba endofit. Endofit yang berasal dari daerah dengan biodiversitas tinggi memiliki potensi menghasilkan keanekaragaman kimiawi yang juga tinggi dan mempunyai prospek ekonomi dimasa depan.

Kata kunci : Endofit, transfer genetik, biodiversitas.

PENDAHULUAN

Dua abad terakhir ini, setidaknya ada tiga jenis revolusi dalam industri; yaitu batubara dan kereta api, minyak dan senyawa kimia serta yang terakhir elektronika dan bioteknologi. Revolusi industri bioteknologi, sebagai hasil dari penemuan dan meluasnya pengetahuan dasar tentang proses kehidupan pada tingkat molekul, sel dan genetik saat ini sangat menarik perhatian para peneliti dan pihak industri. Melalui bioteknologi, berbagai permasalahan biologi yang pada

masa lampau belum diketahui jawabannya, sekarang telah dapat dipecahkan. Berangkat dari pemikiran bahwa bioteknologi sebagai sebuah sistem pendekatan baru dalam mengubah bahan mentah melalui proses biologi menjadi produk berguna, maka paduan ilmu biologi, biokimia dan rekayasa ini diharapkan dan telah terbukti menghasilkan beragam penemuan baru atau penyempurnaan dalam pemecahan masalah dibidang kesehatan, pertanian dan lingkungan [1].

Saat ini diketahui sekitar 30 % penjualan obat diseluruh dunia adalah obat-obatan yang berasal dari bahan alam. Di Amerika Serikat misalnya sekitar 25 % dari obat yang diresepkan, komposisi utamanya adalah produk alami yang berasal dari tanaman dan turunannya [12].

Sebagai contoh aspirin, analgesik yang saat ini paling dikenal adalah hasil isolasi dari tanaman *Salix* dan *Spiraea*, demikian pula paclitaxel dan vinblastine merupakan obat antikanker yang sangat potensial juga diisolasi dari tanaman. [4].

Tingkat produksi obat herbal khususnya, saat ini masih sangat terbatas karena sebagian besar bahan baku masih diambil dari tanaman aslinya. Dikhawatirkan sumberdaya hayati ini suatu saat musnah disebabkan kendala dalam budidayanya dan peningkatan produksi yang sejalan dengan meningkatnya permintaan akibat berkembangnya populasi. Bahkan disinyalir bahan obat herbal yang diproduksi dan diedarkan di Indonesia saat ini sebagian besar bahan bakunya sudah mulai diimpor dari negara lain[4].

Masalah kesinambungan suplai bahan baku obat dan pengembangan obat baru dari bahan alam yang sumbernya relatif terbatas ini merupakan hal yang mendesak untuk dicari solusinya [6].

Peran bioteknologi dalam budidaya, multiplikasi, rekayasa genetika, dan skrining tumbuhan maupun mikroba yang diharapkan menghasilkan metabolit sekunder berkhasiat sangat penting dalam rangka pengembangan bahan obat yang berasal dari bahan alam ini [4].

Secara historis dari semua mikroorganisme yang telah diteliti, *Actinomycetes* dan jamur merupakan penghasil metabolit sekunder yang sangat beragam dan

potensial [2]. Sejak ditemukannya penisilin tahun 1928 yang kemudian diikuti beragam antibiotika sesudahnya seperti golongan streptomisin, jamur menarik perhatian para peneliti untuk dieksplorasi sebagai sumber bahan obat [6]. Salah satu bentuk perkembangan bioteknologi dalam hal ini adalah peningkatan produksi metabolit sekunder melalui mikroba khususnya jamur melalui proses fermentasi. Hal ini dilakukan untuk menghasilkan produk metabolit sekunder yang bersifat unggul dan dalam jumlah melimpah. Diantara berbagai mikroorganisme yang dikembangkan potensinya sebagai sumber bahan obat saat ini dan menjadi perhatian para peneliti adalah mikroba endofit.

Mikroba Endofit

Endofit dilaporkan pertama kali pada tahun 1904 oleh Darnel dkk. Mikroba endofit didefinisikan sebagai mikroba yang hidup di dalam jaringan tumbuhan tanpa menyebabkan efek negatif langsung yang nyata seperti dikemukakan oleh Stone dkk. Hal ini menunjukkan kemungkinan terjadi hubungan simbiosis mutualisme antara mikroba endofit dan tanaman inangnya, namun ternyata ada pula endofit yang saprofit agresif atau patogen oportunistis. Mikroba endofit umumnya berupa bakteri dan kapang, namun jenis kapang yang lebih sering diisolasi [5].

Bakteri adalah prokariota dan jamur adalah eukariota. Bakteri pada umumnya berkolonisasi di jaringan intraseluler, jamur dapat ditemukan dalam jaringan inter- maupun intraseluler [7].

Tan dan Zou menyatakan bahwa mikroba endofit adalah mikroba yang hidup membentuk koloni di dalam jaringan tanaman tanpa membahayakan tanaman inangnya. Setiap tanaman tingkat tinggi dapat mengandung beberapa mikroba

endofit yang menghasilkan metabolit sekunder sebagai akibat koevolusi atau terjadi transfer genetik (*genetic recombination*) dari tanaman inangnya ke mikroba endofit [13]. Kemampuan mikroba endofit menghasilkan berbagai senyawa fitokimia tertentu yang juga dihasilkan oleh tumbuhan inangnya mungkin terkait dengan adanya rekombinasi genetik mikroba endofit dengan inang selama waktu evolusinya. Konsep tersebut sebelumnya diusulkan sebagai mekanisme untuk menjelaskan mengapa *Taxomyces andreanae* yang diisolasi dari *Taxus brevifolia* dapat menghasilkan taxol seperti tanaman inangnya [13].

Kemampuan mikroba endofit memproduksi senyawa metabolit sekunder yang sama dengan tanaman inangnya merupakan peluang yang sangat besar dan dapat diandalkan untuk memproduksi metabolit sekunder melalui mikroba endofit yang diisolasi dari tanaman inangnya tersebut. Apabila mikroba endofit dapat menghasilkan senyawa-senyawa bioaktif yang langka dan penting seperti yang dimiliki tanaman inangnya, maka endofit dapat mengurangi ketergantungan terhadap sumber bahan baku dari tanaman inangnya, dengan demikian keanekaragaman hayati yang ada dapat dipertahankan. Selain itu, penggunaan mikroba sebagai sumber produk metabolit sekunder yang berkhasiat dapat dilakukan dengan proses yang lebih mudah dan ekonomis, sehingga dapat dihasilkan produk dengan harga lebih kompetitif [13].

Hawksworth dan Rossman memperkirakan terdapat sekitar 1 juta spesies jamur, 100.000 diantaranya jenisnya telah dikenal [10]. Diketahui terdapat sekitar 300.000 jenis tanaman tersebar di muka bumi ini, bila masing-masing tanaman mengandung satu atau lebih mikroba endofit yang terdiri

dari bakteri dan jamur, bisa dibayangkan betapa besar kekayaan biodiversitasnya [9]. Mikroba endofit merupakan sumber keanekaragaman genetik yang kaya dan dapat diandalkan dengan berbagai kemungkinan spesies baru yang belum dideskripsikan. Mengingat biodiversitasnya yang sangat kaya tersebut maka kebutuhan akan produk bahan alam yang digunakan sebagai antibiotik baru, bahan kemoterapi dan agrokimia yang memiliki keefektifan tinggi, toksisitas rendah, namun tidak mengganggu ekologi lingkungan dapat diharapkan diperoleh dari mikroba endofit ini [10].

Tanaman inang dan mikroba endofit

Pemanfaatan mikroba endofit sebagai sumber metabolit sekunder berkhasiat perlu didasari pada pemilihan tumbuhan inang yang tepat untuk diisolasi endofitnya. Pilihan tumbuhan inang akan mempengaruhi keunikan dan aktivitas biologis produk yang dihasilkan oleh mikroba endofit tersebut [4]. Strobel dan Daisy, 2003 mengemukakan beberapa strategi pemilihan tanaman inang untuk diisolasi endofitnya dan kaitannya dengan produk bahan alam yang dihasilkan diantaranya adalah :

- (a). Tanaman yang berasal dari lingkungan yang unik, khususnya dengan kondisi biologis yang tidak umum/ekstrem, kemungkinan menghasilkan senyawa novel yang digunakannya untuk bertahan hidup.
- (b). Tanaman yang memiliki sejarah etnobotani (digunakan oleh penduduk lokal untuk pengobatan). Pemilihan tanaman dapat dilakukan langsung dengan bantuan penduduk lokal disekitar daerah tempat hidup tanaman tersebut atau didasarkan catatan-catatan pengobatan yang telah ada.
- (c). Tanaman endemik, atau yang hanya hidup di wilayah tertentu atau pada waktu tertentu.
- (d). Tanaman yang tumbuh

didalam wilayah dengan biodiversitas tinggi.

Endofit yang berasal dari daerah dengan biodiversitas tinggi memiliki potensi menghasilkan keanekaragaman kimiawi yang juga tinggi dan mempunyai prospek ekonomi dimasa depan [10]. Tidak hanya tanaman yang berasal dari lingkungan dengan biotipe khusus yang menjadi sumber endofit novel dan novel metabolit sekunder tetapi juga dari lingkungan yang ekstrem. Tanaman air *Rhyncholacis penicillata* merupakan salah satu contoh tanaman yang tetap tumbuh subur walaupun berada dekat dengan tempat pembuangan limbah di sungai di Venezuela. Endofit yang ditemukan dalam tanaman ini adalah *Serratia marcescens* yang menghasilkan *oocydin A*, yaitu komponen novel *antioomycetous* dengan struktur lakton makrosiklik terklorinasi [10].

Sejauh ini, tanaman yang telah diteliti endofitnya masih sangat sedikit, oleh karena itu, masih terbuka kesempatan untuk menemukan berbagai jenis endofit baru yang mengandung metabolit sekunder yang berkhasiat. Bills dkk menyatakan hutan hujan tropis merupakan daerah yang berpotensi luar biasa sebagai sumber endofit tropis yang unggul dengan beragam produk metabolit sekunder aktif dibandingkan endofit dari daerah subtropis [9].

Isolasi Endofit dari bagian tanaman.

Tujuan melakukan isolasi jamur endofit terutama untuk mendapatkan produk metabolit sekunder yang aktif secara biologis [12]. Secara umum prosedur mengisolasi endofit tidaklah terlalu rumit, terutama bagi yang memiliki dasar teknik mikrobiologi. Setelah dilakukan proses pemilihan, identifikasi dan penentuan

lokasi tanaman, selanjutnya bagian tanaman diambil dan disimpan sementara dengan menggunakan wadah plastik khusus yang berpori. Penyimpanan tanaman dalam wadah yang tertutup rapat dengan tujuan memperlambat proses pengeringan jaringan tanaman, tetapi karena ketidakseimbangan aerasi dapat menyebabkan kontaminasi maupun kematian jaringan. Penyimpanan material tanaman dipertahankan pada suhu 4 °C sampai prosedur isolasi dimulai.

Dilakukan proses sterilisasi permukaan dengan perendaman material tanaman menggunakan etanol 70% dan NaOCl selama beberapa menit. Tujuan pemakaian etanol dan NaOCl untuk mengeliminasi kontaminasi mikroba pada permukaan. Waktu perendaman bervariasi tergantung jenis jaringan tanaman maupun tanaman inangnya. Diperlukan proses sterilisasi dan perendaman lebih lama untuk jaringan kayu ataupun daun dengan kutikula yang tebal. Kombinasi Etanol-NaOCl-Etanol terbukti efektif membunuh spora yang dihasilkan oleh jamur kontaminan. Setelah dilakukan sterilisasi pada bagian permukaan, dilanjutkan dengan proses pemindahan jaringan menggunakan pisau bedah steril untuk mendapatkan epidermis, kambium, *xylem*, dan *floem*, kemudian ditanam dalam medium yang sesuai untuk memberi kesempatan jamur endofit tumbuh [12]. Inkubasi dilakukan pada suhu ruangan selama beberapa hari, selanjutnya ujung-ujung *hypha* yang tumbuh dari jamur endofit dipindahkan ke media agar yang sesuai. Setelah tahap pemurnian, endofit dari kultur murni di uji kemampuan tumbuhnya dengan beragam media dan berbagai kondisi pertumbuhan. Penyimpanan kultur dapat dilakukan dengan kondisi tertentu misalnya dengan penambahan gliserol 15% pada suhu -70 °C. Selanjutnya mikroba yang diperoleh difermentasikan, metabolitnya

diekstraksi yang kemudian komponen bioaktifnya diisolasi dan dikarakterisasi [10].

Berbagai jenis endofit telah berhasil diisolasi dari tanaman inangnya, dan telah berhasil dibiakkan dalam media perbenihan yang sesuai. Metabolit sekunder yang diproduksi mikroba endofit tersebut telah berhasil di isolasi, dimurnikan serta telah dielusidasi struktur molekulnya. Ketertarikan para peneliti terhadap

metabolit sekunder yang berasal dari mikroba endofit banyak ditampilkan dalam beberapa jurnal ilmiah. Gusman dan Van haelen mendeskripsikan metabolit sekunder dan aktifitas biologi dari 38 jenis jamur endofit, sementara Tan dan Zou mendeskripsikan setidaknya ada 138 metabolit sekunder dari endofit [2].

Berikut ini disarikan dalam tabel 1 beragam metabolit sekunder yang berasal dari mikroba endofit.

Tabel 1. Produk alami dari mikroba endofit

Jenis mikroba	Tanaman inang (family)bagian tanaman atau jaringan	Kondisi kultur	Produk alami	Aktifitas biologi
<i>Acremonium zeae</i> (NRRL 13540) (<i>mitosporic Hypocreales</i>)	<i>Zea mays</i> L. (maize) (Poaceae); biji	Semua bagian biji dalam H ₂ O; 25°C; 30 hari	<i>pyrrocidine A</i> <i>pyrrocidine B</i>	antibakteri; antijamur
<i>Acremonium</i> spp.	<i>Taxus baccata</i> L.		<i>leucinostatin A</i>	anti-oomycetes dan antikanker (melanoma G361, HT-144, <i>Leukaemia cell lines</i> HSB-2,K-562)
<i>Aspergillus clavatus</i> strain H-037 (Trichocomaceae)	<i>Taxus mairei</i> (Lemee & Lev.) dan <i>Torreya grandis</i> Arn. (Taxaceae); kulit batang	PDA; ; 25°C ; 7 hari	<i>brefeldin A</i>	antijamur; antiviral;antikanker; Manajemen rumput
<i>Aspergillus fumigates</i> CY018 (Trichocomaceae)	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers. (Poaceae); daun	Medium <i>millet</i> (padat); 28°C; 35 hari	asperfumoid asperfumin monometilsulokrin fumigaklavin C fumitremorgin C <i>physcion</i> ergosterol <i>helvolic acid</i> 5 α , 8 α -epidioksi- ergesterol <i>cycla(A la-Leu)</i> <i>cyclo(A la-Ile)</i>	antifungi; mikotoksin antifungi; mikotoksin
<i>Aspergillus niger</i> IFB-E003 (Trichocomaceae)	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers. (Poaceae); daun	Medium <i>millet-bran</i> (padat) 28°C; 35 hari	rubrofusarin B <i>Fonsecinone A</i> aurasperon A <i>asperpyron B</i>	sitotoksik oksidasi ksantin inhibitor sitotoksik oksidasi ksantin inhibitor
<i>Aspergillus parasiticus</i> RDWDI-2 (Trichocomaceae)	<i>Sequoia sempervirens</i> (D.Don) Endl. (Taxodiaceae); Kulit batang	<i>DIFCO mycological broth</i> ;19 hari; ekstrak <i>mycelia</i>	sequoiaton C sequoiaton D sequoiaton E sequoiaton F	toksik terhadap larva udang toksik terhadap larva udang toksik terhadap larva udang toksik terhadap larva udang sitotoksik toksik terhadap larva udang toksik terhadap larva udang toksik terhadap larva udang
		<i>DIFCO mycological broth</i> ;21 hari; ekstrak <i>mycelia</i>	sequoiamonanascin A sequoiamonanascin B sequoiamonanascin C sequoiamonanascin D	
<i>Aspergillus</i> sp. (strain#CY725) (Trichocomaceae)	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers. (Poaceae); daun	PDB; 28°C;4 hari	Monometilsulokrin <i>helvolic acid</i> ergosterol 5 α , 8 α -epidioksi- ergesterol	antibakteri;eosinofil inhibitor antibakteri

Tabel I. Produk alami dari mikroba endofit (lanjutan)

Jenis mikroba	Tanaman inang (family)bagian tanaman atau jaringan	Kondisi kultur	Produk alami	Aktifitas biologi
<i>Botrytis</i> sp. (Sclerotiniaceae)	<i>Taxus brevifolia</i> Nutt. (Taxaceae); kulit batang	<i>DIFCO mycological broth</i> ;still kultur;21 hari	ramulosin 6-hidroksiramulosin 8-dihidroramulosin	antibakteri antibakteri antibakteri
<i>Cephalosporium</i> sp. IFB-E001 (mitosporic Hypocreales)	<i>Trachelospermum Jasmoide</i> Lemoire (Apocynaceae);vine	Medium <i>Millet-bran</i> (padat); 28°C; 30 hari	graphislakton A	antioksidan; antiradikal bebas
<i>Colletotrichum</i> spp.	<i>Artemisia annua</i> L. (tanaman herbal dari china)		6-isoprenil indole-3-Asam karboksilat, 3 β , 5 α dihidroksi-6 β -asetoksi-ergosta-7,22-diene 3 β , 5 α dihidroksi-6 β -fenil asetiloksi-ergosta-7,22-diene	aktifitas antimikroba terhadap jamur pathogen pada manusia dan bakteri, <i>Fungistatic</i> terhadap jamur patogenik pada tanaman
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	<i>Artemisia mongolica</i> Fisch. ex Bess.		<i>Colletotric acid</i>	antibakteri dan anti fungi (<i>Helminthosporium sativum</i>)
<i>Cephalosporium</i> sp. (mitosporic Hypocreales)	<i>Dendrobium nobile</i> Sw. (Orchidaceae); akar	Medium <i>wheat bran</i> (cair); 25°C; 7 hari	ergosterol cyclo (Gly-Val) butanedioic acid kolin sulfat 2-[2-(hidroksil-tetrakosanol)amino-1,3,4-oktadekatriol leusin D-mannitol meso-eritriol piridin-3-asam karboksilat α -sterain urasil	
<i>Ceratopycnidium Baccharidicola</i> (Ascomycetes, inserte sedis)	<i>Baccharis cordifolia</i> L. (Asteraceae); batang dan daun	Medium YES; medium <i>myro</i> ; medium beras padat; 24-27 °C; 30 hari	rodisins verrukarins	<i>toksik to livestock</i> <i>toksik to livestock</i>
<i>Colletotrichum</i> sp. Strain EG 4(phyllachoraceae)	<i>Ginkgo biloba</i> L. (ginkgoaceae); daun	PDB; 28 °C; 6 hari	komponen mirip flavon	
<i>Chaetomium chiversii</i> CS-36-62 (Chaetomiaceae)	<i>Ephedra fasciculata</i> A.Nels (Ephedraceae); Batang	PDA; 27 °C; 14 hari	radicikol	sitotoksik;Hsp90 Inhibitor
<i>Chaetomium globosum</i> (Chaetomiaceae)	<i>Ephedra fasciculata</i> A.Nels (Ephedraceae); Batang	PDB; 26 °C; 15 hari	asam orsellinik globosumone A globosumone B globosumone C trichodion orcinol	sitotoksik sitotoksik
<i>Cladosporium herbarium</i> IFB-E002 (Mycosphaerellaceae)	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers. (Poaceae); daun	Medium <i>Millet-bran</i> (padat); 28 °C; 35 hari	asperginin A rubrofusarin B fonsecinone A 3 α ,5 α ,6 β -trihidroksi-ergosta-7,22-diene 7-hidroksi-4-metoksi-5-metilkumarin Orlandin kotanin	sitotoksik;ksantin oksidase inhibitor <i>plant growth inhibitor</i>
<i>Cytospora</i> sp. CR 200 (Valsaceae)	<i>Conocarpus erecta</i> L. (Combretaceae); batang	PDB	cytosporon A cytosporon B cytosporon C cytosporon D cytosporon E <i>cytoskyrin</i> A <i>cytoskyrin</i> B	antijamur; sitotoksik antibakteri

Jamur Endofit, Biodiversitas, Potensi Dan Prospek Penggunaannya Sebagai Sumber Bahan Obat Baru

Tabel I. Produk alami dari mikroba endofit (lanjutan)

Jenis mikroba	Tanaman inang (family)bagian tanaman atau jaringan	Kondisi kultur	Produk alami	Aktifitas biologi
<i>Cryptosporiopsis quercina</i>	<i>Tripterygium wilfordii</i> Hook.f.		cryptocin cryptocandin	antimikosis(<i>Pyricularia oryzae</i> dan jamur patogenik terhadap tanaman lainnya) Antimikotik (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> , <i>Botrytis cineria</i>) aktif terhadap jamur patogen pada manusia (<i>Candida albicans</i> , <i>Trichophyton</i> spp.)
<i>Diaporthe</i> sp. strain CR 146 (Valsaceae)	<i>Forsteronia spicata</i> G. Meyer (Apocynaceae); batang	PDB	<i>cytosporon</i> A <i>cytosporon</i> B <i>cytosporon</i> C <i>cytosporon</i> D <i>cytosporon</i> E	antijamur;sitotoksik antibakteri
<i>Diplodia mutila</i>	<i>Quercus suber</i> L. (cork oak)		<i>diplopyrone</i>	Fitotoksik
<i>Dorthiorea</i> sp. strain HTF3 (Botryosphaeriaceae)	<i>Aegiseras corniculatum</i> Gaertner. (Myrsinaceae) (Mangrove); batang	PDB; 25 °C; 7 hari	<i>cytosporon</i> B dothiorelon A dothiorelon B dothiorelon C dothiorelon D	antijamur;sitotoksik sitotoksik sitotoksik sitotoksik sitotoksik
<i>Eupenicillium</i> sp. (Trichocomaceae)	<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack (Rutaceae); daun	Medium <i>white-corn</i> ; 20 hari	alanditry pinon alantriyfenon alantrypinen alantryleunon	
<i>Fusarium oxysporum</i> Strain 97CG3 (mitosporic <i>Hypocreales</i>)	<i>Catharanthus roseus</i> (L.)G. Don (Apocynaceae); kulit batang bagian dalam	Medium mineral; 25 °C; 3-4 hari	vineristin	antikanker
<i>Fusarium</i> sp. IFB-121 (mitosporic <i>Hypocreales</i>)	<i>Quercus variabilis</i> L. (Fagaceae); kulit batang	PDB; 28 °C; 6 hari	cerebrosida fusarusida	antibakteri; ksantin oksidase inhibitor antibakteri; ksantin oksidase inhibitor
<i>Fusidium</i> sp. (mitosporic fungi)	<i>Mentha avensis</i> L. (Lamiaceae); daun	Agar <i>biomalt semisolid</i> ; atau <i>biomalt cair</i> ; 20°C; 11 hari	fusidilakton A fusidilakton B fusidilakton C <i>cis</i> -4-hidroksi-6-deoksisitalon	
<i>Fusarium</i> spp	<i>Selaginella pallescens</i> (Pteridophyte)		CR377 (Pentaketida)	antijamur, <i>C. Albicans</i>
<i>Fusarium Subglutinans</i>	<i>Tripterygium wilfordii</i> Hook.f.		subglutinols A and B	Imunosupresif
<i>Guignardia</i> sp. (Botryosphaeriaceae)	<i>Spondias mombin</i> L. (Anacardiaceae);daun	<i>Malt-peptone-glucose broth</i> ; 14 hari	(-)-(S)- <i>guignardic acid</i>	
<i>Hormonema</i> sp. ATCC 74360 (Dothioraceae)	<i>Juniperus communis</i> L. (Cupressaceae); daun	Medium padat <i>brown rice yeast</i> ; 25°C; 21 hari	enfumafungin	antijamur
<i>Leptoshpaeria</i> sp. strain IV403 (Leptosphaeriaceae)	<i>Artemisia annua</i> L. (Asteraceae); batang	PDB; 28°C; 10 hari	<i>leptoshpaeric acid</i> leptosphaeron	
<i>Melanconium betulinium</i> (Melanconidiaceae)	<i>Betula pendula</i> Roth; <i>B. pubescens</i> Enrh. (Betulaceae); bagian yang tumbuh diatas tanah	Medium YMG; 22°C; hingga sumber karbon terserap sempurna	asam 3-hidroksipropionat	nematosidal

Jamur Endofit, Biodiversitas, Potensi Dan Prospek Penggunaannya Sebagai Sumber Bahan Obat Baru

Tabel I. Produk alami dari mikroba endofit (lanjutan)

Jenis mikroba	Tanaman inang (family)bagian tanaman atau jaringan	Kondisi kultur	Produk alami	Aktifitas biologi
<i>Microsphaeropsis olivacea</i> (mitosporic Ascomycota)	<i>Pilgerodendron wiferum</i> (D.Don) Florine (Cupressaceae) [Gymnosperm]; <i>phloem</i>	Medium beras ; 25°C; 30 hari	7- hidroksi-2,4-dimetil-3(2H)-benzofuranon enalin graphislakton brotallin ulokladol 2,5-diacetilfenol butirolakton	AChE inhibitor AChE inhibitor
<i>Monochaetia</i> sp. (Amphisphaeriaceae)	Beberapa tanaman dari hutan hujan; daun, batang, petiola	Medium MID dengan tambahan <i>soytone</i> ; 23°-24°C; 21 hari	<i>amubiic acid</i>	antimikosis
<i>Muscodor albus</i> (mitosporic Xylariales)	<i>Cinnamomum zeylanicum</i> Schaeelter. (Lauraceae); batang	PDA	antibiotik volatil	antibiotik
<i>Muscodor roseus</i>	<i>Erythrophelum chlorostachys</i> (kayu besi)		antibiotik volatil	antibakteri dan antijamur
<i>Muscodor roseus</i>	<i>Grevillea pteridifolia</i> Knight (<i>fern leaf tree</i>)		antibiotik volatil	antibakteri dan antijamur
<i>Muscodor vitigenus</i>	<i>Paullina paullinioides</i> (Liana)		<i>naphthalene</i>	pengusir serangga terutama hama pengerek batang
<i>Mycelia sterila</i> Strain 4567 (Ascomycota)	<i>Cirsium arvense</i> (Canadian thistle) (Asteraceae); ns	Agar <i>malt-soya</i> dan <i>biomalt semisolid</i> ; 130 hari	3-asetil-6-hidroksi-4-metil-2,3-dihydrobenzofuran 3-(3',5'-dihidroksi-2'-metilfenil)-2-butanon 4-asetil-3,4-dihidro-6,8-dihidroksi-5-metilisokumarin 4-asetil-3,4-dihidro-6,8-dihidroksi-3-metoksi-5-metilisokumarin 3,4-dihidro-3,6,8-trihidroksi-3,5-dimetil-isokumarin 6,8-diasetoksi-3,5-dimetilisokumarin	
<i>Microsphaeropsis</i> sp. Strain NRRL 15684 (mitosporic Ascomycota)	<i>Buxus semperivens</i> L. (Buxaceae); daun	Medium SL; 24°C; 13 hari	lakton S 39163/F-I	antimikrobia;antiviral
<i>Mycelia sterila</i> (Ascomycota)	<i>Atropa belladonna</i> L. (Solanaceae); akar	Agar <i>malt-soya</i> dan <i>biomalt semisolid</i> ; RT; 70 hari	preussomerin G preussomerin H preussomerin I preussomerin J preussomerin K preussomerin L	antibakteri;antijamur; FPTase inhibitor antibakteri;antijamur antibakteri;antijamur antibakteri;antijamur antibakteri;antijamur
<i>Nectria galligena</i> (Nectriaceae)	<i>Malus X domestica</i> Borkch (apel) (Rosaceae); <i>xylem</i>	Medium MGP; 24°C; hingga semua glukosa dikonsumsi	kolletorin B kolletoklorin B ilisikolin C ilisikolin E ilisikolin F α,β -dehidrocurvularin	AChE inhibitor; B-glukoronidase inhibitor antibakteri ; AChE inhibitor; β -glukoronidase inhibitor antibakteri ; AChE inhibitor; β -glukoronidase inhibitor sitotoksik; <i>seed germination radical</i> dan penghambat pertumbuhan epikotil
<i>Nodulisporium</i> sp. MF 5954, ATCC 74254 (microsporic Xylariales)	<i>Bontia daphnoides</i> L. (Scrophulariaceae); Kayu	Medium nutrient; 25°C; 21-28 hari	<i>Nodulisporic acid</i> A <i>Nodulisporic acid</i> A ₁ <i>Nodulisporic acid</i> A ₂	insektisida insektisida

Jamur Endofit, Biodiversitas, Potensi Dan Prospek Penggunaannya Sebagai Sumber Bahan Obat Baru

Tabel I. Produk alami dari mikroba endofit (lanjutan)

Jenis mikroba	Tanaman inang (family)bagian tanaman atau jaringan	Kondisi kultur	Produk alami	Aktifitas biologi
<i>Paecilomyces</i> sp. H-036 dan W-001 (Trichocomaceae)	<i>Taxus mairei</i> (Lemee dan Lev)dan <i>Torreya grandis</i> Arn. (Taxaceae); kulit batang	PDA ; 24°C; 7 hari	brefeldin A	antijamur; antivirus; antikanker; <i>weed management</i>
<i>Penicillium implicatum</i> (isolate SJ21) (Trichocomaceae)	<i>Diphylleia sinensis</i> H. L.Li (Berberidaceae);	Medium MM; 28°C; 6 hari	substansi analog mirip podofilotoksin	antikanker
<i>Penicillium janczewskii</i> (Trichocomaceae)	Akar; rimpang; petiole <i>Prumnopitys andina</i> (Endl.)Launbenf. (Podocarpaceae); <i>phloem</i>	PDB; 25°C; 23 hari	peniprekuinolon glioviktin mellein	nematisidal; pemacu pertumbuhan akar; sitotoksik lemah antibakteri;antivirus; fitotoksik
<i>Periconia</i> sp. OBW-15 (Halosphaeriaceae)	<i>Taxus cuspidate</i> Siebold Dan Zucc (Taxaceae) Kulit batang bagian dalam	Media S-7 (cair)(<i>still culture</i>); 25°C; 21 hari	periconicin A periconicin B	antimikotik; elongasi hipokotil dan inhibitor pertumbuhan akar; pemacu pertumbuhan akar (pada <i>low cone</i>) elongasi hipokotil dan inhibitor pertumbuhan akar; pemacu pertumbuhan akar (pada <i>low cone</i>)
<i>Periconia</i> spp.	<i>Torreya grandifolia</i>		Taxol®	antikanker
<i>Pestalotiopsis jesteri</i> (Amphisphaeriaceae)	<i>Fragrea bodenii</i> Thunb. (Gentianaceae)kulit batang bagian dalam	Medium agar MID ; 23°C; 21 hari	jesteron hidroksijesteron	antijamur; anti mikotik
<i>Pestalotiopsis Microspora</i> (Amphisphaeriaceae)	<i>Terminalia morobensis</i> L. (Combretaceae); batang	Medium MID (<i>still culture</i>); 23°C; 21 hari Medium MID (<i>still culture</i>); 23°C; 35 hari	pestacin isopestacin	antimikosis; antioksidan antifungi; antioksidan
<i>Pestalotiopsis guepinii</i>	<i>Wollemia nobilis</i> (<i>Wollemi pine</i>)		Taxol®	
<i>Pestalotiopsis microspora</i>	<i>Taxus brevifolia</i> Nutt. (<i>Pacific Yew</i>)		pestalotiopsins A pestalotiopsins B	seskuiterpens
<i>Pestalotiopsis microspora</i>	<i>Taxus wallachiana</i> (<i>Nepalese Yew</i>)		Taxol®	antikarsinogenik
<i>Pestalotiopsis microspora</i>	<i>Torreya taxifolia</i> Arn		<i>torreyanic acid</i>	antikanker dan antibiotik
<i>Pestalotiopsis microspora</i>	<i>Taxodium distichum</i> Rich		Taxol®	antikanker
<i>Pestalotiopsis</i> spp. (Amphisphaeriaceae)	Beberapa tanaman hutan hujan; daun; batang, petiole	Medium MID; ditambah dengan <i>soytone</i>); 23°-24°C;21 hari	<i>amubiic acid</i>	antimikosis
<i>Phoma</i> spp.	<i>Taxus wallachiana</i> (<i>Himalayan Yew</i>)		altersolanol A 2- hidroksi- 6- metil asam benzoat	antibakteri(<i>Bacillus subtilis</i>)
<i>Phomopsis phaseoli</i> (Valsaceae)	Pohon dari daerah tropis;daun	Medium YMG; 22°C; hingga sumber karbon diserap sempurna	3-hidroksipropionat	nematisidal
<i>Phomopsis</i> sp. (valsaceae)	<i>Erythrina crista-galli</i> L. (Fabaceae); twig (mati)	Medium KGA; RT; 39 hari	phomol	antibakteri; antijamur; anti-inflamasi (uji edema pada telinga tikus); sitotoksik lemah
<i>Phyllosticta capitalensis</i> (telemorf <i>Guignardia mangiferae</i>) (Botryosphaeriaceae)	Pohon kayu daerah tropis dan daerah non tropis; daun	PDA (2% Bactoagar); 26°C; 10 hari	melanin	

Tabel I. Produk alami dari mikroba endofit (lanjutan)

Jenis mikroba	Tanaman inang (family) bagian tanaman atau jaringan	Kondisi kultur	Produk alami	Aktifitas biologi
<i>Pseudomassaria</i> sp. ATCC 74411 (Hyponectriaceae)	Tanaman belum teridentifikasi (diperoleh disekitar Kinshasa, Kongo); daun	WBE broth; 25°C; 21 hari	demetilsterrikuinon B1 (DMAQ-B1) asterikuinon asterikuinon produk oksidasi 1 produk oksidasi 2 produk dekomposisi	aktifator reseptor insulin
<i>Rhinocladiella</i> spp.	<i>Tripterygium wilfordii</i> Hook.f.		22-oxa-[12]- <i>Cytochalsin</i>	antitumor
<i>Rhizoctonia</i> sp. Cy064 (mytosporic Hymemomycetes)	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.. (Poaceae); daun	Medium grain-bran-yeast; 28°C; 40 hari	<i>rhizoctonis acid</i> monometilsulokrin ergosterol 3β,5α,6β-trihidroksiergosta-7,22-diene	antibakteri lemah antibakteri lemah antibakteri lemah
<i>Seytalidium</i> sp. (mitosporic Ascomycota)	<i>Salix</i> sp. (Saliciaceae)	Agar malt-soya dan biomalt semisolid; RT; 111 hari	6-dihidroksi-3-metil-2-(2-oksopropionil)-asam benzoate (1-asetil-2-hidroksivinil)-4,4-dihidroksi-3- asam metil benzoate asetil-3,4-dihidro-6,8-dihidroksi-5-metilisokumarin asetil-3,4-dihidro-6,8-dihidroksi-3-metoksi-5-metilisokumarin dekarboksisisitronin 8-dihidroksi-4-hidroksimetil-3,5-dimetilisokromen-1-one asetoksimetil-6,8-dihidroksi-5-metil-2-benzopiran-1-one asetil-6,8-dihidroksi-5-metil-2-benzopiran-1-one)-didihidronaftol(1,2- <i>b</i>)-furan-5,6 dikarboksilat anhidrat <i>acetone adduct of atronenetinone</i>	
<i>Seimatoantlerium tepuiense</i>	<i>Maguireothamnus speciosus</i> (N. F. Brown) Steyern		Taxol®	
<i>Sporormia minima</i> , <i>Trichothecium</i> spp. dan Jamur dimorphic (belum teridentifikasi)	<i>Taxus wallachiana</i> (Himalayan Yew)		paclitaxel	
<i>Serratia marcescens</i> MSU-97 (Enterobacteriaceae)	<i>Rhyncholacis penicillata</i> Tul. (Podostemaceae)	Medium PD-soytone-yeast ekstrak; 23°C; 15 hari	(-)-oocydin A	anti jamur
<i>Streptomyces aureofaciens</i> CMUAc130 (Streptomycetaceae)	<i>Zingiber officinale</i> Roscoe (Zingiberaceae); akar	ISP-2 broth; 30°C; 5 hari	5,7-dimetoksi-4-fenilkumarin 5,6-dimetoksi-4-(p-metoksi-fenil)kumarin vanillin 3-metoksi-4hidroksitoluen	antijamur antijamur antijamur lemah antijamur lemah

Tabel I. Produk alami dari mikroba endofit (lanjutan)

Jenis mikroba	Tanaman inang (family)bagian tanaman atau jaringan	Kondisi kultur	Produk alami	Aktifitas biologi
Fungi yang belum teridentifikasi No.1893	<i>Kandelia candel</i> (DC). Weight & Arn (Rhizosporaceae) ; <i>dropper</i>	GYT broth; 30°C; 5-7 hari	lakton 1893 A lakton 1893 B <i>cyclo</i> (Phe-Gly) <i>cyclo</i> (Ser-Leu) 5-(<i>p</i> -hidroksilbenzil)-hidantoin	
Fungi yang belum teridentifikasi Strain SWS 1111 (DAOM 221611)	<i>Picea glauca</i> (Moench) Voss. (Pinaceae); <i>needles</i>	Medium MEA; 20°C; 12 hari	vermiculin <i>trans</i> -3-metildodek- <i>cis</i> -6-en-4-olida <i>trans</i> -8-hidroksi-3-metildodek- <i>cis</i> -6-en-4-olida <i>trans</i> -8-asetoksi-3-metildodek- <i>cis</i> -6-en-4-olida <i>trans</i> -9-hidroksi-3-metil-8-okso-dodec- <i>trans</i> -6-en-4-olida <i>trans</i> -8,9-dihidroksi-3-metil-dodek- <i>cis</i> -6-en-4-olida <i>trans</i> -9-hidroksi-8-okso-3-metil-dodecan-4-olida <i>trans</i> -7,9-dihidroksi-3-metil-8-okso-dodecan-4-olida <i>trans</i> -6-hidroksimetil-3-metil-7-okso-dodecan-4-olida 7 α ,8 β -11-trihidroksidriman Asam10,11-dihidroksifarnesic	
Fungi yang belum teridentifikasi Strain SWS 2611L (DAOM 229644)	<i>Picea glauca</i> (Moench) Voss. (Pinaceae); <i>needles</i>	Medium CZ Met dan 2% Medium ekstrak malt; 20°C;42 hari	6,7-dihidroksi-2-propil-2,4-oktadien-4-olida 5,6,8-trihidroksi-4-(1'-hidroksietil) isokumarin sescandelin sescandelin B 4-hidroksi-2-metoksiasetanilida	toksik terhadap <i>spruce budworm cell line CF-1</i> kurang toksik terhadap <i>spruce budworm cell line CF-1</i> kurang toksik terhadap <i>spruce budworm cell line CF-1</i> kurang toksik terhadap <i>spruce budworm cell line CF-1</i>
Fungi yang belum teridentifikasi No.2524	<i>Avicenna marina</i> Forssk.(Acanthaceae); biji[mangrove]	GPY <i>broth</i> (mengandung 20% airlaut); 28°C; 5-7 hari	(3 <i>SAR</i>)-dihidroksi-(6 <i>S</i>)-undesil- α -piranon <i>cyclo</i> -(L-Phe-L-Leu ¹ -L-Leu ² -L-Leu ³ -L-Ile)	nonsitotoksik nonsitotoksik
Fungi yang belum teridentifikasi No.2533	<i>Avicenna marina</i> Forssk.(Acanthaceae); daun muda	Medium glukosa-daging sapi-ekstrak yeast (mengandung 5% airlaut);30°C;5-7 hari	vermopiron avicennin A avicennin B 5-dikloroavicennin A 6,7-dimetil-8-hidroksi-3-metilisokumarin ergosterol 5 α ,8 α -epidioksiergosterol	

Berdasarkan bioaktivitasnya, dikenal beberapa metabolit endofit yang berkhasiat sebagai:

Antibiotik yang dihasilkan oleh mikroba endofit berupa jamur, bakteri, dan Streptomyces.

Cryptocandin adalah antifungi yang dihasilkan oleh mikroba endofit *Cryptosporiopsis quercina* yang berhasil diisolasi dari tanaman obat *Tripterigeum wilfordii*, dan memiliki aktivitas sebagai antijamur yang patogen terhadap manusia yaitu *Candida albicans* dan *Trichopyton spp.* Beberapa zat aktif lain yang diisolasi dari mikroba endofit misalnya *ecomycin* diproduksi oleh *Pseudomonas viridiflava* juga aktif terhadap *Cryptococcus neoformans* dan *Candida albicans* yaitu jamur penyebab penyakit kuku dan kulit.

Cryptocin, sebuah asam tetramat unik, yang juga dihasilkan oleh mikroba endofit *Cryptosporiopsis quercina* memiliki aktifitas poten melawan *Pyricularia oryzae*, organisme penyebab penyakit pada tanaman.

Pestalotiopsis microspora, merupakan mikroba endofit yang paling sering ditemukan di tanaman hutan lindung di seluruh dunia. Endofit ini menghasilkan metabolit sekunder *ambuic acid* yang berkhasiat sebagai antifungi.

Phomopsichalasin, merupakan metabolit sekunder yang diisolasi dari mikroba endofit *Phomopsis sp.*, berkhasiat sebagai anti bakteri terhadap *Bacillus subtilis*, *Salmonella enterica*, *Staphylococcus aureus*, dan juga dapat menghambat pertumbuhan jamur *Candida tropicalis*.

Ecomycin merupakan lipopeptida yang disamping terdiri dari molekul asam amino yang umum juga mengandung homoserin dan beta-hidroksi asam aspartat, dihasilkan

dari *Pseudomonas viridiflava*, dapat menghambat pertumbuhan *Candida albicans* dan

Cryptococcus neoformans. Antibiotika berspektrum luas yang disebut *munumbicin*, dihasilkan oleh endofit *Streptomyces spp.* strain NRRL 30562 yang merupakan endofit yang diisolasi dari tanaman *Kennedia nigricans*, dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Bacillus anthracis*, dan *Mycobacterium tuberculosis* yang multiresisten terhadap berbagai obat anti TBC. Jenis endofit lainnya yang juga menghasilkan antibiotika berspektrum luas adalah mikroba endofit yang diisolasi dari tanaman *Grevillea pteridifolia*. Endofit ini menghasilkan metabolit *kakadumycin* yang berasal dari endofit *Streptomyces sp.* (NRRL 30566), Aktifitas antibakterinya sama seperti *munumbicin D*, dan *kakadumycin* ini juga berkhasiat sebagai anti malaria [10]. Jamur endofit *Muscodor albus* yang berasal dari dahan tanaman *Cinnamomum zelyanicum*, menghasilkan komponen mudah menguap (*antibiotic volatile*) yang secara efektif menghambat dan membunuh jenis bakteri dan jamur lainnya [10].

Antivirus yang dihasilkan oleh mikroba endofit.

Aktifitas menghambat pertumbuhan virus, merupakan manfaat lain yang lebih menarik dari metabolit jamur endofit. Beberapa contoh diantaranya *Cytonic acid A* dan *B*, merupakan hCMV (*human cytomegalovirus*) *protease inhibitors* yang diisolasi dari *solid-state fermentation* (SSF) jamur endofit *Cytonema sp.* Metabolit ini memiliki struktur molekul yang merupakan isomer *p-tridepside*, berkhasiat sebagai anti [10].

Antikanker yang dihasilkan oleh mikroba endofit.

Paclitaxel dan derivatnya merupakan zat yang berkhasiat sebagai antikanker yang pertama kali ditemukan yang diproduksi oleh mikroba endofit. Paclitaxel merupakan senyawa diterpenoid yang didapatkan dalam tanaman *Taxus spp.* Senyawa yang dapat mempengaruhi pembentukan tubulin dalam proses pembelahan sel-sel kanker ini, juga diproduksi oleh endofit *Pestalotiopsis microspora*, yang diisolasi dari jamur *Taxomyces andreanae*, *T. brevifolia*, dan *T. wallichiana*. Saat ini beberapa jenis endofit lainnya telah dapat diisolasi dari berbagai jenis *Taxus* dan didapatkan berbagai senyawa yang berkhasiat sebagai anti tumor. [10].

Antimalaria yang dihasilkan oleh mikroba endofit.

Colletotrichum sp. merupakan endofit yang diisolasi dari tanaman *Artemisia annua*, menghasilkan metabolit artemisinin yang sangat potensial sebagai antimalaria. Disamping itu beberapa mikroba endofit yang diisolasi dari tanaman *Cinchona spp.*, juga mampu menghasilkan alkaloid cinchona yang dapat dikembangkan sebagai sumber bahan baku obat anti malaria [10].

Antioksidan yang dihasilkan oleh mikroba endofit.

Pestacin dan *isopestacin* merupakan metabolit sekunder yang dihasilkan oleh endofit *P. microspora*. Endofit ini berhasil diisolasi dari tanaman *Terminalia morobensis*, yang tumbuh di Papua New Guinea. *Pestacin* ataupun *isopestacin* berkhasiat sebagai antioksidan, aktivitas ini dimiliki diduga karena struktur molekulnya yang mirip dengan [10].

Insektisida yang dihasilkan oleh mikroba endofit.

Beberapa endofit ternyata memiliki aktifitas anti serangga, *nodulisporic acids* dihasilkan oleh endofit *Nodulisporium sp.* dari tanaman *Bontia daphnoides*, merupakan insektisida yang poten terhadap larva serangga. Penemuan senyawa baru ini menuntun ke penemuan senyawa lain yang lebih poten. [10]

Antidiabetes (aktifator reseptor insulin) yang dihasilkan oleh mikroba endofit.

Endofit *Pseudomassaria sp* yang diisolasi dari tanaman yang ada di hutan lindung dekat Kinshasa, Kongo, menghasilkan metabolit sekunder yang bekerja seperti insulin. Senyawa ini sangat menjanjikan karena tidak sebagaimana insulin, senyawa ini tidak rusak jika diberikan peroral. Dalam uji praklinik terhadap binatang coba membuktikan bahwa aktivitasnya sangat baik dalam menurunkan glukosa darah tikus yang diabetes. Hasil tersebut diperkirakan dapat menjadi awal dari era baru terapi mengatasi diabetes dimasa mendatang [10].

Senyawa immunosupresif yang dihasilkan oleh mikroba endofit.

Obat-obat immunosupresif merupakan obat yang digunakan untuk pasien yang akan mengalami tindakan transplantasi organ. Selain itu immunosupresif juga dapat digunakan untuk mengatasi penyakit autoimun seperti rematoid arthritis dan insulin dependent diabetes. Senyawa subglutininol A dan B yang dihasilkan oleh endofit *Fusarium subglutinans* yang diisolasi dari tanaman *T. wilfordii*, diketahui merupakan senyawa immunosupresif yang sangat poten [10].

Prospek Endofit Indonesia Sebagai Sumber Bahan Baku Obat

Endofit yang diisolasi dari suatu tanaman obat dapat menghasilkan metabolit sekunder yang sama dengan tanaman aslinya atau berbeda namun khasiat yang dipunyai bisa sangat beragam seperti yang telah dilaporkan oleh para peneliti. Endofit sebagai sumber bahan berkhasiat dapat dikultivasi dalam waktu singkat untuk kemudian diekstraksi metabolit sekundernya, apabila hal ini diterapkan untuk tanaman kemungkinan besar memerlukan puluhan tahun untuk dapat dipanen dan kemudian baru diekstraksi. Indonesia sebagai salah satu negara dengan biodiversitas hayati yang kedua didunia setelah Brazil, memiliki prospek yang cerah sebagai sumber produk bahan alam yang berasal dari endofit. Hal ini ditunjang dengan kekayaan variasi lahan di Indonesia dari dataran rendah yang kering hingga dataran tinggi atau pegunungan yang sejuk dan lembab memberikan kekayaan jenis tumbuhan yang sangat beragam. Peran masyarakat lokal sebagai sumber informasi etnobotani untuk penemuan sumber mikroba endofit baru juga sangat diperlukan. Kekayaan budaya Nusantara didukung pengetahuan tentang tumbuhan obat berkhasiat memberi peluang pemanfaatan endofit dari hutan yang ada di Indonesia sebagai salah satu negara penghasil bahan baku obat herbal ataupun modern. Mengkaji hal-hal di atas pelestarian dan penyelamatan hutan sebagai sumber daya hayati mutlak harus dilakukan.

KESIMPULAN

Endofit merupakan bagian dari biodiversitas yang ada di bumi, mikroorganisme ini ditemukan dalam jaringan hidup dari tanaman inang. Endofit berkontribusi menghasilkan metabolit

sekunder yang memiliki karakteristik tertentu. Metabolit sekunder yang dihasilkan oleh endofit memiliki kegunaan dalam bidang pengobatan modern seperti antibiotik, antikanker, antioksidan, antimalaria, antidiabetes dan immunosupresif disamping manfaatnya yang juga sangat besar bagi pertanian.

PENUTUP

Tumbuhan merupakan sumber bahan baku obat yang tak ternilai harganya, perlu terus menerus mendapat perhatian kita semua. Eksploitasi hutan dan tanaman obat yang berlebihan tanpa memperhatikan upaya konservasinya tentu sangat mengkhawatirkan. Peran ahli budidaya tanaman dan bioteknologi sangat penting untuk menghindari kelangkaan bahan baku obat yang beberapa diantaranya sampai saat ini masih diambil dari tanaman aslinya secara konvensional. Melalui pemanfaatan bioteknologi produksi metabolit sekunder dapat dilakukan secara *in-vitro* dalam skala besar secara berkesinambungan, demikian pula rekayasa genetika dan transformasi genetik dapat membantu meningkatkan produksi metabolit sekunder.

Pemanfaatan endofit dalam produksi metabolit sekunder di Indonesia seharusnya lebih ditingkatkan, mengingat potensi Indonesia sebagai negara dengan biodiversitas yang tinggi belum dimanfaatkan secara maksimal. Peran aktif dari pemerintah dan industri sebagai penyandang dana riset sangat diperlukan agar penelitian endofit ini dapat dilakukan secara berkesinambungan. Selain itu juga kerjasama riset perguruan tinggi dan industri dalam mengembangkan peran endofit sebagai sumber bahan obat dan senyawa agrokimia sangat diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Aminullah E., **1985**. Perkembangan Penerapan Bioteknologi dan Rekayasa Genetik Dalam Kesehatan. *Cermin Dunia Kedokteran* No. 38: 52-55
2. Gunatilaka A.A., **2006**. Natural Products from Plant-Associated Microorganism: Distribution, Structural Diversity, Bioactivity, and Implications of Their Occurrence. *J. Nat. Prod.* 2006. 69: 509-526
3. Lu, H.; Zou, W.X.; Meng, J.C.; Hu, J.; & Tan, R.X. **2000**, New Bioactive Metabolites Produced by *Colletotrichum* sp., an Endophytic Fungus in *Artemisia annua*. *Plant Sci.* 151: 73-76
4. Maksum, R. **2005**, Peranan Bioteknologi dan Mikroba Endofit Dalam Perkembangan Obat Herbal. *Maj. Ilmu Kefarmasian Indonesia*. Vol.II, No.3. Desember 2005: 113-126
5. Prasetyoputri, A.; & Atmosukarto, I. **2006**, Mikroba Endofit: Sumber Molekul Acuan Baru yang Berpotensi. *BioTrends*. Vol I. No.2. 2006: 13-15
6. Proksch, P.; Edrada, R.A.; & Ebel, R. **2003**, *Review: Drugs from the Sea – Opportunities and Obstacles*. Mar. Drugs 1, 5-17.
7. Schulz, B.; & Boyle, C. **2006**, *What Are Endophytes?* dalam: Schulz, B.; Boyle, C.; & Sieber, T.N. (Eds.). *Soil Biology*. Volume 9. *Microbial Root Endophytes*. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg. 2006: 1-13.
8. Strobel, G.A. **2002**, *Microbial gifts from rain forests*. *Can. J. Plant Pathol.* 24: 14-20.
9. Strobel, G.A.; & Daisy, B. **2003**, Bioprospecting for Microbial Endophytes and Their Natural Products. *Microbiol.and Mol. Biology Rev.* Dec 2003. Vol.67. No. 4: 491-502.
10. Strobel, G.A.; Daisy, B.; Castillo, U.; & Harper, J. **2004**, Natural Product from Endophytic Microorganism. *J. Nat. Prod.* 2004. 67: 257-268
11. Strobel, G.A.; Miller, R.V.; Miller, C.; Condron, M.; Teplow, D.B.; & Hess W.M. **2000**, *Cryptocandin, a potent antimycotic from endophytic fungus *Cryptosporiopsis quercina**. *Microbiology* 145: 1919-1926.
12. Tejesvi, M.V.; Nalini, M.S.; Mahesh, B.; Prakash, H.S.; Kini, K.R.; Shetty, H.S.; & Ven, S. **2007**, New Hopes From Endophytic Fungal Secondary metabolite. *Bol. Soc. Quím. Méx.*, 1(1): 19-26
13. Tan, R.X.; & Zou, W.X. **2001**, Endophytes: a rich source of functional metabolites. *Nat. Prod. Rep.* 18 : 448-459