

JURNAL METAMORFOSA
Journal of Biological Sciences
ISSN: 2302-5697
<http://ojs.unud.ac.id/index.php/metamorfosa>

Identifikasi dan Skrining Fitokimia Jamur Endofit pada Mangrove *Sonneratia alba* J.E. Smith

Identification and Phytochemical Screening of Endophytic Fungi in Mangrove *Sonneratia alba* J.E. Smith

Anak Agung Putri Suci Hati^{1*}, Fainmarinat Selviani Inabuy², Junita Hardini³

^{1,2,3}Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Jl. Raya Kampus Unud, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung-Bali Indonesia, 803613

*Email: anakagungpsh@gmail.com

INTISARI

Jamur endofit dikenal sebagai sumber alternatif senyawa bioaktif tumbuhan. Tumbuhan mangrove *Sonneratia alba* J.E. Smith diketahui berperan sebagai inang bagi jamur endofit. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi jenis jamur endofit pada tumbuhan *S. alba* dan skrining kelompok senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh jamur endofit. Sampel diperoleh di Taman Hutan Raya Ngurah Rai, Pamogan, Denpasar Selatan. Pengambilan sampel berupa daun, buah, dan kulit batang tumbuhan yang sehat. Organ daun, buah, dan kulit batang *S. alba* diisolasi secara *in vitro* pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA). Isolat murni jamur endofit dimurnikan menurut karakteristik morfologi kemudian ditumbuhkan pada media beras. Isolat murni diidentifikasi dan dilakukan skrining fitokimia secara kolorimetri, meliputi uji alkaloid, flavonoid, dan terpenoid. Dari tujuh isolat jamur endofit diperoleh pada penelitian ini, lima isolat telah teridentifikasi yaitu *Colletotrichum* dan *Phyllosticta* dari daun. *Penicillium* dan *Neopestalotiopsis sonneratae* dari buah, dan *Trichoderma harzianum* dari kulit batang. Dua isolat endofit lainnya, yakni dari daun dan kulit batang belum teridentifikasi. Ketujuh isolat menghasilkan metabolit sekunder golongan alkaloid dan terpenoid.

Kata kunci: Jamur endofit, metabolit sekunder, senyawa bioaktif, *Sonneratia alba*

ABSTRACT

Endophytic fungi are known as the alternative resource for plant bioactive compounds. The mangrove plant *Sonneratia alba* J.E. Smith has been reported as the host for endophytic fungi. The present study aims to identify endophytic fungi in *S. alba* and to screen for secondary metabolite produced by the isolated endophytic fungi. The samples were obtained at Ngurah Rai Forest Park in the Pemogan area, South Denpasar. Healthy leaves, fruits, and barks collected from *Sonneratia* plant were inoculated on *Potato Dextrose Agar* (PDA) media. The endophytic fungi isolates were separated based on their morphology and then cultured on rice media. Identification of fungi isolates and colorimetric phytochemical screening were carried out, including alkaloid, flavonoid, and terpenoid assays. Seven endophytic fungi have been isolated from *S. alba* organs, and five of them have been identified, namely *Colletotrichum* and *Phyllosticta* from the leaf. *Penicillium* and *Neopestalotiopsis sonneratae* from the fruit, and *Trichoderma harzianum* from the bark. Two other isolates from the leaf and bark, have not been identified. The seven isolates produce secondary metabolites of alkaloid and terpenoid

Keywords: Bioactive compounds, endophytic fungi, secondary metabolites, *Sonneratia alba*

PENDAHULUAN

Sonneratia alba J.E. Smith merupakan jenis mangrove dengan habitat perairan berjenis payau yang mendekati pantai dan perairan air laut (Saptiani, 2019). Hidup pada lingkungan dengan salinitas dan temperatur ekstrim. *S. alba* menghasilkan berbagai senyawa bioaktif, termasuk yang berpotensi sebagai bahan baku obat-obatan (Gazali dan Nufus, 2019). Ekstrak daun *S. alba* telah dilaporkan memiliki aktivitas sebagai anti-kolesterol, anti-bakteri, anti-oksidan, dan anti-diabetes (Musa dkk., 2019; Muhaimin *et al.*, 2021; Mandang dkk., 2021; Puspitasari dkk., 2022) yang dapat dikaitkan dengan kandungan senyawa bioaktifnya. Penelitian terdahulu melaporkan *S. alba* memproduksi metabolit sekunder berupa flavonoid, steroid, triterpenoid, saponin, fenol, dan tannin (Rahmania *et al.*, 2018). Selain itu, ekstrak etanol daun *S. alba* mengandung senyawa aktif berupa flavonoid, alkaloid, fenolik, steroid, triterpenoid, dan saponin (Usman dkk., 2020). Ekstrak etil asetat daun *S. alba* terdapat senyawa seperti terpenoid, saponin dan tannin (Manuhuttu dan Simima, 2021).

Senyawa bioaktif tidak hanya disintesis oleh tumbuhan, melainkan dapat dihasilkan oleh jamur endofit yang hidup pada tumbuhan inang tersebut. Jamur endofit merupakan jenis jamur yang secara alami hidup di dalam sistem jaringan suatu tumbuhan tanpa menimbulkan penyakit pada tumbuhan inang tersebut. Jamur endofit bahkan berperan dalam mekanisme pertahanan inang. Jamur endofit *Trichoderma koningiopsis*, *Aspergillus sydowii*, dan *Trichoderma lixii* dari mangrove *S. alba* memiliki kemampuan menghambat bakteri dan jamur patogen seperti *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, dan *Candida albicans* (Handayani *et al.*, 2018). Jamur endofit genus *Aspergillus* dan *Paecilomyces* ditemukan pada mangrove *S. alba* memiliki sifat menghambat pertumbuhan bakteri *S. aureus* dan *E. coli* (Heirina dkk., 2020). Jamur endofit pada tumbuhan dapat menghasilkan senyawa yang sama atau berbeda dengan inangnya, sehingga menunjukkan kemampuan bioaktivitas yang serupa (Rianto dkk., 2018).

Ekosistem mangrove di Bali sebagian besar tumbuh di Kawasan Taman Hutan Raya (Tahura) Ngurah Rai di daerah Pamogan, Denpasar Selatan. Kawasan Tahura Ngurah Rai memiliki keanekaragaman jenis mangrove antara lain *S. alba* sebanyak 45 individu (Dewi dan Maharani, 2022). Penelitian terdahulu melaporkan adanya aktivitas anti-bakteri tumbuhan mangrove *S. alba* (Muhaimin *et al.*, 2021) maupun jamur endofit yang hidup di dalamnya (Handayani dkk., 2019). Untuk itulah, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis-jenis jamur endofit pada organ daun, buah, dan kulit batang mangrove *S. alba* serta, mengetahui golongan senyawa metabolit sekunder yang dihasilkannya.

BAHAN DAN METODE

Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan di Taman Hutan Raya Ngurah Rai di daerah Pamogan, Denpasar Selatan. Pengambilan sampel menggunakan metode *purposive sampling* dengan sampel berupa daun, buah, dan kulit batang tumbuhan yang sehat. Karakteristik organ sehat yang dipilih yaitu bentuk daun dan buah utuh, warna daun dan buah hijau, tidak terinfeksi oleh mikroba dan tidak terdapat bekas gigitan serangga. Kriteria pengambilan sampel yakni daun dewasa, buah matang, dan kulit batang pokok dari *S. alba* (Lestari dkk., 2019).

Pembuatan Media *Potato Dextrose Agar* (PDA)

Media PDA dibuat dari bahan dasar kentang seperti dijabarkan pada Arifah (2019). Kentang dikupas dan dibilas dengan air mengalir, lalu dipotong atau diris tipis. Kentang ditimbang sebanyak 200 g. Potongan kentang direbus hingga lembut. Sari kentang disaring menggunakan kain kasa 2-3 lapis untuk mendapatkan sari kentang sebanyak 1000 mL. Setelah itu dextrose dan agar bubuk ditambahkan masing-masing sebanyak 20 g dan 14 g. Selanjutnya campuran dipanaskan sambil diaduk hingga homogen. Antibiotik kloramfenikol ditambahkan sebanyak 250 mg. Media PDA disterilisasi pada suhu 121°C selama 15 menit pada tekanan 15 psi.

Isolasi dan Pemurnian Jamur Endofit

Sterilisasi sampel dan isolasi jamur endofit dilakukan berdasarkan Thorati *et al.* (2016) dengan beberapa modifikasi. Sampel daun, buah, dan kulit batang *S. alba* dicuci dengan air mengalir, kemudian direndam menggunakan etanol 70% selama 1 menit untuk sterilisasi permukaan sampel. Sampel selanjutnya dicuci menggunakan akuades steril, kemudian sampel direndam dalam larutan Natrium hipoklorit (NaOCl) 2% selama 1 menit, kemudian sampel dicuci menggunakan akuades steril. Sampel dipotong kecil-kecil ± 3 cm, lalu 4-5 potongan sampel ditempatkan pada media PDA. Seluruh tahapan dilakukan secara aseptis di dalam *Laminar Air Flow* (LAF). Sampel kemudian diinkubasi selama 7 hari pada suhu 27°C.

Hasil isolasi diamati morfologinya sebelum dimurnikan. Setiap jamur endofit yang tampak berbeda secara makroskopis dipisahkan dan diinokulasikan kembali sebagai isolat tersendiri. Pemisahan isolat menggunakan *cork-borer* dengan membuat lubang pada sisi koloni. Potongan isolat diinokulasikan ke media PDA baru. Biakan murni kemudian diinkubasi selama 4-14 hari pada suhu 27°C lalu diamati dibawah mikroskop dan diidentifikasi (Dwilestari dkk., 2015).

Identifikasi Jamur Endofit

Pengamatan jamur endofit dilakukan secara makroskopis maupun mikroskopis meliputi warna koloni, warna sebalik koloni, tekstur koloni, produksi eksudat, adanya garis konsentris, jenis hifa, bentuk konidia, dan struktur konidiofor. Data yang telah didapatkan diidentifikasi dengan buku kunci identifikasi jamur dari Barnett (1960), Barnett and Hunter (1972), Watanabe (2002), serta beberapa penelitian terdahulu (Shah *et al.*, 2012; Wikee *et al.*, 2013; Rohadi *et al.*, 2019; Norphanphoun *et al.*, 2019; Liu *et al.*, 2020; Kiti *et al.*, 2021).

Perbanyakkan Isolat Jamur Endofit

Pada penelitian dilakukan modifikasi terhadap takaran bahan yang digunakan. Isolat murni diinokulasikan pada media beras. Ke dalam 25 g beras putih ditambahkan 30 mL akuades, kemudian erlenmeyer ditutup dengan aluminium foil. Setelah itu, media beras disterilisasi menggunakan autoklaf selama 15 menit dengan suhu 121°C, tekanan 15 psi. Media beras yang telah disterilisasi didinginkan sebelum diinokulasikan isolat jamur. Isolat jamur endofit yang telah dimurnikan dipotong kecil-kecil $\pm 2-3$ cm menggunakan scalpel. Potongan isolat diinokulasikan pada media beras yang telah dingin kemudian erlenmeyer ditutup dengan aluminium foil dan plastik *wrapping*. Biakan kemudian diinkubasi selama 30 hari pada suhu 27°C tanpa cahaya (Ola *et al.*, 2020).

Ekstraksi Metabolit Sekunder Jamur Endofit

Ekstraksi metabolit sekunder jamur endofit dilakukan berdasarkan Ola *et al.* (2020) dengan modifikasi pada jenis dan volume pelarut organik yang digunakan. Jamur yang telah tumbuh pada media beras dan kontrol negatif ditambahkan etanol 96% sebanyak 55 mL lalu di-*shaker* pada suhu 27°C dengan kecepatan 150 rpm selama 24 jam. Suspensi ekstrak disaring menggunakan kain kasa untuk memisahkan padatan dari ekstrak. Ekstrak disaring kembali menggunakan kertas saring Whatman No.1 dengan diameter pori-pori 11 μ m hingga diperoleh filtrat cair atau disebut ekstrak etanol. Ekstrak etanol dipekatkan pada suhu 40°C menggunakan *rotary evaporator* sehingga diperoleh ekstrak pekat yang selanjutnya digunakan untuk skrining fitokimia.

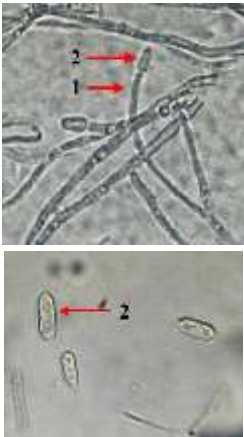
Skrining Fitokimia

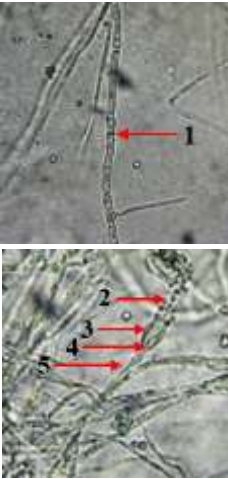
Skrining fitokimia pada ekstrak jamur endofit dilakukan dengan uji kolorimetri atau perubahan warna menggunakan pereaksi spesifik. Skrining fitokimia yang dilakukan meliputi alkaloid, terpenoid, dan flavonoid berdasarkan Santi dkk. (2008) dan Suleman dkk. (2022). Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif dan ditampilkan berupa tabel, gambar, dan narasi.

HASIL

Hasil isolasi dan pemurnian jamur endofit diperoleh 7 isolat. Tujuh isolat diidentifikasi secara makroskopis dan mikroskopis. Lima isolat jamur endofit yang teridentifikasi adalah *Trichoderma harzianum*, *Colletotrichum*, *Neopestalotiopsis sonneratae*, *Phyllosticta*, dan *Penicillium*. Dua isolat belum teridentifikasi. Tabel 1 menunjukkan isolat jamur endofit yang teridentifikasi pada buah, daun dan kulit batang *S. alba*.

Tabel 1. Hasil identifikasi jamur endofit pada *Sonneratia alba* J.E Smith

Janis	Lokasi	Makroskopis	Mikroskopis	Deskripsi Makroskopis dan Mikroskopis
<i>Trichoderma harzianum</i>	Kulit batang			Koloni berwarna hijau, warna sebalik koloni putih kehijauan, tekstur halus seperti kapas, membentuk satu cincin kosentris, tidak menghasilkan eksudat. Hifa berseptat, konidiofor tegak (1), fialid (2), konidia pada ujung fialid berbentuk bulat (3), dan terdapat klamidospora (4).
<i>Colletotrichum</i>	Daun			Koloni berwarna abu-abu dengan tepi koloni berwarna putih, warna sebalik koloni hitam, tekstur halus, dan menghasilkan eksudat. Hifa berseptat, konidiofor (1), konidia berbentuk memanjang dengan ujung membulat (2), dan memiliki apresoria.
<i>Neopestalotiopsis sonneratae</i>	Buah			Permukaan koloni berwarna putih, warna sebalik koloni putih kekuningan, tekstur koloni menggumpal, dan terdapat butiran berwarna hitam. Hifa aseptat, konidia bersekat (1), dan tubular (2).

Janis	Lokasi	Makroskopis	Mikroskopis	Deskripsi Makroskopis dan Mikroskopis
<i>Phyllosticta</i>	Daun			Koloni berwarna hijau kehitaman, tepi koloni berwarna putih, warna sebalik koloni hitam, tekstur kasar dan tampak seperti butiran, menghasilkan eksudat. Hifa septat, ujung konidiofor terdapat konidia (1), konidia berbentuk sedikit lonjong (2), dan terdapat spermatia (3).
<i>Penicillium</i>	Buah			Koloni berwarna hijau keabuan, warna sebalik koloni oranye kekuningan, tekstur seperti beludru. Hifa berseptat (1), konidia berbentuk bulat dan berada pada ujung filialid (2), filialid (3), metula (4), konidiofor (5).
Belum dapat diidentifikasi	Kulit batang			Koloni berwarna abu-abu, warna sebalik koloni putih dengan bercak berwarna hitam, menghasilkan tubuh buah dan ujungnya menghasilkan cairan, tekstur seperti berkerak. Secara mikroskopis terlihat hifa aseptat (1).
Belum dapat diidentifikasi	Daun			Koloni berwarna putih, warna sebalik koloni putih kehitaman, memiliki garis kosentris, dan menghasilkan butiran hitam. Secara mikroskopis terlihat berseptat (1).

Pada tujuh isolat jamur endofit yang ditemukan dilakukan skrining fitokimia. Kandungan fitokimia yang diujikan yaitu alkaloid, flavonoid, dan terpenoid. Berdasarkan hasil skrining fitokimia ekstrak etanol jamur endofit terdeteksi senyawa alkaloid dan terpenoid. Hasil skrining fitokimia ekstrak etanol jamur endofit pada *S. alba* disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil skrining fitokimia jamur endofit *Sonneratia alba* J.E. Smith

Spesies Jamur Endofit	Hasil Skrining Fitokimia				
	Alkaloid			Flavonoid (Wilstater)	Terpenoid (Liebermann-Burchard)
	Mayer	Wagner	Dragendrof		
Kontrol Negatif	-	-	-	-	+
<i>Trichoderma harzianum</i>	+	+	+	-	+
<i>Colletotrichum</i>	+	+	+	-	+
<i>Neopestalotiopsis sonneratae</i>	+	+	+	-	+
<i>Phyllosticta</i>	+	+	+	-	+
<i>Penicillium</i>	+	+	+	-	+
Belum Teridentifikasi	+	+	+	-	+
Belum Teridentifikasi	+	+	+	-	+

Keterangan:

- = Negatif + = Positif

PEMBAHASAN

Tujuh isolat jamur endofit yang diperoleh dari daun, buah, dan kulit batang *S. alba*, lima diantaranya telah teridentifikasi secara makroskopis dan mikroskopis. Jamur endofit yang ditemukan pada bagian daun yaitu *Colletotrichum* dan *Phyllosticta*, pada bagian buah yaitu *Penicillium* dan *N. sonneratae*, dan pada bagian kulit batang yaitu *T.harzianum*. Dua isolat belum teridentifikasi, dikarenakan belum ditemukan struktur khas secara makroskopis maupun mikroskopis yang dapat dijadikan penanda genus. Ditemukannya jamur endofit pada daun, buah, dan kulit batang *S. alba* menunjukkan kemampuan simbiosis berbagai spesies jamur dengan jaringan tumbuhan *S. alba*.

Jamur endofit membentuk hubungan simbiosis mutualisme dengan tumbuhan inangnya di mana jamur endofit memperoleh nutrisi untuk memenuhi siklus hidupnya dan tumbuhan inang memperoleh pertahanan terhadap serangan patogen dan hewan herbivora (Nishanthi *et al.*, 2016). Jamur endofit memiliki struktur hifa yang berfungsi sebagai penyerap nutrisi dari dalam jaringan tumbuhan untuk pertumbuhan dan perkembangannya.

Penelitian terdahulu menemukan jamur endofit *T. koningiopsis*, *Aspergillus sydowii* dan *T. lixii* dari bagian daun, kulit batang dan akar *S. alba* (Handayani *et al.*, 2018). Selain itu, 20 isolat jamur endofit dari bagian akar, daun, dan ranting *S. alba* ditemukan sebagian besar berasal dari kelompok Ascomycota dan Deuteromycota (Suciatmih, 2015).

Ketujuh isolat jamur endofit pada penelitian ini menghasilkan senyawa alkaloid dan terpenoid, namun tidak terdeteksi senyawa flavonoid (Tabel 2). Ketujuh jamur endofit menghasilkan senyawa alkaloid yang dibuktikan dengan terbentuknya endapan berwarna putih (Mayer), endapan berwarna coklat (Wagner), dan endapan berwarna jingga (Dragendorff). Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Kumaradewi dkk. (2021) yang melaporkan hasil positif alkaloid ditunjukkan dengan endapan berwarna putih (Mayer), endapan berwarna coklat (Wagner), dan endapan berwarna jingga (Dragendorff). Senyawa alkaloid pada jamur endofit berperan penting dalam pertahanan melawan patogen dan hewan herbivora (Das *et al.*, 2018). Metabolit sekunder menjadikan jamur endofit sebagian besar memiliki aktivitas anti-mikroba, anti-kanker, anti-oksidan dan aktivitas potensial lainnya (Palanichamy *et al.*, 2018)

Hasil skrining fitokimia ekstrak jamur endofit positif menghasilkan senyawa terpenoid, ditandai dengan perubahan warna menjadi merah jingga dan terbentuknya cincin berwarna kecoklatan. Senyawa terpenoid dalam jamur endofit berfungsi sebagai molekul pertahanan jamur (Solis and Fernandez, 2022). Akan tetapi pada penelitian ini terlihat kontrol negatif yakni media beras steril tanpa inokulum yang diinkubasi selama 30 hari terbaca positif terpenoid. Selama 30 hari kontrol negatif tidak terlihat tanda terkontaminasi oleh jamur. Berdasarkan hal tersebut dapat dipastikan terdeteksinya senyawa terpenoid bukan berasal dari jamur kontaminan, melainkan diduga berasal dari sisa dedak (kulit beras) pada beras yang digunakan sebagai media tumbuh jamur endofit. Menurut Chumpolsri *et al.* (2015)

dedak pada beras putih mengandung senyawa aroma monoterpenoid seperti limonene, trans- β -ocimene, β -cymene, dan linalool. Selain itu, senyawa golongan terpenoid juga terdeteksi pada ekstrak *Oryza sativa* (Widowati *et al.*, 2016). Penulis menyarankan pada eksperimen berikutnya digunakan beras bebas dedak untuk menghindarkan dari hasil *false positif* pada uji fitokimia.

Senyawa flavonoid tidak terdeteksi pada ketujuh isolat jamur endofit *S. alba*. Hal ini ditandai tidak adanya perubahan warna dari pereaksi Wilstater menjadi merah tua. Menurut Alwhibi *et al.*, (2017) Jamur *T. harzianum* mampu meningkatkan produksi senyawa flavonoid pada tanaman tomat. Inokulum *T. harzianum* ditumbuhkan pada media PDA dengan diberikan cahaya secara kontinyu selama 10 hari kemudian jamur diinokulasikan ke media tanam tomat. Jamur *Trichoderma* spp. mampu meningkatkan fotosintesis tanaman dengan menginduksi pembentukan pigmen (Harman *et al.*, 2021). Jamur endofit *Penicillium rubens* dan *Phyllosticta* pada tumbuhan *S. alba* dan *Hippobroma longiflora* menghasilkan senyawa flavonoid yang ditandai dengan adanya aktivitas antioksidan (Sartika *et al.* 2021; Widjajanti *et al.* 2022). Tidak terdeteksinya senyawa flavonoid pada penelitian ini dapat disebabkan sedikitnya produksi senyawa flavonoid oleh jamur endofit yang ditumbuhkan secara *in vitro* pada media beras, sehingga tidak terdeteksi pada uji kualitatif yang berdasarkan perubahan warna.

Biosintesis metabolit sekunder pada jamur endofit dipengaruhi oleh perubahan kondisi lingkungan seperti komposisi media, suhu, pH, kelembaban dan intensitas cahaya (Bogas *et al.*, 2022). Pengaruh perubahan kondisi media tumbuh selama beberapa tahap subkultur serta minimnya cahaya pada lingkungan kultur kemungkinan dapat menjelaskan sedikitnya atau tidak diproduksinya flavonoid oleh ketujuh isolat jamur endofit pada penelitian ini. Dalam penelitian berikutnya penulis menyarankan pengurangan tahap subkultur isolat serta memberikan paparan cahaya untuk mendapatkan hasil uji yang lebih representatif.

KESIMPULAN

Telah diperoleh tujuh isolat jamur endofit pada *S. alba*, lima isolat diantaranya telah teridentifikasi yaitu *Colletotrichum* dan *Phyllosticta* dari daun, *Penicillium* dan *Neopestalotiopsis sonneratae* dari buah, serta *Trichoderma harzianum* dari kulit batang. Dua isolat lainnya belum teridentifikasi yaitu satu isolat dari daun dan satu isolat dari kulit batang. Ketujuh isolat jamur endofit pada *S. alba* ini menghasilkan metabolit sekunder golongan alkaloid dan terpenoid.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kepala Laboratorium Biokimia dan Laboratorium Struktur Perkembangan Hewan, Program Studi Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Udayana yang telah mengizinkan penggunaan alat-alat maupun bahan pada laboratorium dimaksud selama proses penelitian. Penulis mengucapkan terimakasih kepada Pimpinan UPTD. Taman Hutan Raya Ngurah Rai yang telah memberikan izin pengambilan sampel mangrove *S. alba*.

DAFTAR PUSTAKA

- Mona, S.A., A. Hashem, E.F. Abd_Allah, A.A. Alqarawi, D.W.K. Soliman, S. Wirth, and D.Egamberdieva. 2017. Increased Resistance of Drought by *Trichoderma harzianum* Fungal Treatment Correlates with Increased Secondary Metabolites and Proline Content. *Journal of Integrative Agriculture*. 16(8): 1751-1757.
- Arifah, S.P. 2019. Gula Pasir sebagai Pengganti Dektrosa pada Komposisi Media PDA untuk Efisiensi Biaya Praktikum dan Penelitian di Laboratorium Fitopatologi. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Pengelolaan Laboratorium*. 2(1): 28-32.
- Barnett, H.L. 1960. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi Second Edition*. Burgess Publishing Company. Minneapolis.
- Barnett, H.L., and B.B. Hunter. 1972. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi Fourth Edition*. The American Phytopathological Society. The USA.

- Bogas, A.C., F.P.N. Cruz, P.T. Lacava, C.P. Sousa. 2022. Endophytic Fungi: An Overview on Biotechnological and Agronomic Potential. *Brazilian Journal of Biology*. 84: 1-9.
- Chumpolsri, W., N. Wijit, P. Boontakham, P. Nimmanpipug, P. Sookwong, S. Luangkamin, and S. Wongpornchai. 2015. Variation of Terpenoid Flavor Odorants in Bran of Some Black and White Rice Varieties Analyzed by GC×GC-MS. *Journal of Food and Nutrition Research*. 3(2): 114-120.
- Das, S.K., D. Samantray, and H.N. Thatoi. 2018. *Pharmacological Applications of Metabolites of Mangrove Endophytes: A Review*. Springer Nature. Singapore.
- Dewi, N.L.P.M., dan S.E. Maharani. 2022. Keanekaragaman Jenis Mangrove Pada Tahura Ngurah Rai di Sekitar PLTD/G Pesanggaran. *Jurnal Ekosentrisme*. 2(1): 6-15.
- Dotulong, A.R., V. Dotulong., D. Wonggo., L.A.D.Y. Montolalu., S.D. Harikedua., F. Mentang., dan L.J. Damongilala. 2020. Metabolit Sekunder Ekstrak Air Mendidih Daun Mangrove *Sonneratia alba*. *Media Teknologi Hasil Perikanan*. 8(2): 66-69.
- Dwilestari, H. Awaloei, J. Posangi, dan R. Bara. 2015. Uji Efek Antibakteri Jamur Endifit pada Daun Mangrove *Sonneratia alba* Terhadap Bakteri Uji *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal e-Biomedik*. 3(1): 394-398.
- Gazali, M. dan H. Nufus. 2019. Potensi Daun Mangrove *Sonneratia alba* Sm sebagai Antibakteri Asal Pesisir Kuala Bubon Aceh Barat. *Jurnal Laot Ilmu Kelautan*. 1(2): 75-81.
- Handayani, D., E.M.I. Pratiwi, dan A. Fajrina. 2019. Senyawa Antimikroba dari Jamur Endofit *Trichoderma koningiopsis* SaKB1 yang Diisolasi dari Tanaman Mangrove *Sonneratia alba* Sm. *Jurnal Sains Farmasi dan Klinis*. 6(2): 72-84.
- Handayani, D., H. Rivai, R. Mulyana, N. Suharti, R. Rasyid, and T. Hertiani. 2018. Antimicrobial and Cytotoxic Activities of Endophytic Fungi Isolatd from Mangrove Plant *Sonneratia alba* Sm. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 8(2): 049-053.
- Harman, G.E., F. Doni, R.B. Khadka, and N. Uphoff. 2021. Endophytic Strains of *Trichoderma* Increase Plants' Photosynthetic Capability. *Journal of Applied Microbiology*. 130(2): 529-546.
- Heirina, A., Rozirwan, dan M. Hendri. 2020. Isolasi dan Aktivitas Antibakteri Jamur Endofit pada Mangrove *Sonneratia alba* dari Tanjung Carat Kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Sains*. 22(1): 16-24.
- Kiti, H.M., C.N. Munga, J.O. Odalo, P.M. Guyo, and C.M. Kibiti. 2021. Diversity of Mangrove Fungal Endophytes from Selected Mangrove Species of Coastal Kenya. *Journal of Marine Science*. 20(1): 125-136.
- Kumaradewi, D.A.P. W.A. Subaidah, Y. Andayani, dan A.A. Mokaram. 2021. Phytochemical Screening and Activity Test of Antioxidant Ethanol Extract of Buni Leaves (*Antidesma bunius* L. Spreng) Using DPPH Method. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*. 7(2): 275-280.
- Lestari, K., A. Agustien, dan A. Djamaan. 2019. Potensi Jamur Endofit pada Tumbuhan Mangrove *Avicennia marina* di Kuala Enok Indragiri Hilir sebagai Penghasil Antibiotik. *Jurnal Metamorfosa*. 6(1): 83-89.
- Liu, L.P., Y. Wang, P.L. Qiu, B. Zhang, L. Zhang, N. Wang, Y. Li, J. Gao, and T. Hsiang. 2020. *Colletotrichum neorubicola* sp. nov., a New Leaf Anthracnose Pathogen of Raspberry from Northeast China. *Mycological Progress*. 19: 947-955.
- Mandang, M.S.S., D.E. Sahambangun, C.D. Masinambou, dan V. Dotulong. 2021. Daun Mangrove *Sonneratia alba* sebagai The Fungsional. *Media Teknologi Hasil Perikanan*. 9(3): 93-99.
- Manuhuttu, D. dan N.A. Saimima. 2021. Potensi Ekstrak Daun Mangrove (*Sonneratia alba*) Sebagai Antibakteri Terhadap *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, Dan *Escherichia coli*. *Jurnal Biologi, Pendidikan dan Terapan*. 7(2): 71-79.
- Muhaimin., K.N. Ningsih, and M. Latief. 2021. Terpenoid Derivative Compound from Acetone Extract of Perepat Leaves (*Sonneratia alba*) and Its Activity Against *Escherichia coli*. *Journal of The Indonesian Society of Integrated Chemistry*. 13(2): 75-83.

- Musa, W.J.A., N. Bialangi, B. Situmeang, dan S. Silaban. 2019. Triterpenoid Compound from Metanol Extract of Mangrove Leaves (*Sonneratia alba*) and Anti-cholesterol Activity Test. *Jurnal Pendidikan Kimia*. 11: 18-23.
- Nishanthi, R., S.U. Gowrie, and G. Chathurdevi. 2016. An Evaluation of Potential Bioactive Metabolites of Endophytic Fungi Isolatd from Medicinal Plant. *European Journal of Pharmaceutical and Medical Research*. 3(4): 450-458.
- Norphanphoun, C., R.S. Jayawardena, Y. Chen., T.C. Wen, W. Meepol, and K.D. Hyde. 2019. Morphological and Phylogenetic Characterization of Novel Pestalotioid Species Associated with Mangroves in Thailand. *Mycosphere*. 10(1): 531-578.
- Ola, A.R.B., C.A.P. Soa, Y. Sugi, T.D. Cunha, H.L.L. Belli, and H.J.D. Lalel. 2020. Antimicrobial Metabolite from the Endophytic Fungi *Aspergillus flavus* Isolatd from *Sonneratia alba*, a Mangrove Plant of Timor-Indonesia. *Rasayan J. Chem*. 13(1): 377-381.
- Palanichamy, P., G. Krishnamoorthy, S. Kannan, M. Marudhamuthu. 2018. Bioactive Potential of Secondary Metabolites Derived from Medicinal Plant Endophytes. *Journal of Basic and Applied Sciences*. 5: 303-312.
- Puspitasari, Y.E., Hardoko, T.D. Sulistiyati, A.N. Fajrin, dan H.O. Tampubolon. 2022. Identifikasi Senyawa Fitokimia dari Daun Mangrove *Sonneratia alba* dan Analisis in Silico sebagai Antidiabetes. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 27(2): 241-248.
- Rahmania, N., Herpandi, dan Rozirwan. 2018. Phytochemical Test of Mangrove *Avicennia alba*, *Rhizophora apiculata* and *Sonneratia alba* from Musi River Estuary, South Sumatera. *Biological Research Journal*. 4(2): 1-8.
- Rianto, A., M. Isrul, S. Anggarini, dan A. Saleh. 2018. Isolasi dan Identifikasi Fungi Endofit Daun Jambu Mete (*Anacardium occidentale* L.) sebagai Antibakteri terhadap *Salmonella typhimurium*. *Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia*. 4(2): 109-121.
- Rohadi, H., N. Ekowati, and M. Ilyas. 2019. Isolation and Mophological Identification of Endophytic Fungi from Moringa Plant (*Moringa oleifera* Lam.). *BioEksakta: Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed*. 2(19): 123-126.
- Sangi, M., M.R.J. Runtuwene, H.E.I. Simbala, dan V.M.A Makang. 2008. Analisis Fitokimia Tumbuhan Obat di Kabupaten Minahasa Utara. *Chem.Prog*. 1(1): 47-53.
- Saptiani, G. 2019. *Mangrove sebagai Obat Ikan dan Udang*. Mulawarman University Press. Kalimantan Timur.
- Sartika, D., A. Rahma, S. Amelano, and D. Handayani. 2021. Antibacterial Activity of Ethyl Acetate Extracts from Mangrove Plants *Rhizophora apiculate* and *Sonneratia alba*-Associated Fungi. *Advances in Health Sciences Research*. 40: 336-342.
- Shah. S., S. Nasreen, and P.A. Sheikh. 2012. Culture and Morphologi Characterization of *Trichoderma* spp. Associated with Green Mold Disease of *Pleurotus* spp. in Kashmir. *Jurnal of Microbiology*. 7(2): 139-144.
- Solis, J.M.G., and F.J. Fernandez. 2022. Endophytic Fungal Terpenoids: Natural Role and Bioactivities. *Microorganisms*. 10: 1-22.
- Suciatmih. 2015. Diversitas Jamur Endofit pada Tumbuhan Mangrove di Pantai Sampiran dan Pulau Bunaken, Sulawesi Utara. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*. 1(2): 177-183
- Suleman, A.W., A.N. Arna, dan Safaruddin. 2022. Isolasi Fungi Endofit Umbi Talas (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) sebagai Antibakteri Terhadap Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* secara KLT-Bioautografi. *Medical Sains*. 7(1): 39-48.
- Thorati, M., J.K. Mishra, and S. Kumar. 2016. Isolation, Identification of Endophytic Fungi Mangrove Roots along the Coast of South Andaman Sea, Andaman and Nicobar Islands, India. *Journal of Marine Biology & Oceanography*. 5(2): 2-5.

- Usman, Megawati, M. Malik, R.R.M. Ekwanda, dan T. Hariyanti. 2020. Toksisitas Ekstrak Etanol Mangrove *Sonneratia alba* terhadap Larva Nyamuk *Aedes aegypti*. *Jurnal Sains dan Kesehatan*. 2(3): 222-227.
- Watanabe, T. 2002. *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species, Second Edition*. CRC Press LLC. United States of America.
- Widjajanti, H., Muharni, E. Nurnawati, and V. Triuspita. 2022. The Potency of Endophytic Fungi Isolated from *Hippobroma longiflora* (L) G. Don as an Antioxidant Source. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 976(1): 1-9.
- Widowati, W., N. Fauziah, H. Herdiman, M. Afini, E. Afifah, H. Sari, W. Kusuma, H. Nufus, S. Arumwardana, and D.D. Rihibiha. 2016. Antioxidant and Anti-Aging Assays of *Oryza Sativa* Extracts, Vanillin and Coumaric Acid. *Journal of Natural Remedies*. 16(3): 88-99.
- Wikee, S., L. Lombard, C. Nakashima, K. Motohashi, E. Chukeatirote, R. Cheewangkoon, E.H.C. McKenzie, K.D. Hyde, and P.W. Crous. 2013. A Phylogenetic Re-evaluation of *Phyllosticta* (Botryosphaerales). *Studies in Mycology*. 76: 1-29.