

Studi Bioaktivitas Antibakteri dan Sitotoksik Jamur Endofit dari Mangrove Genus *Sonneratia*

¹I Gusti A A Gangga Samala Dewi, ²Ni Putu Ariantari

¹Program Studi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana
Badung, Indonesia

²Program Studi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana
Badung, Indonesia

putu_ariantari@unud.ac.id

Abstract—Jamur endofit yang berasosiasi dengan mangrove telah banyak dilaporkan menghasilkan senyawa bioaktif dan menunjukkan potensi farmakologis yang menjanjikan. Mangrove hidup dengan menerima cekaman ekologis yang memberikan habitat bagi berbagai jamur endofit penghasil metabolit sekunder dengan struktur kimia baru. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi jamur endofit yang diisolasi dari mangrove genus *Sonneratia* serta bagaimana aktivitas antibakteri dan sitotoksik yang diberikan. Kajian ini disusun berdasarkan studi literatur dari sumber atau referensi yang diperoleh berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi dalam kajian ini yaitu data berupa jurnal nasional dan internasional serta artikel ilmiah yang melaporkan hasil penelitian jamur endofit dari mangrove genus *Sonneratia*. Bioaktivitas mangrove dari genus tersebut memiliki potensi sebagai agen antibakteri dan sitotoksik setelah dilakukan uji, dengan rentang publikasi 10 tahun terakhir (2013 – 2023). Hasil studi literatur menunjukkan bagian mangrove yang masih sehat dan segar, seperti akar, cabang, daun, bunga, atau buah, diambil untuk dijadikan sampel yang selanjutnya diisolasi dan didapatkan 44 jamur endofit teridentifikasi dari mangrove genus *Sonneratia* yang dikaji dalam artikel ini. Sebanyak 10 jamur endofit yang dikaji memiliki potensi sebagai antibakteri dan agen sitotoksik yang berpotensi dikembangkan menjadi agen obat baru. Aktivitas antibakteri diuji dengan metode difusi dan mikrodilusi, sedangkan aktivitas sitotoksik diuji dengan metode MTT secara *in vitro*.

Kata Kunci— antibakteri, jamur endofit, mangrove, sitotoksik

I. PENDAHULUAN

Jamur endofit berasosiasi dengan tanaman inang dalam jaringannya membentuk suatu produk metabolit sekunder yang memiliki beragam bioaktivitas. Jamur endofit merupakan kelompok mikroba yang mengkolonisasi jaringan tanaman yang sehat tanpa merugikan inangnya [1]. Isolasi jamur endofit dapat melalui jaringan akar, bunga, batang, daun maupun bagian tanaman lain yang tidak menyebabkan kerugian pada tanaman inang yang sehat [3]. Pengembangan dan pencarian senyawa baru dalam bidang farmasi mengenai jamur endofit telah menarik perhatian terhadap ekosistem wilayah pesisir, salah satunya penelitian mengenai mangrove yang memiliki keanekaragaman hayati yang cukup unik dan memiliki bioaktivitas yang beragam. Mangrove merupakan tanaman yang habitatnya berada pada area intertidal, yaitu antara perbatasan air laut dan muara dan mampu untuk bertahan hidup dalam kondisi lingkungan yang ekstrim, termasuk pada daerah transisi pasang surut, salinitas tinggi, dan tingkat oksigen rendah sehingga memiliki varietas jamur endofit yang beragam [1]. Faktor pemicu stres dari habitat mangrove membantu pembentukan jalur metabolisme adaptif yang menghasilkan metabolit fungsional unik dan menarik untuk diteliti [2]. Semakin ekstrim adaptasi dari mangrove, maka keberagaman metabolit sekunder dari mangrove akan semakin meningkat.

Jamur endofit merupakan sumber potensial dalam penemuan senyawa metabolit sekunder yang memiliki aktivitas biologis, seperti antibakteri dan sitotoksik. Beberapa dekade ini, obat antibiotik banyak mengalami resistensi dan tidak efektif lagi untuk melawan mikroorganisme yang sama pada pengobatan selanjutnya [4]. Pengembangan obat antibiotik terus mengalami perubahan dengan dilakukan usaha pencarian senyawa antibakteri baru, salah satunya dari jamur endofit. Selain antibakteri, pencarian senyawa antikanker juga banyak dikembangkan dari jamur endofit. Penelitian mendalam mengenai metabolit sekunder dengan efek sitotoksik seringkali berhubungan dengan terapi antikanker yang dilakukan untuk mendapatkan agen antikanker yang memiliki target pengobatan yang lebih luas dengan efek samping yang kecil [5]. Metabolit baru yang berfungsi sebagai agen sitotoksik dilaporkan berhasil diisolasi dari jamur endofit, salah satunya jamur endofit yang berasosiasi dengan mangrove [4].

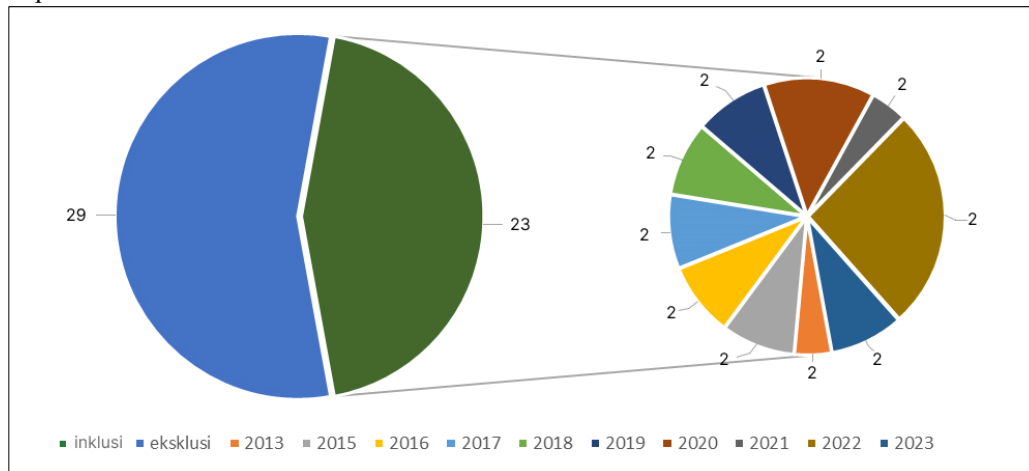
Pengembangan jamur endofit yang berasosiasi dengan mangrove sebagai agen antibakteri dan sitotoksik dapat menjadi salah satu alternatif permasalahan resistensi antibiotik dan penemuan senyawa baru agen sitotoksik yang masih menjadi masalah kesehatan global. Tinjauan ini bertujuan untuk menjelaskan varietas jamur endofit yang diisolasi dari genus mangrove yang memiliki aktivitas antibakteri dan sitotoksitas, yaitu dari genus *Sonneratia*. Genus ini dipilih dalam penulisan literatur ini dikarenakan berada pada zona mangrove tengah, yaitu zona mangrove yang memiliki adaptasi lingkungan yang ekstrim (zona pasang surut air laut yang tidak menentu) sehingga potensi keberagaman jamur endofit pada genus mangrove ini lebih tinggi. Dilaporkan bahwa adanya daya adaptasi spesies mangrove terhadap keadaan tempat tumbuh dapat menentukan komposisi spesiesnya, termasuk kandungan jamur endofit di dalamnya.

II. METODE DAN PROSEDUR

Penyusunan tinjauan ini menggunakan metode studi literatur yang didapatkan dari data hasil penelitian terpublikasi pada jurnal nasional dan internasional. Pencarian artikel menggunakan basis data *Google Scholar*, *Science Direct*, dan *Springer*. Pencarian jurnal menggunakan kata kunci seperti “*antibacterial of endophytic fungi from mangrove*”, “*citotoxicity from endophyte fungi of mangrove*”, dan “*endophytic fungi from Sonneratia*”. Sumber atau referensi yang diperoleh dipilih berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Penetapan kriteria inklusi yaitu data berupa jurnal baik nasional, internasional dan artikel ilmiah yang melaporkan hasil penelitian jamur endofit dari mangrove dengan genus *Sonneratia*. Bioaktivitas mangrove dari genus tersebut yang berpotensi sebagai agen antibakteri dan sitotoksik setelah dilakukan uji, dengan rentang publikasi dalam 10 tahun terakhir (2013 – 2023). Kriteria eksklusinya yaitu jurnal nasional maupun internasional dan artikel ilmiah yang dipublikasikan lebih dari 10 tahun yang lalu, dan atau yang melaporkan hasil penelitian jamur endofit dari mangrove dari genus lainnya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan studi literatur dari 100 jurnal yang meneliti tentang jamur endofit terdapat 52 jurnal yang diisolasi dari mangrove genus *Sonneratia*, dengan 23 jurnal yang memenuhi kriteria inklusi dan 29 jurnal lainnya yang tidak memenuhi kriteria inklusi. Distribusi dari publikasi yang memenuhi kriteria inklusi per tahun, selama 2013-2023 ditampilkan Gambar 1. Data jamur endofit yang diisolasi dari genus *Sonneratia* beserta bioaktivitas yang dihasilkan ditampilkan pada Tabel 1.



Gambar 1. Distribusi dari Publikasi 10 Tahun Terakhir (2013 – 2023) mengenai Jamur Endofit yang Diisolasi dari Mangrove Genus *Sonneratia*

Tabel 1. Data Jamur Endofit yang memberikan Bioaktivitas dari Mangrove Genus *Sonneratia*

GENUS MANGROVE	SPESES	LOKASI KOLEKSI SAMPEL	BAGIAN HOST PLANT	JAMUR ENDOFIT	SAMPEL YANG DIUJI	HASIL BIOAKTIVITAS	REF.
Sonneratia	<i>Sonneratia alba</i>	Pantai Bungus, Indonesia	Daun, kulit batang, akar	<i>Trichoderma koningiopsis SaKBI</i>	Ekstrak etil asetat	Antimikroba (Diameter hambatan tertinggi sebesar 11 mm pada bakteri <i>S. aureus</i> dan 12,4 mm pada bakteri <i>E. coli</i>)	[7]
		Banyuasin, Indonesia	Daun, batang,	<i>Aspergillus sp.</i> dan <i>Paecilomyces sp.</i>	Ekstrak etil asetat	Antibakteri (Diameter hambatan tertinggi dari ekstrak etil asetat)	[8]

		akar			<i>Aspergillus sp.</i> sebesar 14,5 mm pada bakteri <i>E. coli</i> , sedangkan diameter hambat tertinggi dari ekstrak <i>Paecilomyces sp.</i> sebesar 11,6 mm pada bakteri <i>S. aureus</i>)	
	Wright Myo, India	Daun	<i>Pestalotiopsis sp.</i>			[9]
	Zambales, Leyte dan Samar, Filipina	Daun	<i>Phialophora, A. ochraceus, Cladosporium, V. brevispora, G. mangiferae, M. palmivorus, A. nidulans</i>			[2] [13]
	Kupang, Indonesia	Daun	<i>A. flavus</i>	Ekstrak etil asetat	Antibakteri (Diameter hambat tertinggi sebesar 22,8 mm pada bakteri <i>S. aureus</i> dan 15,3 mm pada bakteri <i>E. coli</i>)	[10]
	Bali, Indonesia	Daun	<i>Nigrospora sp.</i>			[17]
	Negombo, Sri Lanka	Daun, batang, akar	<i>Penicillium citrinum</i> dan <i>A. niger</i>	Ekstrak etil asetat	Antibakteri (Diameter hambat tertinggi sebesar 15 mm pada bakteri <i>E. coli</i> dan 22 mm pada bakteri <i>S. aureus</i>)	[15]
	Pantai Nirwana, Indonesia	Kulit pohon, akar, daun	<i>T. koningiopsis, T. lixii</i> dan <i>A. sydowii.</i>			[18]
	Pantai Kenya	Ranting cabang	<i>A. flavus, A. niger, A. nomius, A. tubingensis</i>			[21]
	Perairan Tanawangko	Akar, daun, ranting	Belum teridentifikasi	Ekstrak etil asetat, fraksi etanol dan n-heksan	Antibakteri (Diameter hambat tertinggi sebesar 24 mm pada bakteri <i>E. coli</i> dan 23 mm pada bakteri <i>S. aureus</i>)	[11]
	Manado, Indonesia	Daun	Isolat Sone 3 dan Sone 9 (Jamur belum diidentifikasi spesies)	Potongan jamur di atas PDA	Antibakteri (Diameter hambat tertinggi dari isolat Sone 3 sebesar 26,7 mm pada bakteri <i>E. coli</i> , sedangkan diameter hambat tertinggi dari isolat Sone 9 sebesar 32 mm pada bakteri <i>S. aureus</i> dan <i>P. aeruginosa</i>)	[12]
<i>Sonneratia griffithii</i>	Pantai Bungus, Indonesia	Akar	<i>A. fumigatus, Candida sp., Cladosporium, Penicillium,</i> dan <i>A. niger</i>	Ekstrak etil asetat dan ekstrak butanol	Antibakteri pada <i>A. fumigatus</i> dan <i>A. niger</i> (diameter hambat tertinggi sebesar 9 mm pada bakteri <i>S. aureus</i> pada ekstrak etil asetat, sedangkan diameter hambat tertinggi sebesar 14,8 mm terhadap <i>S. aureus</i> dan 11,8 mm terhadap <i>E. coli</i> pada ekstrak butanol)	[6]
<i>Sonneratia apetala</i>	Sundarban, Bangladesh	Akar, kulit kayu, buah dan daun	<i>F. equiseti, Alternaria tenuissima, A. brassicicola, A. arborescens, C. cladosporioides, C. perangustum, C. tenuissimum, Epicoccum nigrum, Colletotrichum glosporides, N. hrysea, X. recifei, A. niger</i>			[16]
	Guangdong dan Hainan China	Daun	<i>Penicillium sp. ZJ-SY2, Aspergillus sp. 16-5B</i>			[19] [20]
	Hainan, China	Batang	<i>Hypomontagnella monticulosa YX702</i>	Fraksi petroleum eter-etil	Antibakteri: Nilai KHM sebesar 100 µg/mL terhadap bakteri <i>S. aureus, P.</i>	[14]

asetat

aeruginosa, dan MRSA

Sitotoksik:
 nilai IC₅₀ sebesar 5,6 µM terhadap
 sel kanker A549 dan 8,1 µM
 terhadap sel Hela

<i>Sonneratia caseolaris</i>	Guangxi dan Hainan, China	Buah, Daun	<i>Alternaria sp. SK6YW3L</i> , <i>Pestalotiopsis virgatula</i>	[22] [34]
------------------------------	---------------------------	------------	--	--------------

JAMUR ENDOFIT YANG DIISOLASI DARI GENUS SONNERATIA

Mangrove dari genus *Sonneratia* yang ditinjau memiliki keragaman jamur endofit didominasi dari spesies *Sonneratia alba*. Spesies lain dari genus *Sonneratia*, yaitu *Sonneratia apetala* yang dikoleksi dari empat lokasi, *Sonneratia caseolaris* dari dua lokasi dan spesies *Sonneratia griffithii* yang dikoleksi dari satu lokasi. Total jamur endofit yang diisolasi dari genus ini adalah 44 jamur endofit yang berasal dari genus *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Paecilomyces*, *Pestalotiopsis*, *Phialophora*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Hypomontagnella*, *Penicillium*, *Xenoacremonium*, *Neopestalotiopsis*, *Colletotrichum*, *Epicoccum*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Candida*, *Valsa*, *Guignardia*, *Marasmiellus*, *Nigrospora*, yang didominasi oleh genus *Aspergillus*. Jamur endofit yang diisolasi sebagian besar berasal dari bagian daun, salah satunya pada penelitian Handayani dkk. (2017), yang mengoleksi mangrove dari spesies *Sonneratia griffithii*. Didapatkan 12 strain jamur endofit yang diisolasi dari daun, akar dan kulit kayu. Masing-masing strain kemudian dikultur dalam SDB (*Sabouraud Dextrose Broth*) selama 4 minggu. Sebelum mendapatkan 12 strain jamur endofit, dilakukan pemeriksaan makroskopis meliputi pengamatan visual terhadap bentuk koloni atau hifa, warna permukaan bagian belakang koloni, dan struktur koloni. Pemeriksaan mikroskopis juga dilakukan dengan mengamati ciri-ciri spora atau konidia dan struktur reproduksi isolat dengan bantuan mikroskop cahaya. Hasil karakterisasi menghasilkan 12 strain hasil isolasi bagian akar [7]. Penelitian yang sama dilanjutkan pada tahun 2018, dengan mengoleksi sampel dari spesies yang berbeda, yaitu dari spesies *Sonneratia alba*. Hasil isolasi sampel menghasilkan 13 isolat jamur endofit yang belum teridentifikasi dan kemudian dikultivasi dalam media beras selama 30 hari. Isolat yang berpotensi bioaktivitasnya kemudian diidentifikasi menggunakan bantuan BLAST dan didapatkan 3 isolat jamur endofit yang berasal dari *Trichoderma koningiopsis* (bagian kulit batang – kode SaKB1), *Aspergillus sydowii* strain FJAT-30991 (bagian akar – kode SaAK3), dan *Trichoderma lixiii* (bagian kulit batang – kode SaKB4) [4]. Penelitian lain dari Heirina dkk. (2020) melaporkan jamur endofit dari genus *Aspergillus* yang asalnya dari mangrove *Sonneratia alba* di kawasan Tanjung Carat, Banyuasin, Indonesia. Sampel yang diambil berasal dari bagian daun, batang dan akar yang diambil secara acak dan sampel mewakili jenis mangrove dalam zona yang sama. Sampel diisolasi dalam media PDB (*Potato Dextrose Broth*) dan PDA (*Potato Dextrose Agar*) selama 7 hari pada suhu 37°C. Hasil isolasi yang dilakukan terdapat 4 jenis jamur endofit yang berbeda setelah dikarakterisasi secara makroskopis dan mikroskopis, yaitu *Aspergillus sp1*, *Aspergillus sp2*, *Paecilomyces sp1*, dan *Paecilomyces sp2* [8]. Penelitian lain yang berhasil mengisolasi jamur endofit dari genus *Aspergillus* yang berasal dari mangrove *Sonneratia alba* juga dijelaskan oleh Ola *et al.* (2020) yang mengoleksi sampel dari wilayah hutan mangrove Kupang, Indonesia. Bagian mangrove yang dikoleksi berasal dari daun yang kemudian diisolasi dalam media PDA. Jamur endofit yang didapatkan berasal dari spesies *Aspergillus flavus* dan dilanjutkan dengan pemeriksaan metabolit sekunder yang dimiliki jamur [10]. Penelitian lain dari mangrove *Sonneratia alba* dikoleksi dari wilayah Wright mayo, India dan didapatkan isolat jamur endofit *Diaporthe perseae* dan *Pestalotiopsis sp.* Sampel mangrove dari spesies *Sonneratia apetala* menghasilkan paling banyak spesies jamur endofit yang dikoleksi dari wilayah Sundarban, Bangladesh. Bagian tanaman yang diambil berupa akar, kulit kayu, buah dan daun. Sebanyak 58 jamur endofit diisolasi dari 120 bagian tanaman mangrove (masing-masing 30 bagian dari akar, kulit kayu, daun dan buah). Hasil isolasi dilaporkan 46% isolat berasal dari bagian akar, 43% dari kulit kayu, 33% dari buah, dan 70% berasal dari bagian daun dan isolat selanjutnya diidentifikasi. Berdasarkan analisis morfologinya terdapat 12 jenis endofit yang berbeda dan dipilih untuk identifikasi molekuler [40]. Spesies lain dari genus *Sonneratia*, yaitu *Sonneratia caseolaris*, dilaporkan jamur endofit yang diisolasi berasal dari spesies *Alternaria sp.* dan *Pestalotiopsis virgatula*. Hasil yang sama juga didapatkan pada koleksi sampel di Pulau Andaman, yang mengisolasi jamur endofit genus *Pestalotiopsis* dari daun [9]. Hal ini menunjukkan bahwa keanekaragaman endofit yang dihasilkan memiliki kemiripan, terutama hasil isolasi dari genus mangrove yang sama.

BIOAKTIVITAS JAMUR ENDOFIT YANG DIISOLASI DARI GENUS SONNERATIA

Berdasarkan studi literatur mengenai bioaktivitas antibakteri dari isolat jamur endofit mangrove Genus *Sonneratia*, banyak ditemukan pada spesies *Sonneratia alba*. Seperti pada penelitian Handayani (2019), menyatakan senyawa uji dari ekstrak etil asetat *Trichoderma koningiopsis* terhadap bakteri *S. aureus* dan *E. coli* memiliki aktivitas antibakteri dengan diameter hambat >12 mm. Pengujian yang dilakukan dengan tiga konsentrasi berbeda menghasilkan diameter

hambat tertinggi pada ekstrak etil asetat konsentrasi 5% sebesar 11,05 mm terhadap *S. aureus* dan 12,4 mm terhadap *E. coli*. Aktivitas antibakteri dikategorikan memiliki sensitivitas tinggi apabila diameter zona bening mencapai >12 mm, kategori sedang jika diameter zona bening 9-12 mm, dan kategori rendah apabila diameter zona bening 6-9 mm. Senyawa dikategorikan resisten apabila diameter zona bening di bawah 6 mm atau tidak memiliki zona bening [7]. Penelitian dari Heirina dkk (2020) yang melakukan uji antibakteri dengan teknik difusi pada jamur dari spesies *Aspergillus sp.* dan *Paecilomyces sp.* yang diisolasi dari *S. alba*, dilaporkan memiliki aktivitas antibakteri terhadap *S. aureus* dan *E. coli*. Empat isolat yang diuji masing-masing diukur zona hambatnya dan dikonfirmasi zona hambat tertinggi pada beberapa genus jamur yang diisolasi, yaitu pada *Aspergillus* memiliki diameter hambat sebesar 14,5 mm terhadap *E. coli*, sedangkan pada genus jamur *Paecilomyces* memiliki diameter hambat sebesar 11,6 mm pada bakteri *S. aureus*. Secara umum seluruh isolat memiliki aktivitas antibakteri karena diameter hambat masih berada di atas 6 mm. Zona hambat lain yang diuji pada bakteri *E. coli* dilaporkan memiliki diameter hambat sebesar 9,9 mm oleh jamur *Aspergillus sp1*; 9,4 mm oleh jamur *Paecilomyces sp1*; dan 11,1 mm oleh jamur *Paecilomyces sp2*. Sedangkan uji yang dilakukan pada bakteri *S. aureus* menghasilkan diameter hambat sebesar 10 mm oleh jamur *Aspergillus sp1*; 10,10 mm oleh jamur *Aspergillus sp2*; dan 10,04 mm oleh jamur *Paecilomyces sp1*. Penelitian dari Nawea (2017), yang menguji 9 isolat jamur endofit hasil isolasi dari akar, daun, dan ranting mangrove spesies *S. alba* yang belum teridentifikasi spesies jamurnya, menunjukkan adanya zona hambat pada isolat jamur asal akar dan daun, sedangkan isolat jamur asal ranting mangrove tidak memperlihatkan adanya diameter hambat pada bakteri *S. aureus* dan *E. coli*. Isolat daun yang memiliki aktivitas antibakteri terhadap *E. coli* dan *S. aureus* dilaporkan berasal dari kode PTWSAD2 dengan diameter hambat sebesar 17 mm, sedangkan kode PTWSAD1 dan PTWSAD3 hanya menunjukkan aktivitas pada bakteri *E. coli* dengan diameter hambat sebesar 10 mm. Sedangkan pada empat isolat akar yang diuji, hanya tiga yang aktif pada kedua bakteri, sedangkan 1 isolat dengan kode PTWSAA.2 tidak menunjukkan aktivitas pada kedua bakteri. Zona hambat yang dihasilkan tertinggi pada kode PTWSAA1.1 (bagian akar) yaitu sebesar 23 mm terhadap bakteri *S. aureus*, dan kode PTWSAA1.3 (bagian akar) 24 mm terhadap bakteri *E. coli* [31]. Penelitian mengenai bioaktivitas antibakteri dari genus *Sonneratia* juga dilaporkan dari penelitian Passapa dkk (2022) yang melakukan uji antibakteri dari jamur yang belum teridentifikasi spesiesnya menggunakan 5 isolat uji terhadap 3 strain bakteri, yaitu *E. coli*, *S. aureus*, dan *P. aeruginosa*. Dari 5 isolat yang diuji, zona hambat terbesar masing-masing uji strain bakteri ditunjukkan oleh isolat Sone 3 dengan diameter hambat sebesar 26,6 mm terhadap *E. coli*, Sone 9 dengan diameter hambat sebesar 32,3 mm terhadap *S. aureus* dan *P. aeruginosa*. Luas zona hambat yang dihasilkan bahkan melebihi zona hambat yang dihasilkan kontrol positif yang hanya sebesar 24,8 mm terhadap bakteri *E. coli*; 27,2 mm terhadap bakteri *S. aureus*; dan 24,2 mm terhadap *P. aeruginosa* [32].

Selain uji antibakteri, kajian mengenai uji sitotoksik juga dilaporkan pada artikel ini. Penelitian mengenai agen sitotoksik dilakukan oleh Huang *et al.* (2023), yang melakukan uji sitotoksik menggunakan metode MTT terhadap sel kanker A549 dan sel karsinoma (sel Hela). Pengujian dilakukan dengan 96-well plate dan reagen 3-(4,5-dimetiltiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazoliumbromide (MTT). Prinsip metode MTT adalah pengukuran yang dilakukan secara kolorimetri yang didasarkan terjadinya pembentukan garam formazan tidak larut berwarna ungu dari reaksi reduksi tetrazolium yang sifatnya larut dalam air dengan menghasilkan larutan berwarna kuning. Hasil penelitian menunjukkan isolat yang berasal dari jamur endofit *Hypomontagnella monticulosa* YX702 memiliki sitotoksitas terhadap sel A549 dan sel Hela dengan memberikan nilai IC₅₀ sebesar 8,14 dan 7,40 µM [35]. Hal ini menunjukkan adanya potensi bioaktivitas sitotoksik dari jamur endofit yang diisolasi dari mangrove genus *Sonneratia* dan dapat dikembangkan menjadi agen obat antikanker.

IV. KESIMPULAN

Mangrove dari genus *Sonneratia* yang dikaji memiliki keragaman jamur endofit yang berbeda-beda dengan total 44 isolat jamur endofit yang berhasil diisolasi. Ekstrak dari hasil fermentasi 10 isolat jamur endofit dilaporkan menunjukkan aktivitas antibakteri dan sitotoksik. Berdasarkan studi literatur yang dilakukan terhadap keragaman jamur endofit dari mangrove genus *Sonneratia* dan bioaktivitas metabolitnya sebagai antibakteri dan sitotoksik, jamur endofit yang sering dilaporkan memiliki aktivitas berasal dari spesies *Sonneratia alba*. Hal ini menunjukkan bahwa jamur endofit yang dihasilkan dari mangrove tersebut berpotensi dieksplorasi lebih dalam untuk penemuan dan pengembangan senyawa bioaktif, baik sebagai antibakteri maupun sitotoksik, serta bioaktivitas lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Udayana atas pendanaan penelitian melalui Program Hibah Penelitian/Riset Kampus Merdeka Tahun 2023 *Batch 2* dengan no kontrak: B/776-1/UN14.4.A/PT.01.03/2023.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Laksmi, F.T., Sukarno, Budjianto, S., Rahmawati, S.I., Harmoko, R., Nurul, F., Izzati, Bachri, S., Anidah, Nelanda, S.I., Yusmur, A., Aslan, Ilham, M. 2022. Antibacterial Activity Profile Of Mangrove Endophytic Fungi Isolated From Berau Regency, Indonesia. *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia*. Vol 9(1): 86 - 99
- [2] Ramirez C.S.P., Notarte K.I.R., and dela Cruz T.E.E. 2020. Antibacterial activities of mangrove leaf endophytic fungi from Luzon Island, Philippines. *Studies in Fungi*. Vol 3(1): 320–331.
- [3] Ariantari NP, Ancheeva E, Frank M, Stuhldreier F, Meier D, Gröner Y, et al. Didymellanosine, a new decahydrofluorene analogue, and ascolactone C from: *Didymella* sp. IEA-3B.1, an endophyte of *Terminalia catappa*. *RSC Adv*. 2020; 10 (12): 7232–40
- [4] Handayani, D., Rivai, H., Mulyana, R., Suharti, N., Rasyid, R., and Hertiani, T. 2018. Antimicrobial and Cytotoxic Activities of Endophytic Fungi Isolated from Mangrove Plant *Sonneratia alba* Sm. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. Vol. 8(2): 49-53.
- [5] Prihanto, A. A., Firdaus, M., and Nurdiani, R. 2011. Endophytic Fungi Isolated from Mangrove (*Rhizopora mucronata*) and Its Antibacterial Activity on *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Journal of Food Science and Engineering I*. 386-389.
- [6] Handayani, D., Rivai, H., Hutabarat, M., dan Rasyid, R. 2017. Antibacterial Activity of Endophytic Fungi Isolated from Mangrove Plant *Sonneratia griffithii* Kurz. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. Vol. 7 (4): 209-212.
- [7] Handayani, D., Pratiwi, E.M.I., dan Fajrina, A. 2019. Senyawa Antimikroba dari Jamur Endofit *Trichoderma koningiopsis* SaKB1 yang Diisolasi dari Tanaman Mangrove *Sonneratia alba* Sm. *Jurnal Sains Farmasi&Klinis*. 6(2): 78-84. DOI: 10.25077/jsfk.6.2.78-84.2019
- [8] Heirina, A., Rozirwan, dan Hendri, M. 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. DOI: <https://doi.org/10.26554/jps.v22i1.552>
- [9] Rajamani, T., Suryanarayanan, T.S., Murali, T.S., Thirunavukkarasu, N. 2018. Distribution and diversity of foliar endophytic fungi in the mangroves of Andaman Islands, India. *Fungal Ecology*. 36:109-116. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2018.09.007>
- [10] Ola, A. R. B., Soa, C. A. P., Sugi, Y., Cunha, T. D., Belli, H. L. L., and Lale, H. J. D. 2020. Antimicrobial Metabolite From The Endophytic Fungi *Aspergillus flavus* Isolated From *Sonneratia alba*, A Mangrove Plant Of Timor-Indonesia. *RASAYAN J. Chem*. Vol. 13(1): 377-381.
- [11] Nawea, Y., Mangindaan, R.E.P., dan Bara, R.A. 2017. Uji Antibakteri Jamur Endofit Dari Tumbuhan Mangrove *Sonneratia alba* yang Tumbuh di Perairan Pantai Tanawangko. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*. Vol 1(1): 24-35
- [12] Pasappa, N., Pelealu, J.J., and Tangapo, A.M. 2022. Isolasi Dan Uji Antibakteri Jamur Endofit Dari Tumbuhan Mangrove *Soneratia alba* Di Pesisir Kota Manado. *Pharmacon*. Vol 11(2): 1430-1437
- [13] Apurillo, C.C.S., Cai, L., and Edison, T.E. 2019. Diversity and bioactivities of mangrove fungal endophytes from Leyte and Samar, Philippines. *Philippine Science Letters (Supplement)*. Vol 12: 33-48
- [14] Huang, Y., Chen, Z., Huang, M., Chen, K., Liu, H., Liang, J., Liao, Y., Li, J., Zhu, L., Ding, B., Huang, H., and Tao, Y. 2023. Cytotoxic tetronic acid derivatives from the mangrove endophytic fungus *Hypomontagnella monticulosa* YX702. *Fitoterapia*. 170: 1-20. DOI: 10.1016/j.fitote.2023.105656
- [15] Rajan, K., Rahman, F.A., Dissanayaka, D.M.S.U. 2022. Determination Of The Antibacterial Properties Of Crude Extracts Of Endophytic Fungi Isolated From *Acrostichum aureum* And *Sonneratia alba*. *Journal Science Eusl*. Vol. 13(2): 61-71
- [16] Nurunnabi, T.R., Sabrin, F., Sharif, D.I., Nahar, L., Sohrab, M.H., Sarker, S.D., Rahman, S.M.M., Billah, M.M. 2020. Antimicrobial activity of endophytic fungi isolated from the mangrove plant *Sonneratia apetala* (Buch.-Ham) from the Sundarbans mangrove forest. *Advances in Traditional Medicine*. 20:419–425
- [17] Mairing, P.P. 2022. Isolasi Jamur Endofit dari *Sonneratia alba* dan Toksisitasnya Terhadap *Artemia salina*. *Jurnal Ilmiah Multi Disiplin Indonesia*. Vol 1(7): 877-884
- [18] Handayani, D., Rivai, H., Mulyana, R., Suharti, N., Rasyid, R., Hertiani, T. 2018. Antimicrobial and Cytotoxic Activities of Endophytic Fungi Isolated from Mangrove Plant *Sonneratia alba* Sm. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. Vol 8(2), 049-053
- [19] Liu, H., Chen, S., Liu, W., Liu, Y., Huang, Y., and Zhigang She. 2016. Polyketides with Immunosuppressive Activities from Mangrove Endophytic Fungus *Penicillium* sp. ZJ-SY2. *Marine Drugs*. 14(127): 1-7. DOI: doi:10.3390/md14120217
- [20] Liu, Y., Chen, S., Liu, Z., Lu, Y., Xia, G., Liu, H., He, L., and She, Z. 2015. Bioactive Metabolites from Mangrove Endophytic Fungus *Aspergillus* sp. 16-5B. *Marine Drugs*. 13: 3091-3102. DOI: 10.3390/md13053091
- [21] Kiti, H.M., Kibiti, C.M., Munga, C.N., Odalo, J.O., Guyo, P.M., Mwamburi. S.M. 2022. Molecular characterization and antibacterial activities of mangrove endophytic fungi from coastal Kenya. *Journal of Advanced Biotechnology and Experimental Therapeutics*. 5(3): 654-666. DOI: <https://doi.org/10.5455/jabet.2022.d144>
- [22] Rönnsberg, D., Debbab, A., Mándi, A., Wray, V., Dai, H., Kurtán, T., Proksch, P., Aly, A.H. 2013. Secondary metabolites from the endophytic fungus *Pestalotiopsis virgatula* isolated from the mangrove plant *Sonneratia caseolaris*. *Tetrahedron Letters*. 54: 3256–3259. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tetlet.2013.04.031>.