

AKTIVITAS ANTIBAKTERI EKSTRAK ISOLAT JAMUR ENDOFIT *Aspergillus* SP. YANG BERASOSIASI DENGAN MANGROVE *Rhizophora apiculata* TERHADAP PATOGEN IKAN LAUT

ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF EXTRACT OF ENDOPHYTIC FUNGAL ISOLATE *Aspergillus* SP. ASSOCIATED WITH MANGROVE *Rhizophora apiculata* AGAINST MARINE FISH PATHOGENS

Verli Dharmawati¹, Gregorius Nugroho Susanto^{2*}, Nuning Nurcahyani²,
Abdullah Aman Damai³, Afifah Nissa Azzuhdy¹

¹Magister Ilmu Lingkungan, Fakultas Pascasarjana, Universitas Lampung

²Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung

³Departemen Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

Email: gregorius.nugroho@fmipa.unila.ac.id

ABSTRAK

Eksplorasi mikroorganisme yang mengandung senyawa metabolit sekunder dengan khasiat seperti antimikroba terutama pada bakteri patogen ikan laut masih terus dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas antibakteri ekstrak jamur endofit dari tumbuhan mangrove *Rhizophora apiculata* di Hutan Mangrove Petengoran terhadap bakteri patogen pada ikan laut seperti *V. alginolyticus* dan *P. damsela* spp. Isolat jamur endofit yang ditemukan adalah jamur dari genus *Aspergillus* sp. setelah diamati bentuk morfologisnya secara makroskopis dan mikroskopis. Ekstrak etil asetat jamur endofit mangrove dengan konsentrasi 500 µg/disk dan 1000 µg/disk diteteskan pada kertas cakram disk 6mm kemudian diletakkan pada isolat bakteri patogen. Pengukuran diameter zona bening yang dihasilkan di sekitar kertas cakram setelah 24 jam menyimpulkan bahwa efektivitas antibakteri ekstrak jamur endofit terhadap *V. alginolyticus* adalah 27,27%(500 µg/disk) dan 32,32% (1000 µg/disk). Sedangkan efektivitasnya terhadap *Ph. damsela* spp. adalah 27,27% (500 µg/disk) dan 34,82% (1000 µg/disk). Ekstrak isolat jamur endofit *Aspergillus* sp. dalam penelitian ini berpotensi sebagai penghasil senyawa antibakteri pada patogen ikan laut.

Kata kunci : jamur endofit, mangrove, *Aspergillus*, antibakteri, patogen, ikan laut, ekstrak

ABSTRACT

Exploration of microorganisms containing secondary metabolite compounds with antimicrobial properties, especially in marine fish pathogenic bacteria, is urgently required. This study aims to test the antibacterial effectiveness of endophytic fungal extracts from the mangrove plant *Rhizophora apiculata* in the Petengoran Mangrove Forest against pathogenic bacteria in marine fish such as *V. alginolyticus* and *Ph. damsela* spp. The endophytic fungal isolate found was a fungus from the genus *Aspergillus* sp after observing its morphological form macroscopically and microscopically. Ethyl acetate extract of mangrove endophytic fungi with a concentration of 500 µg/disc and 1000 µg/disc was dripped onto a 6mm paper disc and then placed on the pathogenic bacterial isolate. Measurement of the diameter of the clear zone produced around the paper disc after 24 hours concluded that the antibacterial effectiveness of the endophytic fungal extract against *V. alginolyticus* was 27.27% (500 µg/disc) and 32.32% (1000 µg/disc). Meanwhile, its effectiveness against *Ph. damsela* spp. is 27.27% (500 µg/disc) and 34.82% (1000 µg/disc). The isolate extract from the endophytic fungus *Aspergillus* in this study has the potential to produce antibacterial compounds in marine fish pathogens.

Keywords : endophytic fungi, mangrove, *Aspergillus*, antibacteria, fish pathogen

PENDAHULUAN

Industri perikanan budidaya adalah salah satu industri dengan perkembangan paling cepat dalam satu dekade terakhir di dunia. Kebutuhan konsumsi "daging putih"

mengalami peningkatan yang signifikan dari tahun ke tahun seiring dengan meningkatnya budaya hidup sehat pada manusia modern. Kementerian Kelautan dan Perikanan menyebutkan bahwa angka konsumsi ikan

nasional pada tahun 2022 adalah 57,27 kg/kapita/tahun yang mengalami kenaikan sebesar 3,82% dari tahun sebelumnya yaitu 55,16 kg/kapita/tahun (KKP, 2022). Pasar produk perikanan global diproyeksikan akan mengalami kenaikan hingga 115, 75% sampai pada tahun 2030 (Puslitbang DPR RI, 2024). Kegiatan budidaya perikanan di Indonesia menjadi salah satu pilar penting dalam pembangunan perekonomian sehingga mendapatkan dukungan penuh dari pemerintah.

Provinsi Lampung memiliki potensi wilayah pesisir yang terdiri dari perairan seluas 16.625 km² dengan garis pantai sepanjang 1.105 km menjadikan sektor perikanan memegang peranan besar dalam menopang perekonomian masyarakatnya. Peranan lapangan usaha di sektor perikanan memberikan sumbangan sebesar 19,26% terhadap Produk domestik bruto regional provinsi Lampung pada Tahun 2023 (BPS, 2023). Produksi perikanan tangkap di Propinsi Lampung sebesar 141.992 ton sedangkan produksi perikanan budidaya menghasilkan 182.259 ton pada Tahun 2020 (BPS, 2022). Produksi perikanan tangkap di Propinsi Lampung sebesar 141.992 ton sedangkan produksi perikanan budidaya menghasilkan 182.259 ton pada Tahun 2020 (BPS, 2022). Angka konsumsi ikan provinsi Lampung yang meningkat seperti pada tahun 2022 terjadi kenaikan sebesar 5,98% dari tahun sebelumnya sehingga perlu dipenuhi dengan peningkatan produksi perikanan budidaya agar tercipta kestabilan pangan (KKP, 2022). Sementara itu produksi perikanan tangkap sulit ditingkatkan karena adanya kebijakan penangkapan ikan yang terukur agar sumber daya ikan tetap lestari. Kendala yang sering dihadapi pembudidaya ikan terutama budidaya laut adalah ketersediaan benih, pakan, penyakit ikan, kualitas lingkungan perairan, dan pengolahan pasca panen (Rita & Dwi, 2023).

Industri akuakultur termasuk ke dalam salah satu bidang yang menyumbang fenomena *Anti Microbe Resistant* (AMR) karena adanya penggunaan antibiotik untuk mengatasi penyakit pada ikan budidaya (Reverter et al., 2020; Huong et al., 2021). Penggunaan antibiotik dalam budidaya ikan seringkali dilakukan tanpa pengawasan dokter hewan karena kurangnya pemahaman tentang obat apa saja yang boleh digunakan untuk ikan dan dosis penggunaannya. Pemberian antibiotik pada ikan untuk jangka waktu yang lama dan/atau jangka waktu terlalu singkat dari dosis anjuran dapat

memicu munculnya resistensi antimikroba (Zhu et al., 2018; Dhingra et al., 2020; Mohamad et al., 2019).

Bakteri patogen yang memiliki intensitas cukup sering ditemukan menginfestasi ikan laut adalah bakteri *Vibrio* dan *Photobacterium damsela* spp. Bakteri *Vibrio alginolyticus* ditemukan menginfeksi benih kakap putih *Lates calcalifer* di perairan Batam dan Teluk Hurun, Lampung (Fauzy et al., 2014; Azuwarita et al., 2021). *Vibrio alginolyticus* ditemukan menginfeksi ikan kerapu macan dalam KJA di perairan Teluk Hurun Lampung bersama bakteri *Vibrio* lainnya seperti *V. fluvialis*, *V. metschnikovii*, *V. vulnificus* dan *V. logei* (Hastari et al., 2014) Bakteri *Ph. damsela* spp. ditemukan menginfeksi ikan kobias (*Rachycentron canadum*) dalam KJA di wilayah Karwar, India pada Tahun 2013 dan pada ikan Kakap Putih di wilayah Indonesia (Sharma et al., 2013; Sufardin, 2022). Bakteri patogen seperti *Vibrio alginolyticus* dan *Ph. damsela* spp. dilaporkan telah mengalami resistensi terhadap beberapa antibiotik yang digunakan dalam pengobatan ikan budidaya (Kang et al., 2016; Lattos et al., 2022).

Hutan Mangrove Petengoran berada di wilayah Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung yang didominasi oleh tanaman mangrove jenis *Rhizophora apiculata* (Sanjaya et al., 2022; Widyaputri et al., 2022). *Rhizophora apiculata* dikenal dalam masyarakat sebagai bakau minyak yaitu mangrove yang mendominasi di Hutan Mangrove Petengoran, Pesawaran, Provinsi Lampung. Masyarakat menggunakan tanaman ini sebagai antidiare, antimuntah, dan sebagai obat pelangsing serta menyembuhkan luka. Tanaman ini dimanfaatkan sebagai tanaman herbal yang dipercaya memiliki khasiat sebagai antibakteri, antikanker, dan antidiabetes, antijamur (Wardina et al., 2023; Vittaya et al., 2022; Adeleke & Babalola, 2021).

Jamur endofit adalah mikroorganisme yang ditemukan hampir pada semua tanaman termasuk mangrove. Jamur endofit hidup di dalam jaringan tubuh inang namun tidak memberikan dampak negatif pada inangnya. Beberapa hipotesis menyatakan bahwa terdapat simbiosis mutualisme antara jamur endofit dengan inangnya dimana inang menyediakan nutrisi bagi jamur endofit. Sementara itu jamur menghasilkan senyawa metabolit yang berperan sebagai promotor pertumbuhan, ketahanan dan adaptasi serta perlindungan eksternal bagi inang (Silva et al., 2022; Hamzah et al., 2020) Transfer

materi genetik dari tubuh inang ke jamur endofit merupakan salah satu teori yang menjelaskan tentang kekayaan senyawa bioaktif yang dihasilkan oleh jamur endofit (Silva et al., 2022). Jamur endofit mangrove dikenal memiliki kekayaan senyawa bioaktif karena adanya pengaruh kondisi lingkungan pesisir yang ekstrim sehingga diperlukan adaptasi untuk bertahan hidup. Proses adaptasi ini meliputi pembentukan jalur metabolisme yang unik, sintesis biomolekul yang kuat dan berbeda (Hamzah et al., 2020; Khattab & Farag, 2022).

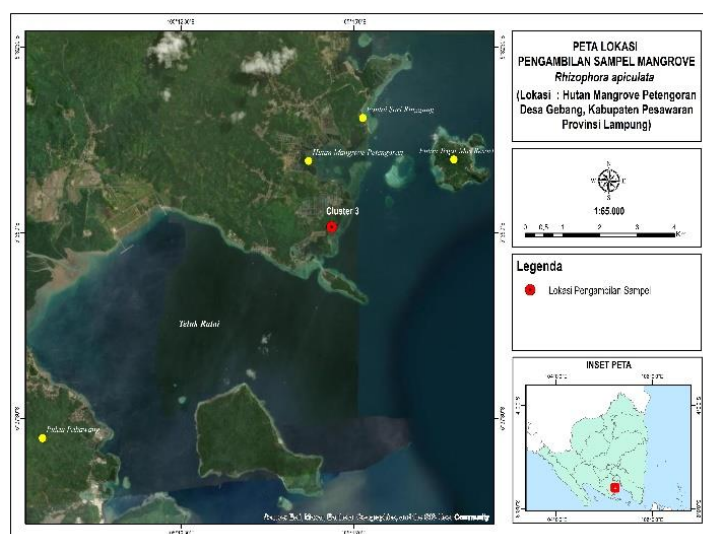
Eksplorasi Mikrobiota mangrove terutama dari jamur endofit sebagai antibakteri terhadap bakteri patogen pada manusia sudah banyak dilakukan namun pada bakteri patogen ikan laut budidaya masih jarang dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa aktivitas antibakteri isolat jamur endofit dari ranting mangrove terhadap dua spesies bakteri patogen yang umum ditemukan pada ikan budidaya laut yaitu *Vibrio alginolyticus* dan *Ph. damsela* spp. Hasil penelitian diharapkan dapat menambah kumpulan data kekayaan manfaat dari mikrobiota mangrove di Lampung, Indonesia.

METODE PENELITIAN

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan gelas seperti cawan petri, gelas ukur, beaker glass, mikropipet 10 – 100 µl dan 100 – 1000 µl, labu erlenmeyer, corong gelas, tabung reaksi, cooler box, hot plate dan stirrer, autoklaf, timbangan analitik, mikroskop, Laminar Air Flow, jangka sorong, jarum ose, inkubator, bunsen, vortex dan rotatory evaporator.

Bahan yang digunakan adalah ranting mangrove *Rhizophora apiculata*, isolat bakteri *V. alginolyticus* dan *Ph. damsela* spp., Air laut steril, Potato Dextrose Agar (PDA), Nutrient Agar (NA), Nutrient Broth (NB), Muller Hinton Agar (MHA), Aquades, NaCl, Alkohol 70 %, NaOCl 5%, Chloramphenicol, Etil Asetat, Dimethylsulfoxide (DMSO), Lactophenol cotton blue (LCB), blank paper disc oxid 6 mm, plastik dengan zipper lock, tissue steril, cotton swab.

Pengambilan sampel mangrove *Rhizophora apiculata* dilaksanakan pada bulan Oktober 2023 di Hutan Mangrove Petengoran, Pesawaran, Propinsi Lampung (5°34'56.9"S 105°14'40.0"E) seperti pada Gambar 1. Metode pengambilan data yang digunakan adalah teknik *purposive sampling* dimana sampel diambil berdasarkan persyaratan yang telah ditentukan sebelumnya. Bagian mangrove yang diambil adalah ranting yang telah dibersihkan lapisan epidermisnya kemudian dibilas dengan air mengalir, disemprotkan larutan alkohol 70% didiamkan selama 1 menit. Setelah itu disemprotkan dengan larutan NaOCl 5% dan didiamkan selama 1 menit. Sampel dibilas kembali dengan akuades. Untuk mengurangi risiko kontaminasi, digunakan huckab dengan tisu steril. Sampel kemudian dimasukkan ke dalam plastik bersih dan disimpan dalam cooler box untuk dibawa ke laboratorium (Norphanphoun et al., 2018; Sibero et al., 2017). Seluruh kegiatan penanganan sampel uji dilakukan di laboratorium pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan Balai Besar Perikanan Budidaya Laut Lampung.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel *Rhizophora apiculata* di Hutan Mangrove Petengoran, Pesawaran, Lampung.

Isolasi Jamur Endofit

Bagian ranting mangrove yang telah dibersihkan kemudian dipotong menggunakan pisau steril dengan ukuran 1 cm x 1 cm. Bagian tersebut ditanam di atas media *Potato Dextrose Agar* (PDA) dalam cawan petri berdiameter 90 mm. Media tumbuh jamur endofit dibuat dengan melarutkan sebanyak 39 g PDA dalam 1 liter air laut steril kemudian disterilisasi dalam autoklaf pada suhu 120°C. Pemberian Chloramphenicol pada media dilakukan untuk menghambat pertumbuhan bakteri. Isolat jamur diinkubasi pada suhu ruang (25 – 28°C) selama 7 hari (Ibrahim et al., 2021; Situmorang et al., 2021).

Morfologi Isolat Jamur Endofit

Jamur endofit yang tumbuh dalam cawan petri kemudian diamati dan dihitung berdasarkan jenis jamur berdasarkan sifat morfologinya. Purifikasi isolat jamur endofit dilakukan untuk mendapatkan jenis isolat jamur endofit murni dengan cara melakukan subkultur setiap isolat jamur yang ditemukan. Purifikasi isolat jamur endofit menggunakan media PDA dan diinkubasi pada suhu ruang (25 – 28°C) selama 7 hari. Kontaminasi yang tumbuh di setiap jenis kultur jamur harus segera diangkat agar diperoleh kultur jamur murni. Pengamatan jenis morfologi jamur secara makroskopis dilakukan dengan mencatat warna, bentuk dan koloni jamur. Pengamatan mikroskopis jamur endofit melalui *slide culture* yang dibuat dengan mengkultur jamur endofit pada potongan kecil media PDA berukuran 1x1 cm yang dilapisi cover slide kemudian diinkubasi dalam cawan petri selama 3-5 hari. cover slide yang telah terlapisi jamur endofit diberi setetes larutan pewarna *lactophenol cotton blue* kemudian diamati di bawah mikroskop cahaya dengan pembesaran 40x10 (Bhargava, 2019; Microbiology Society, 2015).

Skrining Aktivitas Antibakteri

Subkultur isolat bakteri patogen *Vibrio alginolyticus* dan *Ph. damsela* spp. pada media selektif bakteri *vibrio* spp. yaitu media TCBS (Thiosulfate Citrate Bile Salt Sucrose) dilakukan untuk meremajakan isolat bakteri tersebut. Warna kuning yang dihasilkan oleh kultur bakteri *Vibrio* menunjukkan bakteri tersebut dalam kondisi yang aktif. Skrining aktivitas antibakteri jamur endofit mangrove dilakukan dengan membiakkan bakteri patogen dengan kepadatan yang sesuai dengan 0,5 larutan *Mc Farland* ($1,5 \times 10^8$ CFU/ml) pada media Nutrient Agar dengan

metode swab. Plug jamur kultur murni dibuat dengan mencetak jamur dengan pipette tips ukuran 10 mm diletakkan dalam isolat bakteri patogen pada media Nutrient Agar kemudian diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 –48 jam. Pengamatan zona bening yang terbentuk di sekitar plug jamur diamati intensitasnya dan dicatat (Vasundhara et al., 2019; Sibero et al., 2018).

Ekstraksi Senyawa Antibakteri Jamur Endofit

Isolat jamur endofit yang memiliki aktivitas antibakteri kemudian disubkultur kembali pada media PDA sebanyak 550 mL dalam wadah plastik selama 7 hari. Isolat jamur dan media tumbuhnya dipotong kecil berukuran kurang lebih 1 cm x 1cm kemudian dimaserasi dalam larutan etil asetat dengan volume 1.650 ml (jamur : pelarut =1:3) selama 3 x 24 jam pada suhu ruang (Sibero et al., 2019). Wadah proses maserasi ditutup dan dilapisi aluminium foil untuk mencegah adanya pengaruh sinar UV. Hasil maserasi kemudian disaring dengan kertas saring dan filtrat disimpan dalam botol gelap sebelum diproses lebih lanjut. Filtrat hasil maserasi dievaporasi dengan *rotatory evaporator* pada suhu 35 – 40 °C sehingga didapatkan konsentrat ekstrak jamur endofit. Penggunaan etil asetat untuk ekstraksi senyawa bioaktif jamur endofit dipilih karena sifatnya yang polaritasnya medium sehingga dapat melarutkan senyawa yang bersifat polar dan Berat ekstrak jamur endofit ditimbang untuk mendapatkan nilai rendemen seperti pada persamaan berikut (Sibero et al., 2018).

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{\text{Berat ekstrak}}{\text{Berat Agar}} \times 100\%$$

Pengujian Aktivitas Antibakteri

Metode pengujian aktivitas antibakteri mengacu pada metode Kirby Bauer jenis *disc diffusion* dimana ekstrak jamur berbagai variasi konsentrasi ditetaskan pada kertas cakram kosong (*blank paper disc*) berukuran 6 mm (Elfita et al., 2019; Pramono et al., 2019). Ekstrak jamur endofit dilarutkan dengan pelarut Dimethyl Sulfoksida (DMSO) ke dalam 2 variasi konsentrasi, yaitu 500 µg/disc dan 1000 µg/disc dengan pengulangan sebanyak 3 kali. Kontrol positif yang digunakan adalah antibiotik *enrofloxacin* (5µg/disc) dan kontrol negatif berupa larutan DMSO (Handayani et al., 2018). Kertas cakram tersebut diletakkan pada masing-masing biakan bakteri patogen *Vibrio alginolyticus* dan *Ph. damsela* spp. dengan kepadatan $1,5 \times 10^8$ CFU/ml yang

dusap/diswab pada media *Mueller Hinton Agar* (MHA) kemudian diinkubasi dalam inkubator pada suhu 37°C selama 24 – 48 jam. Pengamatan aktivitas antibakteri ekstrak jamur endofit dapat dilakukan mulai pada masa inkubasi 24 jam dengan mengukur diameter zona bening yang terbentuk (Bhargava, 2019).

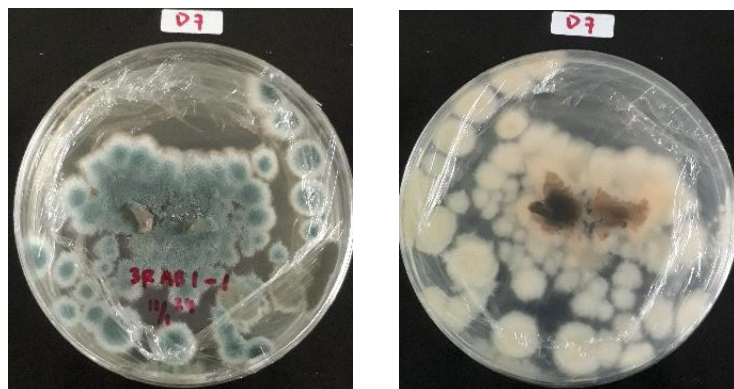
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan Morfologi Jamur Endofit

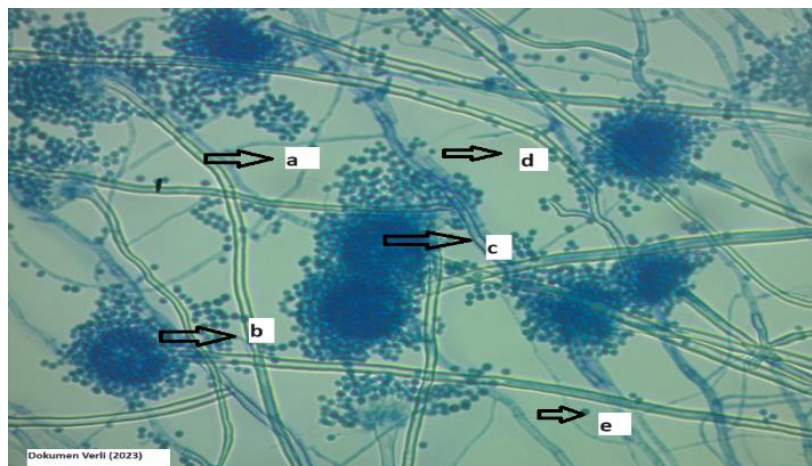
Pengamatan makroskopis morfologi isolat jamur endofit yang tumbuh dari ranting mangrove jenis *Rhizophora apiculata* mendapatkan koloni jamur endofit berwarna hijau kebiruan dan putih di bagian tepinya seperti pada Gambar 2. Lapisan miselia jamur bagian atas seperti serbuk berwarna hijau kebiruan sedangkan lapisan bawah berwarna putih kekuningan. Pengamatan pada hari pertama dan kedua hanya didapatkan koloni jamur berbentuk granul berwarna putih yang berada di tengah cawan kemudian hari berikutnya terdapat perubahan warna menjadi hijau di bagian tengahnya sedangkan warna putih di bagian

tepinya. Tekstur permukaan koloni jamur halus seperti beludru dan jika tergores berbentuk serbuk. Bentuk koloni jamur berbentuk tidak teratur, pola pertumbuhan menyebar, tipe elevasi koloni jamur berbentuk datar, tepi pinggiran jamur bergerigi (Microbiology Society, 2015; Putri et al., 2021).

Pengamatan morfologis jamur mengacu pada buku identifikasi jamur (Barnett & Hunter, 1955). Pengamatan mikroskopis isolat jamur endofit mangrove pada pembesaran 40x10 dapat diamati pada Gambar 3. Isolat jamur endofit memiliki tangkai konidiofor yang cukup panjang dan transparan dengan konidia berbentuk bulat seperti bola (*globose*) (Putri et al., 2021). Hifa jamur memiliki sekat atau bersepta. Ciri-ciri mikroskopis jamur ini sesuai dengan ciri jamur dari genus *Aspergillus* sp. sesuai dengan pengamatan yang dilakukan oleh (Nyongesa et al., 2015) dimana kepala konidia berbentuk biserial. Fialid menempel pada vesikel yang berbentuk *subglobose* (Zulkifli & Zakaria, 2017).



Gambar 2. Kultur murni isolat jamur 3RAB1-1 bagian atas dan bawah media PDA



Gambar 3. Isolat Jamur 3RAB1-1 di bawah mikroskop dengan pembesaran 40x10. Keterangan : a). Tangkai konidiofor, b) konidiofor, c).Vesikel, d). Konidia, e). Septa hifa

Spesies jamur *Aspergillus* sp. yang ditemukan pada penelitian ini sesuai dengan ciri-ciri mikroskopisnya dimana bentuk vesikel *clavate* dengan fialid/sterigmata yang menempel langsung hampir di seluruh bagian atau $\frac{3}{4}$ bagian vesikel (Makhlouf et al., 2019). Konidiofor yang transparan/bening berukuran panjang dan bentuk konidia yang *globose* (bulat) (Bhargava, 2019).

Skrining Aktivitas Antibakteri Isolat Jamur Endofit

Zona bening yang terbentuk menunjukkan adanya aktivitas menghambat dan atau membunuh bakteri target. Hasil skrining aktivitas antibakteri isolat jamur 3RAB1-1 terhadap bakteri patogen dapat diamati pada Gambar 4.

Interpretasi hasil skrining aktivitas antibakteri pada isolat jamur 3RAB1-1 pada Tabel 1 menunjukkan terbentuknya zona bening yang cukup luas di sekitar plug jamur. Isolat jamur 3RAB1-1 termasuk jamur endofit potensial diduga memiliki kandungan senyawa metabolit yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri terhadap *V. alginolyticus* dan *Ph. damsela* spp. seperti

penelitian sebelumnya yang menguji aktivitas jamur endofit mangrove terhadap bakteri *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, dan *E. Coli* (Ling et al., 2016; Syahputri et al., 2022). Pengujian lebih lanjut untuk aktivitas antibakteri isolat jamur 3RAB1-1 dilakukan dengan melakukan ekstraksi senyawa metabolit pada kultur jamur tersebut.

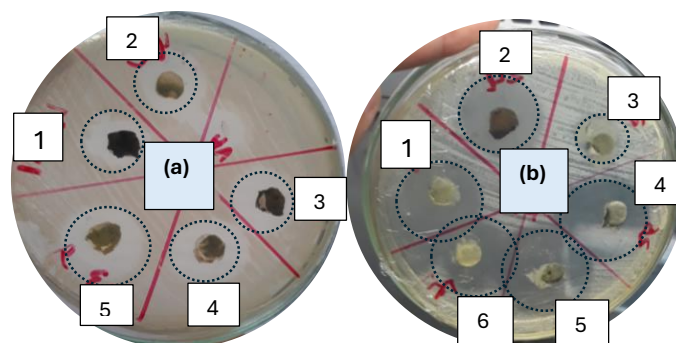
Pengujian Aktivitas Antibakteri

Ekstrak etil asetat dari jamur endofit *Aspergillus* sp. pada penelitian ini berwarna coklat tua bertekstur seperti gel. Aroma ekstrak tercium asam seperti aroma tapai singkong. Rendemen hasil ekstraksi isolat jamur endofit mangrove 3RAB1-1 yang diperoleh pada penelitian ini adalah 0,217 % dihitung dari berat awal jamur terhadap berat ekstrak etil asetat yang telah diuapkan.

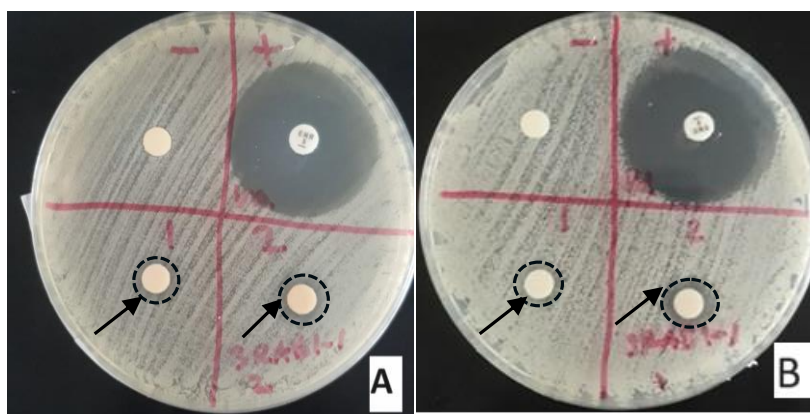
Pengujian aktivitas antibakteri ekstrak jamur endofit *Aspergillus* sp. terhadap *V. alginolyticus* (a) dan *Photobacterium damsela* spp. (b). Zona bening yang dihasilkan oleh masing-masing perlakuan dapat diamati pada Gambar 5 yang ditunjukkan oleh anak panah hitam.

Tabel 1. Interpretasi Hasil Skrining Antibakteri Jamur Endofit

Kode	Zona Bening		Kategori
	<i>V. alginolyticus</i>	<i>Ph. damsela</i> spp.	
1	+++	++++	Potensial
2	+++	++++	Potensial
3	+++	+++	Potensial
4	+++	++++	Potensial
5	++++	++++	Potensial
6	-	++++	Potensial



Gambar 4. Hasil skrining aktivitas antibakteri isolat jamur endofit 3RAB1-1 terhadap *V. alginolyticus* (a) dan *Ph. damsela* spp.(b)



Gambar 5. Hasil Pengujian Aktivitas Antibakteri Ekstrak Jamur 3RAB1-1 terhadap bakteri patogen *V. alginolyticus* (A) dan *Ph. damsela* spp.(B). Keterangan: Kontrol negatif (-), kontrol positif (+), Konsentrasi ekstrak jamur 500 µg/disc (1), Konsentrasi ekstrak jamur 1000 µg/disc.

Tabel 2. Hasil Pengujian Aktivitas Antibakteri Esktrak Isolat Jamur Endofit

Bakteri	K (µg/disc)	Diameter Zona Hambat (mm)/ Efektivitas (%)	
		Rata-rata	Enrofloxacin
<i>V. alginolyticus</i>	0	0,0 ^a	33,0
	500	9,0±1,0 ^b / 27,3±3,0 ^b	33,0
	1000	10,0±1,0 ^b / 30,3±3,0 ^b	33,0
<i>Ph. damsela</i> spp.	0	0,0 ^a	33,0
	500	9,5±0,5 ^b / 27,9±1,5 ^b	34,0
	1000	11,5±0,5 ^b / 34,3±1,5 ^b	33,5

*K=kosentrasi,

Huruf subscript yang sama pada kolom yang sama menunjukkan perlakuan tidak signifikan

Aktivitas antibakteri ekstrak isolat jamur 3RAB1-1 terhadap *V. alginolyticus* menghasilkan zona bening sebesar 9,0±1,0 mm (500 µg/disk) dan 10,0±1,0 mm (1000 µg/disk) bila dibandingkan dengan enrofloxacin sebagai kontrol positif maka efektivitasnya sebesar 27,27±3,03 % (500 µg/disk) dan 30,30±3,03 % (1000 µg/disk). Zona bening yang terbentuk sebagai aktivitas antibakteri isolat jamur 3RAB1-1 terhadap *Ph. damsela* spp. adalah 9,5±0,5 mm (500 µg/disk) dan 11,5±0,5 mm (1000 µg/disk). Efektivitas antibakteri isolat jamur 3RAB1-1 terhadap *Ph. damsela* spp. jika dibandingkan dengan enrofloxacin sebagai kontrol positif adalah 27,94±1,47% (500 µg/disk) dan 34,33±1,49% (1000 µg/disk).

Data perlakuan pada Tabel 2 di atas kemudian dianalisis secara statistik dengan metode Anova Satu Arah dengan tingkat

kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$). Hasil analisis menunjukkan bahwa diameter zona bening pada konsentrasi 500 µg/disk dan 1000 µg/disk tidak berbeda secara signifikan baik pada *V. alginolyticus* dan *Ph. damsela* spp.

Klasifikasi aktivitas antibakteri suatu senyawa kimia dapat terbagi menjadi 3 jenis yaitu kategori lemah (zona bening ≤ 50 %), sedang (50 % \leq zona bening ≤ 70 %), dan kuat (zona bening ≥ 70 %) (Elfita et al., 2019). Ekstrak jamur endofit isolat 3RAB1-1 menghasilkan zona bening terhadap bakteri *V.alginolyticus* sebesar 27,27% (konsentrasi 1) dan 30,30% (konsentrasi 2) sehingga termasuk dalam kategori lemah sesuai dengan klasifikasi di atas. Jamur endofit *Aspergillus* sp. memiliki kandungan senyawa bioaktif yang bervariasi termasuk di dalamnya sebagai senyawa antibakteri. Senyawa aktif *anthraquinon* ditemukan dalam

ekstrak etil asetat jamur endofit *Aspergillus niger* yang diberi paparan stress berupa larutan etanol (Yang et al., 2018). Jamur endofit *Aspergillus nomiae-12RF* yang diisolasi dari spons laut memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dengan nilai MIC 6.25 µg mL⁻¹ (Setiawan et al., 2022).

Jamur endofit berasosiasi dengan tumbuhan inangnya, mangrove *Rhizophora apiculata* yang juga memiliki kandungan senyawa bioaktif salah satunya sebagai antibakteri. Ekstrak metanol batang dan akar *Rhizophora apiculata* mengandung senyawa flavonoid, alkaloid, dan tanin, sedangkan ekstrak heksana mengandung terpenoid. Alkaloid, tanin dan terpenoid merupakan senyawa bioaktif dalam tanaman yang berperan sebagai agen antibakteri. Senyawa bioaktif dari ranting dan akar *R. apiculata* memberikan aktivitas antagonis terhadap bakteri *Aeromonas hydrophila* (Mulia et al., 2023). Jamur endofit dapat memanfaatkan nutrisi dari tubuh inang untuk melakukan metabolisme yang menghasilkan senyawa bioaktif yang bermanfaat bagi inangnya (Omomowo et al., 2023).

Aspergillus sp. merupakan jamur dari filum *Ascomycota* subfilum *Pezizomycotina*. Jamur *Aspergillus* sp. termasuk dalam jamur berfilamen (*filamentous fungi*) yang memiliki ciri khas yaitu berdinding sel yang tebal, dengan komponen hifa serta aktif menghasilkan enzim dan senyawa organik lainnya (Su et al., 2012). *Aspergillus fumigatus* yang diisolasi dari daun *A.lucidior* menghasilkan senyawa bioaktif dari kelas poliketida, fenolik, triterpen, sterol, sesquiterpen, alkaloid, asam lemak dan sebagainya. Penelitian (Hussein et al., 2022) melaporkan bahwa senyawa poliketida dan metabolit dengan sistem cincin tetrasilik mampu memberikan efek beberapa aktivitas biologis seperti sitotoksik/antikanker dan antibakteri. Ekstrak etil asetat dari isolat jamur ini dapat menghambat pertumbuhan bakteri Gram-positif (*Bacillus subtilis* ATCC 6633 dan *Staphylococcus aureus* NRRLB-767), bakteri Gram-negative (*Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 10145 dan *Proteus vulgaris* ATCC 7829) (Hussein et al., 2022). Ekstrak etil asetat kultur jamur *Aspergillus* sp. ZA-01 yang berasal dari sedimen laut mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Vibrio* antara lain *Vibrio parahemolyticus* (MIC = 1.56 µM), *Vibrio anguillarum* (MIC = 1.56 µM), dan *Vibrio alginolyticus* (MIC = 3.12 µM) (Zhu et al., 2018). Ekstrak etil asetat jamur

endofit sedimen mangrove, *Aspergillus ochraceus* MA 15 menghasilkan senyawa poliketida *asperochrin* yang bisa menghambat pertumbuhan bakteri *Aeromonas hydrophila*, *Vibrio anguillarum*, dan *Vibrio harveyi* (Liu et al., 2015).

Senyawa bioaktif dari jamur endofit memiliki mekanisme yang bervariasi dalam aktivitas antibakterinya. Ada yang melalui aktivitas menghambat pertumbuhan bakteri, dengan menghambat atau mengubah quorum sensing, bakteriostatik dan menghambat biosintesis asam lemak, DNA, RNA, dan dinding sel peptidoglikan bakteri. Senyawa bioaktif jamur endofit *Aspergillus* sp Z-A01 yang diisolasi dari sedimen Laut Bohai Huanghuagang, Provinsi Hebei di China, memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Vibrio alginolyticus* dengan mekanisme menghambat pertumbuhannya (Zhu et al. 2018).

Jamur endofit *Aspergillus* sp. yang berasal dari lingkungan laut seperti mangrove, sponge, dan alga mampu menghasilkan senyawa metabolit dengan berbagai struktur kimia yang bervariasi seperti asam lemak, poliketida, sterol, alkaloid, terpenoid, peptida, butenolida, dan lainnya. Bioaktivitas senyawa-senyawa tersebut pun berkhasiat sebagai antimikroba, sitotoksik, insektisida, antioksidan, dan pelindung sel syaraf (Orfali et al., 2021; Hamzah et al., 2020; Silva et al., 2022).

Aspergillus sp. adalah mikroba endofit yang produktif menghasilkan senyawa metabolit. Peneliti mengumpulkan data terkait senyawa bioaktif yang bersifat antibakteri dari isolat jamur endofit *Aspergillus* sp. (berasal dari laut: mangrove, spons, alga, sedimen) dengan 5 jenis terbanyak adalah turunan bifenil, steroid dan isoprenoid, turunan *anthracene*, turunan bifenil, alkaloid, dan poliketida (Orfali et al., 2021; Wei et al., 2024; Li et al., 2023). Penemuan senyawa metabolit dari jamur endofit *Aspergillus* sp. bergantung pada teknik kultur jamur dan teknik manipulasi media tumbuh dan lingkungan agar metabolit tersebut dapat dihasilkan kembali, salah satunya media fermentasi jamur (Le et al., 2019).

KESIMPULAN

Jamur endofit yang diisolasi dari ranting mangrove *Rhizophora apiculata* yang tumbuh di Hutan Mangrove Petengoran adalah jamur dari genus *Aspergillus* sp. berdasarkan pengamatan terhadap bagian-bagian jamur secara makroskopis dan mikroskopis. Ekstrak

etil asetat jamur *Aspergillus* ini memiliki aktivitas antibiotik terhadap bakteri patogen dari ikan budidaya laut *V. alginolyticus* dengan zona hambat pada konsentrasi 500 dan 1000 µg/disk masing-masing adalah 9,0 dan 10,0 mm. Zona hambat terhadap *Ph. damselae* spp. pada konsentrasi ekstrak jamur 500 µg/disk dan 1000 µg/disk berturut-turut adalah 9,5 mm dan 11,5 mm. Penelitian ini mengungkapkan bahwa mangrove mampu menyediakan habitat bagi jamur endofit yang potensial menghasilkan senyawa antibakteri terhadap patogen ikan laut.

Penelitian lebih lanjut terkait karakterisasi senyawa metabolit sekunder yang berperan dalam aktivitas antibakteri terhadap *V. alginolyticus* dan *Ph. damselae* spp. diperlukan untuk pemanfaatan yang berdampak dalam bidang terkait.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Balai Besar Perikanan Budidaya Laut Lampung terutama divisi Laboratorium Uji Kesehatan Ikan dan Lingkungan BBPBL Lampung yang telah memberikan dukungan pendampingan, sarana dan prasarana sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

REFERENSI

- Adeleke, B.S., & Babalola, O.O. 2021. Pharmacological potential of fungal endophytes associated with medicinal plants: a review. *Journal of Fungi*. 7(2): 1–16. DOI: 10.3390/jof7020147.
- Azuwarita, M., Wulandari, R., & Zahra, A. 2021. Pengaruh ekstrak Sargassum sp. terhadap aktifitas fagositosis ikan kakap putih (*Lates calcarifer*) yang diinfeksi bakteri *Vibrio alginolyticus*. *Intek Akuakultur*. 5(1):27–39. DOI: 10.31629/intek.v5i1.2446.
- Barnett, H.L., & Hunter, B.B. 1955. Illustrated genera of imperfect fungi. Fourth Edition. Minneapolis, Minnesota, USA: Burgess Pub. Co. DOI: 10.2307/3756026.
- Bhargava, B. 2019. Standard operating procedures for fungal identification and detection of antifungal resistance. 2nd Edition. New Delhi (India): Indian Council of Medical Research.
- BPS (Badan Pusat Statistik). 2023. Produk domestik bruto menurut lapangan usaha provinsi lampung: Provinsi Lampung Dalam Angka 2023. Vol. 13. <https://lampung.bps.go.id/indicator/52/39/1/produk-domestik-regional-bruto-menurut-lapangan-usaha.html>.
- BPS (Badan Pusat Statistik). 2022. Produksi Perikanan Budidaya Menurut Jenis Budidaya. <https://lampung.bps.go.id>.
- Dhingra, S., Rahman, N.A.A., Peile, E., Rahman, M., Sartelli, M., Hassali, M.A., Islam, T., Islam, S., & Haque, M. 2020. Microbial resistance movements: an overview of global public health threats posed by antimicrobial resistance, and how best to counter. *Frontiers in Public Health*, 8:535668. DOI: 10.3389/fpubh.2020.535668.
- Elfita, Mardiyanto, Fitriya, Larasati, J.E., Julinar, Widjajanti, H., & Muharni. 2019. Antibacterial activity of cordyline fruticosa leaf extracts and its endophytic fungi extracts. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 20(12):3804–3812. DOI: 10.13057/biodiv/d201245.
- Fauzy, A., Tarsim, & Setyawan, A. 2014. Histopatologi organ kakap putih (*Lates Calcarifer*) dengan infeksi *Vibrio Alginolyticus* dan Jintan Hitam (*Nigella Sativa*) sebagai Imunostimulan. *E-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*, 3(1):319–326.
- Hamzah, T.N.T., Ozturk, M., Altay, V., & Hakeem, K.R. 2020. Insights into the bioactive compounds of endophytic fungi in mangroves. *Biodiversity and Biomedicine*, 2020:277–292. DOI: 10.1016/B978-0-12-819541-3.00015-3.
- 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*, 8(2):049–053. DOI: 10.7324/JAPS.2018.8207.
- Hastari, I.F., Sarjito, & Prayitno, S.B. 2014. Karakterisasi agensia penyebab vibriosis dan gambaran histologi ikan kerapu macan (*Epinephelus fuscoguttatus*) dari karamba jaring apung Teluk Hurun Lampung. *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 3(3):86–94.
- Hussein, M.E., Mohamed, O.G., El-fishawy, A.M., El-askary, H.I., El-senousy, A.S., El-beih, A.A., Nossier, E.S., Naglah, A.M., Almehizia, A.A., Tripathi, A., & Hamed, A.A. 2022. Identification of antibacterial metabolites from endophytic Fungus *Aspergillus fumigatus*, isolated from *Albizia lucidior* leaves (Fabaceae), utilizing metabolomic

- and molecular docking techniques. *Molecules*, 27(3):1117. DOI: 10.3390/molecules27031117.
- Ibrahim, M., Oyebanji, E., Fowora, M., Aiyeolemi, A., Orabuchi, C., Akinnawo, B., & Adekunle, A.A. 2021. Extracts of endophytic fungi from leaves of selected Nigerian ethnomedicinal plants exhibited antioxidant activity. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 21(1):1–13. DOI: 10.1186/s12906-021-03269-3.
- Kang, C.H., Shin, Y., Jang, S., Jung, Y., & So, J.S. 2016. Antimicrobial susceptibility of vibrio alginolyticus isolated from oyster in Korea. *Environmental Science and Pollution Research International*, 23(20):21106–21112. DOI: 10.1007/S11356-016-7426-2.
- Khattab, A.R., & Farag, M.A. 2022. Marine and Terrestrial endophytic fungi: a mine of bioactive xanthone compounds, recent progress, limitations, and novel applications. *Critical Reviews in Biotechnology*, 42(3): 403–430. DOI: 10.1080/07388551.2021.1940087.
- KKP (Kementerian Kelautan dan Perikanan). 2022. Angka Konsumsi Ikan Nasional Tahun 2018–2022. *Angka Konsumsi Ikan Nasional*. Jakarta. <https://statistik.kkp.go.id/home.php?m=aki&i=209#panel-footer>.
- Lattos, A., Giantsis, I.A., Tsavea, E., Kolygas, M., Athanassopoulou, F., & Bitchava, K. 2022. Virulence genes and in vitro antibiotic profile of *Photobacterium damsela* strains, isolated from fish reared in greek aquaculture facilities. *Animals*. 12(22):3133. DOI: 10.3390/ani12223133.
- Li, H., Fu, Y., & Song, F. 2023. Marine aspergillus: a treasure trove Of antimicrobial compounds. *Marine Drugs*. 21(15): 277. DOI: 10.3390/md21050277.
- Liu, Y., Li, X.M., Meng, L.H., & Wang, B.G. 2015. Polyketides from the marine mangrove-derived fungus aspergillus ochraceus MA-15 and their activity against aquatic pathogenic bacteria. *Phytochemistry Letters*, 12:232–236. DOI: 10.1016/j.phytol.2015.04.009.
- Huong, L.Q., Thuy, N.T.B., Anh, N.T.L., Thuy, D.T.T., Thanh, D.T.H., & Padungtod, P. 2021. Antibiotics use in fish and shrimp farms in Vietnam. *Aquaculture Reports*. 20(2021):100711. DOI: 10.1016/j.aqrep.2021.100711.
- Ling, O.M., Lim, P.T., Mujahid, A., Proksch, P., & Muller M. 2016. Initial screening of mangrove endophytic fungi for antimicrobial compounds and heavy metal biosorption potential. *Sains Malaysiana*, 45(7):1063–1071.
- Makhlouf, J., Carvajal-Campos, A., Querin, A., Tadrict, S., Puel, O., Lorber, S., Oswald, I.P., Hamze, M., Bailly, J.D., & Bailly, S. 2019. Morphologic, molecular and metabolic characterization of *Aspergillus* section *Flavi* in spices marketed in Lebanon. *Scientific reports*, 9(1):p.5263. DOI: 10.1038/s41598-019-41704-1.
- Microbiology Society. 2015. Observing Fungi in a Petri Dish. *Society for General Microbiology*. <http://www.microbiologyonline.org/teachers/observing-microbes/observing-fungi-in-a-petri-dish>.
- Mohamad, N., Amal, M.N.A., Yasin, I.S.M., Saad, M.Z., Nasruddin, N.S., Al-saari, N., Mino, S., & Sawabe, T. 2019. Vibriosis in Cultured marine fishes: a review. *Aquaculture*. 512:734289. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2019.734289.
- Mulia, D.S., Rahayu, S.D., Suyadi, A., Mujahid, I., & Isnansetyo, A. 2023. Antibacterial activity of mangrove plant extract of *Rhizophora apiculata* in inhibiting the growth of various strains of *Aeromonas hydrophila*. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 24(9):4803–4810. DOI: 10.13057/biodiv/d240921.
- Norphanhoun, C., Raspé, O., Jeewon, R., Wen, T.C., & Hyde, K.D. 2018. Morphological and phylogenetic characterisation of novel *Cytospora* species associated with mangroves. *MycologyKeys*, 38: 93–120. DOI: 10.3897/mycokeys.38.28011.
- Nyongesa, B.W., Okoth, S., & Ayugi, V. 2015. Identification key for aspergillus species isolated from maize and soil of Nandi County, Kenya. *Advances in Microbiology*, 5(4):205–229. DOI: 10.4236/aim.2015.54020.
- Omomowo, I.O., Amao, J.A., Abubakar, A., Ogundola, A.F., Ezediuno, L.O., & Bamigboye, C.O. 2023. A Review on the trends of endophytic fungi bioactivities. *Scientific African*, 20(July):e01594. DOI: 10.1016/j.sciaf.2023.e01594.
- Orfali, R., Aboseada, M.A., Abdel-Wahab, N.M., Hossam, M.H., Perveen, S., Ameen, F., Alturki, E., & Abdelmohsen, U.R. 2021. Recent updates on the bioactive compounds of the marine-

- derived genus *Aspergillus*. *RSC Advances*, 11(28):17116–17150. DOI: 10.1039/d1ra01359a.
- Pramono, H., Irawan, N.T., Firdaus, M.R.A., Sudarno, Sulmartiwi, L., & Mubarak, A.S. 2019. Bacterial endophytes from mangrove leaves with antibacterial and enzymatic activities. *Malaysian Journal of Microbiology*, 15(7):543–553. DOI: 10.21161/mjm.190352.
- Pusat Data Statistik, dan Informasi, KKP. 2022. Kelautan Dan Perikanan Dalam Angka Tahun 2022. *Pusat Data Statistik Dan Informasi- Kementerian Kelautan Dan Perikanan*. Vol. 1.
- Puslitbang DPR RI. 2024. Isu Sepekan: Peluang Peningkatan Produktivitas Sektor Kelautan Dan Perikanan Di Tahun 2024.
- Putri, M.C., Erina, Abrar, M., & Daud, A.K.M. 2021. Isolasi dan identifikasi aspergillus sp. pada kantung hawa puyuh (*Cortunix japonica*). *Acta Veterinaria Indonesiana*, 9(2):134–142. DOI: 10.29244/avi.9.2.134-142.
- Reverter, M., Sarter, S., Caruso, D., Avarre, J.C., Combe, M., Pepey, E., Pouyaud, L., Vega-Heredía, S., Hugues, D.V., & Gozlan, R.E. 2020. Aquaculture at the Crossroads of global warming and antimicrobial resistance. *Nature Communications*, 11(1870):1–8. DOI: 10.1038/s41467-020-15735-6.
- Rita, A., & Dwi, T. 2023. Kebijakan ekonomi biru kementerian kelautan dan perikanan peranan sektor kelautan dan perikanan di Indonesia. *Kementerian Kelautan Dan Perikanan Indonesia*. Jakarta.
- Sanjaya, A., Setiawan, A., Wulandari, C., Safe'i, R., Bainah, S.D., & Abidin, Z. 2022. Kajian dimensi ekologi kawasan hutan mangrove petengoran untuk ekowisata di Kabupaten Pesawaran Propinsi Lampung. *International Black Sea Modern Scientific Research Congress*, p.368.
- Setiawan, A., Lutfiah, R., Juliasih, N.L.G.R., Setiawan, W.A., Hendri, J., & Arai, M. 2022. Antibacterial Activity of EtOAc extract from marine-derived fungus *Aspergillus Nomiae* A12-RF against Clinical Pathogen Bacteria, *Staphylococcus Aureus*. *AACL Bioflux*, 15(3):1413–21.
- Sharma, S.R.K., Rathore, G., Verma, D.K., Sadhu, N., & Philipose, K.K. 2013. *Vibrio alginolyticus* infection in Asian Seabass (*Lates calcarifer*, Bloch) reared in open sea floating in India. *Aquaculture Research*, 44(1):86–92. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2011.03013.x.
- Sibero, M.T., Igarashi, Y., Radjasa, O.K., Sabdon, A., Trianto, A., Zilda, D.S., & Wijaya, Y.J. 2019. Sponge-associated fungi from a mangrove habitat in Indonesia: species composition, antimicrobial activity, enzyme screening and bioactive profiling the result of genetic. *International Aquatic Research*, 11:173–186. DOI: 10.1007/s40071-019-0227-8.
- Sibero, M.T., Herdikiawan, D., Radjasa, O.K., Sabdon, A., Trianto, A., & Triningsih, D.W. 2018. Antibacterial activity of sponge associated fungi against vibriosis agents in shrimp and its toxicity to *Litopenaeus Vannamei*. *AACL Bioflux*, 11(1):10–18.
- Sibero, M.T., Sahara, R., Syafiqoh, N., & Tarman, K. 2017. Antibacterial activity of red pigment isolated from coastal endophytic fungi against multi-drug resistant bacteria. *Biotropia - The Southeast Asian Journal of Tropical Biology*, 24(2):161–172. DOI: 10.1159/8/btb.2017.24.2.725.
- Silva, D.P.D., Cardoso, M.S., & Macedo, A.J. 2022. Endophytic fungi as a source of antibacterial compounds-a focus on gram-negative bacteria. *Antibiotics (Basel, Switzerland)*, 11(11):1509. DOI: 10.3390/antibiotics11111509.
- Situmorang, D.A.G., Rozirwan, & Hendri, M. 2021. Isolasi dan aktivitas antibakteri jamur endofit pada mangrove avicennia marina dari Pulau Payung Kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Sains*, 23(3):125–133. DOI: 10.56064/jps.v23i3.661.
- Su, X., Schmitz, G., Zhang, M., Mackie, R.I., & Cann, I.K.O. 2012. *Heterologous gene expression in filamentous fungi*. *Advances in Applied Microbiology*, 81:1–61. DOI: 10.1016/B978-0-12-394382-8.00001-0.
- Sufardin. 2022. Studi infeksi patogen pada beberapa spesies ikan laut [Disertasi]. Makassar: Universitas Hasanudin.
- Syahputri, E.A., Oktavia, Y., & Amrizal, S.N. 2022. Penapisan kapang endofit asal thalassia hemprichii sebagai penghasil antimikroba. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan*, 14(2): 233–241. DOI: 10.29244/jitkt.v14i2.39490.
- Le, T.T.M., Hoang, A.T.H., Le, T.T.B., Vo, T.T.B., Quyen, D.V., & Chu, H.H. 2019. Isolation of endophytic fungi and screening of huperzine A-producing

- fungus from *huperzia serrata* in Vietnam. *Scientific Reports*, 9(1):1–13. DOI: 10.1038/s41598-019-52481-2.
- Vasundhara, M., Reddy, M.S., & Kumar, A. 2019. Secondary metabolites from endophytic fungi and their biological activities. *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering: Microbial Secondary Metabolites Biochemistry and Applications*, 237–58. DOI: 10.1016/B978-0-444-63504-4.00018-9.
- Vittaya, L., Charoendat, U., Janyong, S., Uieng, J., & Leesakul, N. 2022. Comparative analyses of saponin, phenolic, and flavonoid contents in various parts of *Rhizophora mucronata* and *Rhizophora apiculata* and their growth inhibition of aquatic pathogenic bacteria. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 12(11): 111–21. DOI: 10.7324/JAPS.2022.121113.
- Wardina, M.A., Mustofa, S., & Malarangeng, A.N.T.A. 2023. Review article: potensi *Rhizophora apiculata* sebagai fitofarmaka. *Medula*, 13(2):137–146. DOI: 10.53089/medula.v13i2.620
- Wei, L., Ran, J., Li, Z., Zhang, Q., Guo, K., Mu, S., Xie, Y., Xie, A., & Xiao, Y. 2024. Chemical composition, antibacterial activity and mechanism of action of fermentation products from *Aspergillus niger* xj. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 196(2):878–95. DOI: 10.1007/s12010-023-04577-9.
- Widyaputri, W., Qurniati, R., & Firdasari. 2022. Pengelolaan mangrove petengoran sebagai objek ekowisata di Desa Gebang Kecamatan Teluk Pandan Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung. *Seminar Nasional Konservasi II*, pp.134–40.
- Yang, S.Q., Li, X.M., Xu, G.M., Li, X., An, C.Y., & Wang, B.G. 2018. Antibacterial anthraquinone derivatives isolated from a mangrove-derived endophytic fungus *Aspergillus nidulans* by ethanol stress strategy. *Journal of Antibiotics*, 71(9):778–784. DOI: 10.1038/s41429-018-0063-x.
- Zhu, A., Yang, M.Y., Zhang, Y.H., Shao, C.L., Wang, C.Y., Hu, L.D., Cao, F., Zhu, H.J. 2018. Absolute configurations of 14,15-hydroxylated prenylxanthenes from a marine-derived *Aspergillus* sp. Fungus by chiroptical methods. *Scientific Reports*, 8(1):1–10. DOI: 10.1038/s41598-018-28996-5.
- Zhu, A., Zhang, X.W., Zhang, M., Li, Ma, Z.Y., Zhu, H.J., & Cao, F. 2018. Aspergixanthenes I–K, new Anti-Vibrio Prenylxanthenes from the Marine-Derived Fungus *Aspergillus* Sp. ZA-01. *Marine Drugs*, 16(9):1–8. DOI: 10.3390/md16090312.
- Zhu, Z., Dong, C., Weng, S.P., & He, J.G. 2018. The high prevalence of pathogenic vibrio harveyi with multiple antibiotic resistance in scale drop and muscle necrosis disease of the hybrid grouper, *Epinephelus Fuscoguttatus* (♀) × *E. Lanceolatus* (♂), in China. *Journal of Fish Diseases*, 41(4):589–601. DOI: 10.1111/jfd.12758.
- Zulkifli, N.A., & Zakaria, L. 2017. Morphological and molecular diversity of *Aspergillus* from corn grain used as livestock feed. *HAYATI Journal of Biosciences*, 24(1):26–34. DOI: 10.1016/j.hjb.2017.05.002.