

POTENSI KAPANG ENDOFIT DAUN DAN BATANG TANAMAN KELOR (*Moringa oleifera* Lam.) SEBAGAI ANTIMIKROBA

Inherni Marti Abna*¹, Siti Nurfitri², Putu Gita Maya Widyaswari Mahayasih³

^{1,2,3} Program Studi Farmasi, Fakultas Ilmu-Ilmu Kesehatan, Universitas Esa Unggul, Jakarta
Jalan Arjuna Utara Nomor 9, Kebon Jeruk, Jakarta Barat 11510

e-mail: inherni.martiabna@esaunggul.ac.id

ABSTRAK

Kapang endofit yang tinggal dalam jaringan tanaman kelor, termasuk di daun dan batangnya, mampu menghasilkan senyawa dengan efek serupa seperti yang terdapat pada tanaman inangnya. Tanaman kelor, sebagai salah satu sumber komponen bioaktif, sering digunakan dalam pengobatan tradisional untuk menyembuhkan berbagai penyakit. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengisolasi kapang endofit dari bagian daun dan batang tanaman kelor yang menunjukkan potensi sebagai agen antimikroba. Aktivitas antimikroba diukur melalui uji daya hambat terhadap pertumbuhan mikroba patogen, yaitu terhadap *Escherichia coli*, *Staphylococcus epidermidis*, dan *Candida albicans*. Sebanyak sembilan isolat kapang endofit berhasil diisolasi dari tanaman kelor yaitu isolat D2a1a-Ft, D2a1b-Ft, D2b-Ft, D3a-Ft yang diisolasi dari daun dan isolat B1a-Ft, B1b-Ft, B2a-Ft, B3a-Ft, dan B3b-Ft yang diisolasi dari batang. Dari kesembilan isolat tersebut, isolat D2a1a-Ft, B2a-Ft, dan B1b-Ft yang menunjukkan kemampuan sebagai agen antimikroba. Hasil uji aktivitas antimikroba menunjukkan bahwa isolat D2a1a-Ft mampu menghambat pertumbuhan *Staphylococcus epidermidis* dan *Escherichia coli*, isolat B2a-Ft dapat menghambat pertumbuhan *Staphylococcus epidermidis*, sementara isolat B1b-Ft dapat menghambat pertumbuhan *Candida albicans*. Diameter hambatan terbesar, yaitu 7,2 mm, tercatat pada isolat B1b-Ft terhadap *Candida albicans*.

Kata kunci: Tanaman Kelor, *Moringa oleifera* Lam., Kapang endofit

ABSTRACT

Endophytic fungi residing within the tissues of the Moringa tree, including its leaves and stems, demonstrate the capability to produce compounds with effects similar to those found in their host plant. Moringa, recognized as a source of bioactive components, is frequently employed in traditional medicine to treat various ailments. The aim of this research is to isolate endophytic fungi from the leaves and stems of the Moringa tree, showcasing potential as antimicrobial agents. Antimicrobial activity is assessed through inhibitory assays targeting the growth of pathogenic microbes, including *Escherichia coli*, *Staphylococcus epidermidis*, and *Candida albicans*. A total of nine endophytic fungi isolates were successfully obtained from the Moringa tree, consisting of isolates D2a1a-Ft, D2a1b-Ft, D2b-Ft, D3a-Ft isolated from leaves, and isolates B1a-Ft, B1b-Ft, B2a-Ft, B3a-Ft, and B3b-Ft isolated from stems. Among these isolates, D2a1a-Ft, B2a-Ft, and B1b-Ft exhibited potential as antimicrobial agents. Results from antimicrobial activity assays indicate that D2a1a-Ft can inhibit the growth of *Staphylococcus epidermidis* and *Escherichia coli*, B2a-Ft can impede the growth of *Staphylococcus epidermidis*, while B1b-Ft can hinder the growth of *Candida albicans*. The largest inhibition diameter, measuring 7.2 mm, was observed in the case of B1b-Ft against *Candida albicans*.

Keywords: Moringa Tree, *Moringa oleifera* Lam., Endophytic Fungi.

PENDAHULUAN

Mikroba endofit adalah mikroorganisme yang dapat menetap dalam jaringan tanaman pada waktu tertentu, membentuk koloni di berbagai bagian tanaman tanpa menyebabkan kerusakan pada sel inangnya (1). Terdapat hubungan mutualistik yang menguntungkan antara mikroba endofit dan tanaman inangnya (2). Mikroba endofit biasanya ditemukan di lokasi tertentu dalam jaringan tanaman, termasuk di antaranya akar, batang, daun, buah, biji, dan bunga (3).

Mikroba endofit hadir dalam jumlah yang cukup signifikan di berbagai bagian tanaman, dan di antara variasi mikroba endofit fokus utama isolasi tertuju pada kapang endofit. Kapang

endofit, sebagai komponen integral dari mikroba endofit, umumnya hadir dalam jumlah melimpah di lingkungan alam. Identifikasi jenis dan karakteristik kapang endofit dilakukan untuk memahami potensinya, sehingga kapang endofit yang teridentifikasi dapat dimanfaatkan di bidang kesehatan (4). Kapang endofit memiliki kapabilitas untuk menghasilkan senyawa metabolit tanpa memberikan dampak negatif pada ekosistem tanaman inangnya, karena tidak memerlukan penebangan tanaman asli yang dapat memakan waktu puluhan tahun untuk panen (1). Selanjutnya, proses isolasi kapang endofit dari tanaman inangnya terbukti lebih efisien dalam menghasilkan senyawa metabolit karena mengikuti siklus hidup yang lebih singkat dan menghasilkan jumlah senyawa aktif yang signifikan (4). Kapang endofit yang mengandung senyawa aktif memiliki potensi sebagai agen antimikroba, antioksidan, antivirus, antikanker, antidiabetes, immunosuppressant, antimalaria, dan antifungi (5). Kapang endofit terkenal mengandung senyawa aktif metabolit sekunder seperti alkaloid, steroid, terpenoid, flavonoid, saponin, glikosida, tannin, dan lainnya. Untuk memperoleh senyawa metabolit sekunder dari kapang endofit, penting untuk melakukan seleksi tanaman inang yang telah terbukti memiliki bioaktivitas (4). Berbagai jenis tanaman, terutama tanaman obat, digunakan sebagai sumber isolat kapang endofit, dengan tanaman kelor menjadi salah satu tanaman yang menunjukkan potensi sebagai bahan obat (6).

Tanaman kelor (*Moringa oleifera* Lam.) membawa sejumlah manfaat yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia, dan hampir semua bagian tanaman, dari daun, kulit batang, biji, hingga akar, digunakan dalam pengobatan tradisional (7). Masyarakat telah lama menggunakan tanaman kelor untuk mengatasi berbagai masalah kesehatan, seperti infeksi kulit, peradangan selaput lendir hidung, dan masalah gizi pada bayi dan anak-anak (8). Komposisi fitokimia tanaman kelor mencakup tannin, fenol, steroid, triterpenoid, flavonoid, saponin, antrakuinon, alkaloid, dan gula pereduksi. Senyawa-senyawa ini memiliki berbagai manfaat, termasuk dalam pengobatan luka, penurunan tekanan darah, penanganan diabetes, antijamur, detoksifikasi dan pemurnian air, antibakteri, serta perawatan kulit (9). Flavonoid dapat digunakan sebagai antibakteri dengan mendenaturasi protein sel bakteri dan merusak membran sel. Senyawa saponin mempunyai potensi sebagai antibakteri dengan merusak membran sitoplasma kemudian membunuh sel, sedangkan senyawa tanin dapat merusak membran sel bakteri dengan membentuk kompleks senyawa yang berikatan dengan enzim atau menghambat daya toksisitasnya dengan membentuk ikatan kompleks antara tanin dan ion logam (10),(11),(12).

Sudah ada informasi mengenai aktivitas antimikroba tanaman kelor, namun mengenai aktivitas antimikroba kapang endofit dari batang dan daun kelor belum banyak dilaporkan. Beberapa hasil penelitian yang telah dilaporkan diantaranya aktivitas antibakteri dari ekstrak daun kelor. Satu penelitian menyatakan bahwa ekstrak daun kelor mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*, dengan daya hambat teramati pada konsentrasi daun kelor sebesar 10% (6). Penelitian lain yang menggunakan ekstrak daun kelor dengan pelarut etanol juga menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus epidermidis*, terbukti dengan adanya zona hambat pada media agar pada berbagai konsentrasi yang diuji (16). Ekstrak biji kelor juga menunjukkan zona hambat pada setiap konsentrasi yang diaplikasikan, menunjukkan kemampuan ekstrak biji kelor untuk menghambat pertumbuhan *Candida albicans* (17). Dalam konteks potensi antibakteri isolat jamur endofit dari daun kelor, ditemukan tiga isolat murni, tetapi hanya satu di antaranya yang menunjukkan potensi sebagai agen antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas aeruginosa* (18). Oleh karena itu, penelitian ini diperluas untuk mengeksplorasi potensi kapang endofit dari daun dan batang tanaman kelor (*Moringa oleifera* Lam.) dalam aktivitas antimikroba terhadap *Staphylococcus epidermidis*, *Escherichia coli*, dan *Candida albicans*.

METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah gelas kimia, gelas ukur, Erlenmeyer, batang pengaduk, pipet tetes, mikro pipet (Eppendorf®) dan tip, kapas, kasa berlemak, aluminium foil, tali, laminar air flow (Labtech®), Autoklaf (Tommy®), cawan petri (Onemed®), tisu, plastik wrap, kertas saring, paraffin, tabung eppendorf, spatula, tabung reaksi, inkubator (Santn®), vortex (Dragonlab®), timbangan analitik (Santorius®), bunsen, kaca objek, kaca penutup, mikroskop (Primo Star®), ose bulat, *vertical shaker*, sentrifugasi, *hot plate* (IKA®), *magnetic stirrer* (Joanlab®), oven microwave (Sharp®). Bahan yang digunakan adalah daun dan ranting tanaman kelor (*Moringa oleifera* Lam.), etanol 70%, natrium hipoklorit (NaOCl) 5,25%, media PDA (Potato Dextrose Agar), media NA (Nutrient Agar), media PDB (Potato Dextrose Broth), metilen blue, akuades steril, baku banding antibiotik Kloramfenikol 50µg dan 100µg dan Ketokonazol 250µg sebagai antijamur, mikroba uji *Staphylococcus epidermidis*, *Escherichia coli* dan *Candida albicans*.

2.2 Jalannya Penelitian

Isolasi Kapang Endofit

Isolasi kapang endofit dilaksanakan dengan menggunakan sampel daun tua dan batang tanaman kelor (*Moringa oleifera* Lam). Sebelumnya, pemilihan sampel harus dilakukan pada keadaan segar dan bebas dari cacat seperti noda atau bercak. Sampel tanaman tersebut selanjutnya dibilas dengan air mengalir selama 5 menit untuk menghilangkan kotoran yang melekat pada permukaan daun dan batang (19). Proses selanjutnya melibatkan pemotongan sampel daun menjadi ukuran 1 cm x 1 cm menggunakan pisau steril, sedangkan sampel batang dipotong secara melintang menjadi potongan berukuran 1 cm (20). Kemudian, sampel daun dan batang tanaman kelor menjalani proses sterilisasi dengan cara direndam dalam etanol 70% selama 1 menit, diikuti dengan perendaman dalam larutan natrium hipoklorit (NaOCl) 5,25% selama 1 menit. Setelah itu, sampel dicuci dua kali dengan akuades steril, dan kemudian dikeringkan di atas kertas saring steril untuk menghilangkan kelebihan air dari permukaan sampel tanaman. Sampel yang telah disterilkan ditempatkan di atas media Potato Dextrose Agar (PDA) yang terdapat dalam cawan petri. Proses penanaman sampel dilakukan secara ganda, dengan masing-masing cawan berisi 3 potongan sampel daun dan batang. Setelah melakukan inokulasi media dengan potongan sampel, langkah selanjutnya adalah menginkubasi selama 7-10 hari pada suhu ruang. Akuades yang digunakan sebagai bilasan terakhir diisolasi pada media PDA di cawan petri terpisah, bertujuan sebagai kontrol untuk memastikan sterilisasi permukaan daun (21).

Pemurnian Kapang Endofit

Pemurnian kapang endofit diterapkan dengan melakukan pemisahan koloni yang memiliki perbedaan morfologi untuk mendapatkan isolat yang bersih. Proses pemurnian ini melibatkan transfer satu per satu dari koloni kapang endofit dengan morfologi yang berbeda ke dalam cawan petri yang telah diisi dengan media Potato Dextrose Agar (PDA). Kemudian, cawan petri tersebut diinkubasi pada suhu kamar selama 5 hingga 7 hari. Setelah masa inkubasi, dilakukan pengamatan morfologi. Jika masih terdapat koloni yang berbeda secara makroskopis, dilakukan tahap pemisahan sekali lagi dengan mentransfernya ke cawan petri lain yang sudah berisi media PDA, dengan tujuan memperoleh isolat yang benar-benar bersih. Setelah berhasil mendapatkan isolat yang murni, dilakukan duplo pada agar miring sebagai kultur stok dan kultur yang akan digunakan dalam penelitian berikutnya (22).

Karakteristik Kapang Endofit

Karakteristik yang dapat diidentifikasi secara visual mencakup warna dan struktur permukaan koloni (seperti butiran tepung, tumpukan, atau licin), garis-garis radial, zonasi, eksudat tetes, dan warna di sekeliling koloni. Sementara itu, ciri-ciri yang dapat diamati di bawah mikroskop melibatkan penilaian terhadap keberadaan septa pada hifa, apakah pertumbuhan hifa bercabang atau tidak, keberadaan sporangiofor dan bentuk spora, serta keberadaan konidiofor dan konidia (23). Pengamatan mikroskopis dilakukan dengan mengambil isolat kapang endofit yang telah dimurnikan dan memotongnya menggunakan pisau steril berukuran 1 cm x 1 cm. Selanjutnya, sampel ditempatkan di atas kaca objek, ditetaskan dengan metilen biru sebanyak 1 tetes, kemudian ditutup dengan kaca penutup dan diamati menggunakan mikroskop pada perbesaran 40 dan 100 kali (24).

Peremajaan Mikroba Uji

Stok dan regenerasi mikroba uji dilakukan dengan mengambil satu ose *Staphylococcus epidermidis* dan *Escherichia coli*, kemudian menanamkannya pada media NA yang telah disiapkan di dalam cawan petri. Sebaliknya, *Candida albicans* diinokulasikan pada media PDA. Langkah berikutnya melibatkan inkubasi menggunakan inkubator pada suhu 37°C selama 24 jam (25).

Pembuatan Suspensi Mikroba Uji

Suspensi mikroba uji dipersiapkan dengan mengambil satu ose mikroba uji masing-masing, kemudian ditempatkan dalam tabung reaksi yang telah diisi dengan larutan NaCl 0,9% dengan kehati-hatian aseptis. Setelah itu, homogenisasi dilakukan menggunakan alat vortex. Kekekutan suspensi mikroba disesuaikan dengan standar McFarland 3 (10^9 CFU/mL). Suspensi mikroba pada konsentrasi 10^9 CFU/mL tersebut kemudian diencerkan untuk menghasilkan suspensi mikroba dengan konsentrasi 10^6 CFU/mL. Proses pengenceran melibatkan transfer 1 ml suspensi bakteri 10^9 ke dalam tabung yang berisi 9 ml NaCl 0,9%, menghasilkan suspensi mikroba 10^8 . Selanjutnya, 1 ml suspensi 10^8 dipipet ke dalam tabung yang berisi 9 ml NaCl 0,9%, menghasilkan suspensi mikroba 10^7 . Langkah berikutnya melibatkan pipetan 1 ml suspensi bakteri 10^7 ke dalam tabung yang berisi 9 ml NaCl 0,9%, menghasilkan pengenceran suspensi mikroba 10^6 . Suspensi mikroba 10^6 yang telah diencerkan selanjutnya akan digunakan untuk melakukan uji aktivitas antimikroba (26).

Seleksi Kapang Endofit Yang Berpotensi Sebagai Antimikroba

Seleksi kapang endofit yang memiliki potensi sebagai agen antimikroba dilakukan menggunakan metode difusi agar dengan menerapkan teknik *pour plate*. Pada tahap awal, dilakukan penambahan suspensi mikroba uji *Staphylococcus epidermidis* dan *Escherichia coli* sebanyak 1000 µl ke dalam setiap cawan petri. Selanjutnya, masing-masing cawan petri diisi dengan media NA sebanyak 15 ml. Untuk *Candida albicans*, 1000 µl suspensi dimasukkan ke dalam cawan petri yang kemudian diisi dengan media PDA sebanyak 15 ml. Cawan petri kemudian digoyangkan dengan gerakan perlahan membentuk angka delapan dan dibiarkan hingga media memadat pada suhu kamar. Setelah pemadatan, satu potongan isolat kapang endofit diinokulasikan ke dalam cawan petri yang berisi medium PDA yang telah mengandung isolat *Candida albicans*, dan juga pada cawan petri yang berisi media NA yang telah mengandung *Staphylococcus epidermidis* dan *Escherichia coli*. Konsentrasi mikroba patogen masing-masing kultur diatur pada tingkat pengenceran 10^6 CFU/mL, dan selanjutnya diinkubasi selama 1-2 hari pada suhu 37°C (27)

HASIL DAN PEMBAHASAN

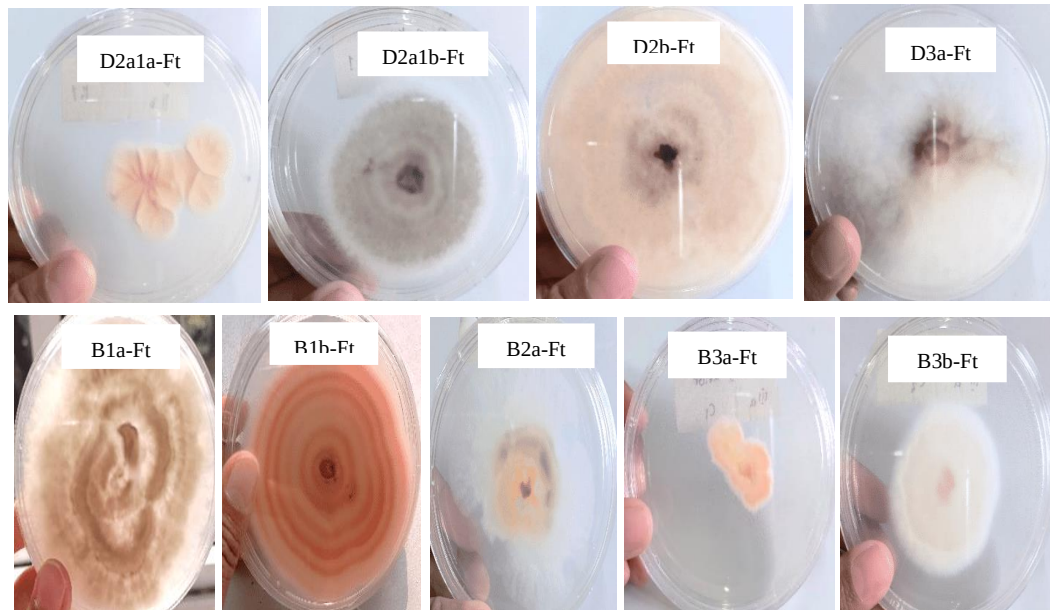
Proses isolasi kapang dimulai dengan melakukan sterilisasi pada permukaan sampel tanaman untuk mencegah kemungkinan kontaminasi mikroorganisme (29). Sampel tanaman disterilisasi menggunakan etanol 70%, natrium hipoklorit (NaOCl) 5,25%, dan air destilasi steril (18). Etanol dan NaOCl berperan sebagai disinfektan, sedangkan air destilasi steril digunakan untuk membersihkan mikroorganisme yang telah mati akibat disinfektan (30). Kontrol sterilisasi dilakukan pada air destilasi yang digunakan sebagai bilasan terakhir, diisolasi, dan diinkubasi selama 7 hari untuk memastikan keberhasilan sterilisasi.

Media Potato Dextrose Agar (PDA) dipilih sebagai media isolasi kapang endofit karena merupakan media umum yang mendukung pertumbuhan kapang. PDA memiliki pH rendah (pH 4,5 hingga 5,6), yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri yang memerlukan pH netral (pH 7,0) (28,29). PDA terdiri dari kentang sebagai sumber karbohidrat, vitamin, dan energi; dextrose sebagai sumber gula dan energi; serta agar sebagai pemat media (32). Media PDA dipilih karena nutrisinya cukup dan dapat mempercepat pertumbuhan kapang endofit pada hari ketiga dan keempat (31). Hasil isolasi kontrol bilasan menunjukkan ketiadaan pertumbuhan kapang, menandakan bahwa kapang yang tumbuh adalah benar-benar endofit.

Isolat kapang kemudian diproses untuk pemurnian guna mendapatkan satu jenis kapang endofit tanpa kontaminasi. Pemurnian dilakukan untuk memisahkan koloni kapang endofit dengan morfologi yang berbeda menjadi isolat kapang murni. Jika masih terdapat pertumbuhan koloni yang berbeda, dilakukan pemisahan ulang hingga diperoleh isolat kapang yang murni (4). Pemurnian kapang endofit dilakukan secara makroskopis dengan memperhatikan warna dan bentuk koloni. Koloni dengan kriteria warna dan bentuk yang identik dianggap sebagai isolat kapang yang serupa, sedangkan koloni dengan kriteria yang berbeda dianggap sebagai isolat kapang yang berlainan (22). Hasil pemurnian menunjukkan terdapat 9 isolat kapang endofit murni, terdiri dari 4 isolat dari sampel daun dan 5 isolat dari sampel batang. Isolat kapang endofit murni ini kemudian ditanamkan pada media PDA miring sebagai kultur kerja atau kultur stok, dan disimpan dalam lemari pendingin. Kultur kerja atau kultur stok ini akan digunakan untuk uji seleksi dan uji aktivitas antimikroba.

Kelimpahan dan keragaman kapang endofit pada tanaman inang dipengaruhi oleh varietas tanaman inang, sehingga keberadaan kapang endofit juga berkaitan dengan metabolisme tanaman inang (33). Kapang endofit menunjukkan keberagaman pertumbuhan yang signifikan karena tumbuh di dalam jaringan tanaman. Ketidadaan pertumbuhan yang seragam disebabkan oleh perbedaan tanaman, membuat tempat tinggal kapang endofit menjadi hal yang sangat penting (29). Kapang endofit pada tanaman inang yang sejenis dapat menunjukkan variasi di berbagai habitat, mengindikasikan adaptasi kapang endofit terhadap mikroekologi dan kondisi fisiologis yang khusus pada setiap tanaman inang (34).

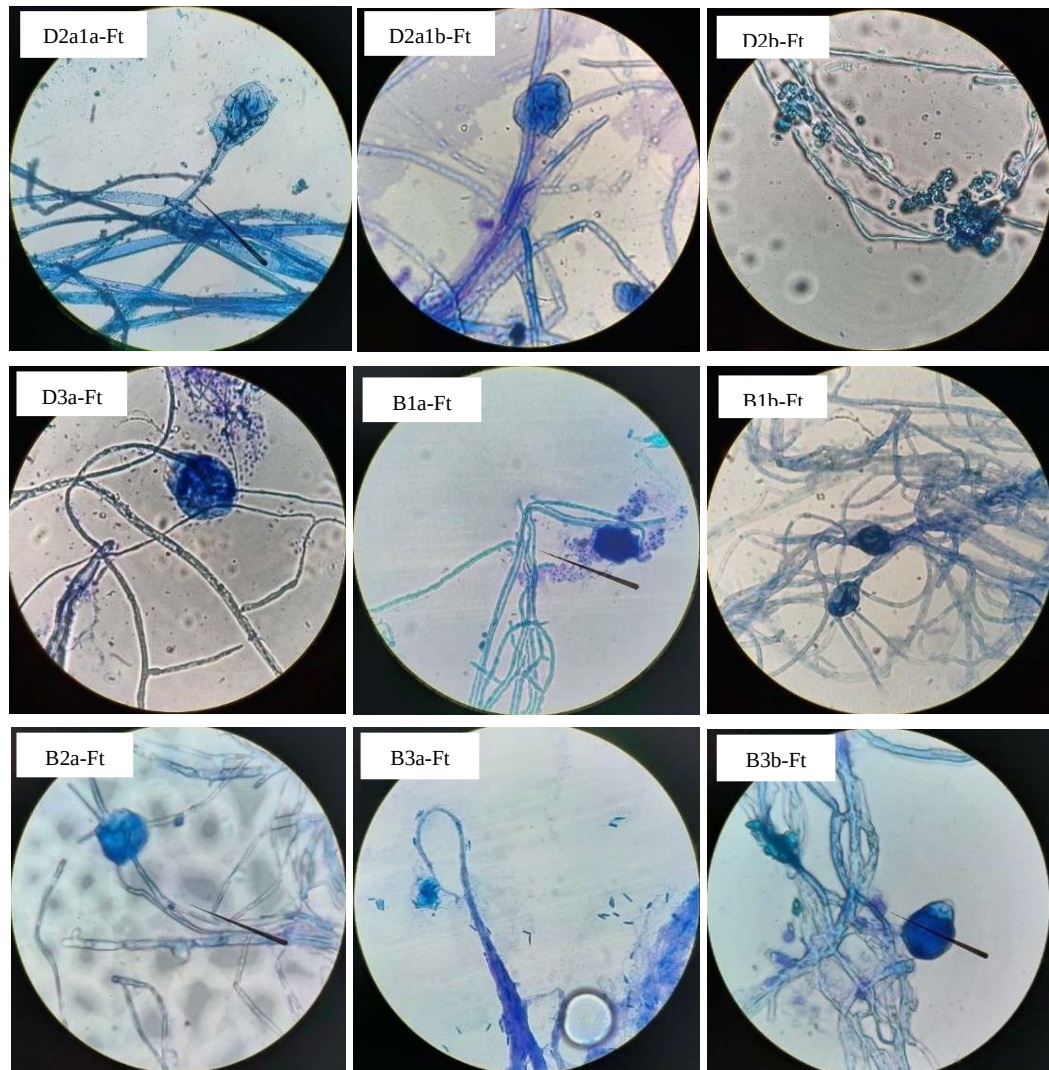
Karakterisasi dilakukan pada hasil isolat kapang endofit murni dengan fokus pada aspek makroskopis dan mikroskopis untuk membedakan spesies kapang endofit. Pengamatan makroskopik mencakup parameter seperti warna dan tekstur koloni (seperti granula tepung, tumpukan, atau licin), garis radial, zonasi, eksudat tetes, dan warna bagian belakang koloni (23). Karakteristik makroskopik isolat D2a1a-Ft melibatkan warna koloni putih, warna sebalik koloni krem, permukaan koloni menumpuk, tekstur koloni berbludru, tanpa zonasi, dan garis radial pada koloni tidak terlihat. Sebaliknya, isolat D2a1b-Ft menunjukkan warna koloni putih, warna sebalik koloni pada bagian dalam merah muda kehitaman, bagian luar putih kecoklatan dengan tepi putih, permukaan koloni menumpuk, tekstur koloni seperti kapas, dengan garis radial, zonasi, dan tetesan eksudat. Isolat D2b-Ft memiliki karakteristik makroskopik berupa warna koloni putih kehitaman, warna sebalik koloni putih kecoklatan, permukaan koloni menumpuk, tekstur koloni seperti kapas, garis radial, zonasi, dan tetesan eksudat. Isolat D3a-Ft menunjukkan warna koloni putih, warna sebalik koloni bagian dalam coklat kehitaman dan bagian luar putih, permukaan koloni menumpuk, tekstur koloni seperti kapas, serta zonasi pada koloni. Lalu, isolat B1a-Ft memiliki karakteristik makroskopik berupa warna koloni putih, warna sebalik koloni putih kecoklatan, permukaan koloni licin, tekstur koloni seperti tepung, terdapat zonasi, garis radial, dan tidak ada tetesan eksudat. Begitu juga dengan isolat B1b-Ft, B2a-Ft, B3a-Ft, dan B3b-Ft, masing-masing menunjukkan variasi dalam warna, permukaan, dan tekstur koloni, serta keberadaan garis radial, zonasi, dan tetesan eksudat pada beberapa isolat.



Gambar 1. Karakteristik Isolat Kapang Endofit Tanaman Kelor Secara Makroskopik

Pengamatan sifat mikroskopis dari kapang endofit dilakukan dengan menggunakan mikroskop, dan proses ini melibatkan pemberian pewarna metilen biru untuk meningkatkan kejelasan morfologi sel kapang. Aspek yang diamati mencakup keberadaan sporangium, sporangiophore, bentuk sporangium, konidia, konidiophore, sekat pada hifa, dan pertumbuhan hifa (apakah bercabang atau tidak bercabang) (19).

Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan karakteristik mikroskopis dari isolat D2a1a-Ft menunjukkan bahwa hifa tidak bersekat, pertumbuhan hifa bercabang, serta keberadaan sporangiophore dan sporangium berbentuk lonjong. Sebaliknya, isolat D2a1b-Ft menunjukkan hifa bersekat, pertumbuhan hifa bercabang, dan terdapat sporangiophore dan sporangium berbentuk bulat dalam pengamatan mikroskopis. Isolat D2b-Ft menunjukkan hifa tidak bersekat, pertumbuhan hifa tidak bercabang, dan terdapat konidiophore dan konidia. Isolat D3a-Ft menunjukkan hifa bersekat, pertumbuhan hifa tidak bercabang, dan terdapat sporangiophore dan sporangium berbentuk bulat dalam pengamatan mikroskopis. Sementara itu, isolat B1a-Ft menunjukkan karakteristik mikroskopis dengan hifa tidak bersekat, pertumbuhan hifa bercabang, serta keberadaan sporangiophore dan sporangium berbentuk oval. Isolat B1b-Ft menunjukkan hifa bersekat, pertumbuhan hifa bercabang, dan terdapat sporangiophore dan sporangium berbentuk lonjong. Isolat B2a-Ft menunjukkan hifa yang bersekat, pertumbuhan hifa bercabang, terdapat koneksi klam, dan terdapat sporangiophore dan sporangium berbentuk bulat. Isolat B3a-Ft menunjukkan hifa tidak bersekat, pertumbuhan hifa tidak bercabang, dan terdapat konidiophore dan konidium berbentuk bulat. Terakhir, isolat B3b-Ft menunjukkan hifa yang bersekat, pertumbuhan hifa bercabang, dan terdapat sporangiophore dan sporangium berbentuk bulat dalam pengamatan mikroskopis.

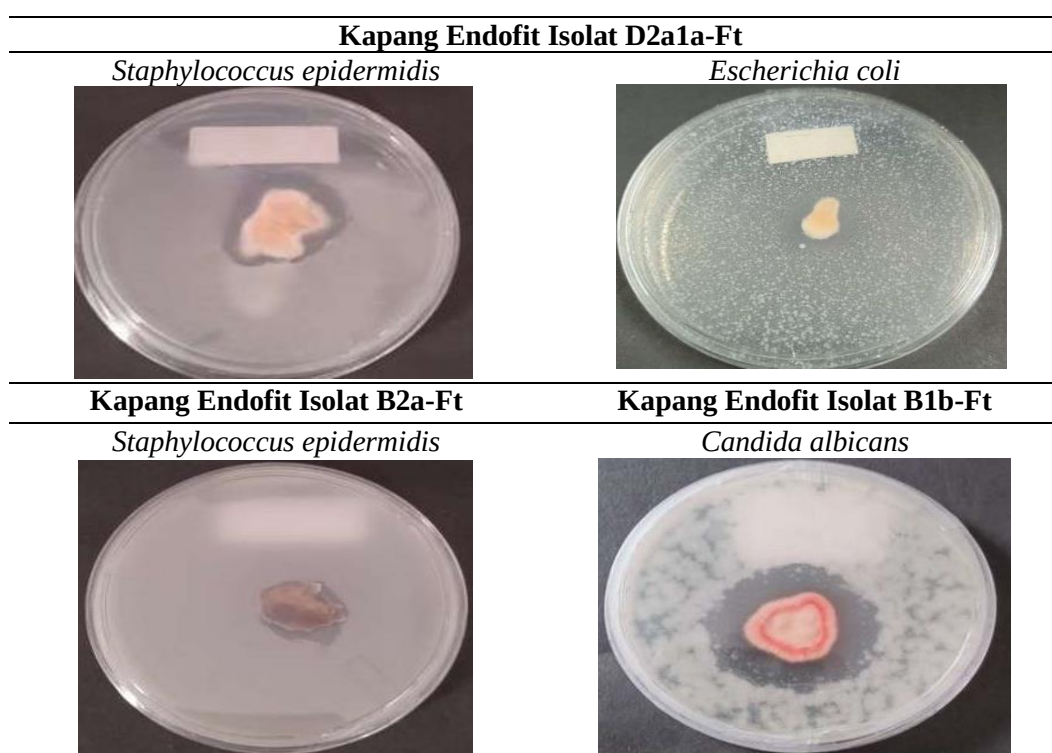


Gambar 2. Karakteristik Isolat Kapang Endofit Tanaman Kelor Secara Mikroskopik

Seleksi kapang endofit dilakukan terhadap 9 isolat yang diperoleh. Seleksi kapang endofit bertujuan untuk mengetahui isolat yang memiliki potensi sebagai antimikroba. Seleksi kapang endofit dilakukan dengan menggunakan metode difusi agar. Metode difusi agar merupakan metode yang sederhana, proses pengerjaan cepat dan hasil yang diperoleh cukup teliti untuk mengetahui ada atau tidaknya aktivitas antimikroba (22). Hasil uji seleksi, khususnya zona hambat dari kapang endofit terhadap mikroba uji, dapat ditemukan dalam Gambar 3 dan Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Hasil Seleksi Kapang Endofit Tanaman Kelor Yang Berpotensi Sebagai Antimikroba

No	Isolat	Diameter Zona Hambat (mm)		
		<i>Staphylococcus epidermidis</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Candida albicans</i>
1	D2a1a-Ft	5,8	4,6	-
2	D2a1b-Ft	-	-	-
3	D2b-Ft	-	-	-
4	D3a-Ft	-	-	-
5	B1a-Ft	-	-	-
6	B1b-Ft	-	-	7,2
7	B2a-Ft	3,2	-	-
8	B3a-Ft	-	-	-
9	B3b-Ft	-	-	-



Gambar 3. Hasil Seleksi Isolat Kapang Endofit Yang Berpotensi Sebagai Antimikroba

Berdasarkan hasil penelitian yang tercatat dalam Tabel 1, dapat diamati bahwa dari sembilan isolat kapang endofit murni, terdapat tiga isolat kapang endofit yang menunjukkan potensi sebagai agen antimikroba. Isolat kapang D2a1a-Ft menunjukkan zona hambat terhadap *Staphylococcus epidermidis* dan *Escherichia coli*, sedangkan isolat kapang B2a-Ft menunjukkan zona hambat terhadap *Staphylococcus epidermidis*, dan isolat kapang B1b-Ft menunjukkan zona hambat terhadap *Candida albicans*. Pada umumnya terdapat perbedaan aktivitas antara isolat kapang yang berasal dari tanaman inang yang sama. Oleh karena itu, setiap isolat kapang memiliki kemampuan yang berbeda dalam menghasilkan senyawa bioaktif dan aktivitas antimikroba, sehingga tidak semua isolat kapang yang dihasilkan menunjukkan aktivitas antimikroba (29),(33). Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi perbedaan kemampuan kapang endofit dalam menghasilkan senyawa antimikroba antara lain keanekaragaman senyawa

kimia, genetika kapang endofit, lingkungan pertumbuhan, interaksi dengan mikroorganisme lain, ketersediaan nutrisi (34).

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa telah berhasil dilakukan isolasi kapang endofit pada daun dan batang tanaman kelor (*Moringa oleifera* Lam.) dengan memperoleh 9 isolat kapang endofit murni yaitu isolat D2a1a-Ft, D2a1b-Ft, D2b-Ft, D3a-Ft yang diisolasi dari daun dan isolat B1a-Ft, B1b-Ft, B2a-Ft, B3a-Ft, dan B3b-Ft yang diisolasi dari batang. Isolat kapang endofit daun dan batang tanaman kelor (*Moringa oleifera* Lam.) yang memiliki aktivitas antimikroba sebanyak 3 isolat sebagai berikut:

- a. Kapang endofit isolat D2a1a-Ft terhadap bakteri *Staphylococcus epidermidis* dan *Escherichia coli* isolat ini termasuk kategori aktivitas kuat
- b. Kapang endofit isolat B2a-Ft terhadap bakteri *Staphylococcus epidermidis* memiliki kategori aktivitas kuat
- c. Kapang endofit isolat B1b-Ft terhadap *Candida albicans* termasuk kategori aktivitas kuat dan merupakan aktivitas antimikroba tertinggi dari tiga isolat kapang endofit.
- d. Diameter hambatan terbesar, yaitu 7,2 mm, tercatat pada isolat B1b-Ft terhadap *Candida albicans*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Radji M. Peranan Bioteknologi Dan Mikroba Endofit Dalam Pengembangan. 2005;2(3). doi:10.7454/psr.v2i3.3388
- [2] Noviani N, Ananda M, Suwastika IN. Karakterisasi Bakteri dan Jamur yang Berpotensi Sebagai Mikroba Endofit Asal Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao* L.) Unggul Sulawesi-2. *Nat Sci J Sci Technol*. 2019;8(3):186-190. doi:10.22487/25411969.2019.v8.i3.14958
- [3] Desriani, Safira MU, Bintang M, Rivai A, Lisdiyanti P. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Endofit dari Tanaman Binahong dan Katepeng China. *J Kesehatan Andalas*. 2014;3(2):89-93.
- [4] Jamilatun M, Shufiyani S. Isolasi dan Identifikasi Kapang Endofit dari Tanaman Alang-alang (*Imperata cylindrica* (L.) Beauv.). *J Med (Media Inf Kesehatan)*. 2019;6(1):27-36. doi:10.36743/medikes.v6i1.92
- [5] Guplin, D.J SD, Zulkifli L. Bakteri Endofit Kulit Batang Terap (*Artocarpus elasticu*) dan Aktifitasnya Sebagai Antibakteri. *J Penelit Pendidik IPA*. 2017;Vol 3, No.:1-12.
- [6] Emelia R, Dwiyanti Safitri D, Andriyani H. Daun Kelor (*Moringa oleifera*) Sebagai Antibakteri Terhadap Infeksi Bakteri *Escherichia coli*. *J Infokes*. 2020;4(2):1-7.
- [7] Cholifah N, Ridhay A, Satrimafitrah P, Ruslan, Ys H. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Metanol dari Kulit Batang Kelor (*Moringa oleifera* Lam.) Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Kovalen J Ris Kim*. 2020;6(1):34-38. doi:10.22487/kovalen.2020.v6.i1.12854
- [8] Susanti A, Nurman M. Manfaat Kelor (*Moringa Oleifera*) Bagi Kesehatan. *J Kesehatan Tambusai*. 2022;3(3):509-513. doi:10.31004/jkt.v3i3.7287
- [9] Mardiana L. *Daun Ajaib Tumpas Penyakit*. Penebar Swadaya; 2012.
- [10] Shamsudin, N. F. et al. (2022) 'Antibacterial Effects of Flavonoids and Their Structure-Activity Relationship Study: A Comparative Interpretation', *Molecules*, 27(4). doi: 10.3390/molecules27041149.
- [11] Khan, M. I. et al. (2018) 'Green Tea Seed Isolated Saponins Exerts Antibacterial Effects against Various Strains of Gram Positive and Gram Negative Bacteria, a Comprehensive Study in Vitro and in Vivo', *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*, 2018. doi: 10.1155/2018/3486106.
- [12] Lobiuc, A. et al. (2023) 'Future Antimicrobials: Natural and Functionalized Phenolics', *Molecules*, 28(3). doi: 10.3390/molecules28031114.

- [13] Qomar MS, Budiyanto MAK, Sukarsono, Wahyuni S, Husamah. Efektivitas Berbagai Konsentrasi Ekstrak Daun Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii* [Ness.] BI) Terhadap Diameter Zona Hambat Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus epidermidis*. *J Biota*. 2018;4(1):12-18. doi:10.19109/biota.v4i1.1454
- [14] Makhfirah N, Fatimatuzzahra C, Mardina V, Fanani Hakim R. Pemanfaatan Bahan Alami Sebagai Upaya Penghambat *Candida albicans* Pada Rongga Mulut. *J Jeumpa*. 2020;7(2):400-413. doi:10.33059/jj.v7i2.3005
- [15] Situmorang NB. Uji Efektivitas Antijamur Ekstrak Etanol Daun Bangun-Bangun (*Coleus amboinicus*) Terhadap Jamur *Candida albicans*. *J Farm*. 2022;4(2).
- [16] Riswana AP, Indriarini D, Agnes M, Dedy E. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*) Terhadap Pertumbuhan Bakteri Penyebab Jerawat. 2022;(3).
- [17] Yusran A, Malan ES. Moringa seed extract inhibits the growth of *Candida albicans*. *Makassar Dent J*. 2020;9(2):105-109. doi:10.35856/mdj.v9i2.327
- [18] Volume P, Kursia S, Aksa R, Nolo MM. Potensi Antibakteri Isolat Jamur Endofit dari Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam.). 2018;4(1):30-33.
- [19] Suhartina, Kandou FEF, Singkoh MFO. Isolasi dan Identifikasi Jamur Endofit Pada Tumbuhan Paku *Asplenium nidus*. *J MIPA*. 2018;7(2):24. doi:10.35799/jm.7.2.2018.20640
- [20] Devi, Anggraeni, Wahyuni T. Isolasi kapang endofit pelawan (*Tristaniopsis merguensis* griff.) yang berpotensi sebagai antibakteri terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Al-Kauniyah J Biol*. 2021;14(2):195-206.
- [21] Ramadhani I, Rohadi H, Yuliani Y, Ilyas M. Study on Endophytic Associated with *Moringa oleifera* Lam. Collected from Lombok Island, West Nusa Tenggara. *Ann Bogor*. 2020;20(2):1-8.
- [22] Fajrina A, Bakhtera DDA, Mawarni AE. Isolasi dan Uji Aktivitas Antimikroba Ekstrak Etil Asetat Jamur Endofit dari Daun Matoa (*Pometia pinnata*). *J Farm Higea*. 2020;12(1):81-89.
- [23] Ilyas M. Isolasi dan Identifikasi Mikoflora Kapang pada Sampel Serasah Daun Tumbuhan di Kawasan Gunung Lawu, Surakarta, Jawa Tengah. 2007;8(April):105-110.
- [24] Efendi MR, Rusdi MS, Anisa F. Isolasi Dan Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etil Asetat Jamur Endofit Kencur (*Kaempferia Galanga* L.). *J Pharm Sci*. 2020;3(2):85-92.
- [25] Asnita, Herwin, Kosman R, Nurung AH. Isolasi dan Identifikasi Fungi Endofit Batang Sesuru (*Euphorbia antiquorum* L.) Sebagai Penghasil Antibakteri Dengan Metode KLT-Bioautografi. *J Ilm As-Syifaa*. 2020;12(2):144-149. doi:10.33096/jifa.v12i2.718
- [26] Abna MI, Sylvia B, Amir M. Isolasi dan Analisis Antimikroba Kapang Endofit dari Tanaman Nangka (*Artocarpus heterophyllus* Lam). 2021;6(2):146-163.
- [27] Elfina D, Martina A, Roza RM. Isolasi Dan Karakterisasi Fungi Endofit Dari Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana* L.) Sebagai Antimikroba Terhadap *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus* Dan *Escherichia coli*. *TjybjbAcCn*. 2014;3(2):58-66.
- [28] Rahayu TP, Zukhruf N, Kiromah W, Maretha F. Perbandingan Aktivitas Antibakteri Minyak Atsiri Daun Serai dan Ekstrak Pandan Wangi Terhadap *Staphylococcus epidermidis*. *J Farm Klin dan Sains*. 2021;01(01):24-34.
- [29] Rianto A, Isrul M, Anggarini S, Saleh A. Isolasi Dan Identifikasi Fungi Endofit Daun Jambu Mete (*Anacardium occidentale* L.) Sebagai Antibakteri Terhadap *Salmonella typhimurium*. 2018;4(2):109-121.
- [30] Hafsari AR, Asterina I. Isolasi Dan Identifikasi Kapang Endofit Dari Tanaman Obat Surian (*Toona Sinensis*). *Ed Agustus*. 2013;VII(2):175-191.

-
- [31] Prahesti DA, Pujiyanti S, Rukmi MI. Isolasi, Uji Aktivitas, dan Optimasi Inhibitor α -Amilase Isolat Kapang Endofit Tanaman Binahong (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis). *J Biol.* 2018;7(1):43-51.
- [32] Nuryadi W, Rakhmawati A, Prihatini I. Isolasi dan Identifikasi Kapang Endofit dari Pohon Sengon Provenan Kepulauan Solomon Berdasarkan Morfologi dan Molekuler Analisa rDNA ITS (Internal Transcribed Spacer). *J Biol.* 2016;5(6):15-27.
- [33] Putri VAD, Posangi J, Nangoy E, Bara RA. Uji Daya Hambat Jamur Endofit Rimpang Lengkuas (*Alpinia galanga* L .) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *J e-Biomedik.* 2016;4(2).
- [34] Caruso, D. J. *et al.* (2022) 'Exploring the Promise of Endophytic Fungi: A Review of Novel Antimicrobial Compounds', *Microorganisms*, 10(10). doi: 10.3390/microorganisms10101990.