

Optimization Time for Antibacterial Production of Endophytic Fungi Isolated from Bidara Root (*Ziziphus mauritiana* Lam.)

Khusnul Annisa¹, Fitriana¹, Sitti Amirah²

¹Department of Microbiology, Faculty of Pharmacy, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, South Sulawesi, 90231, Indonesia.

²Department of Pharmacology, Faculty of Pharmacy, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, South Sulawesi, 90231, Indonesia.

Article info Received: 16/07/2023	ABSTRACT <i>Research on optimization time for antibacterial production of endophytic fungal isolated from bidara root (<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.) has been conducted, with the aim of determining the optimum production time for antibacterial compounds. Endophytic fungi are a group of fungi that live within plant tissues without causing harm to their host plants. In this research, the roots of bidara were isolated and purified using PDA media, isolates were followed by screening endophytic fungi isolates against test bacteria. The results of the endophytic fungal isolation from the bidara roots yielded 10 endophytic fungal isolates. The screening test against the test bacteria showed the largest inhibitory zone for IFAZ-6. Subsequently, the growth curve of these isolates was determined through fermentation using MYB media using a shaker speed of 200 rpm at a temperature of 25-28°C for 27 days. Then, mycelia and supernatant were collected on days 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, and 27 with a 48-hour interval. The mycelia were weighed until a constant weight was obtained, while the supernatant was used to test the activity against the test bacteria using MHA media. The growth curve results indicated a stationary phase on day 21. The antibacterial activity test showed that Isolate IFAZ-6 reached optimum activity on day 27 with an inhibitory zone of 12.33 mm against <i>Salmonella thypi</i>.</i>
Available online: 31/03/2024	
Corresponding Author: Fitriana Department of Microbiology, Faculty of Pharmacy, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, South Sulawesi, Indonesia email: fitriana.fitriana@umi.ac.id	
Keyword:	Antibacterial, Bidara (<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.), Endophytic fungi, Optimum time.



Copyright ©2024 by Author

Journal Microbiology Science by Faculty of Pharmacy Universitas Muslim Indonesia is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

PENDAHULUAN

Penyakit infeksi banyak ditemukan di negara-negara dengan iklim tropis termasuk Indonesia. Data Riskesdas (2018) terkait prevalensi penyakit infeksi dari tahun 2013 hingga 2018 berdasarkan diagnosis tenaga kesehatan yaitu penyakit infeksi saluran pernapasan atas (ISPA) mengalami peningkatan dari 9,8% menjadi 25%. Prevalensi pneumonia dari 1,6% menjadi

2%. Penyakit diare mengalami peningkatan dari 4,5% menjadi 6,8%¹. Penyakit infeksi adalah penyakit yang disebabkan oleh mikroorganisme. Bakteri merupakan salah satu mikroorganisme yang menyebabkan infeksi.

Antibakteri telah digunakan secara luas untuk pengobatan infeksi bakteri dan sering kali penggunaannya tidak tepat sehingga terjadi resistensi antibiotik². Hal ini

memicu pencarian senyawa antimikroba yang memiliki aktivitas sebagai antibakteri untuk menghambat bahkan membunuh pertumbuhan bakteri patogen. Antibakteri dapat diperoleh dari mikroorganisme, tumbuhan atau hewan. Antibakteri biasanya terdapat dalam suatu organisme sebagai metabolit sekunder³. Pemanfaatan metabolit secara langsung dari tanaman menemui kendala karena jumlahnya yang terbatas dan siklus hidup tumbuhan yang relatif lama. Hal ini memerlukan alternatif lain yaitu dengan memanfaatkan fungi endofit dalam jaringan tanaman yang dapat memproduksi senyawa metabolit sekunder sejenis dengan inangnya. Pemanfaatan fungi endofit sebagai bahan obat tidak memerlukan tumbuhan yang banyak sebagai bahan baku sehingga tidak merusak habitat dari tanaman itu sendiri⁴.

Fungi endofit merupakan salah satu sumber utama mikroba penghasil antibiotika baru. Mikroba endofit terdiri atas bakteri dan jamur yang hidup di dalam jaringan tanaman dan membentuk koloni tanpa membahayakan inangnya. Mikroba endofit memiliki potensi besar untuk memproduksi metabolit sekunder yang diisolasi dari tanaman inangnya⁵. Hal ini dikarenakan mikroba adalah organisme yang mudah untuk ditumbuhkan, memiliki siklus hidup pendek serta dapat menghasilkan senyawa bioaktif dengan jumlah yang besar melalui metode fermentasi.

Salah satu tanaman yang memiliki potensi sebagai antibakteri adalah Tanaman bidara. Hasil penelitian sebelumnya tentang isolasi fungi endofit dari daun bidara yang dilakukan oleh Imelyani Amba Tulak (2017) menghasilkan isolat IJDB-2 yang memiliki aktivitas paling baik terhadap bakteri *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Shigella dysenteriae*, *Staphylococcus epidermidis*, *Salmonella typhi*, *Vibrio cholerae*, dan *Pseudomonas aeruginosa*.

Produksi senyawa antibakteri dari fungi endofit memiliki waktu optimum untuk menghasilkan senyawa secara maksimal. Keadaan optimum dapat ditentukan dengan melihat zona hambatan yang terbentuk dari hasil fermentasi pada setiap interval waktu yang telah ditentukan dengan memanfaatkan senyawa metabolit sekunder yang berpotensi sebagai antibakteri pada isolat tersebut. Sintesis metabolit sekunder dimulai pada saat beberapa zat gizi di dalam media pertumbuhan mikroorganisme telah habis. Keterbatasan zat gizi tersebut menyebabkan terakumulasinya inducer enzim metabolit sekunder dan terlepasnya gen-gen untuk sintesis metabolit sekunder.

Berdasarkan uraian di atas maka peneliti melakukan pengujian terkait potensi isolat fungi endofit yang diperoleh dari bagian tanaman akar tanaman bidara sebagai antibakteri serta penentuan waktu optimum guna untuk mengetahui berapa waktu optimum yang diperlukan oleh isolat

terpilih fungi endofit tanaman bidara untuk menghasilkan senyawa antibakteri secara maksimal.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan yang digunakan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu autoklaf (SMIC Model YX-280 B), batang pengaduk, cawan petri (Normax), gelas Erlenmeyer (Iwaki Pyrex), Inkubator (Memert), Laminar Air Flow (LAF), lampu spiritus, Oven (Memert), shaker (IKA), timbangan analitik (Chyo), spoit, sendok tanduk, jarum preparat dan vial.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah akar tanaman bidara, aquadest, etanol 70%, larutan NaCl 0,9%, *Antimicrobial susceptibility test disc*, bakteri uji (*Bacillus subtilis*, *Eschericia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella thypi*, *Shigellla dysenteriae*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Vibrio cholerae*, *Streptococcus mutans*, *Propionibacterium acnes*), kertas saring, kloramfenikol, medium *Nutrient Agar* (NA), medium *Potato Dextrosa Agar* (PDA), medium *Muller Hinton Agar* (MHA), dan medium *Maltosa Yeast Broth* (MYB).

Pengambilan dan Penyiapan Sampel

a. Pengambilan sampel

Sampel penelitian yang digunakan adalah akar bidara yang diperoleh di daerah Tanjung Bunga, Kota Makassar. Bagian akar yang digunakan untuk isolasi fungi endofit adalah akar utama

yang berada di dalam tanah dengan kedalaman 5-20 cm.

b. Isolasi fungi endofit

Sampel penelitian yang digunakan adalah akar bidara yang dibersihkan dengan air mengalir. Kemudian didesinfeksi permukaan tanaman bidara menggunakan etanol 70% selama 2 menit, selanjutnya dibilas dengan aquadest steril sebanyak 3 kali masing-masing selama 1 menit dan dikeringkan menggunakan tisu steril. Sampel dipotong ± 1 cm. Potongan kecil tersebut diletakkan diatas medium *Potato Dextrosa Agar Chloramphenicol* (PDAC) didalam cawan petri steril yang kemudian diinkubasi pada suhu 25°C-30°C selama 3 hari. Kloramfenikol 0,2 g/mL sebelumnya ditambahkan kedalam media agar untuk mencegah pertumbuhan bakteri lainnya. Selama proses pekerjaan dilakukan secara aseptis di dalam *Laminar Air Flow* (LAF)⁶.

c. Pemurniaan fungi endofit

Pemurnian isolat fungi endofit dilakukan dengan cara isolat fungi endofit yang yang tumbuh dipindahkan masing-masing ke media *Potato Dextrosa Agar* (PDA) yang baru, kemudian diinkubasi pada suhu kamar selama 3-5 hari. Pemurnian dilakukan hingga diperoleh isolat fungi endofit murni yang tunggal dan dilakukan analisis secara makroskopik untuk membedakan isolat

fungi yang murni. Pemeriksaan makroskopiknya meliputi permukaan koloni, bentuk koloni, tepi, dan sudut elevasinya⁷.

d. Pengamatan secara mikroskopis

Pengamatan mikroskopis dilakukan dengan menggunakan metode *slide culture*. Disediakan cawan petri steril kemudian diletakkan batang penyangga di cawan petri dan diletakkan kaca preparat steril di atas batang penyangga. Kemudian ditetaskan medium PDA di atas kaca preparat. Biakan fungi diambil dengan jarum ose steril kemudian dioleskan di permukaan dan di seluruh sisi media PDA kemudian ditutup dengan cover glass steril. Sampel diinkubasi selama 5-7 hari dengan suhu 25°C. Fungi yang telah tumbuh kemudian diamati menggunakan mikroskop⁸.

e. Penyiapan bakteri uji

- a. Pembuatan stok dan peremajaan bakteri uji
Pembuatan stok dan peremajaan bakteri uji dilakukan dengan mengambil 1 ose biakan bakteri murni kemudian digoreskan di atas permukaan medium NA (Nutrien Agar) miring, kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 1 x 24 jam⁷.
- b. Pembuatan suspensi bakteri
Bakteri uji hasil peremajaan disuspensikan menggunakan larutan NaCl fisiologis 0,9%

kemudian diukur kekeruhannya dengan menggunakan spektrofotometer hingga diperoleh nilai tingkat kekeruhan 25% T pada panjang gelombang 580 nm yang akan digunakan dalam uji antibakteri⁷.

f. Uji skrining

Isolat fungi endofit akar bidara diinokulasikan ke dalam medium MHA yang telah berisi bakteri uji, dimana isolat tersebut ditempatkan pada permukaan media. Selanjutnya diinkubasi selama 1 x 24 jam pada suhu 37°C lalu diamati diameter zona hambat yang terbentuk⁹.

Penentuan kurva pertumbuhan dan penentuan waktu optimum

Isolat jamur yang telah diremajakan diambil satu ose dan dipindahkan ke dalam 90 mL media cair *Maltosa Yeast Broth* (MYB) dan dihomogenkan. Kemudian diinkubasi selama 3-5 hari pada suhu 25-28°C. Starter inokulum jamur selanjutnya dipindahkan ke 9 erlenmeyer 50 mL masing-masing berisi 10 mL starter inokulum. Kemudian dicukupkan menjadi 30 mL dengan media MYB dan kemudian dikultivasi dengan kecepatan 200 rpm selama 27 hari pada suhu 25-28°C. Waktu optimal pertumbuhan jamur ditentukan berdasarkan jumlah biomassa kering miselia jamur pada hari ke-11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, dan hari ke-27¹⁰.

Pengujian aktivitas antibakteri

Medium *Muller Hinton Agar* (MHA) diambil sebanyak 10 mL dan ditambahkan dengan 20 µL suspensi bakteri uji, kemudian dimasukkan dalam cawan petri, dibenamkan disk yang telah direndam pada hasil fermentat masing-masing isolat fungi endofit pada rentang waktu selama 60 menit pada permukaan medium yang telah memadat. Kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 1 x 24 jam, lalu diamati dan diukur zona hambatan yang terbentuk¹¹.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metabolit sekunder yang terkandung dalam suatu tanaman memiliki beragam manfaat terutama dalam hal pengobatan, salah satunya sebagai antibakteri. Salah satu tanaman yang memiliki antibakteri adalah tanaman bidara. Penelitian ini berjudul Penentuan Waktu Optimum Produksi Antibakteri Isolat Fungi Endofit dari

Tanaman Bidara (*Ziziphus mauritiana* Lam.) dengan tujuan untuk menentukan waktu optimum produksi senyawa antibakteri dari tanaman bidara. Penelitian ini diawali dengan mengisolasi akar bidara. Potongan kecil akar bidara disterilkan menggunakan alkohol 70% dan dibilas dengan aquadest untuk menghilangkan mikroba yang ada pada permukaan sehingga yang tumbuh adalah fungi yang berasal dari jaringan tanaman. Isolasi fungi endofit menggunakan medium *Potato Dextrose Agar Chloramphenicol* (PDAC). Penambahan kloramfenikol untuk mencegah pertumbuhan bakteri pada medium sehingga yang akan tumbuh pada medium hanya jamur¹².

Hasil isolasi fungi endofit dari akar bidara setelah diinkubasi selama 3 hari, diperoleh 10 isolat fungi endofit. Isolat yang diperoleh kemudian dimurnikan menggunakan medium *Potato Dextrose*

Tabel 1. Hasil pemeriksaan makroskopik isolat fungi endofit pada akar bidara (*Ziziphus mauritiana* Lam.)

Kode Sampel	Bentuk Koloni	Bentuk Tepi	Bentuk Elevasi	Warna Permukaan Koloni	Warna Sebalik Koloni
IFAZ-1	<i>Irreguler</i>	<i>Ciliate</i>	<i>Convex</i>	Putih	Putih kekuningan
IFAZ-2	<i>Filiform</i>	<i>Wooly</i>	<i>Umbonate</i>	Putih	Putih kekuningan
IFAZ-3	<i>Round-with radiating margin</i>	<i>Filiform</i>	<i>Flat</i>	Putih	Putih kekuningan
IFAZ-4	<i>Concentric</i>	<i>Branching</i>	<i>Flat</i>	Putih	Putih, Kuning
IFAZ-5	<i>Round-with Raised Margin</i>	<i>Wavy</i>	<i>Crateriform</i>	Putih	Putih kekuningan
IFAZ-6	<i>Rizoid</i>	<i>Confex</i>	<i>Branching</i>	Putih	Putih, Kuning
IFAZ-7	<i>Round</i>	<i>Branching</i>	<i>Convex</i>	Putih	Putih
IFAZ-8	<i>Filamentous</i>	<i>Ciliate</i>	<i>Umbonate</i>	Putih	Putih, Kuning
IFAZ-9	<i>Round</i>	<i>Smooth</i>	<i>Convex</i>	Putih	Kuning, Putih
IFAZ-10	<i>Round</i>	<i>Wooly</i>	<i>Umbonate</i>	Abu-abu, Putih	Hitam, Hijau, Putih

Tabel 2. Hasil pemeriksaan mikroskopik isolat fungi endofit pada akar bidara (*Ziziphus mauritiana* Lam.)

Kode Sampel	Hifa	Spora
IFAZ-1	Tidak bersekat	Ada
IFAZ-2	Tidak bersekat	Ada
IFAZ-3	Bersekat	Ada
IFAZ-4	Tidak bersekat	Ada
IFAZ-5	Bersekat	Ada
IFAZ-6	Bersekat	Ada
IFAZ-7	Tidak bersekat	Ada
IFAZ-8	Tidak bersekat	Ada
IFAZ-9	Tidak bersekat	Ada
IFAZ-10	Tidak bersekat	Ada

Agar (PDA). Koloni yang diambil untuk dimurnikan yaitu koloni yang dominan. Pemurnian ini bertujuan untuk memperoleh biakan murni isolat fungi endofit dari akar bidara tanpa adanya kontaminasi dari mikroba lain¹³.

Hasil pemurnian isolat fungi endofit akar bidara kemudian dilanjutkan dengan pemeriksaan makroskopik. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui warna, bentuk koloni, bentuk tepi, dan bentuk elevasi pada isolat. Hasil uji makroskopik dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan uji makroskopik didapatkan hasil yaitu isolat fungi endofit dari akar bidara paling banyak memiliki bentuk koloni round, bentuk tepi branching, bentuk elevasi convex dan umbonate, dan warna koloni putih. Selain pemeriksaan makroskopik, juga dilakukan pemeriksaan mikroskopik yang bertujuan untuk mengetahui karakterisasi isolat fungi endofit akar bidara. dengan melihat hifa dan spora.

Hifa merupakan struktur pada jamur yang menyerupai tabung dan dapat dikelompokkan menjadi 2 yaitu bersepta (sekat) dan tidak bersepta. Sedangkan spora merupakan struktur yang digunakan oleh jamur untuk bereproduksi¹⁴. Hasil uji mikroskopik dapat dilihat pada Tabel 2.

Hasil uji mikroskopik yang telah dilakukan ditemukan hifa dan spora pada isolat. Isolat fungi endofit akar bidara memiliki hifa bersekat dan tidak bersekat serta memiliki spora. Fungi dengan hifa bersekat terdapat satu inti sel sedangkan fungi dengan hifa tidak bersekat memiliki inti sel yang menyebar. Spora pada fungi berfungsi sebagai alat perkembangbiakan fungi¹⁵.

Setelah dilakukan uji identifikasi mikroskopik, kemudian dilakukan pengujian skrining antibakteri untuk mengetahui isolat yang berpotensi sebagai antibiotika. Pengujian skrining antibakteri isolat fungi endofit dari akar bidara dilakukan dengan

metode difusi agar menggunakan medium MHA (*Muller Hinton Agar*) terhadap 10 bakteri uji yang terbagi menjadi 2 kelompok yaitu bakteri gram positif dan bakteri gram negatif. Bakteri gram positif meliputi *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Streptococcus mutans*, dan *Propionibacterium acnes*, bakteri gram

negatif yaitu *Eschericia coli*, *Salmonella thypi*, *Shigella dysenteriae*, *Vibrio cholera*. Untuk mengetahui adanya aktivitas antibakteri dari setiap isolat yang diuji dapat diamati dari zona hambat yang terbentuk setelah dilakukan inkubasi. Hasil inkubasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Setelah dilakukan uji skrining aktivitas antibakteri didapatkan isolat dengan daya hambat paling besar yaitu isolat IFAZ-6 dari akar tanaman bidara. Kemudian dilanjutkan dengan penentuan

kurva pertumbuhan. Kurva pertumbuhan mikroorganisme merupakan kurva yang menunjukkan fase pertumbuhan dari mikroorganisme dalam menghasilkan metabolit sekunder. Pada kurva akan menunjukkan beberapa fase yaitu fase adaptasi, fase pertumbuhan awal, fase log, fase pertumbuhan lambat, fase stasioner, fase menuju kematian serta fase kematian. Pada fase stasioner terjadi keseimbangan antara jumlah sel yang tumbuh dan jumlah sel yang mati. Pembentukan metabolit sekunder umumnya terjadi pada fase stasioner karena mikroorganisme mulai kekurangan nutrisi sehingga mikroorganisme berusaha mempertahankan hidupnya dengan mengeluarkan metabolit sekunder berupa bahan-bahan yang dapat mempertahankan hidupnya. Metabolit sekunder yang dihasilkan dapat berfungsi sebagai

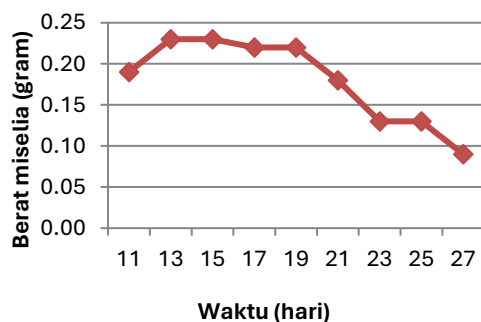
Tabel 3. Hasil pengujian skrining aktivitas antibakteri isolat fungi endofit akar bidara (*Ziziphus mauritiana* Lam.)

Kode Isolat	Diameter Rata-rata Zona Hambat (mm)									
	<i>B. Subtilis</i>	<i>S. Aureus</i>	<i>S. Dhysen triae</i>	<i>S. Epider midis</i>	<i>S. Mutans</i>	<i>S. Thypi</i>	<i>E. Coli</i>	<i>P. Aerugin osa</i>	<i>P. Acnes</i>	<i>V. Cholerae</i>
IFAZ-1	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
IFAZ-2	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
IFAZ-3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7,90
IFAZ-4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
IFAZ-5	11,37	12,71	13,26	11,83	13,97	10,03	10,84	10,87	14,35	10,82
IFAZ-6	15,12	14,41	23,69	14,49	26,20	11,79	13,46	6	11,87	12,05
IFAZ-7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
IFAZ-8	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
IFAZ-9	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
IFAZ-10	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

antibakteri ataupun efek farmakologi yang lain¹⁶.

Penentuan kurva pertumbuhan dilakukan dengan cara membuat starter inokulum terlebih dahulu yaitu isolat IFAZ-6 diinokulasikan ke dalam medium MYB. Tujuan penggunaan medium MYB karena mengandung ekstrak yeast sebagai sumber protein, maltosa dan dekstrosa sebagai sumber karbon dan pepton sebagai sumber asam amino yang dibutuhkan dalam pertumbuhan fungi. Tujuan dishaker yaitu untuk mempercepat mikroba menghasilkan metabolit sekunder¹⁶.

Hasil fermentasi berupa miselia dan supernatan dipisahkan menggunakan kertas saring yang telah ditimbang. Miselia yang terbentuk menandakan bahwa telah terjadi pertumbuhan fungi di dalam media. Miselia yang telah dipisahkan dengan supernatan kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60°C selama 24 jam untuk memperoleh miselia kering kemudian ditimbang. Data berat miselia dapat dilihat pada Gambar 1.

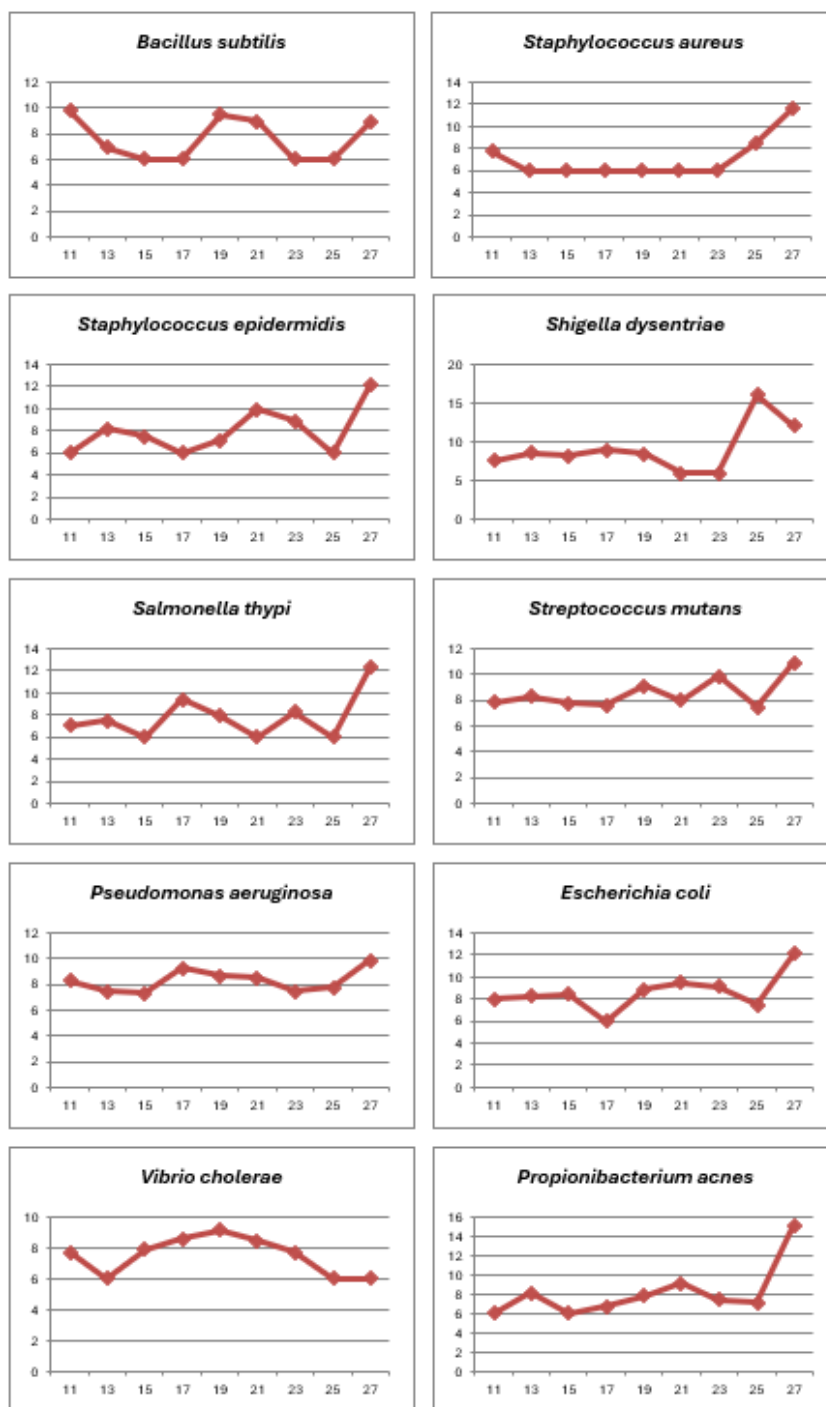


Gambar 1. Kurva pertumbuhan isolat IFAZ-6 dari akar tanaman bidara (*Ziziphus mauritiana* Lam.)

Berdasarkan hasil penimbangan miselia kering untuk penentuan kurva pertumbuhan, diketahui bahwa fase log pertumbuhan jamur dari isolat IFAZ-6 terjadi pada hari ke-13 hingga hari ke-17 dimana adanya peningkatan jumlah biomassa sel. Fase stasioner dari isolat fungi IFAZ-6 terjadi pada hari ke-21. Fase stasioner adalah fase dimana terjadi keseimbangan antara sel yang hidup dan mati sehingga jumlah mikroba akan tetap. Awal dari fase stasioner adalah ketika laju pertumbuhan menurun¹⁷.

Setelah diperoleh kurva pertumbuhan, selanjutnya dilakukan uji aktivitas antibakteri untuk melihat apakah waktu yang didapatkan pada kurva pertumbuhan sesuai dengan aktivitas antibakteri dari isolat fungi. Pengujian aktivitas yang dilakukan ditunjukkan dengan besarnya zona hambat yang terbentuk. Pengujian ini dilakukan setiap interval 2 hari yaitu dimulai pada hari ke-11. Metode yang digunakan adalah metode difusi agar menggunakan media MHA (*Muller Hinton Agar*). Hasil uji aktivitas antibakteri isolat IFAZ-6 dapat dilihat pada Gambar 2.

Berdasarkan uji aktivitas yang telah dilakukan didapatkan 2 jenis zona hambatan yaitu zona radikal dan zona iradikal, zona radikal merupakan daerah yang jernih tanpa adanya pertumbuhan mikroba uji sedangkan zona iradikal merupakan daerah keruh tetapi lebih jernih



Gambar 2. Penentuan waktu optimum produksi antibakteri isolat IFAZ-6

dibandingkan pertumbuhan disekitarnya yang menandakan pertumbuhan mikroba uji hanya dapat dihambat.

Hasil uji aktivitas fermentat isolat IFAZ-6 yaitu, pada hari ke-15 menghambat secara optimum bakteri *Shigella*

dhysenteriae, pada hari ke-21 menghambat secara optimum *Escherichia coli*, pada hari ke-23 menghambat secara optimum *Streptococcus epidermidis*, *Staphylococcus mutans* dan *Escherichia coli*, dan pada hari ke-27 menghambat

secara optimum bakteri *Staphylococcus aureus*, *Shigella dhysentriae*, *Salmonella thypi*, dan *Pseudomonas aeruginosa* dengan diameter zona hambat radikal paling besar 12,33 mm terhadap bakteri *Salmonella thypi*.

KESIMPULAN

Isolasi fungi endofit pada akar tanaman bidara sebagai antibakteri diperoleh isolat yang memiliki potensi paling besar dalam menghambat pertumbuhan bakteri uji yaitu IFAZ-6. Waktu optimum produksi antibakteri isolat IFAZ-6 berdasarkan kurva pertumbuhan optimum pada hari ke-21. Sedangkan berdasarkan aktivitas antibakteri Isolat IFAZ-6 optimum pada hari ke-27 dengan zona hambat 12,33 mm terhadap bakteri *Salmonella thypi*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas). *Hasil Utama Riskesdas 2018*. 2018.
2. Mao, Z., Zhang, W., Wu, C., Feng, H., Peng, Y., Shahid, H., & Shan, T. *Diversity and Antibacterial Activity of Fungal endophytes from Eucalyptus exserta*. *BMC microbiology*. 2021; 21(1):1-12.
3. Septiani, S., Dewi, E. N., & Wijayanti, I. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Lamun (Cymodocea rotundata) Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Saintek Perikanan: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*. 2017; 13(1):1-6.
4. Elita, A., Saryono, S., & Christine, J. Penentuan Waktu Optimum Produksi Antimikroba dan Uji Fitokimia Ekstrak Kasar Fermentasi Bakteri Endofit *Pseudomonas sp.* dari Umbi Tanaman Dahlia (*Dahlia variabilis*). *Jurnal ICA (Indonesian Chemia Acta)*. 2013; 3(2), 56-62.
5. Herwin, H. Isolasi Fungi Endofit Penghasil Antibiotika pada Alga Merah Jenis *Gracilaria verrucosa* secara KLT-Bioautografi. *Jurnal As-Syifaa Farmasi*. 2018; 10(1):83-91.
6. Deponda, R. A., Fitriana, F., Nuryanti, S., & Herwin, H. Isolasi Fungi Endofit Kulit Buah Merah (*Pandanus conoideus* Lam.) yang Berpotensi Sebagai Antibakteri Secara Metode KLT-Bioautografi. *As-Syifaa Jurnal Farmasi*. 2019; 11(2):147-153.
7. Asnita, A., Herwin, H., Kosman, R., & Nurung, A. H. Isolasi dan Identifikasi Fungi Endofit Batang Sesuru (*Euphorbia antiquorum* L.) sebagai Penghasil Antibakteri dengan Metode KLT-Bioautografi. *Jurnal Ilmiah As-Syifaa*. 2020. 12(2):144-149.
8. Situmorang, D. A., Rozirwan, R., & Hendri, M. Isolasi dan Aktivitas Antibakteri Jamur Endofit pada Mangrove *Avicennia marina* dari Pulau Payung Kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Sains*. 2021; 23(3):125-133.
9. Fitriana, F., & Nurshitya, E. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Isolat Fungi Endofit Dari Akar Mangrove (*Rhizophora apiculata* Blume) secara KLT bioautografi. *As-Syifaa Jurnal Farmasi*. 2017; 9(1):27-36.
10. Rendowaty, A., Djamaan, A., & Handayani, D. Waktu Kultivasi Optimal dan Aktivitas Antibakteri dari Ekstrak Etil Asetat Jamur Symbion *Aspergillus Unguis* (WR8) dengan *Haliclona Fascigera*. *Jurnal Sains Farmasi & Klinis*. 2017; 4(1):49-54.
11. Rusli, R., Syfriani, N. V., Hatta, S., & Wais, M. Optimasi Produksi Antibiotika Isolat Terpilih Fungi Endofit IKD FF-UMI

- 02 dari Kulit Buah Delima (*Punica granatum* L.) dengan Variasi Sumber Karbon. *Jurnal Ilmiah As-Syifaa*. 2017; 9(1):99-105.
12. Suleman, A. W., & Arna, A. N. Isolasi Fungi Endofit Umbi Talas (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) sebagai Antibakteri terhadap Bakteri *Escherichia Coli* dan *Staphylococcus aureus* Secara Klt-Bioautografi. *Medical Sains: Jurnal Ilmiah Kefarmasian*. 2022; 7(1):39-48.
 13. Adryan, A., Widyastuti, R., & Djajakirana, G. Isolasi dan Identifikasi Mikroba Tanah Pendegradasi Selulosa dan Pektin dari *Rhizosfer Aquilaria malaccensis*. *Buletin Tanah dan Lahan*. 2017; 1(1):58-64
 14. Dhanti, K. R., & Sudarsono, T. A. Karakterisasi Morfologi Jamur dan Deteksi Aflatoksin pada Buah, Biji dan Sayuran dari Pasar Swalayan di Purwokerto. *Jurnal Ilmiah Kesehatan*. 2018; 11(2):386-392.
 15. Suryani, Yani, Taufiqurohman, O. & Yuni. *Mikologi*. PT. Freeline Cipta Granesia. 2020.
 16. Nuryanti, S., & Astuti, R. Potensi Fungi Endofit Biji Pinang Sebagai Antibakteri Terhadap *Escherichia coli* dan *Salmonella thypi*. *Green Medical Journal*. 2019; 1(1):87-96.
 17. Risna, Y. K., Sri-Harimurti, S. H., Wihandoyo, W., & Widodo, W. Kurva Pertumbuhan Isolat Bakteri Asam Laktat dari Saluran Pencernaan Itik Lokal Asal Aceh. *Jurnal Peternakan Indonesia (Indonesian Journal of Animal Science)*. 2022; 24(1):1-7.