

JURNAL METAMORFOSA*Journal of Biological Sciences*

eISSN: 2655-8122

<https://ejournal3.unud.ac.id/index.php/metamorfosa>**Eksplorasi *Streptomyces* sp. Di Hutan De Djawatan Banyuwangi Dan Aktivitasnya Dalam Menghambat *Candida albicans*****Exploration Of *Streptomyces* sp. In The De Djawatan Banyuwangi Forest And Its Activity In Inhibiting *Candida albicans*****Putu Anggita Sekar Pratiwi^{1*}, Retno Kawuri¹, I Ketut Muksin¹, Dinda Nur Malik Insani¹**¹*Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Jl. Raya Kampus Unud Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali, Indonesia**Email: putuanggita12@gmail.com**INTISARI**

Kandidiasis merupakan penyakit oportunistik akibat infeksi jamur *Candida albicans* yang menyerang membran mukosa. Solusi untuk mengatasi adalah dengan memanfaatkan mikroorganisme penghasil senyawa bioaktif berupa immunospresan, antibiotik, antijamur, antiinflamasi dari bakteri genus *Streptomyces*. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi *Streptomyces* sp. penghasil senyawa bioaktif di hutan De Djawatan Banyuwangi dalam menghambat jamur *C. albicans*. Metode penelitian mencakup pengambilan sampel tanah dari hutan De Djawatan, isolasi bakteri *Streptomyces* sp. menggunakan *plating method*, serta identifikasi makroskopik dan mikroskopik. Uji daya hambat terhadap jamur patogen *C. albicans* dilakukan dengan metode *dual culture*. Hasil eksplorasi di hutan De Djawatan Banyuwangi memperoleh total sebanyak 17 isolat dengan *Streptomyces* sp.7 memiliki daya hambat tertinggi sebesar 1,375 cm, sedangkan daya hambat terendah dimiliki oleh *Streptomyces* sp.12 sebesar 0,783 cm terhadap *C. albicans*. Penelitian ini mengimplikasikan bahwa hutan De Djawatan Banyuwangi berpotensi sebagai sumber *Streptomyces* sp. penghasil senyawa antijamur yang mendukung eksplorasi agen alami untuk mengatasi infeksi *C. albicans*.

Kata kunci: Actinobacteria, antifungi, biokontrol, metabolit sekunder

ABSTRACT

Candidiasis is an opportunistic disease caused by *Candida albicans* infection, which affects mucous membranes. One solution to overcome this infection is the utilization of microorganisms that produce bioactive compounds such as immunosuppressants, antibiotics, antifungals, and anti-inflammatory agents, particularly from the genus *Streptomyces*. This study aimed to explore the potential of *Streptomyces* sp. isolated from De Djawatan Forest, Banyuwangi, in inhibiting *C. albicans*. The research methods included soil sampling from De Djawatan Forest, isolation of *Streptomyces* sp. using the plating method, and both macroscopic and microscopic identification. The antifungal activity against pathogenic *C. albicans* was tested using the dual culture method. Exploration in De Djawatan Forest yielded 17 isolates, with *Streptomyces* sp.7 showing the highest inhibition zone of 1.375 cm, while *Streptomyces* sp.12 had the lowest at 0.783 cm against *C. albicans*. This study implies that De Djawatan Forest has the potential to serve as a source of *Streptomyces* sp. producing antifungal compounds, supporting the exploration of natural agents to combat *C. albicans* infections.

Keywords: Actinobacteria, antifungal, biocontrol, secondary metabolites

PENDAHULUAN

Candida albicans merupakan mikrobiota normal tubuh manusia yang dapat berpotensi menjadi jamur patogen apabila terjadi penurunan imun dan menyebabkan penyakit oportunistik kandidiasis (Dühring et al., 2015). Kandidiasis merupakan penyakit oleh infeksi jamur *C. albicans* yang menyerang membran mukosa akibat penurunan imun (Vila et al., 2020). Sistem imun merupakan mekanisme pertahanan tubuh terhadap benda asing berupa bakteri, jamur, maupun sel kanker dalam tubuh manusia (Maharyati & Pawarti, 2015). *C. albicans* adalah jamur mikroskopik yang terdapat pada membran mukosa vagina (5-11%) dan membran mukosa pencernaan (24%) (Indrayati dkk., 2018). Membran mukosa pencernaan seperti bagian oral khususnya rongga mulut merupakan organ yang mudah terinfeksi *C. albicans* (Kurniawati dkk., 2022).

Kasus kandidiasis menurut WHO (*World Health Organization*) pertahun 2023 menginfeksi penderita sebesar 10-15% dari 100 juta perempuan di dunia. Sekitar 626.000 kasus infeksi aliran darah oleh *Candida* terjadi setiap tahun (Mudenda, 2024). Kasus kandidiasis pada bayi *neonatal* berkisar antara 7% hingga 20% di negara berkembang (Molla & Albadrani, 2024). Prevalensi kandidiasis di Indonesia sekitar 20-25% yang dominan menyerang mukosa, ramabut, dan kulit (Yusran & Malan, 2020). Resiko yang meningkatkan infeksi *C. albicans* pada mukosa oral adalah *oral hygiene* pada rongga mulut (Bintari et al., 2020). Kondisi imunodefisiensi, diabetes, xerostomia atau mulut kering, serta penggunaan antijamur yang tidak sesuai resep juga berpengaruh terhadap penyebaran infeksi (Hato et al., 2022). Eksplorasi *Streptomyces* menjadi penting karena bakteri ini mampu menghasilkan berbagai senyawa bioaktif, termasuk antijamur alami. Eksplorasi *Streptomyces* dari lingkungan seperti hutan De Djawatan yang belum banyak diteliti berpotensi menemukan senyawa baru yang lebih efektif, aman, dan mampu mengatasi infeksi *C. albicans*.

Gejala kandidiasis ditandai dengan munculnya bercak putih pada lidah yang menyebar pada mukosa mulut hingga tenggorokan serta rasa nyeri saat menelan makanan. Infeksi ini dapat menular ke bagian tubuh lainnya dan menyebabkan komplikasi (Mutiawati, 2016). Beberapa agen antijamur yang dapat mengatasi infeksi jamur *C. albicans* diantaranya adalah *poliena*, *fluoropirimidin*, *echinocandin*, dan *azole* (de Oliveira Santos et al., 2018). Salah satu alternatif untuk mengatasi masalah resistensi *C. albicans* terhadap antijamur golongan *azole*, *flukonazol* dan *echinocandin* yaitu dengan penelitian lanjutan mengenai penggunaan mikroorganisme penghasil senyawa bioaktif antibiotik maupun antijamur yang berasal dari bakteri genus *Streptomyces* (Shahid et al., 2021). *Streptomyces* merupakan mikroorganisme tanah yang memiliki kemampuan memproduksi senyawa bioaktif berupa immunosupresan, antibiotik, antijamur, antiinflamasi, dan antitumor (Laskaris & Karagouni, 2021). Sekitar 70% antijamur yang dimanfaatkan dalam bidang kesehatan dihasilkan oleh *Streptomyces* (Kartika dkk., 2023).

Albert Schatz pada 1943 pertama kali menemukan antibiotik *Streptomycin* yang digunakan untuk pengobatan tuberkulosis (*Mycobacterium tuberculosis*), demam tifoid (*Salmonella typhi*), dan kolera (*Vibrio cholerae*) (Quinn et al., 2020). *Streptomyces amritsarensis* V31 memiliki aktivitas antijamur yang dapat menghambat jamur patogen seperti *Rhizoctonia solani*, *Alternaria alternata*, *Aspergillus flavus*, dan *Fusarium oxysporum* f. Sp. *lycopersici* (Shahid et al., 2021). Beberapa senyawa bioaktif *Streptomyces* lainnya yang dimanfaatkan diantaranya adalah *Bialaphos* dari *Streptomyces hygroscopicus* sebagai herbisida, *Bleomycin* dari *S. verticillus* sebagai antikanker, *Chloramphenicol* dari *S. venezuelae* sebagai antibiotik, *Tetracycline* dari *S. aureofaciens* dan *S. rimosus* sebagai antibiotik, dan *Nystatin* dari *S. noursei* sebagai antijamur (Quinn et al., 2020).

Streptomyces dengan jumlah melimpah di tanah berperan sebagai pengurai dinding sel jamur dan tanaman yang sudah mati dan busuk. *Streptomyces* juga dapat ditemukan dalam bentuk simbiosis dengan tanaman atau jamur (Quinn et al., 2020). Hutan De Djawatan Banyuwangi dipilih karena memiliki tanah yang subur dan lembap, kondisi yang cocok untuk pertumbuhan *Streptomyces*. Keberadaan pohon trembesi (*Samanea saman*) membentuk kanopi dan menghasilkan serasah organik,

sehingga menjaga kelembapan tanah (Rosyidah dkk., 2024). Lingkungan ini mendukung keberadaan mikroba tanah yang berpotensi menghasilkan senyawa antijamur (Rosyidah dkk., 2024).

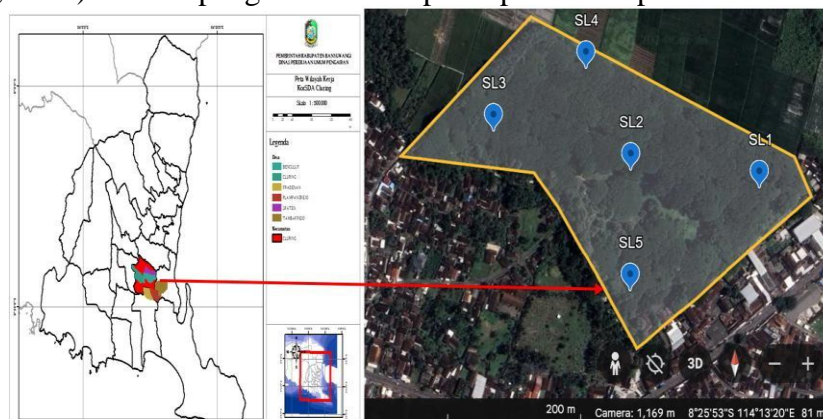
BAHAN DAN METODE

Tempat dan waktu penelitian

Pengambilan sampel tanah untuk mengisolasi bakteri *Streptomyces* sp. dilaksanakan pada bulan Februari 2024 di lima titik lokasi kawasan Hutan De Djawatan, Kabupaten Banyuwangi dalam rentang waktu antara jam 09.00 WITA – 12.00 WITA. Penelitian dilakukan dari Agustus 2024 – Januari 2025. Masing-masing lokasi hutan diambil 5 sampel tanah secara acak yang akan dikomposit sebelum dilakukan isolasi. Tempat pelaksanaan prosedur isolasi *Streptomyces*, identifikasi isolat *Streptomyces* sp., dan uji *dual culture* *Streptomyces* sp. terhadap *C. albicans* dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Program Studi Biologi Fakultas MIPA Universitas Udayana. Titik koordinat dan elevasi tempat pengambilan sampel pada lima titik lokasi, yaitu: Lokasi SL1 : 8°25'54"S 114°13'41"E, elevasi 76m, Lokasi SL2 : 8°25'53"S 114°13'34"E, elevasi 80m, Lokasi SL3 : 8°25'52"S 114°13'28"E, elevasi 85m, Lokasi SL4 : 8°25'49"S 114°13'32"E, elevasi 79m, Lokasi SL5 : 8°25'58"S 114°13'34"E, elevasi 82m.

Pengambilan dan preparasi sampel

Sampel tanah diambil dari lima lokasi yang berbeda pada penelitian ini, yaitu sampel lokasi 1 (SL1 I, SL1 II, SL1 III, SL1 IV, dan SL1 V), sampel lokasi 2 (SL2 I, SL2 II, SL2 III, SL2 IV, SL2 V), sampel lokasi 3 (SL3 I, SL3 II, SL3 III, SL3 IV, SL3 V), sampel lokasi 4 (SL4 I, SL4 II, SL4 III, SL4 IV, SL4 V), dan sampel lokasi 5 (SL5 I, SL5 II, SL5 III, SL5 IV, SL5 V). Sampel tanah diambil dari permukaan tanah di bawah pohon trembesi (*Samanea saman*). Sebanyak 3 sampel dari masing-masing titik lokasi selanjutnya diencerkan dan diisolasi menggunakan *plating method*. Identifikasi *Streptomyces* dilakukan dengan pewarnaan Gram, pewarnaan tahan asam, dan uji katalase. Sewaktu pengambilan sampel, dilakukan pengukuran suhu lingkungan dengan aplikasi *AccuWeather*, pencatatan titik koordinat, pencatatan ketinggian, dan pencatatan elevasi lokasi menggunakan aplikasi *Google Earth*. Uji terhadap pH tanah masing-masing sampel dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Program Studi Biologi Fakultas MIPA Universitas Udayana dengan menggunakan *Digital Soil Analyzer Tester Meter* (Insani et al., 2023). Lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta pengambilan sampel di wilayah hutan De Djawatan Banyuwangi.
Keterangan: SL1, SL2, dan SL3, SL4, dan SL5 merupakan lokasi pengambilan sampel

Bahan dan alat

Objek penelitian yang dibutuhkan adalah bakteri *Streptomyces* sp. hasil eksplorasi dan isolat jamur *C. albicans*. Media dan reagen yang digunakan meliputi *Yeast Extract Malt Agar* (YEMA), *Potato Dextrose Agar* (PDA), pewarna kristal violet, iodin, alkohol 96%, safranin, larutan *carbol fuchsin*, asam alkohol, *methylene blue*, larutan McFarland 3%, dan larutan H₂O₂. Alat yang digunakan yakni *digital*

soil analyzer tester meter, oven, incubator suhu 28°C, cawan Petri, Ose, mikroskop cahaya, kaca preparat, mikropipet dan *cork borer*.

Identifikasi koloni bakteri yang diduga sebagai *Streptomyces* sp.

Identifikasi *Streptomyces* sp. dilakukan melalui pengamatan karakter makroskopis, karakter mikroskopis, pewarnaan Gram, pewarnaan tahan asam (*Ziehl Neelsen*), dan uji katalase. Pengamatan makroskopis mencakup warna, bentuk, pinggiran, dan tekstur koloni *Streptomyces*. Pewarnaan Gram meliputi fiksasi isolat pada kaca preparat, diikuti pewarnaan menggunakan kristal violet, iodin, alkohol 96%, dan safranin, lalu pengamatan di bawah mikroskop dengan perbesaran 100×10. Pewarnaan tahan asam dilakukan dengan perwarna primer *carbol fuchsin* yang dipanaskan, pencucian dengan asam alkohol 3%, pewarnaan *methylene blue*, dan pengamatan menggunakan mikroskop dengan minyak emersi perbesaran 100×10. Uji katalase dilakukan dengan meneteskan hidrogen peroksida (H₂O₂) pada koloni *Streptomyces* sp., dengan hasil positif ditandai adanya gelembung udara sebagai indikasi aktivitas enzim katalase dari pemecahan senyawa H₂O₂ menjadi H₂O dan O₂.

Peremajaan koloni *C. albicans*

Peremajaan koloni *C. albicans* yang diperoleh dari kultur koleksi Laboratorium Mikrobiologi, program Studi Biologi Universitas Udayana perlu dilakukan untuk menjaga aktivitasnya sebagai jamur antagonis. Kultur *C. albicans* diperbanyak menggunakan metode *streak for a single colony* pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA), kemudian diinkubasi pada 28°C selama 2×24 jam. Isolat murni diwarnai dengan *lactophenol blue* lalu diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 40×10. Suspensi jamur dibuat dengan mengambil biakan murni *C. albicans* yang disentrifugasi, lalu pelet diencerkan dalam larutan NaCl fisiologis hingga setara dengan larutan standar McFarland 3% (1×10⁶ sel/mL) yang dibuat dari campuran H₂SO₄ 1% dan BaCl₂ 1% untuk menduga kepadatan sel sebelum pengujian antimikroba.

Uji daya hambat *Streptomyces* sp. terhadap *C. albicans*

Uji daya hambat *Streptomyces* sp. terhadap *C. albicans* dilakukan dengan metode agar blok (Insani et al., 2023). Masing-masing koloni *Streptomyces* sp. yang ditumbuhkan pada media *Yeast Malt Extract Agar* usia 5 hari diambil menggunakan *cork borer* dengan diameter 5 mm. Cawan Petri yang telah berisi media *Yeast Extract Malt Agar* dan *C. albicans* dibuat lubang sumuran dengan menggunakan *cork borer* dengan diameter 5 mm. Isolat *Streptomyces* sp. tersebut diletakkan pada sumuran lalu diinkubasi selama 2×24 jam pada suhu 37°C. Kontrol positif yang dipakai adalah antijamur *Nystatin* konsentrasi 1% kontrol negatif dengan agar blok steril. Antijamur yang telah dilarutkan kemudian diambil sebanyak 20 µl menggunakan mikropipet dan dimasukkan pada sumur difusi. Zona bening yang terbentuk di sekitar isolat *Streptomyces* sp. diukur dengan penggaris dan dihitung zona daya hambat yang terbentuk menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Zona hambat} = \frac{V+H+D1+D2}{4} \dots (1)$$

Keterangan: V = Diameter vertical; H = Diameter horizontal; D1 = Panjang diagonal 1; D2 = Panjang diagonal 2

Setiap perlakuan pada uji daya hambat dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Menurut Davis and Stout (1971), kategori daya hambat kuat memiliki zona bening sebesar 10±20 mm, kategori daya hambat sedang memiliki zona bening sebesar 5±10 mm, dan kategori daya hambat lemah memiliki zona bening sebesar <5 mm.

Analisis data

Data kuantitatif yang diperoleh dari pengujian daya hambat isolat *Streptomyces* sp. dari setiap lokasi hutan terhadap *C. albicans* dengan metode *dual culture* dianalisis dengan *Analysis of Variance* (Anova) dengan software SPSS for windows version 29.0 tahun 2024. Apabila hasil tidak signifikan, maka dilakukan uji lanjutan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) untuk membandingkan rata-rata antar perlakuan.

HASIL

Jumlah isolat *Streptomyces* sp.

Jumlah total isolat *Streptomyces* sp. yang ditemukan sebanyak 17 isolat dengan karakteristik morfologi koloni yang berbeda-beda. Data total isolat *Streptomyces* sp. dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Distribusi isolat *Streptomyces* sp.

No.	Lokasi	Jumlah Isolat
1	SL1	6
2	SL2	3
3	SL3	2
4	SL4	4
5	SL5	2
	Total	17

Pengukuran pH, suhu lingkungan, dan ketinggian lokasi

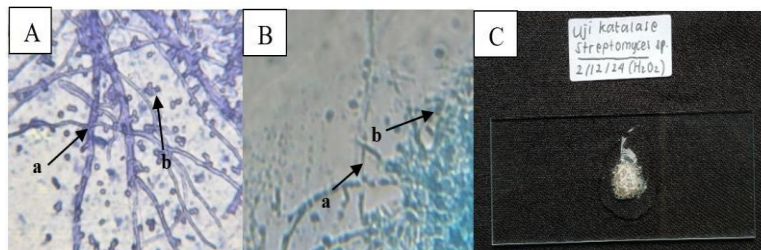
Lokasi 4 memiliki pH tanah tertinggi yaitu 6,8, sedangkan pH tanah terendah terdapat pada lokasi 1 yaitu 6,4. Pengukuran pH, suhu lingkungan, dan ketinggian lokasi tercantum pada Tabel 2. pH yang optimal untuk pertumbuhan bakteri *Streptomyces* yaitu sekitar pH 6-9. Penelitian menunjukkan bahwa pada pH <5, Actinomycetes terutama *Streptomyces* jumlahnya hanya sekitar <1% (Kurniafebi dan Roza, 2021).

Tabel 2. Pengukuran pH, suhu lingkungan, dan ketinggian lokasi pengambilan sampel

No	Lokasi	pH	Suhu (°C)	Ketinggian (Meter)
1	SLI	6,4 ± 0,058	29	76
2	SLII	6,7 ± 0,173	27	82
3	SLIII	6,8 ± 0,058	28	83
4	SLIV	6,5 ± 0,31	28	79
5	SLV	6,8 ± 0,153	28	82

Pengujian katalase, pewarnaan Gram, dan pewarnaan tahan asam

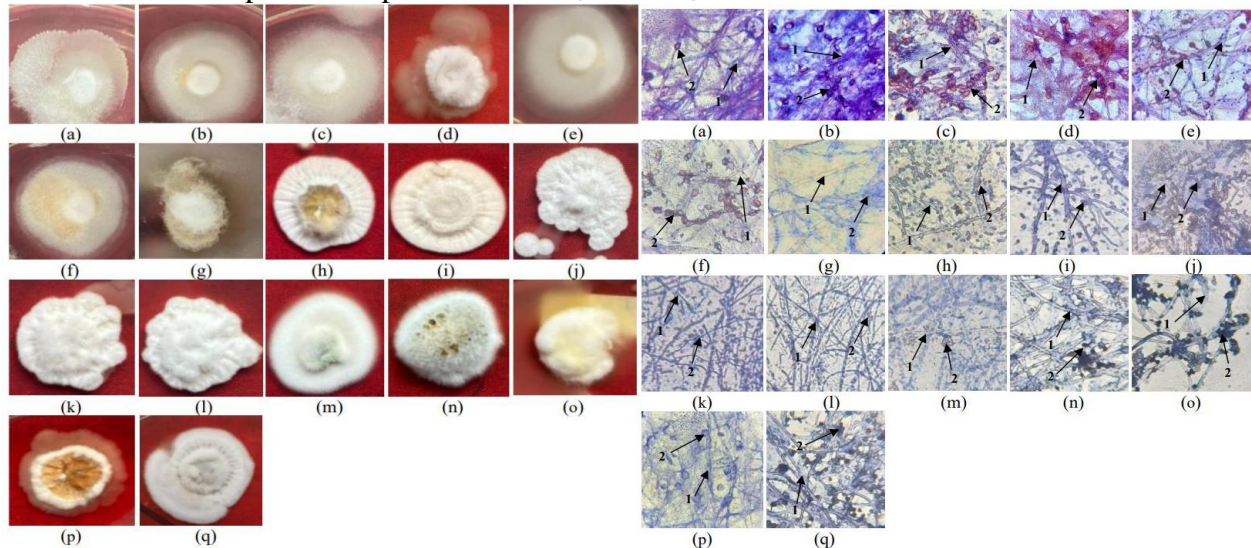
Hasil pengujian katalase, pewarnaan Gram, dan pewarnaan tahan asam isolat *Streptomyces* sp. dapat dilihat pada Gambar 2 dan Tabel 3.



Gambar 2. (A) Pewarnaan Gram, (B) Pewarnaan tahan asam, (C) Uji katalase isolat *Streptomyces* sp. (keterangan: a = hifa, b = konidia)

Identifikasi karakter makroskopik dan mikroskopik isolat *Streptomyces* sp.

Hasil identifikasi isolat *Streptomyces* yang dilakukan dengan pengamatan karakteristik morfologi makroskopik yang mencakup bentuk dan warna koloni serta pengamatan mikroskopik dengan perbesaran 100×10 dapat dilihat pada Gambar 3, Tabel 3, dan Tabel 4.



Gambar 3. Identifikasi karakter makroskopik dan mikroskopik isolat *Streptomyces* sp. yang ditemukan

Keterangan:

- a = *Streptomyces* sp.1
- b = *Streptomyces* sp.2
- c = *Streptomyces* sp.3
- d = *Streptomyces* sp.4
- e = *Streptomyces* sp.5
- f = *Streptomyces* sp.6
- g = *Streptomyces* sp.7
- h = *Streptomyces* sp.8
- i = *Streptomyces* sp.9
- j = *Streptomyces* sp.10
- k = *Streptomyces* sp.11
- l = *Streptomyces* sp.12
- m = *Streptomyces* sp.13
- n = *Streptomyces* sp.14
- o = *Streptomyces* sp.15
- p = *Streptomyces* sp.16
- q = *Streptomyces* sp.17
- 1 = Hifa
- 2 = Konidia

Tabel 3. Hasil uji katalase, pewarnaan Gram, dan pewarnaan tahan asam isolat *Streptomyces* sp.

No.	Spesies	Lokasi	Uji Katalase	Pewarnaan Gram	Pewarnaan Tahan Asam
1	<i>Streptomyces</i> sp.1	SL1	+	+	Tidak tahan asam
2	<i>Streptomyces</i> sp.2	SL1	+	+	Tidak tahan asam
3	<i>Streptomyces</i> sp.3	SL1	+	+	Tidak tahan asam
4	<i>Streptomyces</i> sp.4	SL1	+	+	Tidak tahan asam
5	<i>Streptomyces</i> sp.5	SL1	+	+	Tidak tahan asam
6	<i>Streptomyces</i> sp.6	SL1	+	+	Tidak tahan asam
7	<i>Streptomyces</i> sp.7	SL2	+	+	Tidak tahan asam
8	<i>Streptomyces</i> sp.8	SL2	+	+	Tidak tahan asam
9	<i>Streptomyces</i> sp.9	SL2	+	+	Tidak tahan asam
10	<i>Streptomyces</i> sp.10	SL3	+	+	Tidak tahan asam
11	<i>Streptomyces</i> sp.11	SL3	+	+	Tidak tahan asam
12	<i>Streptomyces</i> sp.12	SL3	+	+	Tidak tahan asam
13	<i>Streptomyces</i> sp.13	SL3	+	+	Tidak tahan asam
14	<i>Streptomyces</i> sp.14	SL4	+	+	Tidak tahan asam
15	<i>Streptomyces</i> sp.15	SL4	+	+	Tidak tahan asam
16	<i>Streptomyces</i> sp.16	SL5	+	+	Tidak tahan asam
17	<i>Streptomyces</i> sp.17	SL5	+	+	Tidak tahan asam

Keterangan : SL (Sampel lokasi)

Tabel 4. Hasil identifikasi karakter makroskopik dan mikroskopik isolat *Streptomyces* sp.

Karakteristik Isolat	Hutan De Djawatan																
	<i>Streptomyces</i> sp.																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
I. Karakteristik Makroskopik																	
Warna koloni																	
Putih	■	■	■	■	■				■	■	■	■	■				■
Putih kekuningan		■			■				■						■		
Putih kehijauan												■	■				
Putih jingga						■	■	■	■							■	
Abu-abu													■	■			
Permukaan koloni																	
Rata	■	■	■	■	■												
Bergelombang			■											■			■
Tidak beraturan							■			■	■	■					
Konsentris								■	■						■		
Bertepung								■	■				■		■		
Pinggiran koloni																	
Rata	■	■	■	■	■			■	■	■			■	■	■	■	■
Berserabut								■						■	■		■
Bergelombang			■		■	■			■	■	■			■	■	■	■
Bentuk koloni																	
Bulat	■	■	■	■	■			■	■	■			■	■	■	■	■
Lonjong			■				■						■				■
Tidak beraturan										■	■	■			■		
II. Karakteristik Makroskopik																	
a. Hifa																	
Bercabang	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Septa	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Non-Septa		■	■				■						■	■			
b. Konidia																	
Bergerombol				■		■		■		■	■	■		■	■	■	■
Rantai								■		■							■
Bulat soliter	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Keterangan: Warna hitam menunjukkan karakter yang sesuai dengan *Streptomyces*, penentuan karakter makroskopik dan mikroskopik mengikuti sebagian besar pola ciri-ciri dari Waksman and Henrici (1943)

Uji daya hambat *Streptomyces* sp. terhadap *C. albicans*

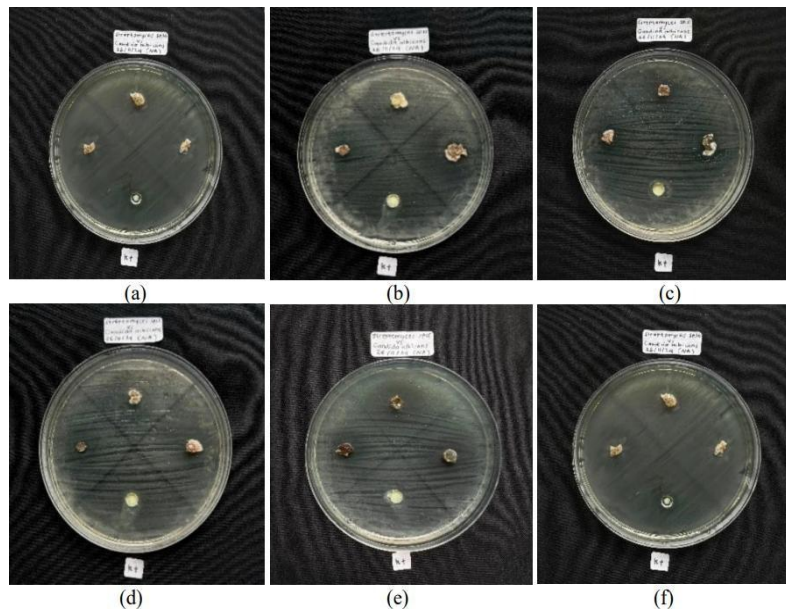
Total 17 isolat *Streptomyces* yang diujikan terdapat 6 spesies yang memiliki daya hambat terhadap *C. albicans*. Zona daya hambat tertinggi oleh *Streptomyces* sp.7 dengan diameter zona daya hambat sebesar 1,375 cm. Lima isolat lainnya yang memiliki daya hambat bervariasi antara 0,783 cm sampai 1,241 cm. 11 isolat *Streptomyces* tidak memiliki daya hambat terhadap *C. albicans*. *Streptomyces* sp.7, *Streptomyces* sp.10, *Streptomyces* sp.11, *Streptomyces* sp.15, *Streptomyces* sp.16 memiliki kategori daya hambat yang kuat. Hasil uji daya hambat 17 isolat *Streptomyces* sp. yang ditemukan di hutan De Djawatan terhadap *C. albicans* dapat dilihat pada Tabel 5. dan Gambar 4.

Tabel 6. Hasil uji daya hambat *Streptomyces* sp. terhadap *C. albicans*

No	Spesies	Lokasi	Rata -Rata	Kategori Daya Hambat*
1	<i>Streptomyces</i> sp.1	SL 1	0 ± 0,00 ^a	-
2	<i>Streptomyces</i> sp.2	SL 1	0 ± 0,00 ^a	-
3	<i>Streptomyces</i> sp.3	SL 1	0 ± 0,00 ^a	-
4	<i>Streptomyces</i> sp.4	SL 1	0 ± 0,00 ^a	-
5	<i>Streptomyces</i> sp.5	SL 1	0 ± 0,00 ^a	-
6	<i>Streptomyces</i> sp.6	SL 1	0 ± 0,00 ^a	-
7	<i>Streptomyces</i> sp.7	SL 2	1,375 ± 0,238	Kuat
8	<i>Streptomyces</i> sp.8	SL 2	0 ± 0,00 ^a	-
9	<i>Streptomyces</i> sp.9	SL 2	0 ± 0,00 ^a	-
10	<i>Streptomyces</i> sp.10	SL 3	1,1 ± 0,373 ^{uc}	Kuat
11	<i>Streptomyces</i> sp.11	SL 3	1,008 ± 0,052 ^{bc}	Kuat
12	<i>Streptomyces</i> sp.12	SL 3	0,783 ± 0,118 ^b	-
13	<i>Streptomyces</i> sp.13	SL 3	0 ± 0,00 ^a	-
14	<i>Streptomyces</i> sp.14	SL 4	0 ± 0,00 ^a	-
15	<i>Streptomyces</i> sp.15	SL 4	1,208±0,138 ^c	Kuat
16	<i>Streptomyces</i> sp.16	SL 5	1,241±0,038 ^c	Kuat
17	<i>Streptomyces</i> sp.17	SL 5	0± 0,00 ^a	-
18	<i>Nystatin</i> 1%	KT (+)	1,281±0,302 ^c	Kuat

*Kategori Daya hambat berdasarkan kriteria (Davis and Stout, 1971)

Perlakuan dengan huruf yang sama menunjukkan data tidak berbeda nyata, sebaliknya perlakuan dengan huruf yang berbeda menunjukkan data berbeda nyata dengan rata-rata 3 kali ulangan pada uji daya hambat



Gambar 4. Uji daya hambat *Streptomyces* sp. terhadap *C. albicans* (a) *Streptomyces* sp.7 (b) *Streptomyces* sp.10 (c) *Streptomyces* sp.11 (d) *Streptomyces* sp.12 (e) *Streptomyces* sp. 15 (f) *Streptomyces* sp.16

PEMBAHASAN

Bakteri *Streptomyces* sp. yang berhasil diisolasi dari 5 lokasi berbeda di kawasan hutan De Djawatan Banyuwangi sebanyak 17 isolat. Sampel diambil di lapisan tanah pada kedalaman 15 cm. Lapisan tanah tersebut mengandung bahan organik, nutrisi, dan kelembaban yang mendukung pertumbuhan mikroba (Antido & Climacosa, 2022). Pertumbuhan bakteri *Streptomyces* sp. sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan diantaranya adalah suhu lingkungan, kelembaban, dan pH tanah. pH yang optimal untuk pertumbuhan bakteri *Streptomyces* yaitu sekitar pH 6-9. Penelitian menunjukkan bahwa pada pH <5, Actinomycetes terutama *Streptomyces* jumlahnya hanya sekitar <1% (Kurniafebi & Roza, 2021). Rentang pH tanah pada penelitian ini adalah 6,4 – 6,8. Hasil ini merupakan kisaran pH bakteri *Streptomyces* sp. dapat tumbuh pada lokasi pengambilan sampel. Bakteri *Streptomyces* sp. dapat tumbuh pada suhu antara 20°C dan 45°C dengan suhu pertumbuhan optimal antara 25°C dan 30°C. Lokasi pengambilan sampel memiliki suhu pada rentang antara 27°C - 29°C yang termasuk lingkungan dengan suhu optimal *Streptomyces* sp. dapat tumbuh (Elias et al., 2022). Suhu yang terlalu rendah dapat memperlambat atau menghentikan aktivitas enzimatis, sedangkan suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan denaturasi enzim sehingga menghambat pertumbuhan bakteri (Arwiyanto et al., 2007).

Karakter makroskopik koloni yang diamati diantaranya adalah warna, permukaan, pinggir, dan bentuknya. Secara makroskopik, isolat *Streptomyces* yang ditemukan memiliki pigmen berwarna putih, abu-abu, kuning, dan hijau yang berpotensi menunjukkan aktivitas antibiotik maupun antijamur. Perbedaan warna dari masing-masing isolat menunjukkan adanya variasi pigmen dari bakteri (Suloi & Suhartini, 2022). *Streptomyces* sp. memiliki struktur koloni yang kompleks dengan membentuk hifa substrat untuk pertumbuhan vegetatif dan miselium aerial yang menghasilkan spora untuk reproduksi (Chater et al., 2010). Selama proses pembentukan aerial miselium, terjadi pembentukan septa yang membagi hifa dan berkembang menjadi spora yang strukturnya berbeda dengan septa pada miselium vegetatif (Yagüe et al., 2013). Beberapa isolat *Streptomyces* menunjukkan pola permukaan yang khas seperti guratan dan permukaan yang halus atau bertepung akibat adanya spora aerial (Ferina et al., 2022). Masing-masing *Streptomyces* sp. yang ditemukan dalam penelitian ini memiliki ciri permukaan koloni yang rata, bergelombang, tidak beraturan, memiliki guratan konsentris, dan berserabut.

Streptomyces sp. merupakan bakteri Gram positif, memiliki sifat tidak tahan asam, dan positif menghasilkan enzim katalase (Sari dkk., 2012). Total 17 isolat yang ditemukan dan telah dilakukan pewarnaan Gram pada penelitian ini seluruhnya menghasilkan warna ungu yang merupakan jenis bakteri Gram positif. Pewarnaan tahan asam 17 isolat *Streptomyces* sp. menunjukkan bahwa seluruh isolat yang ditemukan tidak tahan asam. Dinding sel *Streptomyces* sp. terdiri dari peptidoglikan yang mengandung asam diaminopimelat (DAP) tanpa kandungan lipid kompleks yaitu asam mikolat yang tinggi (Prasetya, 2022). Asam mikolat yang rendah ini menyebabkan *Streptomyces* tidak mampu mempertahankan pewarna saat dilakukan proses dekolorisasi dengan asam-alkohol (Sari dkk., 2012). Uji katalase menunjukkan seluruh isolat *Streptomyces* sp. yang ditemukan bersifat katalase positif atau memiliki enzim katalase yang dapat menghasilkan gelembung (H_2O dan O_2) jika ditetesi dengan (H_2O_2). Bakteri aerobik dan anaerobik fakultatif yang menggunakan oksigen pada umumnya menghasilkan hidrogen peroksida (H_2O_2) yang bersifat racun bagi sistem enzimnya sendiri (Litaay et al., 2007). *Streptomyces* sp. memiliki hifa vegetatif dan aerial miselium yang memiliki diameter antara 0,5 – 0,2 μm dan menghasilkan miselium bercabang (Ambarwati et al., 2012). Konidia terbentuk pada ujung hifa yang berbentuk bulat dan berfungsi sebagai reproduksi aseksual (Mawarni dkk., 2021). Hasil pengamatan mikroskopik konidia *Streptomyces* sp. pada penelitian ini juga memiliki bentuk bulat, berantai dan bergerombol. Ukuran konidia *Streptomyces* sp. bervariasi tergantung spesiesnya dengan diameter antara 0,4 – 0,5 μm (Putri dkk., 2021). Variasi morfologi makroskopik (warna koloni, tekstur, dan pigmen) serta mikroskopik (struktur hifa dan spora) yang diamati antar isolat mencerminkan keberagaman fisiologis dan genetik. Keanekaragaman ini dapat berpengaruh terhadap kemampuan masing-masing isolat dalam memproduksi metabolit sekunder. Misalnya, pigmen tertentu sering berkaitan dengan produksi senyawa fenolik atau antibiotik, dan struktur hifa yang kompleks

mengindikasikan aktivitas metabolisme yang tinggi. Oleh karena itu, karakter morfologi yang beragam menunjukkan potensi yang besar dalam menghasilkan senyawa bioaktif, termasuk antijamur yang berperan dalam menghambat *C. albicans*.

Total 17 isolat *Streptomyces* sp. yang ditemukan dilakukan uji daya hambat terhadap *C. albicans* dengan mengukur zona daya hambat terbesar di antara seluruh isolat *Streptomyces* sp. yang telah dieksplorasi. Tidak semua spesies *Streptomyces* sp. memiliki daya hambat terhadap *C. albicans*. Daya hambat tertinggi diperoleh dari *Streptomyces* sp.7 (1,375 cm) dan yang memiliki daya hambat paling kecil yaitu *Streptomyces* sp.12 (0,783 cm). Perbedaan hasil uji daya hambat pada setiap isolat *Streptomyces* sp. terhadap *C. albicans* dapat disebabkan oleh jenis media yang digunakan selama pengujian. Media pertumbuhan yang tidak menyediakan nutrisi secara optimal dapat menghambat pertumbuhan *Streptomyces* sp. dan mengurangi produksi metabolit sekunder (Tahir, 2021). Bakteri *Streptomyces* sp. memiliki tujuh media pertumbuhan yang dikembangkan dalam *International Streptomyces Project* (ISP) dengan masing-masing fungsi (Djebbah et al., 2021). Total 17 isolat *Streptomyces* sp. yang berhasil di eksplorasi merupakan spesies yang berbeda, sehingga respon beberapa spesies terhadap media YEMA kurang optimal dalam menghasilkan metabolit sekunder untuk menghambat *C. albicans*. Setiap spesies *Streptomyces* sp. dapat menunjukkan respons yang berbeda terhadap media ISP. Hal ini disebabkan oleh perbedaan kebutuhan nutrisi, pola metabolisme, dan kemampuan spesifik setiap spesies dalam memanfaatkan sumber karbon yang tersedia dalam media. Media YEMA merupakan media yang umum digunakan untuk menumbuhkan *Streptomyces*, terutama dalam tahap awal isolasi dan seleksi kemampuan produksi metabolit.

Kandungan utama dalam media ini adalah ekstrak ragi (*yeast extract*) yang mengandung vitamin B kompleks, asam amino, serta manitol sebagai sumber karbon utama. Tetapi tidak semua spesies *Streptomyces* mampu memanfaatkan manitol secara efisien, sehingga bagi spesies tertentu, media ini kurang optimal dalam mendukung produksi metabolit sekunder yang aktif menghambat *C. albicans* (Shirling & Gottlieb, 1969). *Streptomyces* sp. yang tidak menunjukkan aktivitas penghambatan terhadap *C. albicans* masih berpotensi memiliki efek antagonis terhadap jamur patogen lain. Hal ini disebabkan oleh kemampuan *Streptomyces* dalam menghasilkan berbagai metabolit sekunder dengan spektrum aktivitas yang berbeda-beda. Penelitian oleh Sari dkk. (2012), menunjukkan bahwa *Streptomyces* sp. menghasilkan metabolit primer dan sekunder yang efektif dalam membunuh jamur patogen *Fusarium oxysporum* F. sp. *Lycopersici*. Selain itu, penelitian oleh Purnomo dan Mukarlina (2017), menunjukkan bahwa *Streptomyces* spp. memiliki aktivitas antagonis terhadap jamur *Phytophthora palmivora*, yang menyebabkan busuk buah pada tanaman kakao.

Semua isolat hasil eksplorasi mempunyai kemampuan hambat yang bervariasi terhadap *C. albicans*. *Streptomyces* sp.7, *Streptomyces* sp.10, *Streptomyces* sp.11, *Streptomyces* sp.15, *Streptomyces* sp.16 memiliki kategori daya hambat yang kuat, sedangkan *Streptomyces* sp.12 memiliki kategori daya hambat sedang (Davis & Stout, 1971). *Streptomyces* sp. menghasilkan berbagai metabolit sekunder dengan aktivitas antijamur yang signifikan. Senyawa-senyawa ini diproduksi oleh miselium *Streptomyces* selama fase pertumbuhan saat memasuki fase stasioner (El-Naggar, 2021). *Streptomyces* sp. yang tidak menunjukkan aktivitas penghambatan terhadap *C. albicans* masih berpotensi memiliki efek antagonis terhadap jamur patogen lain. Lingkungan hutan hujan tropis seperti De Djawatan dengan kelembaban tinggi baik untuk *Streptomyces* sp. yang berperan dalam proses daur ulang unsur hara dan pengendalian patogen tanah (Rosyidah dkk., 2024). Penelitian ini menunjukkan bahwa spesies *Streptomyces* sp. yang ditemukan di tanah Hutan De Djawatan memiliki kemampuan dalam menghasilkan senyawa bioaktif yang dapat menghambat *C. albicans*.

KESIMPULAN

Total *Streptomyces* sp. yang berhasil diisolasi sebanyak 17 isolat dari lima titik lokasi pengambilan sampel di hutan De Djawatan Banyuwangi. *Streptomyces* sp.7 memiliki zona daya hambat tertinggi terhadap *C. albicans* (1,375 cm) dengan kategori kuat, sedangkan yang memiliki daya hambat

paling kecil yaitu *Streptomyces* sp.12 (0,783 cm). Uji efektivitas dalam kondisi *in vivo* perlu dilakukan untuk mengevaluasi potensi senyawa dalam mengatasi kandidiasis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium mikrobiologi Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Udayana atas fasilitas dan dukungan yang diberikan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambarwati, A., L. Sembiring, and C. Soegihardjo. 2012. Antibiotic Produced by *Streptomyces* Associated With Rhizosphere of Purple Nut Sedge (*Cyperus rotundus* L.) in Surakarta, Indonesia. *African Journal of Microbiology Research*, 6(1): 52–57. <https://doi.org/10.5897/AJMR11.832>
- Antido, J.W.A. and F.M.M. Climacosa. 2022. Enhanced Isolation of *Streptomyces* From Different Soil Habitats in Calamba City, Laguna, Philippines Using A Modified Integrated Approach. *International Journal of Microbiology*, 2022(1): 1-7. <https://doi.org/10.1155/2022/2598963>
- Arwiyanto, T., A. Astuti, dan Y.M.S Maryudani. 2007. Karakterisasi Parsial *Streptomyces* spp., Agens Pengendali Hayati Penyakit Lincat Tembakau. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 13(2): 95–105. <https://doi.org/10.22146/jpti.11854>
- Bintari, N.W.D., I. Setyapurwanti, N.L.P. Devhy, A.A.O. Widana, dan D. Prihatiningsih. 2020. Screening *Candida albicans* Penyebab Kandidiasis Oral dan Edukasi *Oral Hygiene* pada Lansia di Panti Sosial Tresna Werdha Wana Seraya Bali. *Jurnal Pengabdian Kesehatan*, 3(1): 28–40. <https://doi.org/10.31596/jpk.v3i1.65>
- Chater, K. F., S. Biró, K. J Lee, T. Palmer, and H. Schrempf. 2010. The Complex Extracellular Biology of *Streptomyces*. *FEMS Microbiology Reviews*, 34(2): 171–198. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2009.00206.x>
- Davis, W.W. and T.R. Stout. 1971. Disc Plate Method of Microbiological Antibiotic Assay: I. Factors Influencing Variability And Error. *Applied Microbiology*, 22(4): 659–665. <https://doi.org/10.1128/am.22.4.659-665.1971>
- de Oliveira Santos, G.C., C.C. Vasconcelos, A.J.O. Lopes, M. de Sousa Cartágenes, S. Do, A.K.D.B. Filho, F.R.F. do Nascimento, R.M. Ramos, E.R.R.B. Pires, M.S. de Andrade, and F.M.G. Rocha. 2018. *Candida* Infections And Therapeutic Strategies: Mechanisms of Action for Traditional and Alternative Agents. *Frontiers in Microbiology*, 9(1): 13-51. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01351>
- Djebbah, F. Z., L. Belyagoubi, D. E.. Abdelouahid, F. Kherbouche, N.A. Al-Dhabi, M.V. Arasu, and B. Ravindran. 2021. Isolation and Characterization of Novel *Streptomyces* Strain From Algeria and Its In-Vitro Antimicrobial Properties Against Microbial Pathogens. *Journal of Infection and Public Health*, 14(11): 1671–1678. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2021.09.019>
- Dühring, S., S. Germerodt, C. Skerka, P.F. Zipfel, T. Dandekar, and S. Schuster. 2015. Host-Pathogen Interactions Between the Human Innate Immune System and *Candida albicans*—Understanding and Modeling Defense and Evasion Strategies. *Frontiers in Microbiology*, 6(1): 1-16. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00625>
- El-Naggar, N.E.-A. 2021. *Streptomyces*-Based Cell Factories for Production of Biomolecules And Bioactive Metabolites. Elsevier. Amsterdam. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821477-0.00011-8>
- Elias, F., S. Muddada, D. Muleta, and B. Tefera. 2022. Antimicrobial Potential of *Streptomyces* Spp. Isolated From the Rift Valley Regions of Ethiopia. *Advances in Pharmacological and Pharmaceutical Sciences*, 2022(1): 1-10. <https://doi.org/10.1155/2022/1724906>
- Ferina, O.D., R. Nurjismi, dan S. Suryani. 2022. Isolasi dan Uji Aktivitas Antifungi Actinomycetes

- Hutan Pinus Gunung Bunder Bogor Jawa Barat terhadap *Colletotrichum capsici*. *Jurnal Ilmiah Respati*, 13(2): 102–115. <https://doi.org/10.52643/jir.v13i2.2706>
- Hato, H., K. Sakata, J. Sato, A. Hasebe, Y. Yamazaki, and Y. Kitagawa. 2022. Factor Associated with Oral Candidiasis Caused by Co-Infection of *Candida albicans* and *Candida glabrata*: A Retrospective Study. *Journal of Dental Sciences*, 17(3): 1458–1461. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2021.10.020>
- Indrayati, S., Suraini, dan M. Afriani. 2018. Gambaran jamur *Candida* sp. dalam urine penderita diabetes mellitus di RSUD dr. Rasidin Padang. *Jurnal Kesehatan Perintis*, 5(1): 46–50. <https://doi.org/10.33653/jkp.v5i1.93>
- Insani, D.N.M., R. Kawuri, I.K. Muksin, A.M. Deshmukh, and B.B. Andriana. 2023. Exploration *Streptomyces* sp. on the Soil of Several Vegetations in the Forest Zone Area of Alas Purwo Banyuwangi National Park and Tests of its Inhibitory on *Escherichia coli* O157: H7. *Eco. Env. & Cons*, 29(1): 18-27. <http://doi.org/10.53550/EEC.2023.v29i06s.003>
- Kartika, K.D., M. Pharmawati, R. Kawuri, dan C. Gading. 2023. Potensi *Streptomyces* dalam Menghambat *Escherichia coli* Extended Spectrum Beta Lactamase Penyebab *Urinary Tract Infection*. *Medicina*, 54(3): 134–139. <https://doi.org/10.15562/medicina.v54i3.966>
- Kurniafebi, F.A. dan R.M. Roza. 2021. Eksplorasi dan Karakterisasi Parsial Aktinomisetes dari Tanah Mangrove di Kuala Enok Kecamatan Tanah Merah Indragiri Hilir Riau. *Seminar Nasional Biologi*, 1(2): 346-357. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2024.011.1.21>
- Kurniawati, A., D.E.I. Yani, I. Barid, Y.C. Rahayu, dan Yustusia. 2022. *Variasi Normal Mukosa Rongga Mulut*. UPT Penerbitan Universitas. Jember.
- Laskaris, P., and Karagouni, A.D. 2021. *Streptomyces*, Greek Habitats and Novel Pharmaceuticals: a Promising Challenge. *Microbiology Research*, 12(4): 47-63. <https://doi.org/10.3390/microbiolres12040061>
- Litaay, M., R.B. Gobel, dan S. Lejab, 2007. Kualitas Media Pemeliharaan Larva Lola Merah dan Kimia Sisik Hasil Filtrasi Bertingkat di Hatchery. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 12(1): 24–30. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.12.1.24-30>
- Maharyati, R. dan R.D. Pawarti. 2015. Sistem Imun Mukosa Traktus Respiratorius Atas. *Journal UNAIR*, 1(1): 52-63. <https://journal.unair.ac.id/download-fullpapers-thtklbe6effcd83full.pdf>
- Mawarni, N.I.I., I. Erdiansyah, dan R. Wardana. 2021. Isolasi Cendawan *Aspergillus* sp. pada Tanaman Padi Organik. *Agriprima: Journal of Applied Agricultural Sciences*, 5(1): 68–74. <https://doi.org/10.25047/agriprima.v5i1.363>
- Molla, A. and M. Albadrani. 2024. Prevalence and Species Distribution of Neonatal Candidiasis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Diseases*, 12(7): 147-154. <https://doi.org/10.3390/diseases12070154>
- Mudenda, S. 2024. Global Burden of Fungal Infections and Antifungal Resistance from 1961 to 2024: Findings and Future Implications. *Pharmacology & Pharmacy*, 15(4): 81–112. <https://doi.org/10.4236/pp.2024.154007>
- Mutiawati, V.K. 2016. Pemeriksaan Mikrobiologi pada *Candida albicans*. *Jurnal Kedokteran Syiah Kuala*, 16(1): 53–63. <https://jurnal.usk.ac.id/JKS/article/view/5013>
- Prasetya, D. 2022. Isolasi dan identifikasi *Streptomyces* sp. pada kolam tanah di Desa Tengkur Tulungagung Jawa Timur. *Meditory: The Journal of Medical Laboratory*, 10(1): 1–7. <https://doi.org/10.33992/m.v10i1.1902>
- Purnomo, E. dan R. Mukarlina. 2017. Uji Antagonis Bakteri *Streptomyces* spp. Terhadap Jamur *Phytophthora palmivora* BBK01 Penyebab Busuk Buah pada Tanaman Kakao. *Protobiont*, 6(3): 1-7. <https://doi.org/10.30997/ijar.v5i3.519>
- Putri, R. J., R. Kawuri, A.A.K. Darmadi, dan I. Narayani. 2021. Potensi *Streptomyces* sp. dalam Menghambat Pertumbuhan Jamur *Colletotrichum acutatum* pada Cabai Merah Besar (*Capsicum annum* L.) Secara In Vitro, 25(2): 197-207. <http://doi.org/10.53550/EEC.2023.v29i06s.003>

- Quinn, G.A., A.M. Banat, A.M. Abdelhameed, dan I.M. Banat. 2020. Streptomyces from Traditional Medicine: Sources of New Innovations in Antibiotic Discovery. *Journal of Medical Microbiology*, 69(8): 1040–1048. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.001232>
- Rosyidah, A., E. Hidayah, dan L. Lindasari. 2024. The Essential of Trembesi in Djawatan: Identifikasi Persebaran Pohon Trembesi sebagai Penentu Biodiversitas di Kawasan Hutan Djawatan. *Biocaster: Jurnal Kajian Biologi*, 4(3): 96–107. <https://doi.org/10.36312/biocaster.v4i3.291>
- Sari, N. M., R. Kawuri, and Khalimi. 2012. *Streptomyces* sp. Sebagai Biofungisida Patogen *Fusarium oxysporum* (schlecht.) f. sp. lycopersici (sacc.) snyd. et hans. penyebab Penyakit Layu pada Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum* L.). *Agrotrop: Journal on Agriculture Science*, 2(2): 161–169. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/agrotrop/article/view/7829/5907>
- Shahid, M., B.N. Singh, S. Verma, P. Choudhary, S. Das, H. Chakdar, K. Murugan, S.K. Goswami, and A. K. Saxena. 2021. Bioactive Antifungal Metabolites Produced by *Streptomyces amritsarensis* V31 Help to Control Diverse Phytopathogenic Fungi. *Brazilian Journal of Microbiology*, 52(1): <https://doi.org/1687-1699.10.1007/s42770-021-00625-w>
- Shirling, E.B. and D. Gottlieb. 1969. Cooperative Description of Type Cultures of *Streptomyces*. IV. Species Descriptions From The Second, Third and Fourth Studies. In *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 19(4): 391–512). <https://doi.org/10.1099/00207713-19-4-391>
- Suloi, A.F. dan W. Suhartini. 2022. Eksplorasi Bakteri Actinomycetes Asli Papua Barat Sebagai Pewarna Makanan Alami dan Antimikroba. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 6(2): 142–148. <https://doi.org/10.33379/gtech.v6i2.1522> <https://doi.org/10.33379/gtech.v6i2.1522>
- Tahir, S. 2021. Optimasi media fermentasi *Streptomyces* sp. penghasil antijamur patogen kelapa sawit *Ganoderma boninensis*. *Tesis*. Universitas Brawijaya. <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/185525>
- Vila, T., A.S. Sultan, D. Montelongo-Jauregui, and M.A. Jabra-Rizk. 2020. Oral Candidiasis: A Disease of Opportunity. *Journal of Fungi (Basel, Switzerland)*, 6(1): 45-78. <https://doi.org/10.3390/jof6010015> <https://doi.org/10.3390/jof6010015>
- Yagüe, Paula, M.T. López-García, B. Rioseras, J. Sánchez, and A. Manteca. 2013. Pre-sporulation Stages of *Streptomyces* differentiation: State-of-the-Art and Future Perspectives. *FEMS Microbiology Letters*, 342(2), 79–88. <https://doi.org/10.1111/1574-6968.12128> <https://doi.org/10.1111/1574-6968.12128>
- Yusran, A. and E.S. Malan. 2020. Moringa seed extract inhibits the growth of *Candida albicans*. *Makassar Dental Journal*, 9(2): 105–109. <https://doi.org/10.35856/mdj.v9i2.327> <https://doi.org/10.35856/mdj.v9i2.327>