



EKSPLORASI AKTIVITAS ANTIBAKTERI ACTINOMYCETES YANG BERASOSIASI DENGAN SPONS LAUT PULAU SAMALONA

Andi Ameilia Sari Riandika^{1*}, Fauziah Hasdin²

¹⁻²Universitas Negeri Makassar, Makassar, Indonesia

*Alamat Korespondensi: andiameiliariasari@unm.ac.id

Abstract: The increasing prevalence of antibiotic resistance has intensified the need to discover novel antibacterial compounds from marine microorganisms. This study aimed to investigate the antibacterial potential of actinomycetes associated with marine sponges collected from Samalona Island, Indonesia. Sponge-associated actinomycetes were isolated using selective media and screened for antagonistic activity against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. The most active isolate was subsequently fermented for 21 days, and its secondary metabolites were extracted using ethyl acetate and methanol. Antibacterial activity was evaluated using the agar diffusion method. A total of 18 actinomycete isolates were successfully obtained, among which isolate SP-6 exhibited antibacterial activity against both test organisms. The ethyl acetate extract at a concentration of 20% (w/v) demonstrated the strongest antibacterial activity, producing inhibition zones of 8.32 mm against *S. aureus* and 8.54 mm against *E. coli*. The production of antibacterial metabolites reached its maximum on the 18th day of fermentation before gradually declining. Morphological characterization indicated that isolate SP-6 possessed characteristics consistent with the genus *Streptomyces*. These findings suggest that marine sponge-associated actinomycetes from Samalona Island represent a promising source of novel antibacterial compounds with potential applications in future pharmaceutical development.

Keywords: Actinomycetes; antibacterial; marine sponge; *Escherichia coli*; *Streptomyces*

Abstrak: Meningkatnya resistensi bakteri terhadap antibiotik mendorong pencarian sumber antibakteri baru dari mikroorganisme laut, khususnya actinomycetes yang berasosiasi dengan spons laut. Penelitian ini bertujuan mengeksplorasi aktivitas antibakteri actinomycetes yang diisolasi dari spons laut Pulau Samalona. Isolat diperoleh menggunakan medium selektif, kemudian diseleksi berdasarkan aktivitas antagonis terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Isolat terpilih difermentasi selama 21 hari dan diekstraksi menggunakan etil asetat serta metanol. Aktivitas antibakteri diuji menggunakan metode difusi agar. Sebanyak 18 isolat actinomycetes berhasil diperoleh dan satu isolat (SP-6) menunjukkan aktivitas terhadap kedua bakteri uji. Ekstrak etil asetat pada konsentrasi 20% menghasilkan zona hambat terbesar terhadap *S. aureus* (8,32 mm) dan *E. coli* (8,54 mm). Produksi metabolit antibakteri optimum terjadi pada hari ke-18 fermentasi. Karakterisasi morfologi menunjukkan bahwa isolat SP-6 memiliki karakteristik yang sesuai dengan genus *Streptomyces*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa actinomycetes yang berasosiasi dengan spons laut Pulau Samalona berpotensi sebagai sumber senyawa antibakteri baru.

Kata Kunci: Actinomycetes; antibakteri; spons laut; *Escherichia coli*; *Streptomyces*

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan antibiotik baru secara global terus meningkat seiring dengan semakin meluasnya kasus resistensi bakteri. Lingkungan laut, terutama organisme yang memiliki hubungan simbiosis seperti spons, menjadi sumber yang sangat potensial untuk menemukan senyawa antibakteri baru, karena mikroba yang hidup berasosiasi dengan organisme tersebut mampu menghasilkan berbagai jenis metabolit sekunder yang beragam dan bernilai bioaktif

(Li et al., 2023). Berbagai studi lainnya juga menegaskan bahwa ekosistem laut menyediakan keragaman kimia yang unik dan belum sepenuhnya dieksplorasi, sehingga berperan penting dalam pencarian antibiotik generasi baru untuk mengatasi krisis resistensi antimikroba global (Bharathi & Lee, 2024; Carroll et al., 2021).

Actinomycetes laut, khususnya dari genus *Streptomyces*, telah lama dikenal sebagai penghasil utama berbagai senyawa bioaktif yang berasal dari mikroba laut. Oleh karena itu, kelompok mikroba ini terus menjadi fokus dalam kegiatan bioprospeksi karena memiliki kemampuan biosintetik yang sangat beragam. Berbagai kajian terbaru juga melaporkan ditemukannya ratusan metabolit baru yang dihasilkan oleh actinomycetes yang berasosiasi dengan organisme laut hingga beberapa tahun terakhir, menunjukkan potensinya yang masih sangat besar untuk terus dieksplorasi (Chen et al., 2021; Ibrahim et al., 2025; Pan et al., 2025).

Spons (Porifera) hidup sebagai organisme penyaring (*filter feeder*) dan menjadi inang bagi komunitas mikroba yang sangat kompleks. Hubungan simbiotik antara spons dan mikroba tersebut sering kali menghasilkan mikroorganisme penghasil antibiotik yang berperan dalam melindungi spons dari serangan patogen maupun persaingan dengan organisme lain. Kondisi ini menjadikan spons sebagai target yang sangat ideal dalam pencarian *Streptomyces* yang memiliki aktivitas antimikroba (Barzkar et al., 2024; De La Hoz-Romo et al., 2024; Helmi, 2025).

Pulau Samalona (Kepulauan Spermonde, Sulawesi Selatan) sebelumnya telah dilaporkan sebagai lokasi yang menghasilkan berbagai isolat *Streptomyces* dengan aktivitas antimikroba, sebagaimana ditunjukkan dalam beberapa studi jurnal lokal dan nasional yang dipublikasikan dalam beberapa tahun terakhir. Oleh karena itu, pengambilan sampel dari lokasi ini menjadi penting untuk mendukung inventarisasi bakteri laut yang berpotensi dikembangkan sebagai sumber senyawa obat baru (Al-Ansari et al., 2019; Ibrahim et al., 2025).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi isolat Actinomycetes yang berasosiasi dengan spons laut dari perairan Pulau Samalona serta melakukan karakterisasi awal berdasarkan ciri morfologi koloni dan mikroskopisnya. Kajian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai keberagaman Actinomycetes laut di wilayah tersebut sebagai langkah pendahuluan dalam inventarisasi bakteri laut yang berpotensi dikembangkan sebagai sumber senyawa antimikroba baru, khususnya dalam konteks meningkatnya resistensi bakteri.

Meskipun berbagai penelitian telah melaporkan potensi actinomycetes laut sebagai penghasil metabolit antibakteri, informasi mengenai actinomycetes yang berasosiasi dengan spons laut di perairan Pulau Samalona masih sangat terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya berfokus pada isolat dari sedimen atau organisme laut lainnya, sehingga eksplorasi mikroba simbiosis spons dari wilayah ini masih menjadi peluang penelitian yang penting. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki kebaruan berupa eksplorasi awal isolat actinomycetes yang berasosiasi dengan spons laut Pulau Samalona beserta evaluasi aktivitas antibakterinya terhadap bakteri Gram positif dan Gram negatif.

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Bahan

Penelitian ini menggunakan sampel spons laut yang diperoleh dari perairan Pulau Samalona, Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Medium yang digunakan meliputi *Starch Nitrate Agar* (SNA) untuk isolasi Actinomycetes, *Starch Nitrate Broth* (SNB) untuk fermentasi, *Nutrient Agar* (NA) untuk uji aktivitas antibakteri, dan *Potato Dextrose Agar* (PDA) untuk pengujian kontaminan jamur. Pelarut yang digunakan terdiri atas etil asetat *pro analysis* dan metanol *pro analysis* (Merck®, Darmstadt, Germany). Bakteri uji yang digunakan adalah *Staphylococcus aureus* ATCC 35592 dan *Escherichia coli* ATCC 25922. Bahan pendukung lainnya meliputi akuades steril, alkohol 70%, larutan NaCl fisiologis 0,85%, kertas cakram steril berdiameter 6 mm (Oxoid®, United Kingdom), DMSO 10%, serta pereaksi pewarnaan Gram.

Peralatan utama yang digunakan meliputi autoklaf (All American®, USA), *Biological Safety Cabinet* (Thermo Scientific®, USA), inkubator (Mettler®, Germany), oven (Ecocell®, Czech Republic), timbangan analitik dengan ketelitian 0,0001 g (ACIS®, Indonesia), *rotary evaporator* (Büchi®, Switzerland), mikropipet (Finnpipette®, Finland), *vortex mixer* VM-300, mikroskop cahaya (Olympus®, Japan), jangka sorong digital (Krisbow®, Indonesia), serta seperangkat alat gelas laboratorium yang terdiri atas cawan petri, tabung reaksi, gelas ukur, labu Erlenmeyer, pipet ukur, dan corong pisah.

Metode

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen laboratorium dengan rancangan *in vitro post-test only design* yang bertujuan mengeksplorasi aktivitas antibakteri Actinomycetes yang berasosiasi dengan spons laut terhadap bakteri patogen. Penelitian dilaksanakan selama tiga

bulan di Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Negeri Makassar. Sampel penelitian berupa isolat Actinomycetes yang diperoleh dari spons laut Pulau Samalona dan dipilih berdasarkan kemampuan awal dalam menghambat pertumbuhan bakteri uji.

Sampel spons laut dikoleksi secara aseptik dari perairan Pulau Samalona, kemudian dimasukkan ke dalam wadah steril yang berisi air laut steril dan disimpan dalam kondisi dingin selama transportasi menuju laboratorium. Sampel selanjutnya dicuci menggunakan air laut steril, dipotong menjadi bagian kecil, dihomogenkan, kemudian dibuat pengenceran bertingkat sebelum dilakukan proses isolasi.

Isolasi Actinomycetes dilakukan menggunakan medium *Starch Nitrate Agar* (SNA) dengan metode cawan tuang (*pour plate*). Cawan diinkubasi pada suhu ruang selama 7–14 hari hingga koloni tumbuh. Koloni yang menunjukkan karakteristik khas Actinomycetes, seperti tekstur kering, berkapur, memiliki miselium udara, dan pertumbuhan menyerupai filamen, dimurnikan melalui subkultur berulang hingga diperoleh isolat murni. Prosedur isolasi mengacu pada metode yang telah banyak digunakan dalam eksplorasi Actinomycetes laut (Chen et al., 2021; Ibrahim et al., 2025).

Seluruh isolat murni selanjutnya diseleksi melalui uji antagonis terhadap *S.aureus* ATCC 35592 dan *E.coli* ATCC 25922 menggunakan metode difusi agar. Isolat yang menghasilkan zona hambat terbesar terhadap kedua bakteri uji dipilih untuk tahap fermentasi dan produksi metabolit sekunder (Al-Ansari et al., 2019).

Isolat terpilih diinokulasikan ke dalam medium *Starch Nitrate Broth* (SNB) dan difermentasi selama 21 hari pada suhu ruang. Pengambilan sampel supernatan dilakukan setiap hari untuk menentukan waktu optimum produksi metabolit antibakteri berdasarkan diameter zona hambat yang dihasilkan terhadap bakteri uji. Penentuan waktu optimum produksi metabolit dilakukan mengacu pada metode fermentasi *Streptomyces* yang telah dilaporkan sebelumnya (Hu et al., 2024).

Setelah fermentasi selesai, kultur dipisahkan menjadi biomassa dan supernatan melalui penyaringan. Supernatan diekstraksi menggunakan etil asetat dengan perbandingan 1:1 (v/v) menggunakan corong pisah, sedangkan biomassa diekstraksi menggunakan metanol melalui metode maserasi. Seluruh ekstrak diuapkan menggunakan *rotary evaporator* hingga diperoleh ekstrak kental yang selanjutnya digunakan pada pengujian aktivitas antibakteri (Saraswathi et al., 2020; Sarmiento-Tovar et al., 2022).

Aktivitas antibakteri ekstrak diuji menggunakan metode difusi cakram (*disk diffusion assay*). Sebanyak 20 µL ekstrak dengan konsentrasi 5%, 10%, dan 20% (b/v) diteteskan pada

kertas cakram steril berdiameter 6 mm, kemudian diletakkan di atas permukaan media *Nutrient Agar* yang telah diinokulasi dengan suspensi bakteri uji setara standar *McFarland* 0,5. Ampisilin digunakan sebagai kontrol positif dan DMSO 10% digunakan sebagai kontrol negatif. Seluruh cawan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam, kemudian diameter zona hambat diukur menggunakan jangka sorong digital. Pengujian dilakukan dalam tiga kali ulangan sehingga diperoleh nilai rata-rata diameter zona hambat.

Isolat yang menunjukkan aktivitas antibakteri terbaik selanjutnya dikarakterisasi berdasarkan morfologi makroskopis koloni yang meliputi bentuk, warna, elevasi, tekstur, dan pembentukan miselium udara, serta karakter mikroskopis melalui pengamatan bentuk hifa dan rantai spora menggunakan mikroskop cahaya. Identifikasi awal dilakukan dengan membandingkan karakter morfologi isolat terhadap deskripsi genus *Streptomyces* yang telah dilaporkan dalam berbagai literatur.

Data hasil pengujian aktivitas antibakteri dianalisis secara deskriptif kuantitatif dan disajikan dalam bentuk tabel, grafik, serta uraian naratif untuk menggambarkan potensi antibakteri isolat *Actinomycetes* yang diperoleh dari spons laut Pulau Samalona.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilaksanakan selama tiga bulan di Laboratorium Mikrobiologi menggunakan sampel spons laut yang dikoleksi dari perairan Pulau Samalona, Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Sebanyak 18 isolat *Actinomycetes* berhasil diisolasi dari sampel spons laut dan selanjutnya diseleksi berdasarkan kemampuan antagonis terhadap bakteri patogen *S.aureus* ATCC 35592 dan *E. coli* ATCC 25922.

Hasil uji antagonis menunjukkan bahwa tidak seluruh isolat memiliki aktivitas antibakteri (tabel 1). Dari 18 isolat yang diperoleh, isolat SP-6 menunjukkan aktivitas penghambatan terhadap kedua bakteri uji sehingga dipilih sebagai isolat potensial untuk tahap fermentasi, ekstraksi metabolit sekunder, dan karakterisasi lebih lanjut. Isolat tersebut diperoleh dari sampel spons yang telah diidentifikasi sebagai *Callyspongia plicifera*. Identifikasi sampel dilakukan di Laboratorium Ilmu Lingkungan dan Kelautan Departemen Biologi Universitas Hasanuddin dengan nomor surat 818/ILK.BIO/PP.13/01/2020.

Keberadaan beberapa isolat yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri patogen menunjukkan bahwa spons laut merupakan habitat yang mendukung keberadaan *Actinomycetes* penghasil metabolit antibakteri. Lingkungan spons yang kaya akan interaksi antarmikroorganisme mendorong mikroba simbiosis menghasilkan metabolit sekunder sebagai mekanisme pertahanan terhadap kompetitor maupun patogen. Temuan ini sejalan dengan

penelitian Fahmy dan Abdel-Tawab (2021), Ibrahim et al. (2025), serta Santi Martignago et al. (2025) yang melaporkan bahwa spons laut merupakan salah satu sumber utama Actinomycetes penghasil senyawa antimikroba.

Berdasarkan hasil seleksi, isolat SP-6 dipilih untuk tahap fermentasi karena menunjukkan aktivitas terhadap bakteri Gram positif maupun Gram negatif. Kemampuan tersebut mengindikasikan bahwa isolat SP-6 berpotensi menghasilkan senyawa dengan spektrum antibakteri yang relatif luas. Aktivitas terhadap kedua kelompok bakteri ini menunjukkan bahwa metabolit yang dihasilkan kemungkinan memiliki mekanisme kerja yang tidak hanya terbatas pada satu tipe struktur dinding sel bakteri. Hasil ini konsisten dengan laporan Liu et al. (2024) dan Dar & Ahmad (2025) yang menyatakan bahwa berbagai spesies Streptomyces laut mampu menghasilkan metabolit aktif terhadap bakteri Gram positif maupun Gram negatif.

Kemampuan isolat SP-6 menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif (*S. aureus*) maupun Gram negatif (*E. coli*) menunjukkan bahwa metabolit yang dihasilkan berpotensi memiliki spektrum aktivitas yang luas. Mengingat struktur dinding sel kedua kelompok bakteri tersebut berbeda secara signifikan, terutama adanya membran luar yang menjadi penghalang tambahan pada bakteri Gram negatif, mekanisme kerja senyawa aktif yang dihasilkan diduga tidak hanya berfokus pada penghambatan sintesis dinding sel. Berbagai penelitian melaporkan bahwa genus Streptomyces merupakan penghasil utama beragam antibiotik dengan mekanisme kerja yang bervariasi, antara lain menghambat sintesis protein melalui ikatan dengan subunit ribosom 30S atau 50S, menghambat sintesis asam nukleat melalui gangguan terhadap replikasi DNA atau transkripsi RNA, serta mengganggu integritas membran sel bakteri. Mekanisme kerja tersebut memungkinkan senyawa aktif tetap efektif terhadap bakteri Gram positif maupun Gram negatif. Meskipun demikian, mekanisme kerja metabolit yang dihasilkan isolat SP-6 belum dapat dipastikan dalam penelitian ini karena masih menggunakan ekstrak kasar (*crude extract*). Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan berupa pemurnian senyawa aktif, identifikasi struktur kimia, serta pengujian mekanisme aksi menggunakan pendekatan biokimia dan molekuler untuk menentukan target biologis yang spesifik (Donald et al. 2022; Ibrahim et al. 2025; Ye et al. 2024).

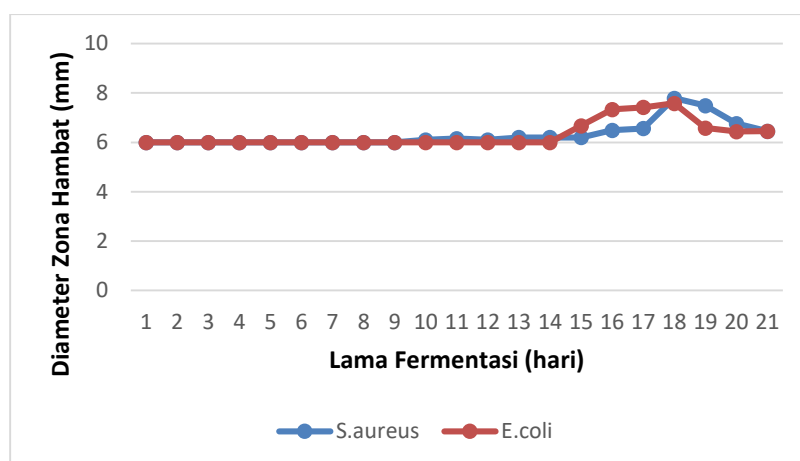
Tabel 1. Hasil uji antagonis isolat Actinomycetes terhadap bakteri uji

Isolat <i>Actinomycetes</i>	Bakteri Uji	
	<i>S.aureus</i>	<i>E.coli</i>
SP-1	-	-
SP-2	-	-
SP-3	-	+++
SP-4	-	-
SP-5	-	-
SP-6	+++	++
SP-7	++	-

SP-8	-	++
SP-9	-	++
SP-10	++	-
SP-11	-	++
SP-12	-	++
SP-13	-	-
SP-14	-	-
SP-15	-	-
SP-16	-	-
SP-17	+++	-
SP-18	-	-

Keterangan: (-) tidak ada zona hambat; (+) diameter <5 mm; (++) diameter 5-10 mm; (+++) diameter >10 mm

Optimasi waktu fermentasi menunjukkan bahwa produksi metabolit antibakteri meningkat secara bertahap hingga hari ke-18, kemudian mengalami penurunan pada hari-hari berikutnya. Pola tersebut menunjukkan bahwa produksi metabolit sekunder mencapai kondisi optimum pada fase stasioner pertumbuhan bakteri.



Gambar 1. Hubungan lama fermentasi (sumbu X) terhadap diameter zona hambat (sumbu Y) ekstrak isolat SP-6 terhadap *S.aureus* dan *E.coli*.

Peningkatan aktivitas antibakteri hingga hari ke-18 menunjukkan bahwa biosintesis metabolit sekunder berlangsung optimal pada fase stasioner, ketika pertumbuhan sel mulai melambat akibat keterbatasan nutrisi. Penurunan aktivitas setelah hari ke-18 diduga disebabkan oleh degradasi metabolit aktif maupun perubahan kondisi lingkungan kultur yang memengaruhi stabilitas senyawa. Pola ini sesuai dengan karakteristik produksi metabolit sekunder pada genus *Streptomyces* sebagaimana dilaporkan oleh Donald et al. (2022) dan Alam et al. (2022).

Fermentasi isolat SP-6 menghasilkan ekstrak etil asetat sebanyak 102,8 mg dan ekstrak metanol sebanyak 64,2 mg. Aktivitas antibakteri kedua ekstrak disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran diameter rata-rata zona hambat ekstrak etil asetat dan ekstrak metanol isolat SP-6 terhadap bakteri uji (d kertas cakram: 6 mm) (Data disajikan sebagai rerata dari tiga kali pengulangan (n = 3))

Kadar ekstrak dalam kertas cakram	Ekstrak Isolat SP-6	Bakteri Uji dan Diameter Rata-Rata Zona Hambat (mm)	
		<i>E.coli</i>	<i>S.aureus</i>
20%	Etil Asetat	8,54	8,32
	Metanol	6,00	6,00
10%	Etil Asetat	6,00	6,00
	Metanol	6,00	6,00
5%	Etil Asetat	6,00	6,00
	Metanol	6,00	6,00
Kontrol positif	Ampisilin	15,68	15,62
Kontrol negatif	DMSO 10%	6,00	6,00

CATATAN: Nilai 6,00 mm merepresentasikan diameter kertas cakram itu sendiri, yang bermakna tidak terbentuk zona hambat (0 mm daya hambat aktivitas antibakteri).

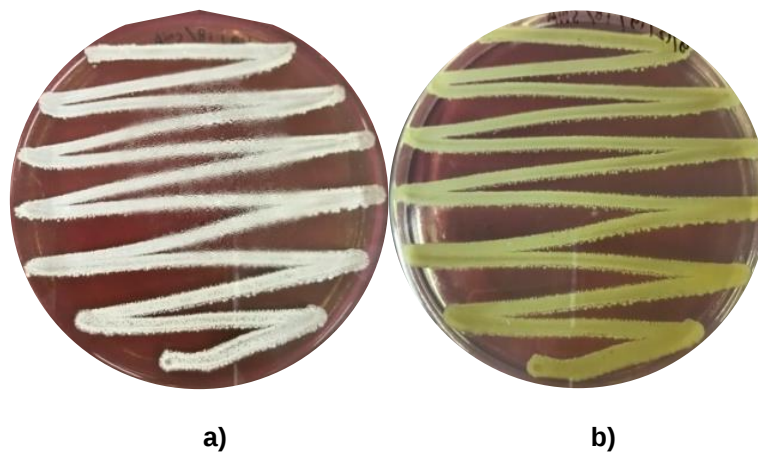
Ekstrak etil asetat menunjukkan aktivitas antibakteri yang lebih tinggi dibandingkan ekstrak metanol, terutama pada konsentrasi 20%. Hasil ini mengindikasikan bahwa senyawa antibakteri yang dihasilkan isolat SP-6 didominasi oleh metabolit yang bersifat semipolar sehingga lebih mudah diekstraksi menggunakan etil asetat. Fenomena serupa juga dilaporkan oleh Saraswathi et al. (2020), Sebak et al. (2021), dan Sarmiento-Tovar et al. (2022), yang menunjukkan bahwa pelarut semipolar lebih efektif mengekstraksi metabolit bioaktif dari *Streptomyces* dibandingkan pelarut polar.

Meskipun ekstrak etil asetat menunjukkan aktivitas antibakteri tertinggi di antara seluruh ekstrak yang diuji, daya hambatnya masih lebih rendah dibandingkan dengan kontrol positif ampisilin. Pada konsentrasi 20%, ekstrak etil asetat menghasilkan diameter zona hambat sebesar 8,54 mm terhadap *E. coli* dan 8,32 mm terhadap *S. aureus*, sedangkan ampisilin menghasilkan zona hambat masing-masing sebesar 15,68 mm dan 15,62 mm. Perbedaan tersebut merupakan hal yang wajar karena ekstrak etil asetat yang digunakan dalam penelitian ini masih berupa ekstrak kasar (*crude extract*) yang mengandung campuran kompleks berbagai metabolit sekunder, sehingga konsentrasi senyawa antibakteri aktif di dalamnya relatif rendah dan masih bercampur dengan senyawa lain yang tidak memiliki aktivitas antibakteri. Sebaliknya, ampisilin merupakan antibiotik murni dengan tingkat kemurnian tinggi dan mekanisme kerja yang spesifik dalam menghambat sintesis dinding sel bakteri, sehingga menghasilkan aktivitas antibakteri yang lebih kuat.

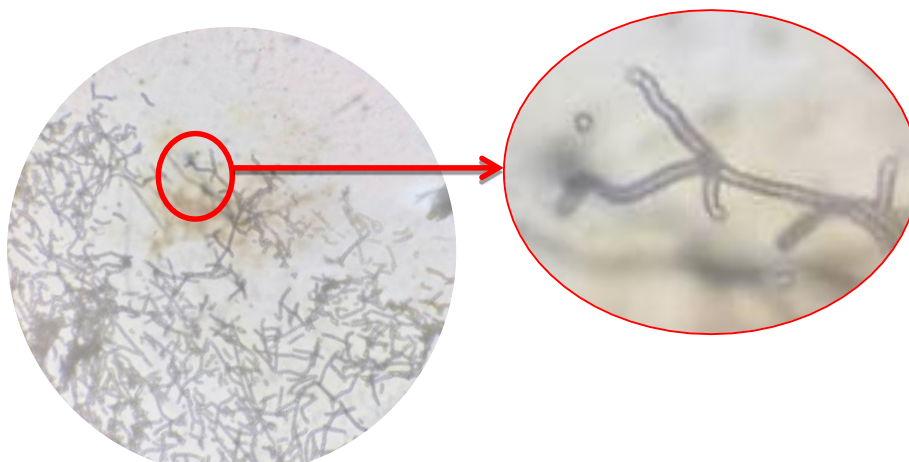
Meskipun demikian, aktivitas antibakteri yang ditunjukkan oleh ekstrak etil asetat isolat SP-6 mengindikasikan adanya metabolit sekunder yang berpotensi dikembangkan sebagai kandidat senyawa antibakteri baru. Oleh karena itu, penelitian lanjutan perlu dilakukan melalui proses fraksinasi dan pemurnian senyawa aktif (*bioassay-guided fractionation*), diikuti dengan identifikasi struktur kimia menggunakan teknik spektroskopi, serta penentuan nilai *minimum*

inhibitory concentration (MIC) dan *minimum bactericidal concentration* (MBC). Tahapan tersebut diharapkan dapat meningkatkan konsentrasi senyawa aktif sehingga aktivitas antibakterinya menjadi lebih tinggi dan potensi farmasetiknya dapat dievaluasi secara lebih komprehensif.

Karakterisasi morfologi menunjukkan bahwa isolat SP-6 memiliki koloni bertekstur kering dengan pembentukan miselium udara yang berkembang baik, karakteristik yang umum dijumpai pada genus *Streptomyces* (lihat gambar 2). Hasil pengamatan mikroskopis memperlihatkan adanya hifa bercabang yang menghasilkan rantai spora berbentuk *flexous*. Tipe rantai spora tersebut merupakan salah satu karakter diagnostik yang secara klasik digunakan dalam identifikasi awal genus *Streptomyces* berdasarkan pedoman *International Streptomyces Project* (ISP). Meskipun karakter morfologi memberikan indikasi kuat bahwa isolat SP-6 termasuk ke dalam genus *Streptomyces*, identifikasi hingga tingkat spesies tetap memerlukan konfirmasi menggunakan analisis molekuler, seperti sekuensing gen 16S rRNA.



Gambar 2. Hasil uji makroskopik isolat SP-6. a) penampakan miselium udara dengan warna *Pure White* RAL 9010 dan b) penampakan miselium substrat dengan warna *Traffic Yellow* RAL 1023



Gambar 3. Hasil uji mikroskopik isolat SP-6 dengan perbesaran objektif 100 kali

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa Actinomycetes yang berasosiasi dengan spons laut Pulau Samalona memiliki potensi sebagai sumber senyawa antibakteri baru. Keterbaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada eksplorasi awal Actinomycetes simbiosis spons laut dari perairan Pulau Samalona yang menunjukkan aktivitas terhadap bakteri Gram positif dan Gram negatif, serta penentuan waktu optimum produksi metabolit antibakteri melalui optimasi fermentasi. Temuan ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan bioprospeksi mikroorganisme laut Indonesia sebagai sumber kandidat antibiotik baru di tengah meningkatnya kasus resistensi antimikroba. Selain memiliki implikasi ilmiah dalam memperkaya informasi mengenai keanekaragaman Actinomycetes laut, hasil penelitian ini juga membuka peluang pengembangan senyawa bioaktif untuk bidang farmasi melalui tahapan pemurnian senyawa, identifikasi struktur kimia, dan pengujian aktivitas biologis lebih lanjut.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam menginterpretasikan hasil. Pertama, identifikasi isolat SP-6 masih didasarkan pada karakter morfologi makroskopis dan mikroskopis sehingga diperlukan konfirmasi menggunakan analisis molekuler, seperti sekuensing gen 16S rRNA, untuk memastikan identitas taksonominya. Kedua, penelitian ini masih menggunakan ekstrak kasar (*crude extract*), sehingga senyawa aktif yang bertanggung jawab terhadap aktivitas antibakteri belum dapat diidentifikasi secara spesifik maupun mekanisme kerjanya belum dapat dipastikan. Oleh karena itu, penelitian lanjutan perlu dilakukan melalui fraksinasi berbasis aktivitas (*bioassay-guided fractionation*), karakterisasi struktur senyawa, serta pengujian mekanisme kerja dan parameter aktivitas antibakteri, seperti *minimum inhibitory concentration* (MIC) dan *minimum bactericidal concentration* (MBC), guna mendukung pengembangan kandidat antibakteri baru.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengisolasi 18 isolat Actinomycetes yang berasosiasi dengan spons laut dari perairan Pulau Samalona, dengan isolat SP-6 menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap *S.aureus* dan *E.coli*. Produksi metabolit antibakteri optimum diperoleh pada hari ke-18 fermentasi, sedangkan ekstrak etil asetat pada konsentrasi 20% menghasilkan aktivitas penghambatan tertinggi dibandingkan ekstrak metanol. Karakterisasi morfologi menunjukkan bahwa isolat SP-6 memiliki karakteristik yang konsisten dengan genus *Streptomyces*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Actinomycetes yang berasosiasi dengan spons laut Pulau Samalona berpotensi sebagai sumber senyawa antibakteri yang layak untuk dikembangkan lebih lanjut melalui identifikasi molekuler dan karakterisasi senyawa bioaktif.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, K., Mazumder, A., Sikdar, S., Zhao, Y.M., Hao, J., Song, C., Wang, Y., Sarkar, R., Islam, S., Zhang, Y. & Li, A. (2022). Streptomyces: The Biofactory of Secondary Metabolites. *Frontiers in Microbiology*. 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.-968053>
- Al-Ansari, M., Alkubaisi, N., Vijayaragavan, P. & Murugan, K. (2019). Antimicrobial Potential of Streptomyces sp. to the Gram Positive and Gram Negative Pathogens. *Journal of Infection and Public Health*. 12: 861–866. <https://doi.org/10.1016-/j.jiph.2019.05.016>
- Ameruoso, A., Kcam, M.C.V., Cohen, K.P. & Chappell, J. (2022). Activating Natural Product Synthesis Using CRISPR Interference and Activation Systems in Streptomyces. *Nucleic Acids Research*. 50: 7751–7760. <https://doi.org/10.1093/nar/gkac556>
- Barzkar, N., Sukhikh, S. & Babich, O. (2024). A Comprehensive Review of Marine Sponge Metabolites, with Emphasis on Neopetrosia sp. *International Journal of Biological Macromolecules*. 280. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.135823>
- Bharathi, D. & Lee, J. (2024). Recent Advances in Marine-Derived Compounds as Potent Antibacterial and Antifungal Agents: A Comprehensive Review. *Marine Drugs*. 22. <https://doi.org/10.3390/md22080348>
- Carroll, A.R., Copp, B.R., Davis, R.A., Keyzers, R.A. & Prinsep, M.R. (2021). Marine Natural Products. *Natural Product Reports*. 38: 362–413. <https://doi.org/10.1039/D0NP00089B>
- Chen, J., Xu, L., Zhou, Y. & Han, B. (2021). Natural Products from Actinomycetes Associated with Marine Organisms. *Marine Drugs*. 19. <https://doi.org/10.3390/md19110629>
- Dar, M.S. & Ahmad, I. (2025). Screening and Evaluation of Antibacterial Active Strains of Actinomycetes Isolated from Northern Indian Soil for Biofilm Inhibition Against Selected ESKAPE Pathogens. *Journal of Umm Al-Qura University for Applied Sciences*. 11: 340–355. <https://doi.org/10.1007/s43994-024-00164-8>
- De La Hoz-Romo, M.C., Díaz, L., Gómez-León, J., Quintero, M. & Villamil, L. (2024). Marine Actinobacteria Metabolites: Unlocking New Treatments for Acne Vulgaris. *Frontiers in Microbiology*. 15. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1501951>
- Donald, L., Pipite, A., Subramani, R., Owen, J., Keyzers, R.A. & Taufa, T. (2022). Streptomyces: Still the Biggest Producer of New Natural Secondary Metabolites, a Current Perspective. *Microbiology Research*. 13: 418–465. <https://doi.org/10.3390/microbiolres-13030031>
- Elsalami, R.M., Goh, K.W., Mahadi, M., Mohammad, N., Kassab, Y.W., Zin, N.M. & Chin, K.Y. (2022). The Antibacterial Activities of Secondary Metabolites Derived from Streptomyces sp. *Progress in Microbes and Molecular Biology*. <https://doi.org/10.36877/pmmb.a0000281>

- Fahmy, N.M. & Abdel-Tawab, A.M. (2021). Isolation and Characterization of Marine Sponge-Associated Streptomyces sp. NMF6 Strain Producing Secondary Metabolite(s) Possessing Antimicrobial, Antioxidant, Anticancer, and Antiviral Activities. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. 19. <https://doi.org/10.1186/s43141-021-00203-5>
- Helmi, N.R. (2025). Exploring the Diversity and Antimicrobial Potential of Actinomycetes Isolated from Different Environments in Saudi Arabia: A Systematic Review. *Frontiers in Microbiology*. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1568899>
- Hu, Z., Weng, Q., Cai, Z. & Zhang, H. (2024). Optimization of Fermentation Conditions and Medium Components for Chrysomycin A Production by Streptomyces sp. 891-B6. *BMC Microbiology*. 24. <https://doi.org/10.1186/s12866-024-03258-9>
- Ibrahim, J.A.A., Botcha, S. & Prattipati, S.D. (2025). Marine Actinomycetes: A Promising Source of Novel Therapeutics and Pharmaceutical Bioactive Compounds – A Review. *Microbe*. <https://doi.org/10.1016/j.microb.2025.100383>
- Kalaba, M.H., El-Sherbiny, G.M., Darwesh, O.M. & Moghannem, S.A. (2024). A Statistical Approach to Enhance the Productivity of Streptomyces baarensis MH-133 for Bioactive Compounds. *Synthetic and Systems Biotechnology*. 9: 196–208. <https://doi.org/10.1016/j.synbio.2024.01.012>
- Li, P., Lu, H., Zhang, Y., Zhang, X., Liu, L. & Wang, M. (2023). The Natural Products Discovered in Marine Sponge-Associated Microorganisms: Structures, Activities, and Mining Strategy. *Frontiers in Marine Science*. 10. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1191858>
- Liu, Z., Sun, W., Hu, Z., Wang, W. & Zhang, H. (2024). Marine Streptomyces-Derived Novel Alkaloids Discovered in the Past Decade. *Marine Drugs*. 22. <https://doi.org/10.3390/md22010051>
- Liu, Z., Zhao, Y., Huang, C. & Luo, Y. (2021). Recent Advances in Silent Gene Cluster Activation in Streptomyces. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 9. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.632230>
- Pan, C., Hassan, S.S., Ishaq, M., Yan, S. & Jin, H. (2025). Marine Actinomycetes: A Hidden Treasure Trove for Antibacterial Discovery. *Frontiers in Marine Science*. <https://doi.org/10.3389/fmars.2025.1558320>
- Santi Martignago, C.C., de Souza Barbosa, C., Garcia Motta, H., Soares-Silva, B., Maso Lopes Peres, E.P., Souza e Silva, L.C., Bonifácio, M., dos Santos Jorge Sousa, K., Sardeli Alqualo, A., Parisi, J., Jordan, O., Muniz Renno, A.C., Aguiar, A.C.C. & Patrúlea, V. (2025). Exploring Antibacterial Properties of Marine Sponge-Derived Natural Compounds: A Systematic Review. *Marine Drugs*. 23. <https://doi.org/10.3390/md23010043>
- Saraswathi, K., Mahalakshmi, S., Khusro, A., Arumugam, P., Mohammed, A.K. & Alkufeidy, R.M. (2020). In Vitro Biological Properties of Streptomyces cangkringensis Isolated

- from the Floral Rhizosphere Regions. Saudi Journal of Biological Sciences. 27: 3249–3257. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.09.035>
- Sarmiento-Tovar, A.A., Silva, L., Sánchez-Suárez, J. & Diaz, L. (2022). Streptomyces-Derived Bioactive Pigments: Ecofriendly Source of Bioactive Compounds. Coatings. 12. <https://doi.org/10.3390/coatings12121858>
- Sebak, M., Saafan, A.E., Abdelghani, S., Bakeer, W., Moawad, A.S. & El-Gendy, A.O. (2021). Isolation and Optimized Production of Putative Antimicrobial Compounds from Egyptian Soil Isolate Streptomyces sp. MS.10. Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences. 10. <https://doi.org/10.1186/s43088-021-00099-7>
- Srikandace, Y., Syani, I.R., Wahhaab, A., Kamarisima & Putri, S.P. (2024). Antibacterial Compounds Derived from Marine Streptomyces aureofaciens A3 through In-Silico Molecular Docking. Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences. 29(3): 403–413. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.29.3.403-413>
- Verma, J., Sharma, M. & Manhas, R.K. (2025). Purification and Characterization of an Antimicrobial Compound Against Drug-Resistant MRSA and VRE Produced by Streptomyces levis Strain HFM-2. Scientific Reports. 15. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-10572-3>
- Ye, J., Kan, C. H., Yang, X., & Ma, C. (2024). Inhibition of Bacterial RNA Polymerase Function and Protein–Protein Interactions: A Promising Approach for Next-Generation Antibacterial Therapeutics. RSC Medicinal Chemistry, 15, 1471–1487. <https://doi.org/10.1039/D3MD00690E>