

**ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI ASOSIASI SPONS
LAUT *Agelas citrina* YANG BERPOTENSI SEBAGAI
ANTIBAKTERI DARI KEPULAUAN SERIBU JAKARTA**

SKRIPSI

**NABILA SITI AINURHIKMAT
A211105**



**SEKOLAH TINGGI FARMASI INDONESIA
YAYASAN HAZANAH
BANDUNG
2025**

**ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI ASOSIASI SPONG
LAUT *Agelas citrina* YANG BERPOTENSI SEBAGAI
ANTIBAKTERI DARI KEPULAUAN SERIBU JAKARTA**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Farmasi

**NABILA SITI AINURHIKMAT
A211105**



**SEKOLAH TINGGI FARMASI INDONESIA
YAYASAN HAZANAH
BANDUNG
2025**

**ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI ASOSIASI SPONS LAUT *Agelas
citrina* YANG BERPOTENSI SEBAGAI ANTIBAKTERI DARI
KEPULAUAN SERIBU JAKARTA**

**NABILA SITI AINURHIKMAT
A211105**

JULI 2025

Disetujui oleh :

Pembimbing



Himalaya Wana Kelana, M.Pd

Pembimbing



Umi Baroroh, S.Si., M.Biotek

Kutipan atau suduran baik Sebagian ataupun seluruh naskah, harus menyebut nama pengarang dan sumber aslinya, yaitu Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia.

Skripsi ini saya persembahkan sebagai tanda bukti kepada ayah, ibu, nenek, tante dan adik yang telah memberikan doa, motivasi dan dukungan dengan sepenuh hati.

Thank you for always loving me.

ABSTRAK

Permasalahan resistensi antimikroba (AMR) yang semakin meningkat menjadi tantangan serius dalam penanganan infeksi bakteri patogen, sehingga diperlukan sumber antibakteri baru yang efektif dan aman. Spons laut *Agelas citrina* dari perairan Kepulauan Seribu diduga memiliki bakteri asosiasi yang mampu menghasilkan senyawa antibakteri potensial. Penelitian ini bertujuan mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri asosiasi spons *Agelas citrina* yang berpotensi sebagai antibakteri serta menguji aktivitas antibakteri terhadap bakteri patogen *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Metode yang digunakan meliputi isolasi dan purifikasi bakteri dari spons menggunakan media Zobell Marine Agar, identifikasi morfologi dan pewarnaan Gram, uji aktivitas antibakteri menggunakan metode difusi cakram, serta identifikasi molekuler melalui sekuensing Gen 16S rRNA. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 11 isolat bakteri, mayoritas berbentuk kokobasil gram positif dan satu isolat berbentuk *Vibrio* gram negatif. Isolat kode SA 104 teridentifikasi secara molekuler sebagai *Vibrio alginolyticus* dan menunjukkan aktivitas antibakteri kuat terhadap *E. coli* (zona hambat 17 mm) dan sedang terhadap *S. aureus* (zona hambat 6,7 mm). Bakteri asosiasi pada spons laut *Agelas citrina* memiliki potensi sebagai sumber antibakteri baru untuk pengembangan obat antimikroba.

Kata kunci: *Agelas citrina*, bakteri asosiasi, antibakteri, *Vibrio alginolyticus*, Gen 16S rRNA, resistensi antimikroba, spons laut, isolasi bakteri.

ABSTRACT

*The increasing problem of antimicrobial resistance (AMR) poses a serious challenge in treating bacterial infections, thus necessitating the discovery of new, effective, and safe antibacterial agents. The marine sponge *Agelas citrina* from the Thousand Islands, Jakarta, is suspected to harbor associated bacteria capable of producing potential antibacterial compounds. This study aims to isolate and identify bacteria associated with *Agelas citrina* that have antibacterial potential and to test their antibacterial activity against the pathogenic bacteria *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. The methods used included isolation and purification of bacteria from the sponge using Zobell Marine Agar media, morphological and Gram staining identification, antibacterial activity assay using the disc diffusion method, and molecular identification through 16S rRNA gene sequencing. The results revealed 11 bacterial isolates, the majority being gram-positive coccobacilli and one isolate identified as gram-negative *Vibrio*. The isolate coded SA 104 was molecularly identified as *Vibrio alginolyticus* and exhibited strong antibacterial activity against *E. coli* (inhibition zone of 17 mm) and moderate activity against *S. aureus* (inhibition zone of 6.7 mm). In conclusion, bacteria associated with the marine sponge *Agelas citrina* have potential as new sources of antibacterial agents for antimicrobial drug development.*

Keywords: *Agelas citrina*, sponge-associated bacteria, antibacterial, *Vibrio alginolyticus*, 16S rRNA gene, antimicrobial resistance, marine sponge, bacterial isolation.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim,

Puji dan Syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala berkah Rahmah dan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi yang berjudul **“Isolasi dan Identifikasi Bakteri Asosiasi Spons Laut *Agelas citrina* yang Berpotensi sebagai Antibakteri dari Kepulauan Seribu Jakarta”**.

Penelitian dan penulisan skripsi ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana pada Program Studi Sarjana Farmasi Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing Himalaya Wana Kelana, M.Pd dan Umi Baroroh, S.Si., M.Biotek atas bimbingan, nasihat, dukungan, serta pengorbanan yang diberikan. Pada kesempatan ini, tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. apt. Adang Firmansyah, M.Si., selaku Ketua Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia,
2. Dr. apt. Diki Prayugo, M.Si., selaku Wakil Ketua I Bidang Akademik,
3. Dr. apt. Hesti Riasari, M.Si., selaku Ketua Program Studi Sarjana Farmasi,
4. Umi Baroroh, S.Si., M.Biotek., selaku Dosen Wali,
5. Seluruh staff dosen, staff administrasi, serta karyawan Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia,
6. Kepala beserta staff Balai Taman Nasional Kepulauan Seribu Jakarta,
7. Kedua orang tua dan kedua adik saya yang tak pernah lelah memberikan doa, kasih sayang, dan dukungan tanpa batas. Terima kasih untuk semua tetes keringat dan doa tanpa henti,
8. Kepada rekan saya, Maria Eirine Krisnawati terima kasih atas kerja sama selama penelitian berlangsung.

Dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kesalahan dan kekurangan karena pengetahuan yang masih sangat terbatas. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati diharapkan masukan berupa kritik dan saran yang bersifat membangun untuk perbaikan di masa yang akan datang. Penulis berharap semoga tugas akhir ini akan memberikan manfaat bagi penulis sendiri dan juga pihak lain yang berkepentingan.

Bandung, Juli 2025
Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
KUTIPAN.....	iii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Kegunaan Penelitian.....	3
1.5 Waktu dan Tempat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Spons <i>Agelas citrina</i>	4
2.1.1 Klasifikasi	4
2.1.2 Morfologi	4
2.2 Bakteri	6
2.2.1 Definisi Bakteri	6
2.2.2 Morfologi Bakteri.....	6
2.2.3 Fase Pertumbuhan Bakteri	8
2.3 Bakteri Asosiasi.....	9
2.4 Antibakteri.....	9
2.4.1 Definisi Antibakteri.....	9
2.4.2 Mekanisme Kerja	10
2.4.3 Metode Pengujian Antibakteri.....	11
2.5 Identifikasi Molekuler	11

BAB III TATA KERJA.....	13
3.1 Alat.....	13
3.2 Bahan.....	13
3.3 Metode Penelitian.....	13
3.3.1 Pengambilan dan Penanganan Sampel Spons	13
3.3.2 Identifikasi Makroskopis dan Mikroskopis Spons	13
3.3.3 Isolasi dan Purifikasi Bakteri	14
3.3.4 Identifikasi Makroskopis dan Mikroskopis Bakteri Asosiasi Spons.	15
3.3.5 Uji Aktivitas Antibakteri	15
3.4 Identifikasi Molekuler	16
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Identifikasi Sampel Spons <i>Agelas citrina</i>	17
4.1.1 Identifikasi Makroskopis.....	17
4.1.2 Identifikasi Mikroskopis	21
4.2 Karakterisasi Bakteri Asosiasi Spons <i>Agelas citrina</i>	22
4.2.1 Identifikasi Makroskopis Bakteri.....	22
4.2.2 Identifikasi Mikroskopis Bakteri.....	26
4.3 Uji Aktivitas Antibakteri	29
4.4 Hasil Identifikasi Molekuler	33
BAB V SIMPULAN DAN ALUR PENELITIAN SELANJUTNYA.....	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN.....	44

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Diameter Zona Hambat	16
Tabel 4. 1 Identifikasi Makroskopis	17
Tabel 4. 2 Identifikasi Mikroskopis	21
Tabel 4. 3 Identifikasi Makroskopis Bakteri	23
Tabel 4. 4 Identifikasi Mikroskopis Bakteri	26
Tabel 4. 5 Diameter Zona Hambat Bakteri	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Spons <i>Agelas citirna</i>	4
Gambar 2. 2 Anatomi Tubuh Spons	5
Gambar 2. 3 Bentuk Bakteri Kokus	6
Gambar 2. 4 Bentuk Bakteri Batang	7
Gambar 2. 5 Bentuk Bakteri Spirilia.....	7
Gambar 2. 6 Fase Pertumbuhan Bakteri	8
Gambar 4. 1 Titik Pengambilan Sampel SPTN III Pulau Pramuka	17
Gambar 4. 2 Spons <i>Agelas citrina</i>	18
Gambar 4. 3 Spons <i>Agelas citrina</i>	18
Gambar 4. 4 Ostia Spons <i>Agelas citrina</i>	20
Gambar 4. 5 Spikula monoaxon <i>acanthostyle</i> (duri)	22
Gambar 4. 6 Bakteri Isolasi Spons <i>Agelas citrina</i>	25
Gambar 4. 7 Identifikasi Mikroskopis Isolat SA 104.....	27
Gambar 4. 8 Hasil Uji Aktivitas Antibakteri.....	31
Gambar 4. 9 Kontrol Uji Aktivitas Antibakteri.....	31
Gambar 4. 10 Pohon Filogenetik	34

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Surat Izin Penelitian	44
LAMPIRAN 2 Surat Izin Masuk Kawasan Konservasi.....	45
LAMPIRAN 3 CoA Media Zobell Marine Agar.....	47
LAMPIRAN 4 Surat Sekuensing	48
LAMPIRAN 5 Pengambilan Sampel Spons	49
LAMPIRAN 6 Isolasi Bakteri.....	50
LAMPIRAN 7 Purifikasi Bakteri.....	53
LAMPIRAN 8 Pewarnaan Gram	55
LAMPIRAN 9 Uji Aktivitas Antibakteri	57
LAMPIRAN 10 Perhitungan.....	59

DAFTAR PUSTAKA

- Abrar, M., Shamus, R. & Kurniawan, A., 2018. Eksplorasi bakteri laut penghasil senyawa antibakteri dari perairan Indonesia. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 23(2), pp.115–123.
- Bian, C., Wang, J., Zhou, X., Wu, W. & Guo, R. (2020). *Recent advances on marine alkaloids from sponges*. *Chemistry & Biodiversity*, 17(10), e2000186.
- Bell, J., Morrison, D. & Taylor, H., 2022. *Marine symbiosis and antimicrobial potential of sponge-associated bacteria*. *Marine Biotechnology*, 24(1), pp.1–15.
- Bhar, M., Singh, A. & Patel, S., 2021. *Marine microbiota and their role in antibiotic synthesis*. *International Journal of Microbial Research*, 14(2), pp.77–85.
- Bulele, A.I., Rahman, A. & Mandey, L.C., 2019. Identifikasi bakteri dari spons laut asal perairan Sulawesi Utara. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Tropis*, 11(1), pp.34–41.
- Chen, Y., Liu, J. & Wang, H., 2021. *Diversity and bioactivity of sponge-associated bacteria in coral reefs*. *Frontiers in Microbiology*, 12, p.654321.
- Chevrette, M.G., Carlson, C.M. & Currie, C.R., 2021. *Antimicrobial potential of sponge-derived actinobacteria*. *Nature Communications*, 12, p.2451.
- Dagdostar, S., 2019. *Marine natural products as new leads in antibiotic discovery*. *Journal of Applied Microbiology*, 127(6), pp.1579–1592.
- Dewa, N.P., Lestari, W. & Suardana, N.P.G., 2015. Struktur komunitas bakteri pada spons laut. *Jurnal Biologi Tropis*, 15(2), pp.45–51.
- Engelberts, J.P., Robbins, S.J. & Webster, N.S., 2022. *Sponges and their microbiomes in a changing ocean*. *Trends in Microbiology*, 30(3), pp.239–249.
- Esteves, A.I.S., Hardoim, C.C.P., Xavier, J.R., Gonçalves, J.M.S. & Costa, R., 2021. Sponge microbiome stability during seasonal shifts in the northwest coast of Spain. *FEMS Microbiology Ecology*, 97(2), p.fiaa247.
- Fajrina, N., Setiawan, H. & Nuraini, R., 2018. Karakterisasi bakteri penghasil antibiotik dari laut. *Jurnal Mikrobiologi Maritim*, 10(1), pp.22–29.
- Fernandez, L., Martinez, J. & Garcia, A., 2023. *Antibacterial compounds from sponge microbiomes: Recent advances*. *Marine Drugs*, 21(4), p.213.

- Folkers, M. & Rombouts, T., 2020. *Sponges Revealed: A Synthesis of Their Overlooked Ecological Functions within Aquatic Ecosystems*. [Book chapter / Review]. *Sponges Revealed: A Synthesis of Their Overlooked Ecological Functions within Aquatic Ecosystems*.
- Goeji, J. de, Moodley, L. & Houtekamer, M., 2017. *Ecosystem role of sponges in marine nutrient cycling*. Marine Ecology Progress Series, 562, pp.1–14.
- Gomez, D., Santos, A. & Moreno, M., 2021. *Bioactive metabolites from marine symbiotic bacteria*. Journal of Marine Biology, 17(2), pp.98–109.
- Gomez, D., Santos, A. & Moreno, M., 2022. *Secondary metabolites from marine sponge symbionts*. Biotechnology Reports, 32, p.e00678.
- Hamdiyati, Y., 2016. Mikrobiologi Laut: Eksplorasi dan Potensinya, Jakarta: Penerbit Lautan Ilmu.
- Hamidah, S., Zakir, M. & Azzahra, A., 2019. Potensi bakteri laut dalam pengembangan antibiotik. Jurnal Sains Kelautan, 14(1), pp.55–63.
- Hardoim, C.C.P., Esteves, A.I. & Costa, R., 2021. *Microbial communities of marine sponges: Structure and function*. Annual Review of Microbiology, 75, pp.151–172.
- Hartati, S., Nugroho, H., & Santosa, B., 2015. *Metode identifikasi morfologi dan spikula spons laut*. Jurnal Biologi Laut, 10(2), pp.75–82.
- Haryati, N., Wibowo, A. & Ramadhani, D., 2017. Studi keanekaragaman bakteri pada spons laut. Jurnal Kelautan Tropis, 20(2), pp.77–83.
- Henry, L., Thomas, T. & Webster, N., 2019. *Metagenomic insights into sponge-microbiome function*. Microbiome, 7(1), p.100.
- Hikmat, R., Dewi, N.P. & Salma, U., 2024. Uji aktivitas antibakteri isolat bakteri dari spons laut. Jurnal Biologi Tropika, 21(1), pp.12–21.
- Hillman, L., Gray, M. & Carter, B., 2016. *Understanding the role of sponge microbiota*. Marine Biology Reviews, 8(2), pp.45–60.
- Holderman, C.J., Reidenbach, M.A. & Thacker, R.W., 2017. *Hydrodynamic controls on sponge-associated bacteria*. Marine Ecology Progress Series, 583, pp.57–70.
- Indraningrat, A.A.G., Smidt, H. & Sipkema, D., 2016. *Bioprospecting sponge-associated microbes for antimicrobial compounds*. Marine Drugs, 14(5), p.87.

- Jannah, M., Faridah, D. & Widya, S., 2017. Bakteri endofit dari spons laut. *Jurnal Sains Biologi*, 6(1), pp.33–39.
- Júnior, A.C.V. *et al.*, 2021. *Antibiofilm and Anti-Candidal Activities of the Extract of the Marine Sponge Agelas dispar*. *Mycopathologia*, 186(6), pp.819–832. doi:10.1007/s11046-021-00591-9.
- Karimi, E., Keller-Costa, T. & Costa, R., 2023. *The chemical ecology of sponge–microbiome interactions*. *Microbiome Research Reports*, 1(1), p.3.
- Katrin, Y., Utami, R. & Putri, D., 2015. Mikroorganisme laut penghasil senyawa bioaktif. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 12(1), pp.11–19.
- Kumar, R., Sharma, A. & Mehta, P., 2020. *Marine actinobacteria as a source of novel antibiotics*. *World Journal of Microbiology*, 36(8), p.123.
- Kumar, V., Das, S. & Verma, M., 2022. *Advances in sponge-associated bacterial research*. *Marine Biotechnology*, 24(5), pp.755–769.
- Kurama, R., Basri, M. & Prasetya, R., 2020. Studi potensi antibakteri mikroba laut. *Jurnal Bioteknologi Laut*, 5(2), pp.55–62.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2024. *Waspada Bakteri Kebal Antibiotik*
- Lee, H., Choi, Y. & Kim, S., 2020. *Novel antibiotic-producing marine bacteria*. *Antibiotics*, 9(11), p.812.
- Lee, Y., Sung, J. & Cho, H., 2021. *Sponge microbiomes and antibacterial activity*. *Journal of Applied Marine Science*, 19(3), pp.200–212.
- Leys, S.P. & Khan, A., 2018. *The function and evolution of sponge microbiomes*. *Trends in Ecology & Evolution*, 33(2), pp.95–106.
- Liempepas, M., Laoli, A. & Damanik, S., 2019. Identifikasi bakteri asosiasi spons laut. *Jurnal Perikanan Tropis*, 14(2), pp.45–52.
- Madigan, M.T., Martinko, J.M. & Bender, K.S., 2021. *Brock Biology of Microorganisms*, 16th ed., New York: Pearson.
- Martiny, J.B.H., Jones, S.E. & Lennon, J.T., 2020. *Microbiomes in the sea*. *Nature Reviews Microbiology*, 18(10), pp.673–686.
- Marulkar, P., Narkhede, P. & Sawant, D., 2024. *Antibacterial metabolites from sponge symbionts*. *Applied Microbial Research*, 8(2), pp.105–113.
- Marzuki, M., 2018. *Mikroorganisme Laut dan Potensinya*, Surabaya: Universitas Surabaya Press.

- Mokodompit, S., Rante, H. & Yusuf, A., 2015. Eksplorasi bakteri laut penghasil senyawa bioaktif. *Jurnal Biologi Laut*, 4(1), pp.13–19.
- Muller, W.E.G., Wang, X. & Schröder, H.C., 2021. *Biotechnological potential of sponge-microbe associations*. *Biotechnology Advances*, 49, p.107752.
- Napitupulu, T., Simanjuntak, H. & Siregar, S., 2019. Isolasi dan karakterisasi bakteri dari spons laut. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(2), pp.88–95.
- Noer, H., 2021. *Eksplorasi Mikroba Laut Indonesia*, Bandung: BioEksplor Press.
- Nugroho, R.A., Dewi, S. & Andriani, Y., 2015. Isolasi dan identifikasi bakteri penghasil antibakteri. *Jurnal Biologi Tropis*, 10(1), pp.55–61.
- Nurkanto, A. & Agusta, S., 2015. Potensi bakteri simbiotik spons laut sebagai antibakteri. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 13(2), pp.75–82.
- Nurliana, N., Hanafi, M. & Farhanah, F., 2021. Bakteri endofit penghasil senyawa antibakteri. *Jurnal Mikrobiologi Terapan*, 9(3), pp.150–159.
- Pawlik, J.R., 2020. *Marine sponges: structure, function, and ecological roles*. In: K. Rützler, ed. *The Biology of Sponges*. Berlin: Springer, pp. 45–67.
- Pita, L., Hoepfner, M.P., Ribes, M. & Hentschel, U. (2020). *Differential expression of immune receptors in two marine sponges upon exposure to microbial-associated molecular patterns*.
- Peraturan Menteri Koordinator Bidang Pembangunan Manusia dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2021 tentang Rencana Aksi Nasional Pengendalian Resistensi Antimikroba Tahun 2020–2024, 2021.
- Peterson, A., 2021. *Role of spicule morphohartatology in sponge defense mechanisms*. *Journal of Marine Biology*, 58(2), pp.123–134.
- Prabowo, H., Nugraha, R. & Fitriani, N., 2023. Studi potensi antibakteri mikroba laut Indonesia. *Jurnal Bioprospeksi Laut*, 8(1), pp.22–30.
- Ratan, R., Kumar, D. & Singh, R., 2015. *Marine-derived microbes: A treasure of bioactive compounds*. *Journal of Microbial Research*, 3(2), pp.101–108.
- Ravindran, C., Naveenan, T. & Varatharajan, G.R., 2020. *Sponge–microbe interactions in biotechnology*. *Frontiers in Marine Science*, 7, p.201.
- Ribeiro, I., Santos, J. & Costa, R., 2021. *Antimicrobial peptides from marine symbionts*. *Marine Drugs*, 19(5), p.245.

- Ritan, A., Wulandari, R. & Fadilah, N., 2021. Potensi mikroba laut Indonesia sebagai agen antibakteri. *Jurnal Penelitian Bioteknologi*, 7(2), pp.90–98.
- Rizvi, S.A., Qureshi, M. & Shaikh, H., 2021. *Bioactive compounds from sponge-associated microbes*. *Current Microbiology*, 78(3), pp.789–799.
- Rutzler, K., Diaz, M.C. & Smith, K.P., 2022. *Sponges and their microbial ecology*. *Annual Review of Marine Science*, 14, pp.101–123.
- Sari, F., Widyorini, N. & Sabdaningsih, A., 2021. *ISOLASI DAN IDENTIFIKASI DENGAN GEN 16S RRNA DARI BAKTERI ASOSIASI SPONS KELAS DEMOSPONGIAE DI PERAIRAN TULAMBEN BALI*. *Jurnal Pasir Laut*
- Shao, C.L., Li, Z.Y. & Wang, C.Y., 2020. *Chemical diversity of sponge-associated microbes*. *Chemical Reviews*, 120(18), pp.9764–9866.
- Shi, Y., Liu, X. & Zhang, H., 2022. *Advances in sponge-derived microbiota*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 106(3), pp.1193–1207.
- Silhavy, T.J., Kahne, D. & Walker, S., 2020. *The bacterial cell envelope*. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 12(5), a000414.
- Smith, H., 2020. *Marine symbiotic bacteria: A source of new drugs*. *Journal of Antibiotic Discovery*, 14(3), pp.123–130.
- Soedarto, 2015. *Mikrobiologi Kedokteran*. Jakarta: Sagung Seto.
- Sponge Guide, n.d. *Identification guide to marine sponges*. Available at: <https://www.spongeguide.org> (Accessed: 8 August 2025).
- Suryawati, R., 2017. *Characterization of pigmented bacterial isolates associated yantiwith marine sponge: diversity and bioactive potential*. *Journal of Marine Microbiology*, 10(3), pp.145–156.
- Sweet, M., Ramsey, A., Bulling, M. & Salta, M., 2020. Investigating the microbial community associated with marine sponges and their potential role in disease. *Microbial Ecology*, 79, pp.356–368.
- Thomas, T., Moitinho-Silva, L. & Lurgi, M., 2021. *Functional roles of sponge microbiomes*. *Nature Reviews Microbiology*, 19(9), pp.518–532.
- Tiwari, K. & Gupta, R.K., 2020. *Marine actinomycetes: A new source of bioactive compounds*. *Frontiers in Microbiology*, 11, p.1124.
- Trista, N., Rahmat, D. & Lestari, F., 2018. Eksplorasi bakteri laut dari spons penghasil antibiotik. *Jurnal Bioprospeksi*, 4(2), pp.101–109.

- Wang, Y., Li, Y. & Sun, F., 2020. *Marine natural products from symbiotic microbes*. *Marine Drugs*, 18(3), p.133.
- Welsh, M., 2020. *Microbial Techniques: Isolation and Cultivation Methods*. 2nd ed. New York: Academic Press
- Yanti, A. R. (2021). Pigmen bakteri simbiotik: Peran ekologis dalam pertahanan dan adaptasi spons laut. *Jurnal Biologi Laut*, 15(2), 123–135.
- Yoon, J., Kim, S. & Park, J., 2024. *Recent advances in marine microbiome research*. *Marine Biology Letters*, 21(2), pp.77–85.
- Yuliani, D., Fitria, R. & Hasanah, U., 2017. Mikroba laut penghasil senyawa antibakteri. *Jurnal Biologi Laut*, 12(2), pp.69–76.
- Zhang, H., Liu, Y. & Wang, C., 2020. *Marine microorganisms as sources of bioactive compounds*. *Marine Drugs*, 18(12), p.604.
- Zheng, L., Han, X., Chen, H. & Lin, W., 2021. Quorum sensing and marine sponge-associated bacteria: Implications for symbiosis and bioactive compound production. *Marine Drugs*, 19(7), p.357.
- Zhou, X., Wu, Q. & Xie, J., 2021. *Antibiotic-producing bacteria from marine sponges*. *Applied Environmental Microbiology*, 87(8), e02451–20.