

## Literature Review : Cultivation Method Optimization of Demospongiae Sponge and its Symbiont Bacteria

**Aida Rozanah\***, Rizky I. Febrianingsih, Ananda O. Larasati, Yuni E. Hadisaputri

Departement of Pharmaceutical Biology, Faculty of Pharmacy, Universitas Padjadjaran – Indonesia

Submitted 13 June 2022; Revised 20 December 2022; Accepted 27 December 2023 ; Published 28 April 2023

\*Corresponding author: [aida18001@mail.unpad.ac.id](mailto:aida18001@mail.unpad.ac.id)

### **Abstract**

Natural resources in the form of sponges, especially the *Demospongiae* class, have a large number and have the potential to be developed in various fields, especially biotechnology. Therefore, it is necessary to cultivate sponges in order to maintain the balance of nature and its availability. Sponge cultivation is an effort to reproduce large numbers of sponges in a relatively short time. Considerations in determining the optimization method are the depth and the substrate used. Sponges can have a symbiotic relationship with bacteria. This symbiosis can produce new metabolites that have potential pharmacological activity, especially in the pharmaceutical field.

**Keywords:** Cultivation, *Demospongiae*, Symbiont bacteria

## **Tinjauan Pustaka : Optimasi Metode Budidaya Spons Demospongiae dan Bakteri Simbiannya**

### **Abstrak**

Sumber Daya Alam berupa spons khususnya kelas *Demospongiae* memiliki jumlah yang banyak dan berpotensi dalam mengembangkan berbagai bidang terutama bioteknologi. Maka dari itu, perlu dilakukan budidaya spons agar dapat mempertahankan keseimbangan alam dan ketersediaannya. Budidaya spons merupakan upaya memperbanyak spons dalam jumlah yang banyak dengan waktu yang relatif singkat. Diantara pertimbangan untuk menentukan optimasi metode adalah kedalaman serta substrat yang digunakan. Spons dapat bersimbiosis dengan bakteri. Simbiosis tersebut dapat menghasilkan senyawa metabolit baru yang memiliki potensi aktivitas farmakologis khususnya dibidang farmasi.

**Kata Kunci:** Bakteri simbion, budidaya, *Demospongiae*

## 1. Pendahuluan

Spons (filum Porifera) merupakan salah satu hewan multiseluler paling sederhana dan filum hewan tertua yang masih hidup saat ini. Spons laut adalah makhluk hidup berupa hewan berpori yang bersifat filter feeder nutrient atau dapat menyerap, menyaring serta penyemprotan nutrient guna mendapatkan makanan. Spons diklasifikasikan dalam empat kelas: Calcarea (5 bangsa dan 24 suku), Hexactinellida (6 bangsa dan 20 suku), Demospongiae (15 bangsa dan 92 suku), dan Homoscleromorpha (1 bangsa dan 2 suku).<sup>1</sup> Keberadaan dan komposisi spikula serta spongin merupakan ciri pembeda kelas antar spons (Gambar 1).<sup>2</sup>

Kelas Demospongiae merupakan kelas spons terbesar (90% dari seluruh jenis spons) dan sangat beragam. Kelas Demospongiae pada umumnya hidup di laut, namun terdapat pula yang hidup di air tawar. Contoh spesies spons yang termasuk ke dalam kelas Demospongiae yaitu *Clathria basilana*, *Callyspongia (Cladochalina) glomerata*, dan *Callyspongia aerizusa*.<sup>3</sup> Pada spons kelas Demospongiae kerap ditemukan interaksi dengan mikroba simbiosis. Maka dari itu, upaya budidaya spons kelas Demospongiae semakin dikembangkan.<sup>3</sup>

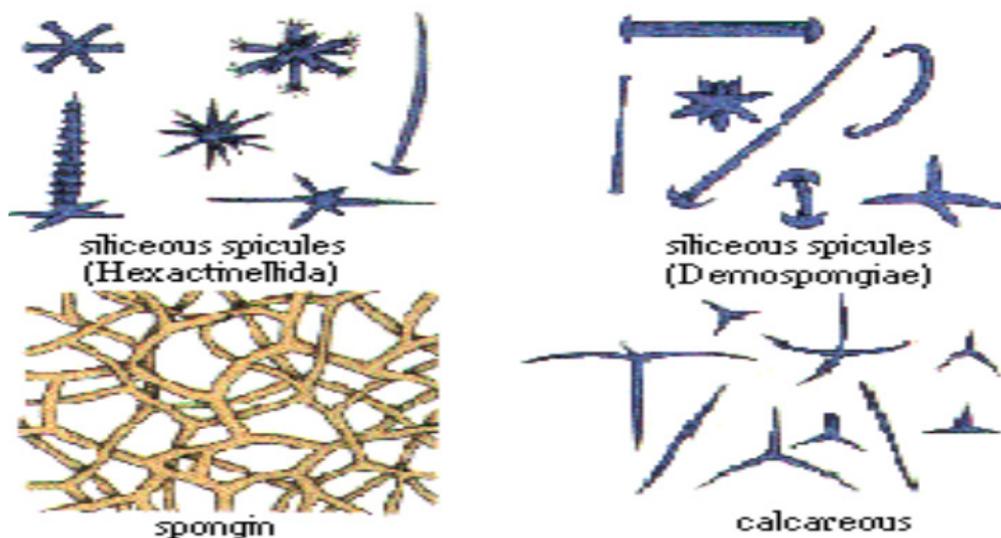
Budidaya merupakan proses pemeliharaan suatu organisme. Pengembangan budidaya spons banyak dilakukan dengan metode transplantasi yang dilakukan dengan fragmentasi dari induk

spons. Penelitian mengenai transplantasi spons di Indonesia belum banyak dilakukan. Adapun beberapa metode transplantasi yang sudah biasa dilakukan, seperti perlakuan perbedaan dan posisi substrat, yaitu; batu yang dibungkus jaring polietilen (BP), jaring polietilen dengan posisi vertikal (PV), dan jaring polietilen dengan posisi horisontal (PH). Parameter pengamatan pada budidaya spons meliputi; kecepatan pertumbuhan, faktor yang mempengaruhi pertumbuhan; metode transplantasi yang digunakan; kedalaman transplantasi, serta jenis spons yang dapat digunakan.<sup>4</sup>

Saat ini, semakin banyak produk alami yang diisolasi dari spons yang dianggap disintesis oleh mikroorganisme simbiosis spons.<sup>5</sup> Diantara pemanfaatan bioaktif spons yaitu; sebagai antibakteri, antijamur, antitumor, antivirus, antifouling serta menghambat aktivitas enzim.<sup>3,6</sup> Mengingat semakin banyak manfaat dan potensi yang ditemukan dari spons, maka upaya budidaya spons dalam skala besar diperlukan. Salah satunya dengan mengetahui metode yang paling optimal dalam membudidayakan spons laut terutama terhadap budidaya spons kelas Demospongiae.

## 2. Metode

Review artikel ini dilakukan dengan mengumpulkan sumber data oleh penulis langsung. Pengumpulan sumber dilakukan secara *online* melalui beberapa situs internet



**Gambar 1.** Bentuk spikula serta spongin yang menjadi ciri pembeda spons

seperti *PubMed*, *NCBI*, *researchgate* dan *Google Scholar* dengan kata kunci yang digunakan, “*demospongiae*”, “*cultivation*”, “budidaya spons laut”, dan “bakteri simbiosis”. Dari hasil pencarian, penulis menggunakan total 19 jurnal berbahasa Inggris dari hasil pencarian *NCBI* dan *PubMed* serta menggunakan 6 jurnal berbahasa Indonesia, dan 1 buku berbahasa Indonesia dari hasil pencarian *Google Scholar*. Data penelitian yang digunakan yaitu tahun 2003-2021.

### 3. Pembahasan

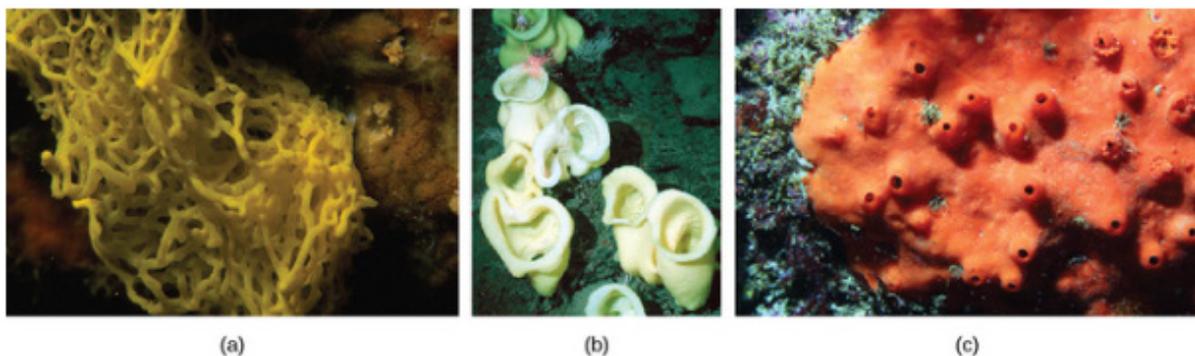
Spons merupakan kekayaan alam biota laut dengan jumlah spesies mencapai 15.000 spesies yang tersebar di perairan dangkal hingga dalam. Berdasarkan struktur rangkanya, spons dibagi menjadi empat kelas, yaitu; *Demospongiae*, *Calcarea* (spons berkapur), *Hexactinellida* (spons kaca) dan *Homoscleromorpha* (spons berkerut). Dalam beberapa sumber dijelaskan bahwa *Sclerospongiae* (spons karang) dianggap sebagai kelas tersendiri sebab karakteristiknya yang berbeda dengan spons lainnya. Karakteristik yang dimaksud yaitu memiliki rangka luar dari kalsium karbonat sehingga bentuknya mirip karang seperti namanya, akan tetapi secara genetik *Sclerospongiae* dapat dimasukkan dalam *Calcarea* atau *Hexactinellida* (Gambar 2).<sup>1,7,8</sup>

Keberadaan dan komposisi spikula dan spongin merupakan ciri pembeda antar kelas bunga karang. *Demospongiae* mengandung spongin dan mungkin atau mungkin tidak memiliki spikula. Spons *Calcarea* memiliki

spikula yang terbuat dari kalsium karbonat dan tidak mengandung spongin dimana spons ini hidup pada perairan laut yang relatif dangkal. Spons *Homoscleromorpha* cenderung memiliki bentuk yang besar dan struktur yang sangat sederhana dengan sedikit variasi dalam bentuk spikula. Spons *Hexactinellida* memiliki kerangka internal seperti kisi yang kokoh yang terbuat dari spikula silika yang menyatu; mereka cenderung kurang lebih berbentuk cangkir.<sup>9</sup> Setidaknya, saat ini 4 kelas Spons dibagi di 25 bangsa, 128 suku dan 680 marga.<sup>7</sup>

Dari keempat kelas tersebut, *Demospongiae* mendominasi hingga 90% spesies spons yang mencakup 3 subkelas, 13 bangsa, 71 suku, dan 1005 marga. Meskipun hanya 507 marga yang dinyatakan masih ada, 481 genera hidup di perairan laut dan 26 genera hidup di air tawar.<sup>3</sup> Sebagian besar *Demospongiae* dapat bertahan hidup di iklim ekstrim namun tidak bertahan lama meskipun mereka dapat hidup hingga 200 tahun atau lebih. Meskipun demikian, *Demospongiae* hanya tumbuh sekitar 0,2 mm atau 0,0079 inci per tahun. Kelas ini ditemukan paling banyak dan dibudidayakan dengan metode transplantasi, baik dengan cara digantung ataupun ditempel (ditanam).<sup>3</sup>

*Demospongiae* merupakan bahasa Yunani, yaitu; *demo* = tebal, dan *spongia* = spons. Spons bertulang lunak karena tidak mempunyai rangka, biasanya tubuhnya cerah sebagai pelindung tubuhnya, meskipun sekarang banyak yang berwarna gelap setelah penyesuaian dengan habitat



**Gambar 2.** Jenis spons: (a) *Clathrina clathrus* termasuk kelas *Calcarea*, (b) *Staurocalyptus* spp. (nama umum: spons Picasso kuning) termasuk kelas *Hexactinellida*, dan (c) *Acarus erithacus* termasuk kelas *Demospongia*<sup>8</sup>

hidupnya. Bentuk tubuhnya tidak beraturan dan bercabang, tinggi dan diameternya ada Fisiologi, Anatomi, Morfologi (Gambar 3) dan Histologi Spons yang mencapai lebih dari 1 meter.<sup>3</sup>

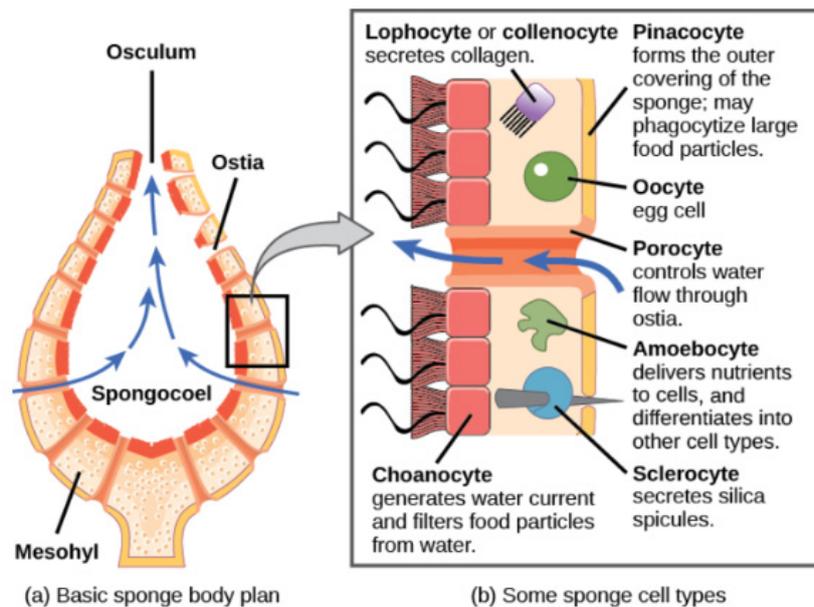
Kelas ini menjadi perhatian khusus setelah diketahui kaya akan aktivitas biologis, selain itu metabolit sekunder yang dihasilkan berperan sebagai pertahanan diri dan adaptasi dengan lingkungan.<sup>10</sup> Spons kelas Demospongia ini memiliki sifat antimikroba<sup>11,12</sup>, antivirus<sup>6,13</sup>, antikanker<sup>6</sup>, antiinflamasi, sitotoksik serta menekan imun tubuh.<sup>14,15</sup> Ditemukan juga pada beberapa kasus adanya interaksi spesifik dengan enzim dalam tubuh manusia.<sup>16</sup> Banyaknya kandungan bermanfaat menjadi salah satu dasar pentingnya budidaya spons dilakukan.<sup>17</sup>

Beberapa spons yang telah dibudidaya dan memiliki aktivitas bakteri simbiotiknya dapat dilihat pada Gambar 4.

Budidaya spons pertama kali dilakukan pada budaya spons mandi Mediterania.<sup>18</sup> Hal ini dilakukan sebagai upaya pencegahan eksploitasi berlebihan. Metode paling umum untuk budidaya spons adalah budidaya bawah air, sama seperti akuakultur, spons dapat bertahan hidup dan bisa dihasilkan dalam jumlah besar dengan biaya yang rendah. Seiring berjalannya waktu semakin banyak polutan yang merusak ekosistem laut sehingga diperlukan perkembangan budidaya spons dengan kondisi yang terkendali.<sup>19</sup> Selain itu, upaya konservasi dan pengelolannya sebagai upaya budidaya dapat dilakukan, khususnya dengan transplantasi. Upaya

**Tabel 1.** Metode budidaya spons dan aktivitas bakteri simbiotiknya

Spons	Substrat	Waktu	Kedalaman	Hasil	Bakteri simbiotik		Ref.
					Jenis	Aktivitas	
<i>Callyspongia</i> sp.	Jaring	3 Bulan	1 m	14,35	<i>Pseudomonas</i> spp. RHLB 12	Antibiotik terhadap MRSA dengan konsentrasi 100 µmol/L menghasilkan zona inhibisi 4,00 mm pada media Marine Zobel Agar	25, 28
			2 m	30,45			
	Ban	1 m	14,44				
		2 m	14,77				
<i>Stylorella aurantium</i>	Beton	3 bulan	3 m	46,721 cm <sup>3</sup>	<i>Oscillatoria agardhii</i>	Antibakteri terhadap <i>Escherichia coli</i> dengan konsentrasi 750 µg/ml pada 3 hasil ekstraksi pelarut berbeda yaitu metanol, aseton dan air secara berturut-turut menghasilkan zona inhibisi sebesar 5 mm, 6 mm dan 3 mm.	15, 16 29
			6 m	33,917 cm <sup>3</sup>			
			9 m	18,306 cm <sup>3</sup>			
<i>Phorbas tenacior</i>	Ubin Travertine	4 bulan	24 m	362%	<i>Pseudo vibrio</i> sp, dan <i>Vibrio</i> sp	Antimikroba moderat dengan diameter inhibisi antara 2 dan 3 mm) terhadap <i>V. parahaemolyticus</i> dan <i>P. atlantica</i>	6, 13
					<i>Citricoccus</i> dan <i>Vibrio</i>	Ekstrak kasar dari kedua bakteri <i>Citricoccus</i> dan <i>Vibrio</i> mengungkapkan 62 dan 45% penghambatan <i>P. falciparum</i> masing-masing pada 100 µg/ml	



**Gambar 3.** Morfologi spons. Dasar tubuh spons (a) adalah bentuk silinder dengan rongga tengah yang besar. Jenis sel khusus dalam spons (b) dengan fungsi yang berbeda?

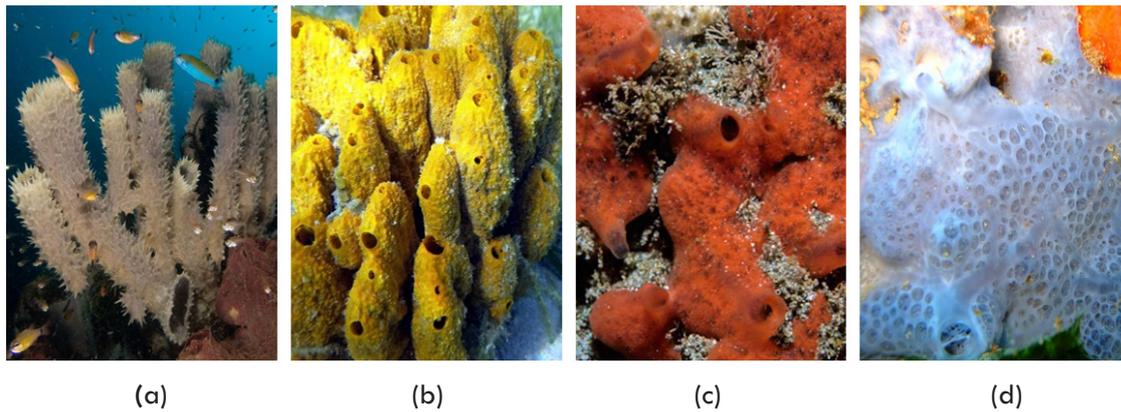
transplantasi spons dilakukan dengan mencangkok spons kemudian menanamnya media keras atau media gantung.<sup>4</sup>

Untuk membudidayakan spons perlu diketahui faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat kelangsungan hidup spons serta laju pertumbuhannya sehingga bisa didapatkan biomassa spons dalam waktu yang singkat. Faktor lingkungan yang mempengaruhinya, yaitu; cahaya, kedalaman, suhu, salinitas, oksigen, serta sumber makanan. Tingkat pertumbuhan spons salah satunya dipengaruhi oleh cahaya.<sup>19</sup> Spons membutuhkan intensitas cahaya yang cukup untuk tumbuh dan berkembang utamanya sebagai sumber fotosintesisnya. Meskipun spons adalah suatu hewan, namun banyak spons yang mengandung endosimbion fotosintesis, sehingga menjadi sumber makanan. Kedalaman tempat hidupnya, berhubungan dengan intensitas cahaya serta tingkat kecerahan perairan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan spons, semakin dalam laut maka semakin rendah kadar cahaya yang didapat. Selain itu salinitas juga berpengaruh terhadap pertumbuhannya karena spons dapat mengatur osmolaritasnya sehingga perlu didapat keseimbangan ionik. Oksigen juga diperlukan untuk pertumbuhan optimal spons, meskipun masih menjadi hambatan dalam mengendalikan pasokan

oksigen di dalam laut. Begitu pula dengan makanan yang didapatkan dari arus air di lautan yang disaring oleh tubuhnya, sehingga perlu pertimbangan tempat budidaya dengan arus yang baik.<sup>19</sup>

Perbandingan substrat yang digunakan serta kedalaman penanaman untuk mengetahui kondisi optimal kelangsungan hidup spons dapat dilihat pada Tabel 1. Pada beberapa penelitian dilakukan pengamatan terhadap beberapa kedalaman berkisar pada 1-20 meter dibawah permukaan laut. Kedalaman ini yang menentukan faktor lingkungan lainnya. Dalam suatu penelitian oleh Duckwort A., et al.<sup>18</sup>, mendapatkan bahwa radiasi UV dari matahari dapat membatasi pertumbuhan spons karena dapat mengakibatkan hilangnya endosimbion fotosintesis sehingga spons dominan berwarna putih dan berakibat pada kematian spons.

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa di antara beberapa percobaan membandingkan 2-3 kedalaman berbeda, menunjukkan bahwa kedalaman sangat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup spons. Kedalaman menentukan intensitas cahaya yang diterima spons serta mempengaruhi laju arus yang berdampak pada makanan yang didapatkan spons untuk kelangsungan hidupnya. Pada Tabel 1 dapat diketahui bahwa kedalaman



**Gambar 4.** Spons yang telah dibudidayakan dan memiliki aktivitas bakteri simbiotiknya sesuai tabel 1. *Callyspongia sp.* (a.), *Stylotella aurantium* (b.), *Mycale sp.* (c.), *Phorbastenacior* (d.)<sup>8</sup>

3 m memiliki pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan kedalaman 6 m dan 9 m untuk spesies *Stylotella aurantium*.<sup>4</sup> Pada penelitian yang dilakukan oleh Osinga R., et al.<sup>20</sup>, diketahui bahwa pertumbuhan paling baik terjadi di kedalaman 7 m untuk spesies *Mycale sp.* Sedangkan dalam hasil penelitian Suparno D, dkk.<sup>21</sup>, diketahui pertumbuhan paling baik terjadi di kedalaman 14 m untuk *Petrosia nigricans*. Sedangkan untuk spons yang cenderung tidak berwarna seperti spesies *Phorbastenacior* pertumbuhan optimal berada di kedalaman 24 m.<sup>13</sup> Dari beberapa penelitian tersebut didapatkan hasil bahwa kedalaman yang paling baik adalah pada kedalaman yang cukup mendapatkan cahaya.

Pada penelitian sebelumnya, menyatakan bahwa budidaya spons secara in situ menguntungkan<sup>6</sup>, karena memungkinkan spons untuk terus tumbuh karena konsumsi nutrisi spons yang dibutuhkan relatif rendah dan bisa didapatkan secara langsung dari lingkungan. Selain itu teknik ini dapat meningkatkan potensi bioremediasi pada spons meliputi kapasitas penyaringan, membunuh bakteri dan bahan organik sampai 5% dari total dampak terhadap lingkungan khususnya untuk spesies *C. crambe*.<sup>6</sup> Selain dari faktor lingkungan, substrat yang digunakan serta metode yang digunakan berpengaruh terhadap pertumbuhan spons. Substrat atau tempat menempelnya spons berpengaruh besar mengingat spons adalah hewan pasif, karena bila spons sudah menempel pada suatu substrat tidak akan bisa bergerak lagi. Pada budidaya spons yang telah berkembang,

substrat yang biasa digunakan adalah jaring atau nilon untuk metode gantung serta batu karang atau beton dan ban sebagai pengganti batu karang untuk metode tanam.

Pemilihan ini bergantung kepada jenis spons yang akan dibudidayakan. Pemilihan menggunakan substrat beton sebagai pengganti substrat pada habitat alaminya sehingga posisi spons mirip posisi alami. Namun pada penelitian yang dilakukan oleh Schiefenhövel K. & Kunzmann A.<sup>22</sup>, didapatkan bahwa pada budidaya spons dengan substrat beton atau metode tanam ini memiliki nilai kelangsungan hidup yang lebih rendah daripada metode gantung atau menggunakan nilon. Hal ini dikarenakan substrat yang digunakan menyumbat ostia spons sehingga spons berhenti mendapatkan makanan dan memaksa energi yang dimilikinya untuk membersihkan diri. Sedangkan pada metode gantung dimana spons diikat dengan nilon atau jaring, metode ini lebih memungkinkan untuk kelangsungan hidup spons. Namun tetap memiliki efek negatif, menurut Duckworth A.<sup>23</sup>, spons yang diikat dengan tali dapat robek karena arus yang kencang. Persepsi lain muncul dari Susanto<sup>24</sup>, bahwa dibandingkan substrat tanam, substrat jaring memiliki keunggulan bila dibudidayakan di lingkungan berarus kencang. Hal ini dikarenakan substrat jaring mudah ditumbuhi lumut dan partikel tersuspensi, namun dengan arus yang kencang lumut dan partikel akan sulit menempel sehingga substrat lebih bersih dan spons dapat menempel dengan baik. Menurut Setyadji B. dan Panggabean S. metode dengan substrat

lebih baik digunakan pada spesies spons yang tidak lunak agar tidak rusak selama proses transplantasi.<sup>25</sup>

Spons diketahui menampung berbagai komunitas mikroorganisme dari ketiga domain kehidupan (Bakteri, Archaea, dan Eukarya). Komunitas mikroorganisme tersebut dapat terdiri lebih dari 40% dari volume spons. Kandungan spons banyak diisolasi karena dapat menghasilkan metabolit sekunder yang digunakan untuk keperluan farmasi seperti, antikanker, anti-inflamasi, antimikroba, antifungi, antivirus, dan aktivitas antimalaria.<sup>14</sup>

Mikroorganisme (Bakteri, Archaea, dan Eukarya) ini diyakini memberikan banyak fungsi yang bermanfaat bagi spons inang, termasuk pasokan nutrisi, stabilisasi kerangka, pemrosesan produk limbah, dan produksi metabolit sekunder. Bakteri simbiotik dapat memiliki efek pada kesehatan spons inang mereka. Semakin banyak bukti menunjukkan keterlibatan mikroorganisme yang bersimbion dengan spons dalam produksi beberapa senyawa yang awalnya dianggap diproduksi oleh spons inang.<sup>14</sup> Dalam kasus bakteri spons, pertumbuhannya dianggap bahwa dipertahankan oleh jaringan biokimia dan nutrisi yang kompleks dan spesifik terhadap inang yang dipengaruhi oleh keberadaan mikroorganisme lain dan spons itu sendiri.<sup>26,27</sup>

Pada Tabel 1 dapat disimpulkan bahwa substrat dan kedalaman menjadi faktor yang berpengaruh terhadap hasil pertumbuhan spons beserta bakteri simbion yang akan hidup bersamanya. Spons dapat bersimbion dengan mikroorganisme seperti bakteri sehingga dapat menghasilkan metabolit sekunder yang dapat dimanfaatkan dalam bidang farmasi. Dengan data ini diharapkan mampu meningkatkan pertumbuhan spons serta meningkatkan kesehatan dengan senyawa farmakologi yang dihasilkan oleh bakteri simbion pada spons.

#### 4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelusuran pustaka, diketahui bahwa metode yang optimal dalam budidaya spons perlu memperhatikan spesies yang digunakan sebagai sampel serta faktor-faktor yang dapat mempengaruhi

kelangsungan hidup spons. Faktor tersebut yaitu meliputi kedalaman laut yang akan menentukan faktor lingkungan lainnya, serta substrat yang digunakan harus menyesuaikan dengan karakteristik spesies spons.

Interaksi antara bakteri simbion dengan spons dapat menghasilkan metabolit sekunder. Spons kelas Demospongiae memiliki interaksi dengan berbagai bakteri simbiotiknya. Spesies spons yang berbeda dapat memiliki bakteri simbion yang serupa namun bakteri tersebut dapat menghasilkan metabolit sekunder yang berbeda aktivitas farmakologinya.

#### Daftar Pustaka

1. G. S. Kiran et al., "Marine sponge microbial association: Towards disclosing unique symbiotic interactions," *Mar. Environ. Res.*, vol. 140, pp. 169–179, Sep. 2018, doi: 10.1016/J.MARENRES.2018.04.017.
2. S. H. Bayari, E. H. Şen, S. Ide, and B. Topaloglu, "Structural studies on Demospongiae sponges from Gökçeada Island in the Northern Aegean Sea," *Spectrochim. Acta Part A Mol. Biomol. Spectrosc.*, vol. 192, pp. 368–377, Mar. 2018, doi: 10.1016/J.SAA.2017.11.046.
3. I. Marzuki, *Eksplorasi Spons Indonesia : Seputar Kepulauan Spermonde*. Makassar: Penerbit Nas Media Pustaka, 2018.
4. Asran, Yusnaini, and Rahmadani, "Pengaruh Kedalaman Terhadap Pertumbuhan Spons *Clahtria reinwardtii* yang Dipelihara di Permukaan Kurungan dengan Metode Gantung," *J. Media Ekuator*, vol. 3, no. 4, pp. 776–786, 2018.
5. J. Piel, "Metabolites from symbiotic bacteria," *Nat. Prod. Rep.*, vol. 21, no. 4, pp. 519–538, Aug. 2004, doi: 10.1039/b310175b.
6. A. Padiglia, F. D. Ledda, B. M. Padedda, R. Pronzato, and R. Manconi, "Long-term experimental in situ farming of *Crambe crambe* (Demospongiae: Poecilosclerida)," *PeerJ*, vol. 2018, no. 6, 2018, doi: 10.7717/PEERJ.4964/SUPP-1.
7. R. W. M. van Soest et al., "Global Diversity of Sponges (Porifera)," *PLoS One*, vol. 7, no. 4, p. e35105, Apr. 2012, doi:

- 10.1371/JOURNAL.PONE.0035105.
8. P. R. Bergquist, "Porifera". In Anderson, D.T. *Invertebrate Zoology*. Oxford University Press, 1998.
  9. LibreTexts, *General Biology*. State University of New York OER Services, 2022.
  10. M. S. Ismet, D. G. Bengen, O. K. Radjasa, and M. Kawaroe, "Komposisi dan Aktivitas Antibakteri Spons Laut Dari Ekosistem," *J. Ilmu dan Teknol. Kelaut. Trop.*, vol. 8, no. 2, pp. 729–745, 2016.
  11. P. Su, D. X. Wang, S. X. Ding, and J. Zhao, "Isolation and diversity of natural product biosynthetic genes of cultivable bacteria associated with marine sponge *mycale* sp. from the coast of Fujian, China," *Can. J. Microbiol.*, vol. 60, no. 4, pp. 217–225, 2014, doi: 10.1139/CJM-2013-0785.
  12. M. J. Page, P. T. Northcote, V. L. Webb, S. Mackey, and S. J. Handley, "Aquaculture trials for the production of biologically active metabolites in the New Zealand sponge *Mycale hentscheli* (Demospongiae: Poecilosclerida)," 2005.
  13. S. Dupont et al., "Diversity and biological activities of the bacterial community associated with the marine sponge *Phorbas tenacior* (Porifera, Demospongiae)," *Let. Appl. Microbiol.*, vol. 58, no. 1, pp. 42–52, Jan. 2014, doi: 10.1111/LAM.12154.
  14. O. Bergman et al., "Marine-Based Cultivation of Diacarnus Sponges and the Bacterial Community Composition of Wild and Maricultured Sponges and Their Larvae," *Mar. Biotechnol.*, vol. 13, no. 6, pp. 1169–1182, Dec. 2011, doi: 10.1007/S10126-011-9391-6.
  15. A. M. Abd El-Aty, A. A. Mohamed, and F. A. Samhan, "In vitro antioxidant and antibacterial activities of two fresh water Cyanobacterial species, *Oscillatoria agardhii* and *Anabaena sphaerica*," *J. Appl. Pharm. Sci.*, vol. 4, no. 7, pp. 69–75, 2014, doi: 10.7324/JAPS.2014.40712.
  16. J. Tabudravu, L. A. Morris, J. J. Kettenes-Van Den Bosch, and M. Jaspars, "Wainunuamide, a histidine-containing proline-rich cyclic heptapeptide isolated from the Fijian marine sponge *Stylotella aurantium*," *Tetrahedron Lett.*, vol. 42, no. 52, pp. 9273–9276, Dec. 2001, doi: 10.1016/S0040-4039(01)01993-1.
  17. S. De Rosa, S. De Caro, C. Iodice, G. Tommonaro, K. Stefanov, and S. Popov, "Development in primary cell culture of demosponges," *J. Biotechnol.*, vol. 100, no. 2, pp. 119–125, Jan. 2003, doi: 10.1016/S0168-1656(02)00252-3.
  18. A. R. Duckworth, C. N. Battershill, and P. R. Bergquist, "Influence of explant procedures and environmental factors on culture success of three sponges," *Aquaculture*, vol. 156, no. 3–4, pp. 251–267, Nov. 1997, doi: 10.1016/S0044-8486(97)00131-2.
  19. Q. Yi, Z. Wei, L. Hua, Y. Xingju, and J. Meifang, "Cultivation of marine sponges," *Chinese J. Oceanol. Limnol.*, vol. 23, no. 2, pp. 194–198, Jun. 2005, doi: 10.1007/BF02894238.
  20. R. Osinga, M. Sidri, S. . Gokalp, and E. Cerig, "Sponge Aquaculture Trials in the East-Mediterranean Sea: New Approaches to Earlier Ideas," *Open Mar. Biol. J.*, vol. 4, pp. 74–81, 2010, Accessed: Feb. 10, 2022. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/48195825\\_Sponge\\_Aquaculture\\_Trials\\_in\\_the\\_East-Mediterranean\\_Sea\\_New\\_Approaches\\_to\\_Earlier\\_Ideas](https://www.researchgate.net/publication/48195825_Sponge_Aquaculture_Trials_in_the_East-Mediterranean_Sea_New_Approaches_to_Earlier_Ideas)
  21. Suparno, D. Soedharma, N. P. Zamani, and R. Rachmat, "Transplantasi spons laut *Petrosia nigricans*," *ILMU Kelaut. Indones. J. Mar. Sci.*, vol. 14, no. 4, pp. 234–241, Feb. 2012, doi: 10.14710/IK.IJMS.14.4.234-241.
  22. K. Schiefenhövel and A. Kunzmann, "Sponge Farming Trials: Survival, Attachment, and Growth of Two Indo-Pacific Sponges, *Neopetrosia* sp. and *Stylissa massa*," *J. Mar. Biol.*, vol. 2012, pp. 1–11, 2012, doi: 10.1155/2012/417360.
  23. A. Duckworth, "Farming sponges to supply bioactive metabolites and bath sponges: A review," *Mar. Biotechnol.*, vol. 11, no. 6, pp. 669–679, Nov. 2009, doi: 10.1007/S10126-009-9213-2.
  24. Susanto, "Metode Lepas Dasar dengan

- Model Cidaun pada Budidaya *Eucheuma spinosum* (Linnaeus) Agardh,” *ILMU Kelaut. Indones. J. Mar. Sci.*, vol. 10, no. 3, pp. 158–164, 2005, doi: 10.14710/IK.IJMS.10.3.158-164.
25. B. Setyadi and S. Panggabean, “PENGARUH SUBSTRAT DAN KEDALAMAN TERHADAP PERTUMBUHAN SPONS (*Callyspongia* sp.) DI PERAIRAN JEPARA,” *BAWAL Widya Ris. Perikan. Tangkap*, vol. 3, no. 3, p. 175, Feb. 2017, doi: 10.15578/BAWAL.3.3.2010.175-181.
26. U. Hentschel, K. M. Usher, and M. W. Taylor, “Marine sponges as microbial fermenters,” *FEMS Microbiol. Ecol.*, vol. 55, no. 2, pp. 167–177, Feb. 2006, doi: 10.1111/J.1574-6941.2005.00046.X.
27. M. W. Taylor, R. Radax, D. Steger, and M. Wagner, “Sponge-associated microorganisms: evolution, ecology, and biotechnological potential,” *Microbiol. Mol. Biol. Rev.*, vol. 71, no. 2, pp. 295–347, Jun. 2007, doi: 10.1128/MMBR.00040-06.
28. S. Skariyachan, A. G. Rao, M. R. Patil, B. Saikia, V. Bharadwaj Kn, and J. Rao Gs, “Antimicrobial potential of metabolites extracted from bacterial symbionts associated with marine sponges in coastal area of Gulf of Mannar Biosphere, India,” *Lett. Appl. Microbiol.*, vol. 58, no. 3, pp. 231–241, Mar. 2014, doi: 10.1111/LAM.12178.
29. M. Asro, Yusnaini, and Halili, “Pertumbuhan Spons (*Stylotella aurantium*) yang Ditransplantasi pada Berbagai Kedalaman,” *J. Mina Laut Indones.*, vol. 1, no. 1, pp. 133–144, 2013, Accessed: Feb. 10, 2022. [Online]. Available: <https://adoc.pub/pertumbuhan-spons-stylotella-aurantium-yang-ditransplantasi-.html>