

KOMPOSISI DAN AKTIVITAS ANTIBAKTERI SPONS LAUT DARI EKOSISTEM LAMUN YANG BERBEDA DI PERAIRAN KEPULAUAN SERIBU, JAKARTA

COMPOSITION AND ANTIBACTERIAL ACTIVITIES OF MARINE SPONGES FROM DIFFERENT SEAGRASS ECOSYSTEMS IN KEPULAUAN SERIBU WATERS, JAKARTA

Meutia Samira Ismet^{1,2}, Dietriech G. Bengen^{2*}, Ocky Karna Radjasa³, dan Mujizat Kawaroe²

¹Sekolah Pasca Sarjana IPB, Program Studi Ilmu Kelautan (IKL)

²Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, FPIK- IPB; *E-mail: dieter@indo.net.id

³Jurusan Ilmu Kelautan, FPIK-UNDIP

ABSTRACT

*A seagrass ecosystem has high productivity that supports many species of associated invertebrates, including sponges. However, seagrass beds with different habitat condition, including seagrass species composition and architectural morphotypes could affect the associative sponge in the ecosystem. This study is aimed to find out about sponge species composition in different seagrass beds. The observation was conducted in two seagrass ecosystems at the east (site 1) and at the southeast (site 2) of Pramuka Island, Kepulauan Seribu, near Jakarta Bay, Indonesia. The Belt Transect was used to assess the density of sponges on the seagrass ecosystem, which was placed parallel to the coastline. The sponges species has higher number at the east than the southeast, with both sites was dominated by *Spirastrella* sp. and *Agelas conifera*. Correspondence Analysis (CA) results showed that sponges community has close interaction with seagrass abundance especially *Cymodocea rotundata* and *Enhalus acoroides* and architectural characteristic (patchily or continues meadows). Antibacterial assay of sponges tissue showed that only 7 sponge species has activity against targeting bacteria. The CA results also showed that sponge antibacterial activity was not correlated with seagrass species, with low bactericide and bacteriastatic activities. The implication of this result showed that sponges community can grow up at seagrass ecosystem eventhough their potential secondary metabolite activities is very low probably due to lack of stimulus mechanisms in the environment.*

Keywords: antibacterial, architectural, associated sponges, seagrass beds, Seribu Island

ABSTRAK

Ekosistem lamun memiliki produktivitas tinggi yang mendukung kehidupan beragam jenis invertebrata yang berasosiasi di dalamnya, termasuk spons. Namun, hamparan lamun dengan kondisi habitat yang berbeda, termasuk komposisi jenis dan morfotipe arsitektural lamun, dapat berpengaruh terhadap asosiasi spons di ekosistem tersebut. Penelitian ini bertujuan mengkaji komposisi jenis spons di ekosistem lamun dengan hamparan yang berbeda. Pengamatan lapangan dilakukan di dua hamparan lamun di bagian timur (stasiun 1) dan tenggara (stasiun 2) Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu, Teluk Jakarta. Kerapatan spons di ekosistem lamun diamati dengan menggunakan transek sabuk, pada garis yang diletakkan sejajar dengan pantai. Stasiun 1 memiliki jumlah jenis spons yang lebih tinggi daripada stasiun 2, dan didominasi oleh *Spirastrella* sp. dan *Agelas conifera*. Hasil analisis Koresponden (CA) menunjukkan bahwa komunitas spons memiliki keterkaitan yang erat dengan kerapatan lamun, terutama *Cymodocea rotundata* dan *Enhalus acoroides*, dan karakteristik arsitekturalnya (hamparan yang bergerombol atau sinambung). Pengujian antibakteri jaringan spons menunjukkan bahwa hanya 7 jenis spons yang memiliki aktivitas terhadap bakteri target. Hasil CA juga menunjukkan bahwa aktivitas antibakteri spons tidak berkaitan dengan jenis lamun, dengan aktivitas bakterisidal dan bakteristatik yang rendah. Penelitian ini membuktikan bahwa komunitas spons dapat tumbuh baik pada ekosistem lamun, walau aktivitas antibakteri dari metabolit sekunder yang dimilikinya sangat rendah. Hal tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh kurangnya rangsangan lingkungan terhadap mekanisme aktivitas antibakteri.

Kata kunci: antibakteri, arsitektural, asosiasi spons, hamparan lamun, Kepulauan Seribu

I. PENDAHULUAN

Spons merupakan organisme bentik yang bersifat menyaring makanan dari perairan sekitarnya (*filter feeder*). Organisme ini dapat ditemukan membentuk suatu komunitas pada beragam ekosistem intertidal termasuk ekosistem terumbu karang, sistem perakaran mangrove dan vegetasi lamun (Duckworth and Wulff, 2011; Gonzalez-Rivero, 2011; Avila *et al.*, 2014). Beberapa penelitian menemukan bahwa komunitas spons dapat mengalami perbedaan jumlah, kelimpahan spesies dan variasi morfologi pada habitat yang berbeda. Selain itu, kondisi lingkungan yang mengalami perubahan, terutama kestabilan sedimen dan penurunan kualitas lingkungan, serta lingkungan yang mengalami kejadian kemunculan penyakit pada spons juga dapat berpengaruh terhadap populasi spons dalam suatu ekosistem (Bell dan Barnes, 2002; Wulff, 2006; Duckworth dan Wulff, 2011; Gonzalez-Rivero *et al.*, 2011, Archer *et al.*, 2015, Easson *et al.*, 2015).

Spons sebagai organisme sederhana memiliki mekanisme pertahanan diri dan adaptasi terhadap perubahan lingkungan antara lain dengan menghasilkan senyawa metabolit sekunder (Thakur dan Müller, 2004). Lebih jauh lagi, senyawa metabolit sekunder spons juga terbukti memiliki peran secara ekologis. Senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh spons sering dimanfaatkan oleh berbagai fauna invertebrata asosiatif spons sebagai mekanisme perlindungan dari predator (Huang *et al.*, 2008). Namun demikian, aktivitas metabolit sekunder spons, terutama aktivitas antimikrobiahnya, dapat pula merupakan respon pertahanan spons terhadap tingkat reproduksi invertebrata asosiatif yang mengalami peningkatan di jaringan tubuh spons (Betancourt-Lozano *et al.*, 1998).

Tumbuhan lamun sebagai organisme utama penyusun ekosistem memiliki karakteristik khusus sesuai jenisnya dalam membentuk suatu tutupan vegetasi. Penelitian Alfaro (2006) menunjukkan bahwa pada ekosistem lamun dengan struktur vegetasi

yang rapat memiliki kelimpahan dan keragaman spesies biota asosiatif yang lebih tinggi. Hal ini berkaitan dengan tingginya bahan organik yang terdapat di lokasi tersebut dan dapat berfungsi sumber makanan bagi beragam biota. Namun demikian, Barnes dan Barnes (2012) juga menemukan bahwa jenis biota asosiatif dapat mengalami perbedaan secara alami di dalam suatu ekosistem lamun. Hal tersebut berkaitan dengan tingginya paparan gelombang, predasi, kompetisi ruang yang menurun seiring berkurangnya pengaruh pasang surut, dan terjadinya peningkatan fluktuasi kondisi lingkungan. Ekosistem lamun yang disusun oleh jenis lamun yang berbeda tentu saja pada akhirnya akan mempengaruhi faktor fisika kimia lingkungan perairan pada ekosistem tersebut. Jenis lamun berbeda akan memiliki kapasitas naungan kanopi yang berbeda pula, yang selanjutnya akan berpengaruh terhadap biota asosiatif maupun epifauna yang terkandung di ekosistem tersebut (Lee *et al.*, 2001).

Beberapa penelitian mengenai komunitas spons sebagai biota bentik asosiatif di ekosistem lamun menunjukkan adanya perbedaan genus yang dapat ditemukan dari spons pada ekosistem lamun dengan spons dari ekosistem laut lainnya (Prabhakaran *et al.*, 2013, Sivaleela *et al.*, 2013). Penelitian spons dan potensi metabolit sekundernya di Indonesia telah dilakukan secara intensif sejak 10 tahun terakhir (Radjasa *et al.*, 2007, Voogd dan Cleary, 2008, Voogd *et al.*, 2009, Voogd, 2012). Namun penelitian-penelitian tersebut masih terfokus pada ekosistem terumbu karang. Komunitas spons dan distribusinya di ekosistem terumbu karang Kepulauan Seribu juga telah diteliti oleh Voogd dan Cleary (2008). Penelitian tersebut menemukan sekitar 118 jenis spons dari 64 genus dan 36 famili yang hidup pada ekosistem terumbu karang di seluruh gugusan Kepulauan Seribu. Hal ini menunjukkan potensi keanekaragaman jenis yang cukup tinggi. Sayangnya, informasi mengenai komunitas spons serta potensi metabolit sekundernya pada ekosistem lamun masih belum banyak terungkap, terutama

pada ekosistem lamun di Indonesia. Oleh karena itu, penelitian ini merupakan penelitian pertama yang dilakukan mengenai komunitas spons di ekosistem lamun Indonesia.

Penelitian ini bertujuan mempelajari perbedaan komposisi jenis spons yang membentuk komunitas pada dua ekosistem lamun yang berbeda. Selain itu penelitian ini juga bertujuan dan mengetahui aktivitas antibakteri spons dan keterkaitannya dengan lamun sebagai penyusun utama ekosistem. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi awal mengenai komunitas spons dan potensinya di ekosistem lamun Indonesia. Informasi tersebut dapat digunakan sebagai acuan bagi pengelolaan dan pemanfaatan komunitas spons, yang berpotensi besar bagi penemuan dan produksi senyawa bioaktif baru.

II. METODE PENELITIAN

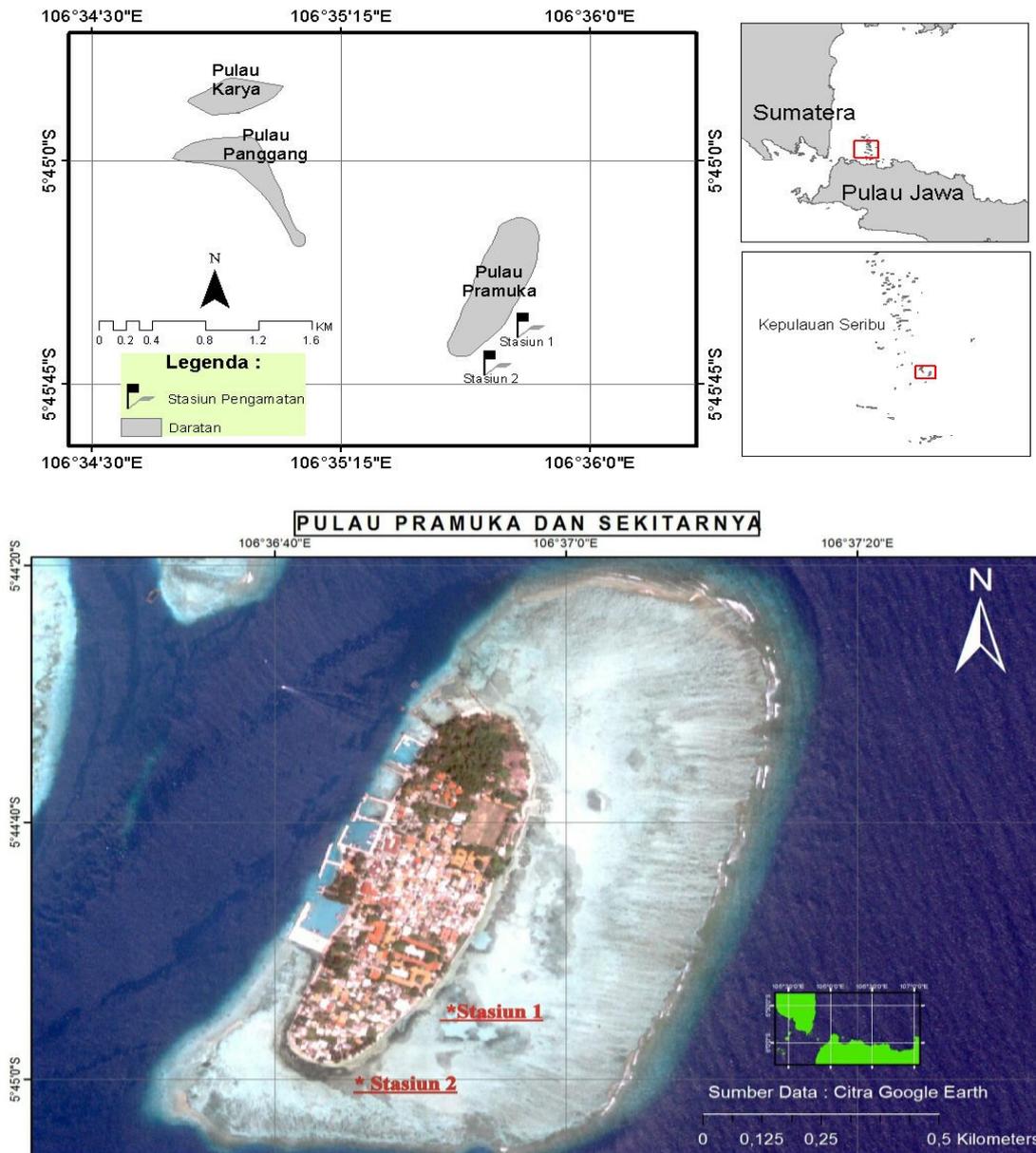
2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Pengamatan lapangan dan pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan di perairan Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. Pulau Pramuka merupakan sebuah pulau kecil dengan luas 334.686 m² (<http://www.sudindikkepulauanseribu.web.i>), yang termasuk ke dalam bagian Taman Nasional Kepulauan Seribu, di bagian Utara Teluk Jakarta. Pulau Pramuka bagian utara, barat dan timur berbatasan langsung dengan Laut Jawa, sementara bagian selatan menghadap Kotamadya Jakarta Utara, Provinsi Banten dan Jawa Barat. Penelitian yang dilakukan Sachoemar (2008) menunjukkan bahwa pulau ini memiliki tinggi gelombang rata-rata yang berkisar 7,0- 69,6 cm, dengan panjang gelombang 2,4-6,3 detik. Hal ini juga didukung oleh data yang diperoleh dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Laut dan Pesisir (P3SDLP) yang menunjukkan bahwa rerata tinggi gelombang pada perairan Kepulauan Seribu pada tahun dilakukannya penelitian (2013) adalah berkisar 25 - 100 cm (<http://p3sdlp.litbang.kkp.go.id/>).

Pengambilan sampel dilakukan pada bulan Mei 2013, di dua lokasi, yaitu di bagian selatan Pulau Pramuka (stasiun 1; E 106°36'47.82") dan bagian tenggara Pulau Pramuka (stasiun 2; S 5°44'57.49"). Lokasi yang berada di zona pasang surut (intertidal) ini memiliki dasar landai yang berhadapan langsung dengan tubir (*reefslope*). Keberadaan terumbu tepi pada tubir (*fringing reef*) menyebabkan terjadinya pelemahan gelombang laut (ombak dan arus) pada lokasi pengamatan (Sachoemar, 2008). Area intertidal ini memiliki karakteristik perairan yang dangkal dan jernih dengan tinggi pasang surut yang berkisar 60 cm dan 50 cm (Gambar 1). Kedua lokasi pengamatan ini dipilih berdasarkan distribusi dan komposisi hamparan lamun yang berbeda pada tiap lokasinya. Wisnubudi dan Wahyuningsih (2014) menyatakan bahwa bagian timur dan tenggara Pulau Pramuka memiliki hamparan lamun dengan komposisi jenis lamun yang berbeda, serta tumbuh dalam bentuk gerombol dan kerapatan yang rendah.

2.2. Pengamatan Hamparan dan Kerapatan Lamun

Pengamatan komunitas lamun dilakukan dengan menggunakan transek kuadrat (ukuran 0,5 m², sepanjang 50 m), pada garis pengamatan yang sama dengan pengamatan spons. Transek diletakkan dengan jarak yang sama serta sejajar satu sama lain dan terhadap pantai (dimodifikasi dari Manikandan *et al.*, 2011). Garis pengamatan awal ditentukan berdasarkan batas awal hamparan lamun di dekat pantai, ke arah laut lepas. Pengamatan lamun dilakukan sebanyak kurang lebih lima garis pengamatan sejajar terhadap pantai ke arah laut lepas, atau sampai batas akhir ditemukannya hamparan lamun. Pada stasiun 1, hamparan lamun memiliki arsitektural morfotipe lamun yang bergerombol dan terpisah-pisah, dengan luasan hamparan yang lebar ke arah laut lepas, dengan demikian pengamatan dapat dilakukan sebanyak lima garis pengamatan yang berbeda ke arah laut lepas, dengan jarak antar garis sekitar 10 m.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian (Sumber: modifikasi peta menggunakan ArcView dan Google Earth).

Sementara itu, stasiun 2 memiliki arsitektural hamparan yang sinambung dan lebat, namun dengan luasan yang lebih kecil. Oleh karena itu pengamatan lamun pada stasiun 2 hanya dapat dilakukan sebanyak 2 transek garis pengamatan dengan jarak antar garis sekitar 10 m. Sampel lamun diambil untuk kepentingan identifikasi sesuai dengan McKenzie (2003) dan McKenzie dan Yoshida (2009). Kerapatan lamun dihitung berdasarkan jumlah individu per luasan (m^2).

2.3. Pengamatan Komunitas Spons

Pengamatan komunitas spons dilakukan dengan menggunakan metode sensus pada transek sabuk (dimodifikasi dari Lemloh *et al.*, 2009), sejauh 1 m di kanan dan kiri garis pengamatan sepanjang 50 m, yang diletakkan sejajar garis pantai. Pengamatan dilakukan sebanyak lima kali pada garis yang berbeda, dari titik awal hamparan lamun di dekat pantai ke arah laut lepas. Metode ini dilakukan karena spons ditemukan pada lokasi dalam

bentuk bergerombol, yang cenderung terlihat seperti adanya pengelompokan antar jenis spons. Spons yang ditemukan pada area pengamatan dihitung dan didokumentasikan menggunakan kamera bawah air (Canon G15) untuk keperluan identifikasi lebih lanjut. Sampel spons juga diambil menggunakan plastik sampel berisi air laut segar dan terpisah untuk tiap jenisnya. Sampel kemudian dipisahkan menjadi dua bagian, dengan separuh bagian spons utuh yang diawetkan dalam larutan etanol 70%, setelah direndam formalin 4% selama 2 jam. Sementara itu, separuh bagian lainnya dibekukan segera setelah sampai di daratan untuk kepentingan analisis potensi antibakteri spons.

Dokumentasi sampel dilakukan di dalam air dan di atas permukaan air untuk kepentingan identifikasi jenis spons. Identifikasi dilakukan dengan mengamati morfologi dan bentuk spikula spons berdasarkan metode Hooper dan Van Soest (2002) dan Hooper (2003). Bentuk morfologi juga diverifikasi dengan membandingkan hasil dokumentasi fotografi jenis spons dengan portal identifikasi spons pada <http://spongeguide.org> dan <http://www.marinespecies.org/porifera/porifera.php?p=specimens>.

2.4. Pengujian Aktivitas Antibakteri Spons

Pengujian aktivitas antibakteri spons ini bertujuan untuk menapis spons yang memiliki potensi menghasilkan metabolit sekunder yang bersifat antibakteri. Pengujian dilakukan dengan melihat aktivitas hambat spons terhadap beberapa bakteri target. Bakteri target yang digunakan merupakan bakteri patogen *Escheria coli* dan juga *Staphylococcus aureus* dan bakteri yang berasal dari perairan sekitar. Pemilihan bakteri target dilakukan berdasarkan asumsi keberadaannya yang melimpah di perairan tempat hidup spons, dan memungkinkan spons memiliki respon adaptasi terhadap bakteri tersebut. Pengujian dilakukan dengan

menggunakan sampel spons segar yang diambil dari lapangan. Sampel spons segar dipotong dengan ukuran 1 cm² dan tebal 0.5 cm. Potongan sampel spons tersebut kemudian diletakkan ke media agar yang terlebih dahulu telah disebar bakteri target. Setelah inkubasi selama 24 jam, pengamatan zona bening dilakukan untuk melihat aktivitas antibakteri dari spons (Betancourt-Lozano *et al.*, 1998).

2.5. Analisis Data

Data dari hasil pengamatan komunitas lamun dan komunitas spons dianalisis keterkaitannya menggunakan Analisis Koresponden (*Correspondence Analysis/CA*) (Bengen, 2000) yang diolah dengan program statistika XLSTAT 2014. Keterkaitan aktivitas antibakteri spons dan lamun sebagai penyusun ekosistem juga dilakukan dengan melakukan analisis statistika yang sama (CA). Sementara itu komposisi spons pada kedua lokasi pengamatan diukur berdasarkan jumlah individu spons dalam luasan pengamatan 500 m² dengan menggunakan indeks similaritas Bray Curtis pengelompokannya Dianalisis menggunakan analisis Cluster, program PRIMER5.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Hamparan dan Kerapatan Lamun

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekosistem lamun di kedua stasiun memiliki komposisi jenis dan kerapatan yang berbeda. Komunitas lamun pada stasiun satu (1) didominasi oleh 2 spesies yaitu *Cymodocea rotundata*, dengan kerapatan relatif mencapai 57,36% dan *Thalassia hemprichii* dengan kerapatan relatif 37,03%, sementara jenis lamun *Enhalus acoroides* ditemukan dengan jumlah individu yang paling sedikit (lihat Tabel 1). Stasiun 2, di sisi lain, didominasi oleh hanya 1 spesies lamun yaitu *Enhalus acoroides* dengan kerapatan relatif mencapai 83,48% (108,32 individu/ m²). Spesies lamun

Tabel 1. Komposisi jenis dan kerapatan lamun di kedua stasiun penelitian.

Stasiun	Jenis Lamun	Kerapatan (ind/m ²)	Kerapatan Relatif (%)
1	<i>Thalassia hemprichii</i>	50,2	37,03
	<i>Cymodocea rotundata</i>	78,56	57,36
	<i>Enhalus acoroides</i>	7,68	5,61
	<i>Enhalus acoroides</i>	108,32	83,48
2	<i>Cymodocea rotundata</i>	19,04	14,67
	<i>Halodule uninervis</i>	0,96	0,74
	<i>Syringodium isoetifolium</i>	1,44	1,11

lainnya yang berukuran kecil ditemukan dalam jumlah individu yang lebih sedikit yaitu dengan kerapatan masing-masing *C. rotundata* 19,04 individu/m², *H. uninervis* 0,96 individu/m² dan *S. isoetifolium* 1,44 individu/m².

Perbedaan kerapatan lamun pada kedua lokasi pengamatan diduga dipengaruhi oleh komposisi dan karakteristik jenis lamun yang tumbuh pada masing-masing ekosistem lamun. Hal ini didukung oleh pernyataan Borg *et al.* (2005) bahwa karakteristik morfologi individu tumbuhan lamun akan berpengaruh pada kerapatannya. Jika dilihat dari kerapatan relatifnya, komposisi spesies lamun pada stasiun 1 tidak ada yang mendominasi, sehingga dapat dikatakan bahwa lamun di stasiun ini adalah multi spesies. Meskipun pada ekosistem lamun di stasiun 1 terdapat lamun jenis *T. hemprichii* dan *E. acoroides* yang berukuran besar, naungan kanopi vegetasi lamun di ekosistem tersebut masih dapat dikatakan sangat rendah/sempit. Hal ini disebabkan oleh arsitektural vegetasi yang dibentuk oleh fragmentasi lamun pada stasiun ini yang bergerombol dan terpisah-pisah. Arsitektural vegetasi merupakan konsep tata ruang yang diaplikasikan secara ekologis di laut. Pada ekosistem lamun, arsitektural vegetasi dipengaruhi oleh fragmentasi lamun (gerombol yang terpisah, mengelompok atau sinambung) dan bentuk morfologi individu lamun yang menyusun hamparan (Borg *et al.*, 2005 dan Boström *et al.* 2006). Sementara itu, pada stasiun 2 terdapat jenis lamun *Enhalus*

acoroides yang berukuran besar dan mendominasi (83,48%) sehingga menyebabkan naungan yang lebih lebat dan luas pada ekosistem lamun. Kurangnya naungan vegetasi dari 3 spesies lamun lainnya di stasiun ini dapat juga diartikan bahwa keberadaan *E. acoroides* merupakan mono spesifik.

Kerapatan lamun (jumlah rimpang atau individu/m²) yang terdapat di atas maupun di bawah permukaan sedimen dapat dipengaruhi oleh perbedaan morfotipe/fragmentasi hamparan lamun dan jenis lamun penyusun ekosistem (Paula *et al.*, 2001 dan Borg *et al.*, 2005). Hamparan lamun dalam bentuk gerombol yang tersebar pada ekosistem di stasiun 1 memiliki luasan yang lebih besar (2500 m²), dibandingkan hamparan lamun sinambung dan rapat pada ekosistem di stasiun 2, dengan luas 500 m². Hal ini tentu saja akan berpengaruh terhadap kondisi lamun pada kedua stasiun pengamatan, sebagaimana yang telah dibuktikan oleh Borg *et al.* (2005) pada dua hamparan lamun *Posidonia oceanica* yang berbeda. Penelitian tersebut menemukan bahwa terdapat perbedaan kerapatan dan biomassa yang nyata pada hamparan yang bersifat terputus-putus dan hamparan yang rapat, dimana pada hamparan yang bersifat terputus-putus akan memiliki kecepatan persebaran tumbuhan lamun dan perluasan gerombol (*patch*) yang lebih cepat daripada hamparan yang bersifat sinambung. Hal senada juga diungkapkan oleh Mills dan Berkenbusch (2009) dan Boström *et al.* (2010).

Secara umum, kondisi nutrisi perairan di kedua lokasi tidak terlalu jauh berbeda. Kondisi lingkungan perairan yang dangkal dan dengan vegetasi yang jarang, serta karakteristik sedimen yang bersifat pasir berukuran sedang sampai sangat halus menunjukkan bahwa hamparan lamun pada ekosistem di kedua stasiun memiliki karakteristik perairan yang oligotrofik/miskin hara (pengukuran kondisi lingkungan dilakukan hanya sebagai data pendukung dan dapat dilihat pada Tabel 2). Hal ini sejalan dengan penelitian mengenai karakteristik perairan dan ekosistem lamun yang pernah dilakukan oleh Sachoemar (2008) dan Wisnubudi dan Wahyuningsih (2014) di Pulau Pramuka.

Karakteristik perairan oligotrofik (miskin hara) tentu saja dapat menyebabkan kurang optimalnya penyerapan nutrisi oleh sistem perakaran tanaman lamun. Selain itu, karakteristik sedimen pasir yang berukuran sedang sampai halus menyebabkan jenis lamun yang dapat tumbuh dengan baik pada stasiun 1 adalah dari jenis *Cymodocea rotun-*

data. Jenis ini diketahui memiliki karakteristik perakaran yang kecil dan pendek, serta mampu hidup pada substrat berpasir dan miskin hara (Greeve dan Binzer, 2004). Hal ini menjelaskan kerapatan yang lebih tinggi pada jenis lamun *C.rotundata*, yaitu 78,56 individu/m² di stasiun 1.

Ekosistem lamun pada stasiun 2 memiliki kondisi perairan dengan vegetasi yang lebih lebat dengan hamparan sinambung (*continuous*), dengan lamun jenis *Enhalus acoroides* sebagai jenis dominan. Kerapatan lamun jenis *E. acoroides* pada stasiun 2 mencapai 108,32 individu/m². Lamun jenis *E. acoroides* diketahui dapat memiliki kerapatan yang tinggi pada perairan dengan kondisi sedimen yang halus dan memiliki kandungan hara yang cukup. Hal ini didukung oleh pernyataan Lanuru (2011) bahwa lamun jenis tersebut akan memiliki pertumbuhan yang baik dengan laju yang lebih cepat pada sedimen pasir berukuran halus dan sedikit berlumpur dibandingkan sedimen berbutiran sedang hingga kasar.

Tabel 2. Pengukuran kualitas lingkungan perairan pada kedua stasiun pengamatan.

No	Parameter	Stasiun 1		Stasiun 2		Detection Limit (DI)	Ambang Baku*
		Kolom Air (mgL ⁻¹)	Permukaan Substrat (mgL ⁻¹)	Kolom Air (mgL ⁻¹)	Permukaan Substrat (mgL ⁻¹)		
1	COD	30,45	24,45	8,95	4,99	4,99	
2	Ammonia (NH ₃ .N)	0,061	0,063	0,102	0,056	0,005	0,3
3	Nitrat	0,024	0,022	0,03	0,03	0,001	0,008
4	Ortofosfat	0,058	0,039	0,031	0,063	0,002	0,015
5	Nitrit	0,009	0,006	0,028	0,015	0,004	
6	DO	7,3	7,3	7	7		
7	TSS	90	22	55	8	8	20-80
8	Kelas Tekstur Sedimen	Pasir Sedang- halus		Pasir halus – sangat halus			

*Batas ambang baku berdasarkan KepMen LH RI No. 51 tahun 2004, mengenai organism laut.

3.2. Komunitas Spons

Komunitas spons di kedua stasiun pengamatan memiliki komposisi jenis yang berbeda. Spons yang ditemukan pada kedua stasiun pengamatan terdiri dari 18 jenis spons yang berbeda, dengan beberapa jenis spons terdapat hanya pada salah satu stasiun (lihat Tabel 3). Secara keseluruhan, dua jenis spons dominan yang dapat ditemui pada kedua stasiun adalah spons jenis *Agelas conifera* (Ac) dan *Spirastrella* sp. (Sp).

Stasiun 1 memiliki spons dengan jumlah jenis yang lebih banyak (15 spesies) daripada stasiun 2 (hanya 13 jenis). Sementara itu, jenis spons yang terdapat hanya pada stasiun 1 adalah lima (5) jenis, dan tiga jenis lainnya yang hanya ditemukan pada stasiun 2. Komposisi jenis spons yang berbeda pada ekosistem lamun di kedua stasiun pengamatan juga diikuti oleh jumlah individu (kelimpa-

han) spons yang berbeda pula, dimana stasiun 1 memiliki spons dengan kelimpahan yang lebih rendah (yaitu 469 individu) daripada spons pada stasiun 2 (dengan kelimpahan 508 individu).

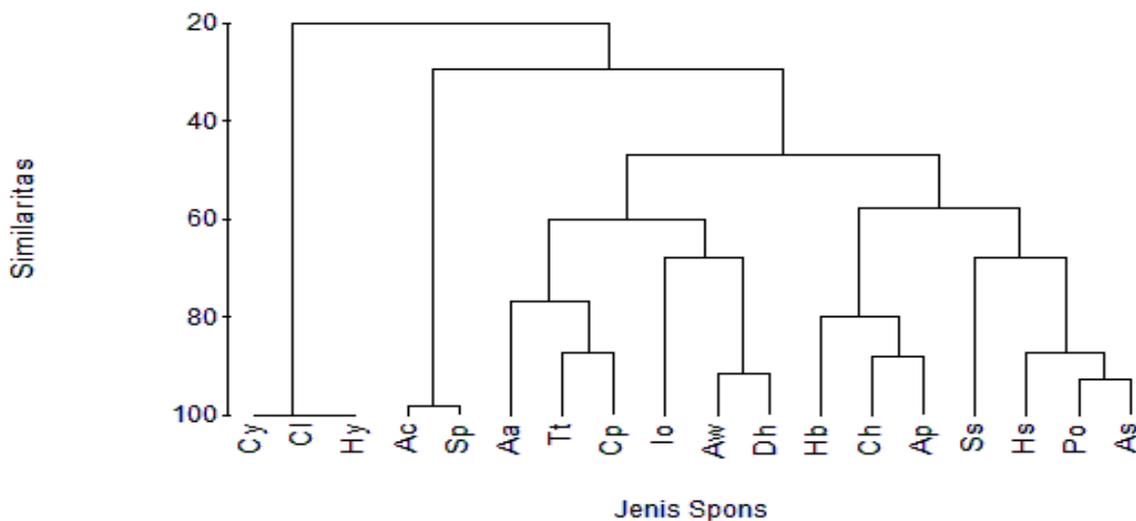
Indeks similaritas Bray-Curtis dan analisis pengelompokan terhadap jenis spons yang ditemukan pada kedua stasiun pengamatan menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang erat antara spons jenis *Clathria* (*Thalysia*) spp. (Cy), *Callyspongia* sp. (Cl) dan *Haliclona* spp. (Hy) dengan nilai indeks similaritas mencapai 100 (angka yang ditandai warna kuning pada Tabel 4). Ketiga jenis spons ini ditemukan hanya pada stasiun 2. Sementara itu spons jenis *Clathria Thalysias prolifera* (Cp) memiliki kesamaan dengan spons jenis *Tectitethya* sp. (Tt) sebesar 87,30 dan *Aplysina aerophoba* (Aa) sebesar 82,84.

Tabel 3. Jenis dan kelimpahan spons di kedua stasiun penelitian.

No	Jenis Spons/ kode	Kelimpahan (total individu/500 m ²)	
		Stasiun 1	Stasiun 2
1	<i>Chalinula</i> sp. (ungu) / Ch	3	3
2	<i>Callyspongia</i> sp. (hijau kebiruan) / Cl	0	1
3	<i>Plakinastrella</i> sp. (kuning) / Po	4	14
4	<i>Agelas conifera</i> / Ac	164	210
5	<i>Spirastrella</i> sp. (kuning) / Sp	158	191
6	<i>Tectitethya</i> sp. (kuning keabuan) / Ti	10	0
7	<i>Agelas wiedenmayeri</i> / Aw	29	0
8	<i>Agelasidae</i> (hijau) / As	3	19
9	<i>Clathria</i> (<i>Thalysias</i>) <i>prolifera</i> (jingga) / Cp	6	0
10	<i>Haliclona</i> spp. (kuning) / Hy	0	1
11	<i>Halisarca</i> sp. (hijau muda) / Hs	8	12
12	<i>Iotrochota</i> sp. (hijau tua/kehitaman) / Io	14	2
13	<i>Aplysina aerophoba</i> (kuning) / Aa	3	0
14	<i>Dercitus</i> (<i>Halinastra</i>) sp. / Dh	41	0
15	<i>Sphaciospongia</i> sp. (abu-abu) / Ss	23	48
16	<i>Haliclona</i> sp. —(hitam) / Hb	2	1
17	<i>Clathria</i> (<i>Thalysias</i>) spp. (coklat muda kekuningan) / Cy	0	1
18	<i>Amphimedon</i> sp. (kuning kehijauan) / Ap	1	3
Total		469	508

Tabel 4. Uji similaritas Bray Curtis pada komposisi dan jumlah jenis spons (dalam bentuk kode) di kedua stasiun, dengan nilai indeks yang tinggi menunjukkan hubungan pengelompokan jenis spons yang dekat (warna kuning).

Jenis spons	Ch	Cl	Po	Ac	Sp	Tt	Aw	As	Cp	Hy	Hs	Io	Aa	Dh	Ss	Hb	Cy	Ap
Ch																		
Cl	44.80																	
Po	75.26	29.67																
Ac	22.52	7.07	34.76															
Sp	23.21	7.30	35.74	98.31														
Tt	52.28		44.92	20.76	21.40													
Aw	39.15		35.95	32.95	33.90	73.99												
As	72.51	28.20	92.52	36.49	37.50	37.44	30.19											
Cp	58.58		48.83	16.47	16.99	87.30	62.53	40.56										
Hy	44.80	100.00	29.67	7.07	7.30			28.20										
Hs	71.01	27.43	90.81	37.47	38.51	59.83	48.44	83.92	56.04	27.43								
Io	73.00	32.49	62.66	31.77	32.69	76.03	70.99	55.95	64.41	32.49	74.12							
Aa	66.67		46.35	11.93	12.32	70.78	48.67	44.28	82.84		43.17	50.29						
Dh	35.11		32.94	38.00	39.05	66.12	91.36	27.73	55.34		44.56	64.74	42.58					
Ss	45.62	15.72	65.75	60.09	61.52	42.49	56.06	68.38	34.56	15.72	69.85	61.09	25.74	52.91				
Hb	82.14	58.58	59.20	16.25	16.76	50.72	36.26	56.77	58.15	58.58	55.46	63.78	68.22	32.08	34.15			
Cy	44.80	100.00	29.67	7.07	7.30			28.20		100.00	27.43	32.49			15.72	58.58		
Ap	88.19	53.59	64.48	18.20	18.76	33.93	24.64	61.93	38.60	53.59	60.55	61.21	44.80	21.89	37.80	77.73	53.59	



Gambar 2. Dendrogram hubungan similaritas jenis spons pada kedua stasiun pengamatan.

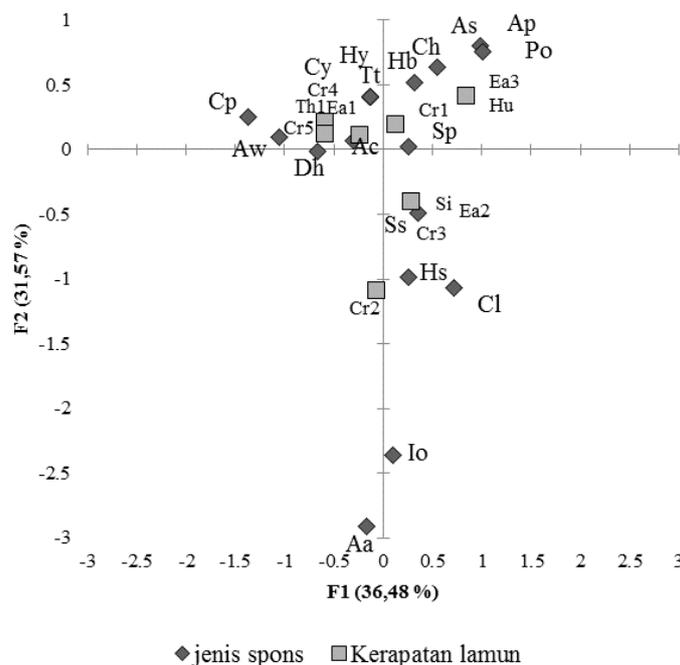
Ketiga jenis spons ini merupakan jenis spons yang hanya ditemukan pada stasiun 1. Jenis spons *Spirastrella* sp. (Sp) dan *Agelas conifera* (Ac) merupakan jenis spons yang dominan ditemukan di kedua stasiun pengamatan dengan nilai indeks similaritas sebesar 98,31. Indeks similaritas yang tinggi menun-

jukkan bahwa jenis-jenis spons tersebut memiliki hubungan yang erat antara satu sama lain, terlihat dari terbentuknya pengelompokan dari jenis spons tersebut pada dendrogram hubungan similaritas (Gambar 2).

Komposisi dan kelimpahan spons di kedua stasiun memiliki keterkaitan erat

dengan kerapatan lamun di lingkungan tersebut. Analisis korespondensi (CA) menunjukkan adanya pengelompokan jenis spons di kedua stasiun (Gambar 3), seperti yang juga ditunjukkan oleh analisis pengelompokan dari indeks similaritas Bray-Curtis. Spons *A. wiedenmayeri* (Aw), *Dercitus* sp. (Dh), *C. (Thalysias) prolifera* (Cp), *Tectitethya* sp. (Tt), *Clathria (Thalysias)* sp. (Cy), *Haliclona* spp. (Hy), *A. conifera* (Ac), dan *Haliclona* sp. (Hb) memiliki keterkaitan yang erat dengan kerapatan lamun *C. rotundata* yang tinggi (Cr4) dan lamun berukuran besar berkerapatan rendah (Ea1 dan Th1). Interaksi tersebut dapat ditemukan pada stasiun 1 yang memiliki karakteristik ekosistem lamun dengan hamparan yang bergerombol. Di lain pihak, spons *A. conifera* (Ac), *Haliclona* spp. (Hy) dan *Clathria (Thalysias)* spp (Cy) juga dapat ditemukan pada stasiun 2, bahkan dengan kelimpahan yang lebih tinggi (Tabel 3). Hal ini dapat menjadi indikasi bahwa keberadaan ketiga jenis spons ini tidak terlalu dipengaruhi oleh kerapatan lamun.

Di lain pihak, Gambar 3 juga menunjukkan bahwa spons jenis *Spirastrella* sp. (Sp), *Chalinula* sp. (Ch), Agelasidae, *Amphimedon* sp. (Ap) dan *Plakinastrella* sp. (Po) memiliki keterkaitan erat dengan kerapatan lamun *E. acoroides* yang tinggi (Ea3) serta keberadaan lamun *C. rotundata* dan *H. uninervis* dengan kerapatan yang rendah (Cr1 dan Hu). Pengelompokan spons dan kerapatan lamun tersebut dapat ditemukan pada Stasiun 2. Interaksi lain yang terlihat dari Gambar 3 adalah jenis spons yang memiliki hubungan dengan kerapatan lamun *C. rotundata* dan *E. acoroides* yang tidak terlalu tinggi (Cr3 dan Ea2) serta lamun *S. isoetifolium* berkerapatan rendah (Si, sumbu F1 negatif). Jenis spons tersebut adalah *Sphaciospongia* sp. (Ss), *Halisarca* sp. (Hs) dan *Callyspongia* sp. (Cl). Sementara spons *Iotrochota* sp. (Io) dan *A. aerophoba* (Aa) memiliki hubungan yang erat dengan lamun *C. rotundata* berkerapatan sedang (Cr2). Kedua spons ini dapat ditemukan di Stasiun 1 dengan kelimpahan individu yang lebih tinggi (Tabel 3).



Gambar 3. Interaksi antara kerapatan jenis lamun dengan jenis spons dengan menggunakan analisis koresponden (*Correspondence Analysis/ CA*) pada sumbu 1/ F1 dan sumbu 2/ F2 sebesar 68,05% (nilai $P < 0,0001$).

Jumlah individu spons yang lebih banyak pada stasiun 2 diduga disebabkan oleh adanya jenis lamun berukuran besar, kepadatan lebih tinggi dan mendominasi yaitu *E. acoroides*. Hal ini memungkinkan adanya perlindungan terhadap spons dari paparan gelombang maupun predator dan sebagai penjebak detritus yang dapat menghalangi mekanisme penyaringan makanan spons melalui pori di permukaan tubuhnya. Penelitian yang dilakukan oleh Lee *et al.* (2001), Alfaro (2006) dan Berkenbusch *et al.* (2007) juga mengungkapkan bahwa pada naungan lamun yang lebih rapat akan memiliki jumlah biota asosiatif yang lebih tinggi, dikarenakan adanya perlindungan terhadap faktor hidrodinamika perairan, penjebakan detritus dan perlindungan terhadap aktivitas predasi.

Stasiun 1, di lain pihak, memiliki jumlah jenis spons yang lebih banyak, diduga disebabkan oleh adanya arsitektur hamparan yang bersifat gerombol dan multi spesies serta tidak ada spesies dominan. Karakteristik arsitektural hamparan yang bergerombol menyebabkan kurangnya perlindungan spasial akibat naungan vegetasi yang rapat terhadap spons. Namun dilain pihak, penyebaran gerombol tumbuhan lamun sebagai pembentuk ekosistem diduga dapat memacu terjadinya peningkatan jumlah spesies spons namun dengan kelimpahan yang lebih sedikit. Hal ini kemungkinan besar merupakan salah satu respon adaptasi biota asosiatif (spons) pada hamparan lamun yang bersifat terputus-putus (*patchy*), sebagaimana yang diutarakan oleh Boström *et al.* (2006; 2010) dan Mills dan Berkenbusch (2009). Hal yang senada juga diungkapkan oleh Avila *et al.* (2014) yang menemukan bahwa beberapa jenis spons seperti *Halichondria implexiformis* dapat mengalami penurunan jumlah individu (kelimpahan) pada habitat yang mengalami peningkatan deposisi sedimentasi. Tingginya atau meningkatnya deposisi sedimen (sedimentasi) akan sangat dipengaruhi oleh menurunnya kecepatan aliran arus air akibat struktur kanopi vegetasi yang rapat dan rimbun (Peterson *et al.*, 2004), berlawanan

dengan kondisi vegetasi lamun pada Stasiun 1.

Secara umum, jenis spons yang ditemukan pada penelitian ini belum pernah terdata ditemukan di ekosistem lamun di Indonesia. Meskipun demikian, beberapa genus spons yang sama ditemukan di ekosistem lamun di Minicoy Atoll Lakshadweep India oleh Prabhakaran *et al.* (2013). Penelitian yang dilakukan Sivaleela *et al.* (2013) juga menemukan beberapa genus spons yang sama di ekosistem lamun di Palk Bay, bagian utara Mandaman India. Spons yang sama yang ditemukan di India dan di lokasi penelitian ini adalah jenis spons dari genus *Callispongia*, *Spirastrella*, *Thalysias*, dan *Haliclona*.

3.3. Potensi Antibakteri Spons

Pengujian aktivitas hambat dilakukan terhadap dua jenis bakteri patogen (*E. coli* dan *S. aureus*) serta bakteri yang diisolasi dari perairan sekitar. Pemilihan bakteri target dilakukan berdasarkan keberadaan jenis bakteri tersebut di perairan habitat spons dalam jumlah yang melimpah, serta memungkinkan spons memiliki respon terhadap bakteri tersebut. Bakteri *E. coli* dan bakteri *S. aureus* sendiri merupakan bakteri patogen umum yang bersifat Gram negatif (-) dan positif (+). Kedua jenis bakteri patogen ini diketahui dapat menyebabkan beragam infeksi pada manusia. Bakteri *E. coli* dan *S. aureus* merupakan bakteri yang sering diteliti sebagai target uji karena dapat dengan mudah ditumbuhkan secara *in-vitro* di laboratorium dan karena dapat ditemukan dengan mudah pada habitat tanah dan air, serta pada beragam organisme, terutama mamalia (Welch, 2006; Plata *et al.*, 2009), selain karena banyaknya strain baru dari kedua bakteri ini yang dapat menyebabkan infeksi ringan sampai berat pada manusia (Elena *et al.*, 2005, Tong *et al.*, 2015).

Hasil pengujian aktivitas hambat spons terhadap beberapa bakteri target menunjukkan bahwa dari keseluruhan delapan belas (18) jenis spons, hanya sekitar 7 jenis

saja yang menunjukkan potensi antibakteri. Daya hambat yang ditunjukkan oleh ketujuh jenis spons tersebut beragam dengan aktivitas yang bersifat sidal (mencegah pertumbuhan bakteri) dan statik (menghambat laju pertumbuhan bakteri). Aktivitas hambat yang bersifat sidal dan statik yang ditunjukkan oleh spons potensial masih termasuk dalam kategori aktivitas yang rendah, berdasarkan kategori daya hambat yang mengacu pada Radjasa *et al.* (2007).

Spons yang memiliki aktivitas terhadap bakteri target adalah spons dari jenis *Clathria (Thalysias) spp.*, *Iotrochota sp.*, *Spirastrella sp.*, Agelasidae, *Haliclona spp.*, *Aplysina aerophoba*, dan *Agelas conifera* (Tabel 4). Hasil pengujian menunjukkan bahwa keseluruhan sampel spons tidak memiliki aktivitas terhadap bakteri patogen *E. coli* dan *S. aureus*. Sementara aktivitas hambat terhadap bakteri laut dari perairan sekitar beragam dari daya hambat yang bersifat statik hingga sidal dengan aktivitas yang tergolong rendah (< 3-5 mm). Hal ini kemungkinan disebabkan bakteri target yang berasal dari laut bukan merupakan bakteri yang mengganggu pertumbuhan spons-spons tersebut.

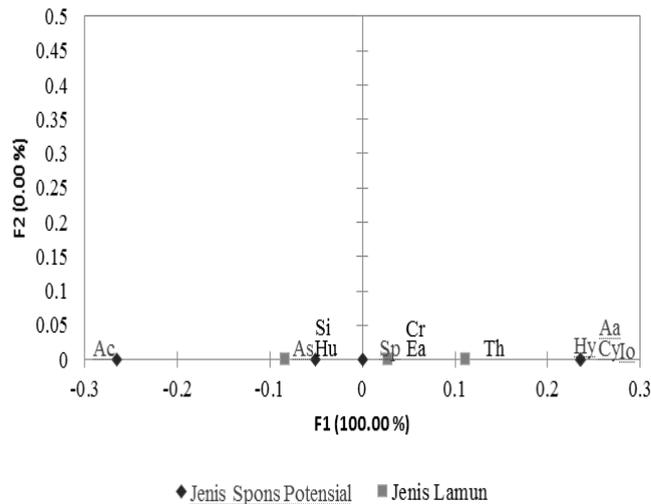
Hasil analisis korespondensi (CA) terhadap potensi antibakteri spons terhadap bakteri target dengan jenis lamun penyusun ekosistem menunjukkan bahwa tidak terdapat keterkaitan antara kedua hal tersebut. Ini ditunjukkan oleh nilai P yang tinggi (0,3376) dengan tingkat signifikansi $\alpha = 0.05$ (Gambar 4).

Aktivitas antibakteri yang rendah pada spons-spons potensial tersebut kemungkinan merupakan respon adaptasi terhadap lingkungan yang sehat dan tingkat persaingan ruang yang kecil bagi pertumbuhan spons. Hal ini dicirikan oleh cukup besarnya jumlah individu spons yang memiliki aktivitas terhadap lebih dari dua (>2) bakteri target. Spons tersebut adalah *Spirastrella sp.*, *Agelas conifera*, dan spons Agelasidae. Selain itu, terdapat kemungkinan bahwa produksi antibakteri yang rendah disebabkan pula oleh karena kurangnya rangsangan/stimulus pertahanan terhadap bakteri patogen. Betancourt-Lozano *et al.* (1998) menyatakan bahwa meskipun spons menghasilkan senyawa metabolit sekunder secara terus menerus, tingkat aktivitasnya dapat memiliki perbedaan sepanjang siklus pertumbuhan spons.

Tabel 4. Aktivitas hambat jenis spons terhadap bakteri target *E.coli*, *S. aureus*, dan bakteri laut dari perairan sekitar.

No	Jenis Spons	Aktivitas Antibakteri (mm)						
		<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	A11	A12	A13	A14	A15
1	<i>Clathria (Thalysias) spp./ Cy</i>					1.3*	1*	
2	<i>Iotrochota sp./Io</i>			3*				3.33*
3	<i>Spirastrella sp./ Sp</i>			1.3*	2.415**	2.52**	1*	1.25*
4	Agelasidae / As			2*	2.085**	1.375*	0.67*	1.33*
5	<i>Haliclona spp. / Hy</i>			1.3*	1.585**	2.16*	1.83*	
6	<i>Aplysina aerophoba/ Aa</i>	1.5*			0			
7	<i>Agelas conifera/Ac</i>				3.9*	2.25*		1*

Keterangan: * aktivitas hambat terhadap bakteri target bersifat statik; dan **aktivitas hambat terhadap bakteri target bersifat sidal.



Gambar 4. Hubungan antara potensi antibakteri spons dengan jenis lamun penyusun ekosistem (Nilai $P= 0,3376$; $\alpha= 0,05$).

Hal ini tergantung pada keberadaan rangsangan/stimulus tertentu bagi produksi senyawa metabolit sekunder. Spons juga dikatakan dapat mengubah mekanisme produksi senyawa metabolit sekundernya terkait adanya rangsangan/stimulus tertentu yang memicu stress pada metabolismenya.

Spons dari jenis *Spirastrella* sp. diketahui memiliki kemampuan memproduksi senyawa sitotoksik *Mollynne* A, yang potensial sebagai antikanker, serta menghasilkan enzim diantaranya lipase (Morinaka dan Mollinsky, 2011; Mohankumar dan Selvi, 2012). Sementara itu spons dari famili Agelasidae diketahui dapat menghasilkan metabolit sekunder yang bersifat antibakteri dan antifungi, namun aktivitasnya dipengaruhi oleh kondisi lingkungan hidupnya (Orhan *et al.*, 2012). Richelle-Maurer *et al.* (2003) juga menemukan bahwa spons jenis *Agelas conifera* dari perairan Karibia dapat menghasilkan metabolit sekunder yang dapat bersifat toksik terhadap polip karang dan senyawa sceptorin yang dapat menghalau predasi ikan *generalist*. Sementara penelitian yang dilakukan oleh Betancourt-Lozano *et al.* (1998) menunjukkan bahwa spons dari jenis *Aplysina fistularis* dapat menghasilkan senyawa metabolit sekunder dengan tangkapan aktivitas yang berbeda, tergantung jumlah

kelimpahan organisme invertebrata yang hidup berasosiasi di dalam jaringan tubuh spons.

Penelitian ini merupakan penelitian mengenai komunitas spons di ekosistem lamun yang pertama di Indonesia. Voogd dan Cleary (2008) sebelumnya telah melakukan penelitian mengenai komunitas spons di area terumbu karang Kepulauan Seribu. Penelitian tersebut menemukan sekitar 118 jenis spons dari seluruh area terumbu karang Kepulauan Seribu, dengan jenis *Aaptos suberitoides*, *Clathria (Thalysias reindwartii)* dan *Petrosia (Petrosia) nigricans* sebagai jenis yang paling banyak ditemukan. Sementara jenis spons yang ditemukan pada ekosistem lamun yang diamati pada penelitian ini tidak memiliki kesamaan morfologi dengan jenis yang ditemukan oleh Voogd dan Cleary (2008) pada area terumbu karang. Selain itu, potensi antibakteri yang rendah dari hanya beberapa spons di ekosistem lamun yang diamati menyebabkan diperlukan pengujian potensi metabolit sekunder lainnya. Pengujian ini diperlukan karena meski memiliki aktivitas yang rendah, produksi metabolit sekunder merupakan mekanisme yang tetap berjalan dalam fisiologi spons dan dapat mengalami peningkatan aktivitas bila spons mendapatkan rangsangan/stimulus yang sesuai (Betancourt-

Lozano *et al.*, 1998). Analisis lebih lanjut dengan pendekatan molekuler untuk identifikasi jenis spons dan potensi metabolit sekundernya juga perlu dilakukan pada penelitian di masa yang akan datang, di samping penelitian komunitas spons di ekosistem lamun di daerah lain di Indonesia. Hal ini perlu dilakukan untuk mengetahui kolaborasi spons dan peranannya di ekosistem lamun secara lebih menyeluruh, dengan demikian informasi mengenai keanekaragaman spons dan potensi metabolit sekundernya dapat digunakan sebagai dasar bagi kegiatan pencarian bahan senyawa kimiawi baru dari laut, serta sebagai informasi dasar untuk kegiatan konservasi biota (terutama spons) di ekosistem lamun Indonesia.

IV. KESIMPULAN

Komunitas spons di ekosistem lamun yang berbeda dapat memiliki jumlah spesies dan jumlah individu yang berbeda. Perbedaan ini dipengaruhi oleh kepadatan jenis lamun yang menyusun ekosistem dan karakteristik arsitektural hamparan lamun. Pada hamparan lamun yang tersebar dan bergelombang, serta disusun oleh lamun yang multi-spesies seperti stasiun 1, komunitas spons dapat memiliki komposisi jenis yang lebih beragam. Sementara pada hamparan lamun yang padat dan memiliki tutupan yang lebat, serta bersifat monospesifik, seperti stasiun 2, komunitas spons dapat memiliki kelimpahan yang tinggi dengan komposisi jenis yang tidak terlalu banyak. Potensi antibakteri spons tidak dipengaruhi oleh tumbuhan lamun penyusun ekosistem. Spons potensial juga menunjukkan aktivitas yang cukup rendah dengan sifat sidal dan statik. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun terdapat mekanisme produksi senyawa antibakteri pada spons, namun aktivitasnya cukup rendah. Penelitian ini merupakan penelitian komunitas spons yang pertama dilakukan di ekosistem lamun Indonesia. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jenis spons yang berasosiasi dengan lamun dapat

berbeda dengan spons yang ditemukan pada penelitian lain di ekosistem terumbu karang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dilakukan dengan bantuan dana dari DIPA Institut Pertanian Bogor dan Pendidikan Tinggi (DIKTI) melalui HIBAH BOPTN Penelitian Dasar untuk Bagian Nomer Kontrak: 333/IT3.41.2/L2/SPK/2013, 15 Mei 2013. Penulis mengucapkan terima kasih kepada anonymous reviewer yang telah banyak memberikan masukan dan komentar untuk meningkatkan kualitas paper ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfaro, A.C. 2006. Benthic macro-invertebrate community composition within a mangrove/seagrass estuary in northern New Zealand. *Estuar Coast Shelf Sci.*, 66:97-110.
- Archer, S.K, E.W. Stoner, and C.A. Layman. 2015. A complex interaction between a sponge (*Halichondria melanadocia*) and a seagrass (*Thalassia testudinum*) in a subtropical coastal ecosystem. *J. Exp Mar Biol Ecol.* 465:33-40.
- Avila. E., A.K. Avila-Garcia, and J.A. Cruz-Barraza. 2014. Temporal and small-scale spatial variation in abundance and biomass of seagrass-dwelling sponges in a tropical estuarine system. *Mar Ecol.*, 36(3):623-636. doi: 10.1111/maec.12171.
- Barnes, R.S.K. and M.K.S. Barnes. 2012. Shore height and differentials between macrobenthic assemblages in vegetated and unvegetated areas of an intertidal sandflat. *Estuar Coast Shelf Sci.*, 106:112-120.
- Bell, J.J. and D.K.A. Barnes. 2001. Sponge morphological diversity: a qualitative predictor of species diversity? *Aquatic Conservation. Marine and Freshwater Ecosystems*, 11(2):109-121.

- Bengen, DG. 2000. Sinopsis teknik pengambilan contoh dan analisis data biofisik sumberdaya pesisir. IPB Press. Bogor. 85hlm.
- Berkenbusch, K., A.A. Rowden, and T.E. Myers. 2007. Interactions between seagrasses and burrowing ghost shrimps and their influence on infaunal assemblages. *J. Exp Mar Biol Ecol.*, 341:70–84.
- Betancourt-Lozano, F. González-Farías, B. González-Acosta, A. García-Gasca, and J.R. Bastida-Zavala. 1998. Variation of antimicrobial activity of the sponge *Aplysina fistularis* (Pallas, 1766) and its relation to associated fauna. *J. Exp Mar Biol Ecol.*, 223:1–18.
- Borg, J.A., M.J. Attrill, A.A. Rowden, P.J. Schembri, dan M.B. Jones. 2005. Architectural characteristics of two bed types of the seagrass *Posidonia oceanica* over different spatial scales. *Estuar Shelf Coast Sci.*, 62:667–678.
- Boström, C., E.L. Jackson, and C.A. Simenstad. 2006. Seagrass landscapes and their effects on associated fauna: A review. *Estuar Shelf Coast Sci.*, 68:383-404.
- Duckworth, A.R. dan C.W. Wulff. 2011. Population dynamics and growth of two coral reef sponges on rock and rubble substrates. *J. Exp Mar Biol Ecol.*, 402: 49–55.
- Easson, C.G., K.O. Matterson, C.J. Freeman, S.K. Archer, and R.W. Thacker. Variation in species diversity and functional traits of sponges communities near human population in Bocas del Toro, Panama. *Peer J.* doi: 10.7717/peerj.1385.
- Elena, S.F., T.S. Whittam, C.L. Winkworth, M.A. Riley, and R.E. Lensky. 2005. Genomic divergence of *Escherichia coli* strains: evidence for horizontal transfer and variation in mutation rates. *Int'l Microbiol.* 8:271-278.
- González-Rivero, M., L. Yakoba, dan P.J. Mumby. 2011. The role of sponge competition on coral reef alternative steady states. *Ecol Model*, 222:1847 – 1853.
- Greve, T.M. and T. Binzer. 2004. Which factors regulate seagrass growth and distribution, <http://www.vliz.be.pdf>. [Retrieved on 15 September 2014].
- Huang, J.P., J.B. McClintock, C.D. Amsler, dan Y.M. Huang. 2008. Mesofauna associated with the marine sponge *Amphimedon viridis*. Do its physical or chemical attributes provide a prospective refuge from fish predation. *J. Exp Mar Biol Ecol.*, 362:95–100.
- Hooper, J.N.A. dan R.W.M.V. Soest. 2002. *Systema Porifera: a guide to the classification of sponges*. Kluwer Academic Plenum Publisher, New York. 1750pp.
- Hooper, J.N.A. 2003. *Spongicide. Guide to sponge collection and identification (version 2003)*. In: John N.A. Hooper Qld. Museum, Australia 1-26pp.
- Lanuru, M. 2011. Bottom sediment characteristics affecting the success of seagrass (*Enhalus acoroides*) transplantation in the Westcoast of South Sulawesi (Indonesia). 3rd International Lee SY, CW Fong, dan RSS Wu. 2001. The effects of seagrass *Zostera japonica* canopy structure on associated fauna: a study using artificial seagrass units and sampling of natural beds. *J. Exp Mar Biol Ecol.*, 259:23-50.
- Lee, S.Y., C.W. Fong, and R.S.S. Wu. 2001. The effects of seagrass *Zostera japonica* canopy structure on associated fauna: a study using artificial seagrass units and sampling of natural beds. *J. Exp Mar Biol Ecol.*, 259: 23–50.
- Lemloh, M-L, J. Fromont, F. Brümmer, and K.M. Usher. 2009. Diversity and abundance of photosynthetic sponges

- in temperate Western Australia. *BMC Ecol.*, 9(4):1-13.
- Manikandan, M., S. Ganesapandian, M. Singh, and A.K. Kumaraguru. 2011. Seagrass diversity and associated flora and fauna in the coral reef ecosystem of the Gulf of Mannar, Southeast Coast of India. *Res J. Enviro Earth Sci.*, 3(4):321-326.
- McKenzie, L.J. 2003. Guidelines for the rapid assessment and mapping of tropical seagrass habitats. Seagrass-Watch HQ. 78 pp.
- McKenzie, L.J. dan R. Yoshida. 2009. Seagrass-Watch: Proceedings of a workshop for monitoring seagrass habitats in Indonesia. http://www.seagrasswatch.org/Training/proceedings/Seagrass_Watch_Bali_workshop_May09.pdf. [Retrieved on April 2011].
- Mill's, V.S. and K. Berkenbusch. 2009. Seagrass (*Zostera muelleri*) patch size and spatial location influence infaunal macroinvertebrate assemblages. *Estuar Coast Shelf Sci.* 81:123-129.
- Mohankumar, A. dan S.T. Selvi. 2012. Predominance of Spirastrella inconstans protein over enzymes of marine bacteria against MRSA. *Int J. Biol.*, 4(3):80-91.
- Morinaka, B.L. dan T.F. Molinski. 2011. Mollenyne A, a long-chain chlorodibromohydrin amide from the sponge Spirastrella mollis. *NIH Public Access.*, 13(24):6338-6341.doi:10.1021/ol2024778.
- Orhan, I.E., B. Ozcelik, B. Konuklugil, A. Putz, U.G. Kaban, dan P. Proksch. 2012. Bioactivity screening of the selected turkish marine sponges and three compounds from Agelas oroides. *Rec Nat Prod.*, 6(4):356-367.
- Paula, J., P.F. e Costa, A.Martins, and D. Gove. 2001. Patterns of abundance of seagrasses and associated in-faunal communities at Inhaca Island, Mozambique. *Estuar Coast Shelf Sci.*, 53:307-318.
- Plata, K., A.E.Rosato, and G. Wegrzyn. 2009. *Staphylococcus aureus* as an infectious agent: overview of biochemistry and molecular genetics of its pathogenity. *Act Biochim Pol.* 56 (4):597-612.
- Peterson, C.H., R. A. Luettich Jr., F. Micheli, G.A. Skilleter. 2004. Attenuation of water flow inside seagrass canopies off differing structure. *Mar Ecol Prog Ser.* 268:81-92.
- Prabhakaran, M.P., N.G.K. Pillai, P.R. Jayachandran, and S.B. Nandan. 2013. Species composition and distribution of sponges (Phylum: Porifera) in the seagrass ecosystem of minicoy Atoll, Lakshadweep, India. In: K Venkataraman (eds.). Ecology and conservation of tropical marine faunal communities. Springer, Berlin. 43-54pp.
- Radjasa, O.K., A. Sabdono, Junaidi, dan E. Zocchi. 2007. Richness of secondary metabolite-producing marine bacteria associated with sponge Haliclona sp. *Int J. Pharmacol.*, 3(3):275-279.
- Richelle-Maurer, E., M.J. de Kluijver, S. Gaudencio, H. Gaspar, R. Gomez, S. Feio, R. Tavares, G. Van de Vyver, dan R.W.M. Van Soest. 2003. Localization and ecological significance of oroidin and sceptrin in the Caribbean sponge Agelas conifer. *Biochem Syst Ecol.*, 31:1073-1091.
- Sachoeamar, S.I. 2008. Karakteristik lingkungan perairan kepulauan seribu. *J. Akuakultur Indonesia*, 4(2):109-114.
- Sivaeleela, G., D.S.T. Anbalagan, and S. Srinivaasu. 2013. Seagrass associated marine sponge in Palk Bay. *Rec Zool Surv India.*, 113:02-07.
- Thakur, N.L. and W.E.G. Müller. 2004. Biotechnological potential of marine sponges. *Current Sci.*, 86(11): 1506-1512.

- Tong, S.Y.C., J.S. Davis, E. Eichenberger, T.L. Holland, V.G.F. Jr. 2015. *Staphylococcus aureus* infections: Epidemiology, pathophysiology, clinical manifestation, and management. *Clin Microbiol Rev.* 28(3): 603-661.
- Voogd, N.J. and D.F.R. Cleary. 2008. An analysis of sponge diversity and distribution at three taxonomic levels in the Thousand Islands/ Jakarta Bay reef complex, West-Java, Indonesia. *Mar Ecol.*, 29:205–215. doi: 10.1111/j.1439-0485.2008.00238.x
- Voogd, N.J. L.E. Becking, and D.F.R. Cleary. 2009. Sponge community in the Derawan Islands, NE Kalimantan, Indonesia. *Mar Ecol Prog Ser.* 396: 169-180.
- Voogd, N.J. 2012. On sand bearing myxillid sponges, with a description of *Psammochela tutiae* sp. Nov. (Poecilosclerida, Myxillina) from the northern Mollucas, Indonesia. *Zootaxa.* 3155: 21-28.
- Welch, R.A. 2006. The genus *Escherichia*. *Prokaryots.* 6: 60-71. Doi: 10.1007/0-387-30746-x_3.
- Wisnubudi, G. dan E. Wahyuningsih. 2014. Kajian ekologis ekosistem sumber daya lamun dan biota laut asosiasi-sinya di Pulau Pramuka, Taman Nasional Laut Kepulauan Seribu (TnKPS). <http://sippm.unas.ac.id/55Fullpaper/PBI/LAMUN/Copy2/pdf>. [Retrieved on 23 February 2016].
- Wulff, J.L. 2006. Rapid diversity and abundance decline in a Caribbean coral reef sponge community. *Biological Conserv.*, 127:167–176.
- Diterima* : 19 Juli 2016
Direview : 23 Agustus 2016
Disetujui : 22 Desember 2016

