

# Komunitas Spons (Porifera) pada Ekosistem Terumbu Karang di Manokwari, Indonesia

Nelly Sayori, Tresia S. Tururaja, Dwaitd Kolibongso\*

Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Papua  
Jl. Gunung Salju Amban, Manokwari Papua Barat, 98314 Indonesia  
Email: d.kolibongso@unipa.ac.id

## Abstract

### Sponge community (Porifera) in Coral Reef Ecosystem in Manokwari, Indonesia

Sponges are one of the most influential benthic organisms in coral reef ecosystems. Many studies on sponge communities have been carried out globally, from the tropics to the sub-tropics. However, in Indonesia, the sponge community has not been sufficiently observed, especially its diversity and interactions with habitats. Manokwari, a developing city north of the Bird's Head Seascape region, Papua has a lack of information on benthic communities and no reports of sponges. This study is to examine the sponge community (diversity and distribution) in coral reef ecosystem. This study found that sponge richness (species and morphology) was categorized as "low", with only 11 species with 8 morphological forms. The most common species included *Niphates erecta*, *Stylissa carteri*, and *Pseudoceratina purpurea*, while the most common growth forms were massive and encrusting, accounting respectively for 27.3% and 18.2% of the total number of species. The highest diversity was found on the island of Kaki (5 species) with the island of Nusmapi having an uneven distribution of sponges. The results of our study found that there was no relationship between sponge diversity and morphology. This baseline information is essential for management of marine biodiversity hotspots in taking decisions for marine life conservation.

**Keywords:** coral reef, diversity, Manokwari, sponge

## Abstrak

Spons merupakan salah satu organisme bentik yang paling berpengaruh dalam ekosistem terumbu karang. Banyak penelitian tentang komunitas spons telah dilakukan secara global, dari daerah tropis hingga sub tropis. Namun di Indonesia, komunitas spons belum cukup diamati, terutama keanekaragaman dan interaksinya dengan habitat. Manokwari, kota berkembang di utara dari wilayah Bentang Laut Kepala Burung (BLKB), Papua memiliki kekurangan informasi tentang komunitas bentik dan tidak ada laporan tentang spons. Studi ini untuk mengkaji komunitas spons (keanekaragaman dan distribusi) pada ekosistem terumbu karang. Penelitian ini menemukan kekayaan spons (spesies dan morfologi) yang dikategorikan "rendah", dengan hanya 11 spesies dengan 8 bentuk morfologi. Spesies yang paling umum termasuk *Niphates erecta*, *Stylissa carteri*, dan *Pseudoceratina purpurea*, sedangkan bentuk pertumbuhan yang paling umum adalah massif dan encrusting dengan menyumbang masing-masing 27,3% dan 18,2% dari total jumlah spesies. Keanekaragaman tertinggi ditemukan di pulau Kaki (5 spesies) dengan pulau Nusmapi memiliki sebaran spons tidak merata. Hasil penelitian kami menemukan tidak ada hubungan antara keanekaragaman spons dengan bentuk morfologi. Informasi dasar ini sangat penting untuk pengelolaan hotspot keanekaragaman hayati dalam perumusan keputusan untuk konservasi biota laut.

**Kata kunci:** keanekaragaman, Manokwari, spons, terumbu karang

## PENDAHULUAN

Spons secara ekologi merupakan salah satu biota penyusun ekosistem pesisir dan laut, terutama pada ekosistem terumbu karang dan lamun di perairan tropis dan sub tropis (Wulff, 2012). Spons adalah *filter feeder* yang efisien dan memainkan peran penting dalam menghubungkan lingkungan pelagis ke benthos melalui siklus nutrisi, dan semakin diakui sebagai kontributor utama jasa ekosistem (Maldonado *et al.*, 2012; de Goeij *et al.*, 2013; Keesing *et al.*, 2013). Terlepas dari peran penting ekologisnya, spons tidak begitu banyak 'dipelajari' dengan baik dibandingkan karang atau taksa bentik lainnya yang membentuk habitat struktural dan perannya dalam ekosistem juga kurang di apresiasi secara luas (Van Soest *et al.*, 2012; Przeslawski *et al.*, 2015).

Populasi dan komunitas spons pada umumnya tidak memiliki pengelolaan yang efektif, sampai-sampai: mereka telah didefinisikan sebagai 'kelompok terabaikan' (Saleuddin dan Fenton, 2006; Bell *et al.*, 2015). Di seluruh dunia, hanya beberapa proyek pemantauan yang memasukkan spons dalam survei dan program mereka (Al-zibdah *et al.*, 2007; Mirams *et al.*, 2011; Pitcher *et al.*, 2016). Saat ini survei tentang distribusi dan kelimpahan spesies spons banyak dilakukan di wilayah Atlantik-Karibia, di mana spons membentuk komponen penting dari komunitas bentik dan informasi taksonomi jauh lebih baik daripada di sebagian besar wilayah Indo-Pasifik (Gilliams *et al.*, 2008; Makowski dan Keyes, 2011; Fromont *et al.*, 2016). Di Indonesia, penelitian masih lebih banyak berfokus kepada terumbu karang dan ikan (Mangubhai *et al.*, 2012; Carter, 2018; Peck *et al.*, 2021; Razak *et al.*, 2022). Sangat sedikit informasi, bahkan data dasar mengenai biota laut yang kurang dipelajari, terutama spons. Spons biasanya ada di mana-mana dan sering melimpah di habitat perairan dangkal, menjadikannya komponen penting keanekaragaman hayati (Van Soest *et al.*, 2012).

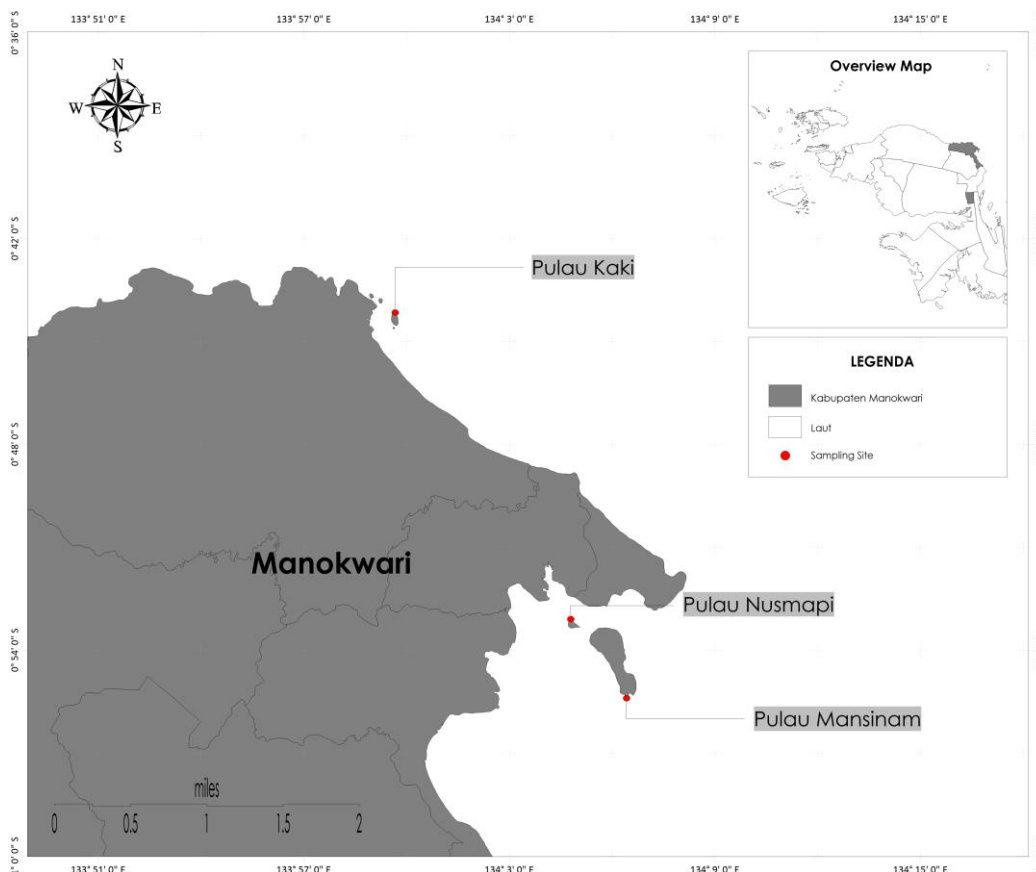
Beberapa penelitian tentang spons yang telah dilakukan di Indonesia, terutama di Indonesia bagian barat dan tengah, mencatat lebih dari 850 spesies (de Voogd *et al.*, 2006; de Voogd *et al.*, 2009; Becking *et al.*, 2013; Hadi *et al.*, 2015; Calcinai *et al.*, 2017; Hadi *et al.*, 2018; Aulia *et al.*, 2021). Rendahnya informasi taksonomi spons di Indonesia menjadi kendala dalam pengembangan studi spons, namun penelitian perlu terus dilakukan untuk mengumpulkan sebanyak mungkin informasi spons yang tersebar di perairan Indonesia. Dengan begitu, keanekaragaman hayati dan pola sebaran spons di Indonesia dapat terungkap.

Perairan Manokwari merupakan bagian dari wilayah Bentang Laut Kepala Burung (BLKB) yang memiliki tingkat keanekaragaman biota dan habitat perairan yang tinggi (Allen dan Erdman 2009). Perairan ini memiliki habitat yang unik, karena berbatasan langsung dengan samudera Pasifik. Spons di wilayah ini kurang dipelajari - berdasarkan jumlah penelitian yang diterbitkan - yang mungkin disebabkan masalah kerja di lapangan; pengambilan sampel di zona intertidal yang sulit, terutama pada saat pasang tinggi yang disertai dengan gelombang besar dan kuat. Hanya lokasi tertentu yang dapat dijangkau dengan menyelam, tanpa menimbulkan risiko terhadap peneliti. Namun, penelitian keanekaragaman hayati laut harus dilakukan untuk memberikan informasi umum setidaknya data dasar, yang dapat digunakan sebagai batu loncatan untuk studi lanjutan lainnya yang terkait dengan keanekaragaman hayati laut. Penelitian ini diusulkan sebagai penyelidikan awal tentang spons di perairan Manokwari. Tujuan penelitian untuk menginventarisasi spesies spons dan karakter morfologinya di ekosistem terumbu karang dangkal.

## **MATERI DAN METODE**

Pengamatan dan koleksi sponge di perairan Manokwari dilakukan pada bulan Oktober-November 2021. Metode yang digunakan ialah PIT (*Point intersect transect*), dengan menggunakan pita transek (roll meter) yang ditarik sejajar garis pantai di 3 lokasi pengamatan pada kedalaman sekitar 3 hingga 5 meter di perairan Manokwari (Gambar 1). Semua kegiatan dilakukan dengan penyelaman dengan bantuan peralatan selam SCUBA. Pada setiap transek kuadran dilakukan pemotretan spons kemudian menghitung jumlah jenis yang ditemukan pada setiap kuadran. Selanjutnya, diambil sebagian sponge dengan cara memotong dengan pisau cutter untuk kepentingan identifikasi jenis sponge dan pengamatan spikula.

Dalam penelitian ini dilakukan proses identifikasi secara makroskopis dan mikroskopis. Identifikasi sponge secara makroskopis yaitu mengamati bentuk morfologi dan tekstur spons yang meliputi ukuran, oskula, konsistensi (padat, lunak, keras), permukaan tubuh, dan warna (Hooper, 2000), sedangkan identifikasi spons secara mikroskopis yaitu dengan mengamati spikula dari spons. Materi dibersihkan menggunakan aquades untuk menghilangkan sisa kaporit, selanjutnya spikula diamati dengan mikroskop (Khoshkoo *et al.*, 2012; Kelly dan Herr, 2015). Identifikasi spons tingkat genus mengikuti Van Soest dan Hooper (2002), dan identifikasi tingkat spesies berdasarkan pengamatan



**Gambar 1.** Lokasi Pengambilan Sampel

spikula mengikuti Ekins *et al.*, (2018). Basis data Porifera dunia (WPD) oleh Van soest *et al.*, (2018) dan *World Register on Marine Species (WoRMS)* (<http://www.marinespecies.org>) digunakan untuk memastikan distribusi dan status.

Indeks keanekaragaman dianalisis menggunakan PAST (v3). Keragaman spons dianalisis mengikuti indeks Shannon-Weiner ( $H'$ ) dan Indeks Kemerataan Pielou's evenness ( $J'$ ). Keragaman spesies spons dan bentuk morfologi dianalisis menggunakan regresi linear dimana korelasi Spearman digunakan untuk memperkirakan kekuatan hubungan karena distribusi data tidak normal (Beazley *et al.*, 2013).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil identifikasi keanekaragaman jenis spons di perairan Manokwari ditemukan sebanyak 11 spesies spons yang berasal dari 8 genera. Jumlah temuan ini termasuk kategori "kecil" dibandingkan penelitian yang dilakukan di Indonesia bagian timur dan tengah; sebagai perbandingan de Voogd *et al.*, (2008) menemukan sebanyak 100 jenis spons di Wakatobi. Sedangkan, di pulau Derawan ditemukan 168 spesies (de Voogd *et al.*, 2009), Haris *et al.* (2019) menemukan 22 spesies di Pulau Barranglompo, dan 49 spesies dari kepulauan Spermonde (Haris *et al.*, 2014), Adiguna *et al.* (2021) menemukan 27 spesies di Pulau Barranglompo. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh luasan dan kondisi sebaran tutupan terumbu karang yang tidak merata di lokasi pengamatan, dan kurangnya pengamatan pada kedalaman berbeda. Aulia *et al* (2021) menemukan adanya hubungan antara tutupan karang dan keanekaragaman spons. Ditambahkan, penurunan tutupan karang sekitar 80% menyebabkan penurunan 60% kekayaan

spesies karang (Madin *et al.*, 2018). Berikutnya, kedalaman akan sangat berpengaruh pada kelimpahan dan keanekaragaman spesies spons (Villamizar *et al.*, 2014; Longo *et al.*, 2018), spons laut pada perairan yang lebih dalam memiliki tingkat keanekaragaman yang lebih tinggi (Bell, 2007; Hadi *et al.*, 2018; Fortunato *et al.*, 2020). Alasan lainnya berhubungan dengan kondisi hidrodinamika kawasan. Perairan Manokwari terletak di utara pulau Papua dan berbatasan langsung dengan samudera Pasifik, dimana mendapatkan lebih banyak tekanan hidrodinamika (Habibie *et al.*, 2018; Kolibongso, 2020). Dalam hal ini, faktor hidrodinamika berperan dalam mempengaruhi struktur komunitas; menghilangkan spons yang rentan terhadap gelombang dan arus kuat, dan membiarkan spons yang tahan mendominasi (Lopez-Victoria and Zea, 2005). Gelombang laut memainkan peran penting yang mempengaruhi distribusi spons di suatu kawasan (Vinod *et al.*, 2014). Tekanan gelombang dapat membatasi kolonisasi dan pertumbuhan spons dengan menciptakan ketidakstabilan substrat, kekeruhan tinggi (sedimentasi), dan turbulensi (Fortunato *et al.*, 2020).

Tabel 1 menunjukkan keragaman spesies dan distribusi spons di ketiga lokasi. Keanekaragaman spesies tertinggi ditemukan pada pulau Nusmapi dan pulau Kaki dengan masing-masing lima spesies, dan tiga spesies ditemukan pada pulau Mansinam. Penelitian ini menemukan tiga spesies yang paling umum ditemukan di perairan Manokwari, tercatat setidaknya ditemukan pada dua lokasi dari tiga lokasi pengamatan; termasuk di dalamnya *Niphates erecta*, *Stylissa carteri*, dan *Pseudoceratina purpurea* (Gambar 2 dan Tabel 1). Spons ini merupakan jenis spons yang hidup berasosiasi dengan terumbu karang yang sebarannya dari wilayah tropis hingga sub tropis (Bell *et al.*, 2010; Van Soest *et al.*, 2012; Van Soest *et al.*, 2018; Aulia *et al.*, 2018; Hadi *et al.*, 2021). *Pseudoceratina purpurea* sering dikenal dengan spons kuning 'berduri' umumnya ditemukan pada habitat berbatu dan lempengan batu, tubuhnya mengandung alga simbiosis yang membuat jaringannya menjadi hijau saat terkena cahaya (Lim *et al.*, 2012; Bell *et al.*, 2010). Dalam penelitian ini, spesies tersebut sangat melimpah di pulau Nusmapi, tumbuh diantara celah karang batu (*Scleractinia*). Sementara di pulau Kaki spons ini ditemukan tumbuh pada lempengan batu. Allchurch *et al.* (2022) menemukan bahwa *Pseudoceratina purpurea* lebih banyak tumbuh menutupi karang batu dan lempengan batu dengan dasar permukaan (substrat) keras. *Stylissa carter* adalah spons flabelliform oranye terang yang dapat ditemukan di perairan Indo-Pasifik dan memproduksi senyawa metabolik dengan sifat antivirus, antibakteri, dan antikanker (Rohde *et al.*, 2012; Ebada *et al.*, 2015; Clearly *et al.*, 2018). *Niphates erecta* merupakan jenis spons yang ditemukan tumbuh pada habitat yang memiliki dasar permukaan keras. Spons ini ditemukan paling sering berinteraksi dengan terumbu karang dalam berkompetisi untuk ruang, dengan pertumbuhannya yang lebih cepat (Aerts, 1998). Sementara, delapan spesies lainnya terdistribusi hanya pada satu lokasi, diantaranya *Spheciospongia vesparium*, *Niphates amorpha*, *Xestospongia muta*, *Xestospongia testudinaria*, *Stylissa massa*,



**Gambar 2.** Dominan spesies spons yang ditemukan pada lokasi pengamatan. Dari kiri ke kanan; *Niphates erecta*, *Stylissa carteri*, *Pseudoceratina purpurea*. Foto: Nelly Sayori

**Tabel 1.** Distribusi sponge di lokasi pengamatan

Ordo/Spesies	Morfologi	Pulau Mansinam	Pulau Nusmapi	Pulau Kaki
Clionaida				
<i>Spherospongia vesparium</i>	Gl	+		
Haplosclerida				
<i>Niphates erecta</i>	Ra	+	+	
<i>Niphates amorphia</i>	En			+
<i>Xestospongia muta</i>	Ma		+	
<i>Xestospongia testudinaria</i>	Cu			+
Verongiida				
<i>Pseudoceratina purpurea</i>	En		+	+
<i>Aplysina cauliformis</i>	Br		+	
Scoplanilida				
<i>Stylissa carteri</i>	Fo	+	+	
<i>Stylissa massa</i>	Ma			+
Dictyoceratida				
<i>Ircinia felix</i>	Bu			+
Homoskleroforida				
<i>Plakinastrella onkodes</i>	Ma		+	
Total		3	6	5

Keterangan: Ma = massive, Gl = Globular, En = Encrusting, Cu = Cup, Br = Branching, Fo = Foliose, Bu = burrowing, Ra = Ramose

*Aplysina cauliformis*, *Ircinia felix*, dan *Plakinastrella onkodes*. Kondisi hidrodinamika, heterogenitas substrat, jenis dan laju sedimentasi, ketersediaan nutrisi, predasi, dan kompetisi adalah modulator penting untuk distribusi, komposisi, dan penataan kumpulan spons laut (Wulff, 2012; 2017; Duckworth, 2015; Fortano *et al.*, 2020). Menurut Fortano *et al.*, 2020 habitat dengan permukaan dasar yang keras lebih disukai spons untuk menempel. Sementara, kondisi habitat dengan permukaan lunak menunjukkan hanya sekitar 10% spesies spons yang dapat beradaptasi dengan baik (Schonberg, 2016) yang menjelaskan indeks kelimpahan dan keragaman terendah untuk jenis substrat ini di seluruh dunia.

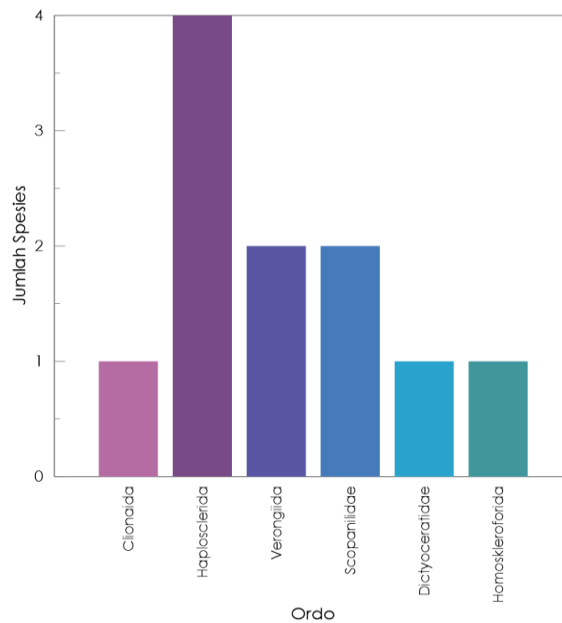
Dari segi morfologi, teridentifikasi sebanyak delapan bentuk morfologi. Secara umum, bentuk yang dominan adalah massive, yaitu sekitar 27.3% dari seluruh spons. Diikuti oleh bentuk encrusting (18.2%), dengan bentuk lainnya mewakili kurang dari 10% spons di perairan Manokwari (Gambar 4). Penelitian sebelumnya yang dilakukan di Indonesia juga menemukan bentuk morfologi massive dan encrusting sangat dominan di daerah tertentu, seperti di Sabang (Aulia *et al.*, 2021); selatan Jawa (Hadi *et al.*, 2018); Kepulauan Seribu (de Voogd dan Cleary, 2008; Utami *et al.*, 2018); dan di Bengkulu (Utami *et al.*, 2018). Bentuk morfologi massive dan encrusting memungkinkan spons memiliki daya cengkeram yang baik untuk menahan arus yang kuat (Bell dan Barnes, 2000; Wulff, 2010; Duckworth, 2015). Selain itu, bentuk seperti ini juga lebih kecil kemungkinan untuk patah daripada bentuk lain seperti branching atau tubular (Bell dan Barnes, 2000). Morfologi spons juga mencerminkan perbedaan kondisi hidrodinamika dimana spons hidup, dengan bentuk encrusting biasanya mendominasi pada lokasi yang terekspos dengan perairan terbuka, sementara bentuk tegak biasa di lokasi yang tertutup (Wulff, 2012).

### Struktur dan Komposisi Spons

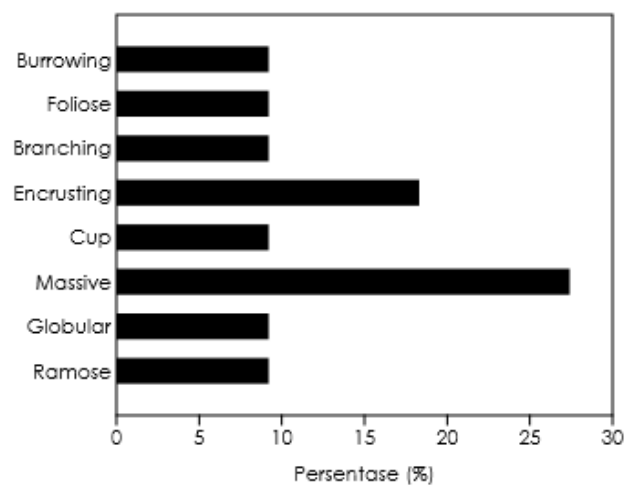
Struktur (berdasarkan ordo) spons yang ditemukan dari perairan Manokwari (Gambar 3) menunjukkan ordo Haplosclerida mempunyai jumlah spesies tertinggi (4 spesies), diikuti oleh masing-masing Verongiida, dan Scopolinida (2 spesies). Komposisi tertinggi ordo Haplosclerida juga ditemukan pada ekosistem terumbu karang Pulau Barranglompo (Haris *et al.*, 2019) dan di perairan Sabang (Aulia *et al.*, 2021). Ordo Haplosclerida memiliki sekitar 1341 spesies yang sudah

teridentifikasi secara global (Van soest *et al.*, 2012) dan dominasi ini terkait dengan habitatnya yang umumnya ditemukan pada ekosistem terumbu karang dangkal (Van soest dan Hooper, 2002; Pereira dan Raghunathan, 2018).

Di pulau Mansinam, ordo Haplosclerida menyumbang 50% dari jumlah spesies yang ditemukan, diikuti ordo Scopaniilidae sebesar 37.5%, dan ordo Clionaida sebesar 12.5%. Di pulau Nusmapi, ordo Verongiida memiliki persentase sebesar 90.9%, diikuti ordo Haplosclerida (5.2%), dan yang terendah ordo Homoscleromorpha (1.3%). Di pulau Kaki, ordo Scopaniilida menyumbang 55.6% dari jumlah spesies yang ditemukan, diikuti ordo Haplosclerida (22.2%), dan masing-masing 11.1% untuk ordo Dictyoceratida dan Verongiida (Tabel 2).



**Gambar 3.** Struktur spons berdasarkan ordo



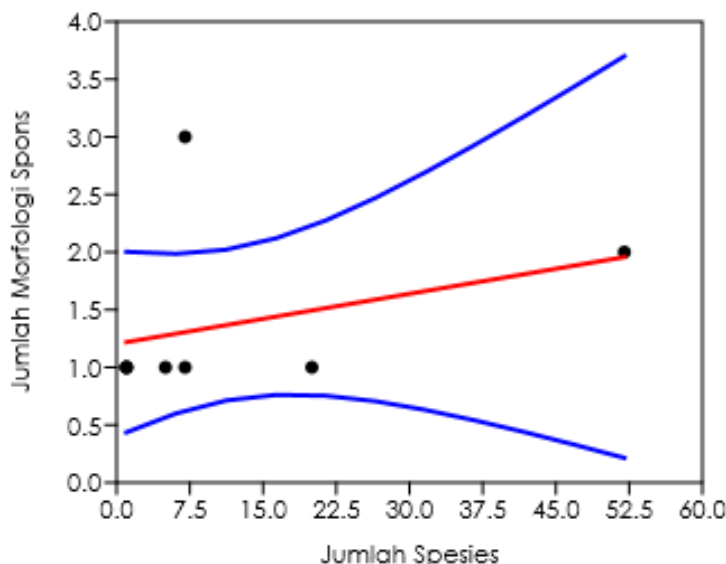
**Gambar 4.** Persentase morfologi spons di Manokwari

### Keanekaragaman antar lokasi

Hasil analisis menunjukkan tidak ada hubungan signifikan antara jumlah spesies spons dengan bentuk morfologi ( $R^2 = 0.115$ ,  $P = 0.411$ , Gambar 5). Dengan kata lain, bentuk morfologi spons tidak mempengaruhi keragaman spesies spons pada masing-masing lokasi. Adaptasi bentuk morfologi spons lebih berhubungan untuk kelangsungan hidup spons di habitat dan lingkungan tertentu. Variasi morfologi spons sangat bervariasi antar spesies dan genus yang berbeda, dan bahkan spesies yang sama, yang merupakan respon terhadap faktor lingkungan (misalnya: hidrodinamika, cahaya, dan kekeruhan; van Soest *et al.*, 2012). Dalam kondisi arus kuat, banyak spesies spons menunjukkan jumlah terbatas bentuk morfologi yang sebagian besar didominasi bentuk massif dan encrusting (Bell *et al.*, 2002). Di sisi lain, bentuk branching dan tubular lebih adaptif untuk lingkungan dengan tingkat kekeruhan tinggi (Chappell *et al.*, 1980; Bell *et al.*, 2002). Sebaliknya, keragaman spons lebih dipengaruhi oleh kondisi tutupan karang. Beberapa penelitian telah menunjukkan berbagai hubungan antara kondisi terumbu karang dengan keragaman spesies spons. Di Kepulauan Seribu, kondisi terumbu karang berkorelasi positif dengan keragaman spons (de Voogd dan Cleary, 2008); di Sabang (Aulia *et al.*, 2021); dan di Selat Lembeh (Hadi *et al.*, 2015).

**Tabel 2.** Komposisi spons berdasarkan ordo di lokasi pengamatan yang berbeda

Ordo	Lokasi		
	Pulau Mansinam	Pulau Nusmapi	Pulau Kaki
Haplosclerida	4 (50%)	4 (5.2%)	2 (22.2%)
Scoplanilida	3 (37.5%)	2 (2.6%)	5 (55.6%)
Clionaida	1 (12.5%)	-	-
Verongiida	-	70 (90.9%)	1 (11.1%)
Dictyoceratida	-	-	1 (11.1%)
Homoscleromorpha	-	1 (1.3%)	-
Total	8	77	9



**Gambar 5.** Hubungan antara jumlah spesies spons dengan bentuk morfologi; korelasi signifikan pada ( $p < 0.05$ ). Scatter plot menunjukkan garis regresi linier, titik hitam mewakili data dari tiap stasiun, garis merah menunjukkan regresi linier, dan garis biru menunjukkan interval kepercayaan pada selang 95%.

**Tabel 3.** Indeks keanekaragaman univariate spons dari lokasi yang berbeda

Lokasi	S	N	d	J'	H' (log2)	1-Lambda'
Nusmapi	6	77	0.492	0.437	0.965	0.508
Mansinam	3	8	0.406	0.883	0.974	0.954
Kaki	5	9	0.358	0.736	1.303	0.642

S= total spesies; N= total individu; d= Indeks dominansi; J'= indeks kemerataan Pielou's evenness; H'= Indeks Shannon; 1-Lambda'= Indeks Simpson

Hasil analisis Indeks keanekaragaman jenis ditampilkan pada Tabel 3. Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H') berkisar antara 0.965 – 1.303, dimana nilai tertinggi ditemukan di Pulau Kaki. Keanekaragaman yang tinggi merupakan indikator dari kestabilan suatu komunitas spons. Sementara, untuk nilai indeks kemerataan (J') berkisar antara 0.437 – 0.883, dimana di Pulau Nusmapi menunjukkan nilai terendah yang mengindikasikan bahwa distribusi spons tidak merata.

Pembentukan baseline keanekaragaman hayati laut termasuk spons sangat penting untuk perumusan kebijakan konservasi dan pengelolaan di masa depan. Untuk melindungi keanekaragaman hayati spons lokal dari penurunan, penilaian kapasitas dan dampak lingkungan dari berbagai kegiatan dan pemantauan jangka panjang. Interaksi spesifik antara karang dengan spons perlu dipantau secara berkala untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang interaksi jangka panjang antara komunitas bentik.

## KESIMPULAN

Keragaman jenis spons di perairan Manokwari lebih rendah daripada yang ditemukan di daerah lain di Indonesia timur, sebanyak 11 spesies spons yang berasal dari 8 genera dan 6 ordo teridentifikasi. Bentuk morfologi massive (27.3%) dan encrusting (18.82%) mendominasi komunitas spons di Manokwari. Keanekaragaman tertinggi ditemukan di pulau Kaki (H'=1.303) sementara distribusi spons di pulau Nusmapi ditemukan tidak merata (J'=0.437). Hasil kami menemukan tidak ada hubungan signifikan antara keanekaragaman spesies spons dengan bentuk morfologi (lifeform).

## DAFTAR PUSTAKA

- Adiguna, R., Haris, A., & La Nafie, Y.A. (2021). Biodiversitas dan Densitas Spons Berdasarkan Zona Terumbu Karang di Pulau Barranglombo. *Prosiding Simposium Nasional Kelautan dan Perikanan*, (8), 69-80
- Aerts, L.A.M. (1998). Sponge/coral interactions in Caribbean reefs: analysis of overgrowth patterns in relation to species identity and cover. *Marine Ecology Progress Series*, 175, 241-249. doi: 10.3354/meps175241
- Allchurch, A., Mehrotra, R., Carmody, H., Monchanin, C., & Scott, C.M. (2022). Competition and epibiosis by the sponge *Pseudoceratina purpurea* (Carter, 1880) on scleractinian corals at a tourism hotspot in the Gulf of Thailand. *Regional Studies in Marine Science*, 49, p.102131. doi: 10.1016/j.rsma.2021.102131
- Allen, G.R., & Erdmann, M.V. (2009). Reef fishes of the bird's head peninsula, West Papua, Indonesia. *Check list*, 5(3), 587-628. doi: 10.15560/5.3.587
- Al-Zibdah, M.K., Damhoureyeh, S.A., & Badran, M.I. (2007). Temporal variations in coral reef health at a coastal industrial site on the Gulf of Aqaba, Red Sea. *Oceanologia*, 49(4), 565-578
- Aulia, E.D., Hadi, T.A., & Utama, R.S. (2021). Sponge community (Porifera) in coral reef ecosystem in Sabang, Aceh Province, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(6), 3394-3402. doi: 10.13057/biodiv/d220647
- Beazley, L.I., Kenchington, E.L., Murillo, F.J., & Sacau, M.D.M. (2013). Deep-sea sponge grounds enhance diversity and abundance of epibenthic megafauna in the Northwest Atlantic. *ICES Journal of Marine Science*, 70(7), 1471-1490. doi: 10.1093/icesjms/fst124



- Bell, J.J. (2007). Contrasting patterns of species and functional composition of coral reef sponge assemblages. *Marine Ecology Progress Series*, 339, 73-81. doi:10.3354/meps339073
- Bell, J.J., & Barnes, D.K. (2000). A sponge diversity centre within a marine 'island'. In *Island, Ocean and Deep-Sea Biology* (pp. 55-64). Springer, Dordrecht. doi: 10.1007/978-94-017-1982-7\_6
- Bell, J.J., & Smith, D. (2004). Ecology of sponge assemblages (Porifera) in the Wakatobi region, south-east Sulawesi, Indonesia: richness and abundance. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 84(3), 581-591. doi: 10.1017/S0025315404009580h
- Bell, J.J., McGrath, E., Biggerstaff, A., Bates, T., Cárdenas, C.A., & Bennett, H. (2015). Global conservation status of sponges. *Conservation Biology*, 29(1), 42-53. doi: 10.1111/cobi.12447
- Bell, J., Barnes, D., & Turner, J. (2002). The importance of micro and macro morphological variation in the adaptation of a sublittoral demosponge to current extremes. *Marine Biology*, 140(1), 75-81. doi: 10.1007/s002270100665
- Bell, J.J., Berman, J., Jones, T. & Hepburn, L.J. (2010). Variability in the spatial association patterns of sponge assemblages in response to environmental heterogeneity. *Marine biology*, 157(11), 2503–2509. doi: 10.1007/s00227-010-1514-5
- Calcinai, B., Bastari, A., Makapedua, D.M., & Cerrano, C. (2017). Mangrove sponges from Bangka Island (North Sulawesi, Indonesia) with the description of a new species. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 97(6), 1417-1422. doi: 10.1017/S0025315416000710
- Carter E. (2018). State of the sea: Indonesia, volume one: an overview of Marine resource management for small-scale fisheries and critical Marine habitats in Indonesia. Jakarta: Ministry of Marine Affairs and Fisheries (MMAF), Republic of Indonesia and USAID Sustainable Project, Ecosystems Advanced (SEA).
- Chappell, J. (1980). Coral morphology, diversity and reef growth. *Nature*, 286(5770), 249-252. doi: 10.1038/286249a0
- Cleary, D.F.R., Polónia, A.R.M., Becking, L.E., de Voogd, N.J., Gomes, H., & Gomes, N.C.M. (2018). Compositional analysis of bacterial communities in seawater, sediment, and sponges in the Misool coral reef system, Indonesia. *Marine Biodiversity*, 48(4), 1889-1901. doi: 10.1007/s12526-017-0697-0
- de Goeij, J.M., Van Oevelen, D., Vermeij, M.J., Osinga, R., Middelburg, J.J., de Goeij, A.F., & Admiraal, W. (2013). Surviving in a marine desert: the sponge loop retains resources within coral reefs. *Science*, 342(6154), 108-110. doi: 10.1126/science.1241981.
- de Voogd, N.J., & Cleary, D.F. (2008). An analysis of sponge diversity and distribution at three taxonomic levels in the Thousand Islands/Jakarta Bay reef complex, West-Java, Indonesia. *Marine Ecology*, 29(2), 205-215. doi: 10.1111/j.1439-0485.2008.00238.x
- de Voogd, N.J., Becking, L.E., & Cleary, D.F. (2009). Sponge community composition in the Derawan islands, NE Kalimantan, Indonesia. *Marine ecology progress series*, 396, 169-180. doi: 10.3354/meps08349
- de Voogd, N.J., Cleary, D.F., Hoeksema, B.W., Noor, A., & van Soest, R.W. (2006). Sponge beta diversity in the Spermonde archipelago, SW Sulawesi, Indonesia. *Marine Ecology Progress Series*, 309, 131-142. doi: 10.3354/meps309131
- Duckworth, A.R. (2015). Substrate type affects the abundance and size of a coral-reef sponge between depths. *Marine and Freshwater Research*, 67(2), 246-255. doi: 10.1071/MF14308
- Ebada, S.S., Linh, M.H., Longeon, A., de Voogd, N.J., Durieu, E., Meijer, L., Bourguet-Kondracki, M.L., Singab, A.N.B., Müller, W.E. & Proksch, P. (2015). Dispacamide E and other bioactive bromopyrrole alkaloids from two Indonesian marine sponges of the genus *Stylissa*. *Natural Product Research*, 29(3), 231-238. doi: 10.1080/14786419.2014.947496
- Ekins, M., Debitus, C., Erpenbeck, D., & Hooper, J.N. (2018). A new species of the sponge *Raspailia* (*Raspaxilla*) (Porifera: Demospongiae: Axinellida: Raspailiidae) from deep seamounts of the Western Pacific. *Zootaxa*, 4410(2), 379-386. doi: 10.11646/zootaxa.4410.2.7
- Fortunato, H.F., De Paula, T.S., Esteves, E.L., Muricy, G., & Lôbo-Hajdu, G. (2020). Biodiversity and structure of marine sponge assemblages around a subtropical island. *Hydrobiologia*, 847(5), 1281-1299. doi: 10.1007/s10750-020-04183-4.
- Fromont, J., Abdul Wahab, M.A., Gomez, O., Ekins, M., Grol, M., & Hooper, J.N.A. (2016). Patterns of sponge biodiversity in the Pilbara, Northwestern Australia. *Diversity*, 8(4), p.21. doi: 10.3390/d8040021.

- Gilliam, D.S., Walker, B.K., Saelens, S.J., Fahy, D.P., & Kosmynin, V.N. (2008). Recovery of injured giant barrel sponges, *Xestospongia muta*, offshore southeast Florida.
- Habibie, M.N., Permana, D.S., & Suratno, S. (2013). Simulasi gelombang ekstrim akibat swell di Indonesia menggunakan model Wavewatch-III. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 14(2), 99-108. doi: 10.31172/jmg.v14i2.159
- Hadi, T. A., Budiyanto, A., & Wentao, N. (2015). The morphological and species diversity of sponges on coral reef ecosystems in the Lembah Strait, Bitung. *Marine Research in Indonesia*, 40(2), 65-77. doi: 10.14203/mri.v40i2.45
- Hadi, T. A., Hafizt, M., Hadiyanto, H., Budiyanto, A., & Siringoringo, R.M. (2018). Shallow water sponges along the south coast of Java, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 19(2), 485-493. doi: 10.13057/biodiv/d190223
- Haris, A., Nurafni, D.N.L., & Hasania, M. (2019). Keanekaragaman dan Komposisi Jenis Sponge (Porifera: Demospongiae) di Reef Flat Pulau Barranglompo. *Journal of Fisheries and Marine Science*, 3(1), 26-36. doi: 10.35911/torani.v3i1.11362
- Haris, A., Werorilangi, S., Gosalam, S., & Masâ, A. (2014). Komposisi Jenis dan Kepadatan Sponge (Porifera: Demospongiae) di Kepulauan Spermonde Kota Makassar. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 19(1), 36-42. doi: 10.24002/biota.v19i1.453
- Hooper, J.N. (2000). Sponguide: guide to sponge collection and identification. Queensland museum.
- Hooper, J.N., Kennedy, J.A., & Quinn, R.J. (2002). Biodiversity 'hotspots', patterns of richness and endemism, and taxonomic affinities of tropical Australian sponges (Porifera). *Biodiversity & Conservation*, 11(5), 851-885. doi: 10.1023/A:1015370312077
- Keesing, J.K., Strzelecki, J., Fromont, J., & Thomson, D. (2013). Sponges as important sources of nitrate on an oligotrophic continental shelf. *Limnology and oceanography*, 58(6), 1947-1958. doi: 10.4319/lo.2013.58.6.1947
- Kelly, M., & Herr, B. (2015). Splendid sponges: a guide to the sponges of New Zealand. NIWA.
- Khoshkhoo, Z., Nazemi, M., Motalebi, A., Mahdabi, M., Ardalan, A.A., & Hemati Matin, R. (2012). First record of siliceous and calcareous sponges from Larak Island, Persian Gulf-Iran. *Middle-East J. Sci. Res*, 11(7), 887-893.
- Kolibongso, D. (2020). Water masses characteristics at the western Pasific equator on August 2018. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 4(1), 43-52. doi: 10.46252/jsai-fpik-unipa.2020.Vol.4.No.1.77
- Lim, S.C., de Voogd, N.J., & Tan, K.S. (2012). Biodiversity of shallow-water sponges (Porifera) in Singapore and description of a new species of *Forcepia* (Poecilosclerida: Coelosphaeridae). *Contributions to Zoology*, 81(1), 55-71.
- Longo, C., Cardone, F., Pierri, C., Mercurio, M., Mucciolo, S., Marzano, C.N., & Corriero, G. (2018). Sponges associated with coralligenous formations along the Apulian coasts. *Marine Biodiversity*, 48(4), 2151-2163. doi: 10.1007/s12526-017-0744-x
- López-Victoria, M., & Zea, S. (2005). Current trends of space occupation by encrusting excavating sponges on Colombian coral reefs. *Marine Ecology*, 26(1), 33-41. doi: 10.1111/j.1439-0485.2005.00036.x
- Madin, J.S., Baird, A.H., Bridge, T.C., Connolly, S.R., Zawada, K.J., & Dornelas, M. (2018). Cumulative effects of cyclones and bleaching on coral cover and species richness at Lizard Island. *Marine Ecology Progress Series*, 604, 263-268. doi: 10.3354/meps12735
- Makowski, C., & Keyes, P. (2011). Using the benthic ecological assessment for marginal reefs (BEAMR) method to quantify nearshore reef conditions in the southeast Gulf of Mexico. *Journal of Coastal Research*, 27(3), 428-440. doi: 10.2112/JCOASTRES-D-10-00074.1
- Maldonado, M., Ribes, M., & van Duyl, F.C. (2012). Nutrient fluxes through sponges: biology, budgets, and ecological implications. *Advances in marine biology*, 62, 113-182. doi: 10.1016/B978-0-12-394283-8.00003-5
- Mangubhai, S., Erdmann, M.V., Wilson, J.R., Huffard, C.L., Ballamu, F., Hidayat, N.I., Hitipeuw, C., Lazuardi, M.E., Pada, D., Purba, G. & Rotinsulu, C. (2012). Papuan Bird's Head Seascape: Emerging threats and challenges in the global center of marine biodiversity. *Marine pollution Bulletin*, 64(11), 2279-2295. doi: 10.1016/j.marpolbul.2012.07.024
- Mirams, A.G.K., Trembl, E.A., Shields, J.L., Liggins, L., & Riginos, C. (2011). Vicariance and dispersal across an intermittent barrier: population genetic structure of marine animals across the Torres Strait land bridge. *Coral Reefs*, 30(4), 937-949. doi: 10.1007/s00338-011-0767-x

- Peck, M., Tapilatu, R.F., Kurniati, E., & Rosado, C. (2021). Rapid coral reef assessment using 3D modelling and acoustics: acoustic indices correlate to fish abundance, diversity and environmental indicators in West Papua, Indonesia. *PeerJ*, 9, e10761. doi: 10.7717/peerj.10761
- Pereira, P., & Raghunathan, C. (2018). Diversity of Sponges in Marine Protected Areas of North Andaman, India. *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences*, 34(2), 361-372. doi: 10.1007/s41208-018-0073-2
- Pitcher, C.R., Ellis, N., Venables, W.N., Wassenberg, T.J., Burridge, C.Y., Smith, G.P., Browne, M., Pantus, F., Poiner, I.R., Doherty, P.J. & Hooper, J.N., (2016). Effects of trawling on sessile megabenthos in the Great Barrier Reef and evaluation of the efficacy of management strategies. *ICES Journal of Marine Science*, 73(suppl\_1), i115-i126. doi: 10.1093/icesjms/fsv055
- Przeslawski, R., Alvarez, B., Kool, J., Bridge, T., Caley, M. J., & Nichol, S. (2015). Implications of sponge biodiversity patterns for the management of a marine reserve in northern Australia. *PLoS One*, 10(11), e0141813. doi: 10.1371/journal.pone.0141813
- Razak, T.B., Boström-Einarsson, L., Alisa, C.A.G., Vida, R.T., & Lamont, T.A. (2022). Coral reef restoration in Indonesia: A review of policies and projects. *Marine Policy*, 137, 104940. doi: 10.1016/j.marpol.2021.104940
- Rohde, S., Gochfeld, D.J., Ankisetty, S., Avula, B., Schupp, P.J., & Slattery, M. (2012). Spatial variability in secondary metabolites of the Indo-Pacific sponge *Stylissa massa*. *Journal of chemical ecology*, 38(5), 463-475. doi: 10.1007/s10886-012-0124-8
- Saleuddin, A.M., & Fenton, M.B. (2006). Biology of neglected groups: Porifera (sponges). *Canadian journal of zoology*, 84(2). doi: 10.1139/z06-900
- Schönberg, C.H.L. (2016). Happy relationships between marine sponges and sediments—a review and some observations from Australia. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 96(2), 493-514. doi: 10.1017/S0025315415001411
- Sorokin, S., Fromont, J., & Currie, D. (2007). Demosponge biodiversity in the benthic protection zone of the Great Australian Bight. *Transactions of the Royal Society of South Australia*, 131(2), 192-204. doi: 10.1080/03721426.2007.10887083
- Utami, R.T., Zamani, N.P., & Madduppa, H.H. (2018). Molecular identification, abundance and distribution of the coral-killing sponge *Terpios hoshinota* in Bengkulu and Seribu Islands, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 19(6), 2238-2246. doi: 10.13057/biodiv/d190632
- Van Soest, R.W., & Hooper, J.N. (2002). Order Haplosclerida Topsent, 1928. In: *Systema Porifera*. Springer, Boston, MA. doi: 10.1007/978-1-4615-0747-5\_88
- Van Soest, R., Boury-Esnault, N., Hooper, J., Rützler, K., De Voogd, N., Alvarez, D.E. & Glasby, B., (2015). World porifera database. *The World Register of Marine Species (WoRMS)*. Available online: <http://www.marinespecies.org/porifera> (accessed on 25 October 2021).
- Van Soest, R.W., Boury-Esnault, N., Vacelet, J., Dohrmann, M., Erpenbeck, D., De Voogd, N.J., Santodomingo, N., Vanhoorne, B., Kelly, M. & Hooper, J.N., (2012). Global diversity of sponges (Porifera). *PLoS one*, 7(4), e35105. doi: 10.1371/journal.pone.0035105
- Villamizar, E., Díaz, M.C., Rützler, K., & De Nóbrega, R. (2014). Biodiversity, ecological structure, and change in the sponge community of different geomorphological zones of the barrier fore reef at Carrie Bow Cay, Belize. *Marine Ecology*, 35(4), 425-435. doi: 10.1111/maec.12099
- Vinod, K., George, R.M., Thomas, P.A., Manisseri, M.K., & Shylaja, G. (2014). Diversity and distribution of shallow water sponges (Porifera) in the coastal waters from Enayam to Kollam, south-west coast of India. *Indian Journal of Fisheries*, 61(3), 52-57.
- Wulff, J. (2010). Regeneration of sponges in ecological context: is regeneration an integral part of life history and morphological strategies? *Integrative and comparative biology*, 50(4), 494-505. doi: 10.1093/icb/icq100
- Wulff, J. (2012). Ecological interactions and the distribution, abundance, and diversity of sponges. *Advances in Marine Biology*, 61, 273-344. doi: 10.1016/B978-0-12-387787-1.00003-9
- Wulff, J. (2017). Bottom-up and top-down controls on coral reef sponges: disentangling within-habitat and between-habitat processes. *Ecology*, 98(4), 1130-1139. doi: 10.1002/ecy.1754