

RESPON STRES PADA SPONS DAN POTENSI APLIKASINYA SEBAGAI BIOMONITOR POLUTAN PADA EKOSISTEM TERUMBU KARANG

Ariyanti Suhita Dewi¹⁾

ABSTRAK

Spons adalah hewan invertebrata sesil yang termasuk dalam golongan metazoan primitif dan sederhana. Mobilitasnya yang rendah menyebabkan spons mempunyai kemampuan beradaptasi yang tinggi terhadap perubahan lingkungan. Sebagai *filter feeder*, spons mengakumulasi polutan dari lingkungannya. Oleh karena itu, spons dapat dimanfaatkan sebagai alat untuk mendeteksi polusi logam berat dan limbah kimiawi yang bersifat *non-biodegradable*. Secara ekologis, masing-masing spesies spons menunjukkan tingkat ketahanan yang berbeda terhadap gangguan. Pengamatan terhadap struktur komunitas spons yang meliputi diversitas jenis dan kelimpahan dapat memberikan informasi mengenai integritas biologis pada ekosistem setempat. Deteksi stres lingkungan pada tingkat molekuler juga dapat dilakukan dengan mengamati ekspresi protein indikator stres yaitu *Heat Shock Protein (HSP) 70* sebagai *biomarker* pada spons. Respon spons yang sensitif dan beragam terhadap stres lingkungan menjadikan spons sebagai bioindikator yang potensial untuk diaplikasikan dalam program biomonitoring ekosistem terumbu karang.

ABSTRACT: *Stress response in sponges and their potential applications to biomonitor stressors in coral reef ecosystem. By: Ariyanti Suhita Dewi*

Sponges are sessile invertebrates that belong to the class of primitive and simple metazoans. Slow mobility causing sponges to develop a high adaptability toward environmental changes. As filter feeder, sponges bioaccumulate pollutants from their surroundings. Therefore, they can be used as tools to detect heavy metals pollutions and non-biodegradable chemical wastes. Ecologically, every sponge species demonstrates different level of resiliency toward disturbances. Observation on their community structures, including species diversity, richness and abundance, provides information on the biological integrity of their inhabited ecosystem. Detection of environmental stress also can be conducted by measuring the expression of stress indicator protein such as Heat Shock Protein (HSP) 70 as biomarker in sponges. These sensitive and diverse stress responses make sponges as potential bioindicators for biomonitoring program of coral reef ecosystem.

KEYWORDS: *stress response, sponges, biomonitor, coral reefs*

PENDAHULUAN

Terumbu karang telah dieksploitasi manusia sebagai sumber makanan, pariwisata, produk farmasi, dan produk lainnya selama ribuan tahun. Dewasa ini, terumbu karang bahkan mulai banyak digunakan untuk keperluan medis karena potensinya sebagai "ladang" penghasil metabolit sekunder yang bermanfaat sebagai obat (Hodgson, 1999). Sayangnya, meskipun telah mendatangkan banyak kegunaan, terumbu karang justru terus didera tekanan (stres) lingkungan yang tidak hanya disebabkan oleh peristiwa alam, akan tetapi juga oleh aktivitas manusia (stresor antropogenik).

Terminologi stres secara umum didefinisikan sebagai respon suatu kesatuan biologis (individu, populasi, komunitas, dan sebagainya) terhadap suatu gangguan/tekanan. Stresor secara umum dibagi menjadi dua, yaitu stresor akut dan stresor kronis. Stresor akut adalah stresor yang terjadi dalam jangka

waktu yang relatif pendek namun memberikan dampak jangka panjang yang signifikan, misalnya: tumpahan minyak, *Harmful Algal Blooms (HAB)*, dan perubahan iklim. Sementara, stresor kronis adalah stresor yang terjadi dengan level rendah namun kontinyu dalam jangka panjang, misalnya polusi nutrisi, logam berat, pestisida, cat *antifouling*, aktivitas perikanan, dan eksplorasi (Crowe *et al.*, 2000).

Sebagai bagian dari upaya penanganan kerusakan serta menjamin kesinambungan ekosistem terumbu karang dalam jangka panjang, maka perlu dilakukan monitoring kualitas lingkungan perairan secara kontinyu. Hal ini dapat dilakukan melalui pemanfaatan spons (laut dan air tawar) sebagai biomonitor polutan berdasarkan responsnya terhadap stres di lingkungan habitatnya.

Dalam ulasan ini, penulis akan membahas sejumlah literatur yang melaporkan potensi dan efektivitas spons sebagai biomonitor polutan pada ekosistem terumbu karang.

¹⁾ Peneliti pada Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan; Email:ariyantisd@gmail.com

POTENSI APLIKASI SPONS SEBAGAI BIOMONITOR POLUTAN

Menurut Roberts *et al.* (2002), 58% terumbu karang di dunia terancam rusak akibat aktivitas manusia. Polusi antropogenik umumnya berasal dari pengembangan wilayah pesisir, sedimentasi, buangan rumah tangga, nutrifikasi, penambangan koral, eutrofikasi, dan *overfishing* (Carpenter *et al.*, 2008).

Dampak dari polusi ini sangat beragam dan disajikan secara ringkas dalam Tabel 1 (Crowe *et al.*, 2000).

Fenomena degradasi terumbu karang akibat ulah manusia menuntut dilakukannya penanganan yang serius untuk memitigasi dampak destruktif dari polutan dan menghindari terjadinya kerusakan terumbu karang secara permanen. Untuk itu, diperlukan suatu program monitoring terintegrasi yang dapat mendeteksi

Tabel 1. Efek stresor antropogenik terhadap ekosistem terumbu karang

Jenis stres	Dampak	Negara
Polusi nutrisi		
Buangan rumah tangga	Pergantian alga coklat dengan alga biru-hijau Penurunan diversitas terumbu karang	AS
Buangan rumah tangga	Migrasi kerang, digantikan oleh alga Penurunan densitas dan kecepatan tumbuh	Argentina
Hidrokarbon		
Kilang minyak	Penurunan densitas dan kecepatan tumbuh moluska	Karibia
Logam berat		
Tambang tembaga	Kumpulan teritip digantikan oleh alga hijau yang tahan tembaga	Chile
Cat antifouling		
Tributilin (TBT)	Imposex* pada gastropoda stenoglossan Hilangnya spesies siput laut karnivora	Seluruh dunia Eropa
Polusi termal		
Pembangkit tenaga listrik	Mortalitas makroalga Pergantian spesies teritip Penurunan diversitas alga coklat	AS Inggris Inggris
Pemanenan		
Kerang	Tidak ada efek terhadap kelimpahan Penurunan ukuran dan kelimpahan Hilangnya kumpulan kerang atau digantikan oleh alga koral <i>Gelidium</i> atau teritip	Afrika Selatan Afrika Selatan Afrika Selatan
Moluska	Penurunan ukuran dan kelimpahan	Australia
Gastropoda	Pertumbuhan makroalga	Chile dan AS
Makroalga	Penurunan ukuran dan kelimpahan Peningkatan akses gastropoda, rendahnya rekolonisasi alga, jika tidak ada gastropoda, terjadi invasi alga oportunistik;	Chile dan AS Chile dan Afsel
Aktivitas pariwisata		
	Penurunan kelimpahan teritip dan kerang Penurunan kelimpahan makroalga dan spesies lainnya Peningkatan area kosong Peningkatan area kosong; tumbuhnya spesies oportunistik	AS Inggris dan Australia Australia Inggris dan Australia
Aklimatisasi spesies baru		
<i>Littorina littorea</i>	Perubahan struktur komunitas	AS
<i>Undaria pinnatifida</i>	Pergantian dominasi makroalga; perubahan struktur komunitas	Perancis, Australia, AS

* Imposex: pembentukan organ seksual yang berbeda dengan aslinya, umumnya terjadi pada siput.
Sumber: Crowe *et al.*, 2000.

terjadinya degradasi kualitas dan integritas biologis ekosistem laut secara dini (Linton & Warner, 2003).

Suatu program monitoring memerlukan indikator lingkungan yang dapat memberikan informasi mengenai level atau kondisi suatu ekosistem. Secara umum, indikator lingkungan didefinisikan sebagai parameter atau nilai yang dihasilkan dari suatu pengukuran yang dapat memberikan informasi mengenai kondisi lingkungan. Secara khusus, bioindikator merupakan spesies biologis atau grup spesies yang fungsi, populasi, dan statusnya dapat memberikan informasi kualitatif untuk menentukan integritas ekosistem/lingkungan. Informasi yang diperoleh dari suatu bioindikator dapat berupa perubahan fisiologis, kimiawi dan/atau perilaku. Sedangkan biomonitor merupakan organisme yang dapat memberikan informasi kuantitatif berupa data intensitas dan jumlah yang mengindikasikan adanya gangguan kualitas ekosistem/lingkungan (Smith & Hughes, 2008). Kondisi lingkungan juga dapat diukur dengan menggunakan *biomarker*, yaitu indikator yang dapat memberikan informasi mengenai perubahan biokimia, fisiologi, dan histokimia pada organisme akibat paparan xenobiotik (senyawa beracun) (Schröder *et al.*, 2006).

Justifikasi penggunaan bioindikator dalam program monitoring lingkungan didasarkan pada 3 hal, yaitu kemampuannya untuk mengkaji polutan yang *bioavailable*; mendeteksi adanya efek biologis pada level kontaminan di bawah batas deteksi kimia analisis; serta mengkaji hubungan antagonistik aditif dan sinergistik antar polutan yang dapat memberikan informasi mengenai tipe kombinasi dari dampak polusi yang mengancam keberlangsungan terumbu karang (Jameson *et al.*, 1998).

Penggunaan karakteristik bioakumulasi pada spons untuk mendeteksi polutan yang bersifat persisten

Spons merupakan invertebrata sesil yang telah hidup sejak jaman *Precambrian* 700 juta tahun yang lalu dan merupakan organisme pembentuk karang pada masa *Palaeozoic* dan *Mesozoic*. Spons dapat hidup pada habitat air tawar maupun air laut serta tersebar mulai dari habitat iklim dingin Antartika hingga iklim tropis. Meskipun diklasifikasikan sebagai metazoan primitif dan sederhana, spons mempunyai sistem seluler yang canggih, proses reproduksi dan perkembangan yang kompleks, perilaku *feeding* yang beragam, kemampuan memproduksi metabolit sekunder dengan jalur biosintesis yang rumit, serta memiliki jaringan komunikasi seluler dan hubungan simbiosis yang erat dengan organisme lain (Webster, 2007).

Telah banyak penelitian yang melaporkan penggunaan respon stres dari spons sebagai bioindikator dan biomonitor kualitas perairan, beberapa di antaranya dapat dilihat pada Tabel 2. Berikut ini, akan diulas mengenai penggunaan spons sebagai alat deteksi pencemaran berdasarkan sifatnya sebagai bioakumulasi, struktur komunitas, dan ekspresi protein pengindikasi stres.

Logam berat dan buangan kimia yang bersifat *non-biodegradable* seperti senyawa organoklorin (limbah pestisida), organotin (limbah cat *antifouling*), dan hidrokarbon polisiklikaromatis (limbah minyak dan gas) merupakan jenis-jenis kontaminan yang bersifat persisten dalam lingkungan perairan (Smith & Hughes, 2008). Keberadaan kontaminan tersebut apabila melebihi ambang batas dapat bersifat toksik terhadap organisme laut dan berdampak buruk terhadap kualitas ekosistem (Goh, 2008).

Bioakumulasi polutan yang bersifat persisten dapat dikaji secara kuantitatif dengan menggunakan spons sebagai biomonitor. Hal ini didasarkan pada kemampuan spons sebagai *filter feeder* yang dapat menyaring air sebanyak 100-1200 mL per jam setiap gramnya. Dilaporkan pula bahwa komunitas spons dapat hidup pada tempat yang sama dan mengakumulasi polutan dalam jangka waktu yang lama (Rao *et al.*, 2008). Karakter ini sangat bermanfaat karena spons dapat menyediakan informasi sinyal stres yang terpadu selama periode waktu tertentu. Oleh karenanya, spons kini dikembangkan sebagai biomonitor pencemaran logam berat melalui "*sponge watch program*" untuk menggantikan "*mussel watch program*" (Olesen & Weeks, 1994).

Penelitian terhadap spons sebagai bioindikator pencemaran logam berat cukup beragam, di antaranya penelitian terhadap polutan timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada spons *Crambe crambe* (Cebrian *et al.*, 2003), *Phorbas tenacior* dan *Dysidea avara* (Cebrian *et al.*, 2007); cadmium (Cd) pada *Halichondria panicea* (Olesen & Weeks, 1994); dan arsen (As), besi (Fe), mangan (Mn) serta nikel (Ni) pada *Haliclona tenuiremosa* (Rao *et al.*, 2008). Penelitian lain juga melaporkan pengamatan spons untuk mendeteksi *polychlorinated biphenyls* (PCB) dari limbah industri (Perez *et al.*, 2003) dan limbah *polycyclic aromatic hydrocarbons* (PAH) yang berasal dari aerosol (Glyzina *et al.*, 2002).

Jameson *et al.* (1998) menyatakan bahwa spesies koral yang berbeda pada lokasi yang sama menunjukkan kecepatan penyerapan polutan yang berbeda pula. Hal ini menunjukkan bahwa metabolisme koral bekerja secara aktif terhadap penyerapan polutan, dan bukan pasif seperti yang

Tabel 2. Jenis-jenis spons yang potensial untuk dikembangkan sebagai bioindikator dan/atau biomonitor (dari berbagai sumber)

Jenis spons	Jenis polutan antropogenik	Bioindikator/biomarker	Referensi
<i>Amphimedon viridis</i>	Buangan rumah tangga	Tidak spesifik	disadur dari Alcolado, 2007
<i>Aplysina cauliformis</i>	Sedimentasi dan gelombang	Tidak spesifik	disadur dari Alcolado, 2007
<i>Aplysina fistularis</i>	Polutan level rendah	Tidak spesifik	disadur dari Alcolado, 2007
<i>Aplysina fulva</i>	Gelombang kuat	Tidak spesifik	disadur dari Alcolado, 2007
	Tidak spesifik	Struktur komunitas	Diaz <i>et al.</i> , 2004
	Tidak spesifik	Struktur komunitas	Gochfeld <i>et al.</i> , 2007
<i>Axynella polipoides</i>	Perubahan suhu	Ekspresi sinyal	Zocchi <i>et al.</i> , 2001
<i>Baikalospongia intermedia</i>	Logam berat Pb dan Zn	<i>heat shock protein</i> (HSP) 70	Schröder <i>et al.</i> , 2006
<i>Callyspongia californica</i>	Sedimentasi	Struktur komunitas	Carballo, 2006
<i>Chlatria venosa</i>	Organik	Tidak spesifik	disadur dari Alcolado, 2007
	Tidak spesifik	Struktur komunitas	Diaz <i>et al.</i> , 2004
<i>Chondrilla nucula</i>	Tidak spesifik	Struktur komunitas	Gochfeld <i>et al.</i> , 2007
	Tidak spesifik	Struktur komunitas	Diaz <i>et al.</i> , 2004
<i>Chondrosia reniformis</i>	Logam berat Pb dan Cu	<i>heat shock protein</i> (HSP) 70	Cebrian <i>et al.</i> , 2006; Cebrian <i>et al.</i> , 2007a
<i>Cliona caribbaea</i>	Polutan level rendah	Tidak spesifik	disadur dari Alcolado, 2007
<i>Cliona celata</i>	Buangan rumah tangga	Taksonomi dan	Carballo <i>et al.</i> , 1994
	Organik dan anorganik	Struktur komunitas	Carballo <i>et al.</i> , 1996
<i>Cliona delitrix</i>	Buangan rumah tangga	Tidak spesifik	disadur dari Alcolado, 2007
<i>Cliona rhodensis</i>	Sedimentasi	Taksonomi dan	Carballo <i>et al.</i> , 1994
	Organik dan anorganik	Struktur komunitas	Carballo <i>et al.</i> , 1996
<i>Cliona schmidti</i>	Sedimentasi	Taksonomi dan	Carballo <i>et al.</i> , 1994
<i>Cliona sp.</i>	Sedimentasi	Struktur komunitas	Carballo, 2006
<i>Cliona vastifica</i>	Sedimentasi	Taksonomi dan	Carballo <i>et al.</i> , 1994
<i>Cliona vermifera</i>	Sedimentasi	Taksonomi dan	Carballo <i>et al.</i> , 1994
<i>Cliona vesparia</i>	Sedimentasi dan gelombang	Tidak spesifik	disadur dari Alcolado, 2007
<i>Cliona viridis</i>	Buangan rumah tangga	Taksonomi dan	Carballo <i>et al.</i> , 1994
	Organik dan anorganik	Struktur komunitas	Carballo <i>et al.</i> , 1996
<i>Crambe crambe</i>	Logam berat Pb dan Cu	Bioakumulasi	Cebrian <i>et al.</i> , 2003; Cebrian <i>et al.</i> , 2007a
<i>Crella elegans</i>	Organik dan anorganik	Struktur komunitas	Carballo <i>et al.</i> , 1996
<i>Dysidea avara</i>	Logam berat Pb dan Cu	Bioakumulasi	Cebrian <i>et al.</i> , 2007a
	Organik dan anorganik	Struktur komunitas	Carballo <i>et al.</i> , 1996
<i>Dysidea fragilis</i>	Organik dan anorganik	Struktur komunitas	Carballo <i>et al.</i> , 1996
<i>Geodia cydonium</i>	Perubahan suhu dan keasaman	<i>heat shock protein</i> (HSP) 70	Kozioł <i>et al.</i> , 1996
	PCB (<i>Polychlorinated biphenyls</i>)	<i>heat shock protein</i> (HSP) 70	Wiens <i>et al.</i> , 1998
	Deterjen	PLA2 (<i>phospholipase A2</i>)	Ugarkovic <i>et al.</i> , 1991
	Tidak spesifik	Ekspresi gen <i>ras</i> dan PKC (protein kinase C)	Ugarkovic <i>et al.</i> , 1990
<i>Geodia papyracea</i>	Tidak spesifik	Struktur komunitas	Diaz <i>et al.</i> , 2004
<i>Halichondria bowerbanki</i>	Organik dan anorganik	Struktur komunitas	Carballo <i>et al.</i> , 1996
<i>Halichondria panicea</i>	Logam berat Cd	Bioakumulasi	Olesen and Weeks, 1994
<i>Haliclona caerulea</i>	Sedimentasi	Struktur komunitas	Carballo, 2006
<i>Haliclona curacaoensis</i>	Tidak spesifik	Kelimpahan dan diversitas	Diaz <i>et al.</i> , 2004
<i>Haliclona impexiformis</i>	Tidak spesifik	Kelimpahan dan diversitas	Diaz <i>et al.</i> , 2004
<i>Haliclona manglaris</i>	Tidak spesifik	Kelimpahan dan diversitas	Diaz <i>et al.</i> , 2004
<i>Haliclona sp.</i>	Tidak spesifik	Salicylilhamide A	Abdo <i>et al.</i> , 2007
	Logam berat Cd dan Cu	Agregasi	Goh, 2008
<i>Haliclona tenuiremosa</i>	Logam berat As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni	Bioakumulasi	Rao <i>et al.</i> , 2008

Tabel 2. Jenis-jenis spons yang potensial untuk dikembangkan sebagai bioindikator dan/atau biomonitor (dari berbagai sumber) (lanjutan)

Jenis spons	Jenis polutan antropogenik	Bioindikator/biomarker	Referensi
<i>Hymeniacidon</i> sp.	Tidak spesifik	Struktur komunitas	Gochfeld <i>et al.</i> , 2007
<i>Hyrtilis proteus</i>	Tidak spesifik	Struktur komunitas	Diaz <i>et al.</i> , 2004
<i>Iotochrota birotulata</i> f. <i>muscifomis</i>	Organik	Tidak spesifik	disadur dari Alcolado, 2007
<i>Lubomirskia abietina</i>	Polychlorinated biphenyls (PCB)	heat shock protein (HSP) 70	Schröder <i>et al.</i> , 2006
<i>Lubomirskia baikalensis</i>	Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH)	Bioakumulasi	Glyzina <i>et al.</i> , 2002
<i>Lubomirskia fusifera</i>	Polychlorinated biphenyls (PCB)	heat shock protein (HSP) 70	Schröder <i>et al.</i> , 2006
<i>Microciona</i> sp.	Sedimentasi	Struktur komunitas	Carballo, 2006
<i>Mycale hentscheli</i>	Tidak spesifik	Variabilitas spasial dan temporal	Page <i>et al.</i> , 2005
<i>Mycale magniraphidiphera</i>	Tidak spesifik	Struktur komunitas	Diaz <i>et al.</i> , 2004
<i>Mycale micracanthoxea</i>	Organik dan anorganik	Struktur komunitas	Carballo <i>et al.</i> , 1996
<i>Mycale microsigmatosa</i>	Buangan rumah tangga	Tidak spesifik	disadur dari Alcolado, 2007
	Tidak spesifik	Struktur komunitas	Diaz <i>et al.</i> , 2004
<i>Mycale</i> sp.	Sedimentasi	Struktur komunitas	Carballo, 2006
<i>Niphates erecta</i>	Tidak spesifik	Struktur komunitas	Gochfeld <i>et al.</i> , 2007
<i>Oscarella lobularis</i>	Organik dan anorganik	Struktur komunitas	Carballo <i>et al.</i> , 1996
<i>Phorbas fictitius</i>	Organik dan anorganik	Struktur komunitas	Carballo <i>et al.</i> , 1996
<i>Phorbas tenacior</i>	Logam berat Pb dan Cu	Bioakumulasi	Cebrian <i>et al.</i> , 2007a
	Organik dan anorganik	Struktur komunitas	Carballo <i>et al.</i> , 1996
<i>Reniera fulva</i>	Organik dan anorganik	Struktur komunitas	Carballo <i>et al.</i> , 1996
<i>Reniera mucosa</i>	Organik dan anorganik	Struktur komunitas	Carballo <i>et al.</i> , 1996
<i>Scopalina ruetzleri</i>	Organik	Tidak spesifik	disadur dari Alcolado, 2007
	Buangan rumah tangga	Tidak spesifik	disadur dari Alcolado, 2007
	Tidak spesifik	Struktur komunitas	Diaz <i>et al.</i> , 2004
<i>Spirastrella decumbens</i>	Sedimentasi	Struktur komunitas	Carballo, 2006
<i>Spongia officinalis</i>	Polychlorinated biphenyls (PCB)	Bioakumulasi	Perez <i>et al.</i> , 2003
<i>Spongia tubulifera</i>	Tidak spesifik	Struktur komunitas	Diaz <i>et al.</i> , 2004
<i>Suberites domuncula</i>	Tidak spesifik	Mekanisme resistensi MXN (<i>multixenobiotic</i>)	Muller <i>et al.</i> , 1996
	Tidak spesifik	Asam okadiat	Wiens <i>et al.</i> , 2003
	Logam berat Cd dan bakteri	Apoptosis	Wagner <i>et al.</i> , 1998
<i>Tectitethya crypta</i>	Sedimentasi	Tidak spesifik	disadur dari Alcolado, 2007
<i>Tedania ignis</i>	Tidak spesifik	Struktur komunitas	Diaz <i>et al.</i> , 2004
<i>Xestospongia muta</i>	Pemutihan dan stres	heat shock protein (HSP) 70	Lopez-Legentil <i>et al.</i> , 2008

diduga sebelumnya. Di masa mendatang, perlu dilakukan penelitian lebih mendalam untuk menentukan apakah fenonema serupa juga berlaku untuk spons. Apabila hipotesis tersebut terbukti benar, maka perlu dilakukan validasi metode dan kalibrasi untuk memperoleh metode kuantisasi yang optimal.

Penentuan struktur komunitas spons sebagai parameter kualitas air

Integritas biologis suatu komunitas akuatik ditentukan dengan mengukur struktur komunitasnya, yang meliputi diversitas jenis dan spesies indikator (Jameson *et al.*, 1998). Gochfeld *et al.* (2007) menambahkan bahwa kedua hal tersebut juga dapat digunakan sebagai parameter kualitas air. Keberadaan polutan dapat menginduksi perubahan struktur dan fungsi komunitas baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Secara umum, stres dipercaya dapat mengakibatkan penurunan diversitas spesies dan meningkatkan dominasi spesies yang bersifat toleran (Linton & Warner, 2003).

Menurut Alcolado (2007), invertebrata sesil merupakan organisme yang ideal sebagai bioindikator karena: 1) kemampuan beradaptasi yang tinggi terhadap perubahan lingkungan akibat rendahnya mobilitas, sehingga kelimpahannya atau absensinya memberikan gambaran mengenai kondisi ekologis secara umum, 2) komposisi dan struktur komunitasnya tidak terpengaruh oleh adanya migrasi dan perpindahan lokal, 3) dalam upayanya mempertahankan diri terhadap predasi, spons menghasilkan 'senjata' kimiawi di mana proses biosintesisnya lebih banyak dipengaruhi kondisi fisik lingkungan dibandingkan interaksi ekologis antara jenisnya sendiri.

Beberapa penelitian telah dilakukan melalui pengamatan distribusi spons dan menentukan struktur komunitasnya untuk keperluan biomonitoring lingkungan. Pada perairan tropis, peningkatan densitas spons dilaporkan berkorelasi dengan produktivitas dan eutrofikasi (Linton & Warner, 2003). Pengamatan Gochfeld *et al.* (2007) terhadap dominasi spons dari jenis *Aplysina fulva*, *Chondrilla nucula*, *Hymeniacidon* sp., dan *Niphates erecta* di perairan Panama menunjukkan adanya suatu pola dominasi spesies yang berbeda di beberapa area lokasi. Lokasi dengan tingkat polusi tinggi umumnya didominasi oleh jumlah spesies spons yang lebih sedikit. Hal ini diduga terjadi karena masing-masing spesies spons menunjukkan respon yang berbeda terhadap pola stres tertentu.

Hipotesis ini didukung oleh penelitian Carballo *et al.* (2006) di perairan Pulau Venados, Mexico yang menyatakan bahwa terjadinya perubahan struktur dan komposisi himpunan spons disebabkan oleh adanya

peningkatan sedimentasi. Akan tetapi, kendati dapat memberikan indikasi adanya stresor lingkungan, metode struktur komunitas spons tidak dapat dibandingkan antar ekosistem yang berbeda secara geografis (Diaz *et al.*, 2004).

Biomarker Heat Shock Proteins (HSP) pada spons untuk deteksi stres pada tingkat molekuler

Proses adaptasi suatu organisme terhadap tekanan lingkungan memicu terbentuknya suatu mekanisme pertahanan diri. Salah satu mekanisme pertahanan diri yang dibentuk oleh spons adalah melalui ekspresi protein *Heat Shock Protein* (HSP). Secara umum, HSP terdiri atas 5 famili yang ditemukan dalam eukariot, 4 di antaranya dikelompokkan berdasarkan berat molekulnya, yaitu HSP90, HSP70, HSP58-60, dan HSP 20-30. HSP ke lima dikenal sebagai *ubiquitin*. HSP merupakan komponen sel yang esensial karena terlibat dalam formasi kompleks protein *transient*. Diduga, HSP juga berperan dalam siklus sel dan perkembangannya (Koziol *et al.*, 1996). Dari beberapa HSP yang ada, protein HSP70 merupakan protein yang paling sering digunakan sebagai indikator stres pada spons. Protein ini telah berhasil diisolasi dan dikarakterisasi dari kelas *Demospongia*, *Calcarea*, dan *Hexactinellida*. Dilaporkan bahwa gen HSP70 sangat terkonservasi. Famili *Heat Shock Protein 70* (HSP70) terdiri atas sitoplasmik yang terinduksi suhu HSP70, HSC70 yang terekspresi secara konstitutif dan Grp78 yaitu protein yang diregulasi oleh glukosa. HSP70 dan HSC70 diaktivasi oleh protein DnaJ yang diinduksi oleh suhu. Grp78 terdapat pada lumen dari retikulum endoplasmik, sedangkan HSP70 terdapat pada sitosol. HSP70 merupakan *biomarker* paparan yang tersebar pada organisme akuatik (Schröder *et al.*, 2006).

Selama di bawah tekanan stres, protein HSP terlibat dalam pelipatan polipeptida proses translokasi protein dan denaturasi protein serta berperan dalam meminimalisasi terbentuknya agregasi protein (Lopez-Legentil *et al.*, 2008). HSP dikenal sebagai protein indikator stres karena ekspresi transkripsi dan translasinya diinduksi oleh responnya terhadap stres yang disebabkan oleh perubahan suhu pada *Geodia cydonium* dan *Xestospongia muta* (Koziol *et al.*, 1996; Lopez-Legentil *et al.*, 2008), osmosis pada spons air tawar (Schröder *et al.*, 2006), keasaman pada *Geodia cydonium* (Koziol *et al.*, 1996), logam berat misalnya Pb, Zn, Cd, Cu pada *Chondrosia reniformis* dan spons air tawar (Cebrian *et al.*, 2006; Cebrian *et al.*, 2007; Schröder *et al.*, 2006) serta bahan organokimia seperti *polychlorinated biphenyls* (PCB) pada *Geodia cydonium* (Wiens *et al.*, 1998; Schröder *et al.*, 2006).

Seperti halnya pada spons, gen HSP70 pada ikan juga diekspresikan pada kondisi stres. Namun, studi lebih lanjut menunjukkan bahwa ekspresi HSP pada spons merupakan *biomarker* stres yang lebih baik daripada ikan karena ekspresi HSP pada ikan dipengaruhi oleh variasi fisiologis (Schröder *et al.*, 2006).

Selain HSP70, stres lingkungan yang disebabkan oleh suhu juga dapat dideteksi melalui mekanisme induksi resistensi *multixenobiotic* (MXN) (Muller *et al.*, 1996), ekspresi protein 14-3-3 (Wiens *et al.*, 1998), apoptosis sel spons (Schröder *et al.*, 2002) serta aktivasi ADP-ribosa siklase yang diinduksi asam absisat melalui mekanisme yang tergantung pada protein kinase A. Fenomena ini diamati pada spons laut *Axynella polipoides* (Zocchi *et al.*, 2001).

POTENSI PENERAPAN SPONGE WATCH PROGRAM DI INDONESIA

Sebagai negara kepulauan yang sebagian besar terdiri atas perairan dangkal, Indonesia merupakan salah satu negara dengan terumbu karang terbesar dan terpenting di dunia. Diperkirakan terdapat 850 jenis spons telah diidentifikasi dari perairan Indonesia (Dewi, 2009). Tingginya kelimpahan dan penyebaran jenis spons tersebut sangat potensial untuk dimanfaatkan sebagai alat pendeteksi penurunan kualitas ekosistem terumbu karang pada habitat setempat.

Sebagai contoh, Kepulauan Seribu yang terletak di bagian utara Jakarta, merupakan salah satu gugusan terumbu karang yang mengalami tekanan lingkungan secara terus menerus akibat aktivitas manusia yang destruktif seperti penangkapan ikan, penambangan koral, penjangkaran, tumpahan minyak, pariwisata serta limbah industri dan rumah tangga. De Voogd *et al.* (2008) mengamati korelasi antara data diversitas dan distribusi spons dengan pengaruh aktivitas manusia terhadap himpunan karang. Dilaporkan bahwa peningkatan diversitas spons seiring dengan peningkatan kualitas lingkungan perairan. Pengamatan lebih lanjut menunjukkan bahwa zona paling tercemar dihuni oleh koral yang toleran terhadap stres dan spesies beracun.

Selain struktur himpunannya, spons yang hidup di perairan tersebut dapat digunakan sebagai bioindikator degradasi lingkungan bergantung pada peruntukannya. Menurut De Voogd *et al.* (2008), terdapat 11 genus spons yang dominan ditemukan di perairan Pulau Seribu yaitu genus *Aaptos*, *Amphimedon*, *Axynissa*, *Callyspongia*, *Cinachyrella*, *Clathria*, *Dysidea*, *Lamellodysidea*, *Petrosia*, *Stylissa*, dan *Xestospongia*. Berdasarkan Tabel 2, spons dari genus *Dysidea*, misalnya, dapat dimanfaatkan sebagai bioindikator logam berat berdasarkan kemampuan

bioakumulasinya, sedangkan spons dari genus *Xestospongia* dapat digunakan sebagai bioindikator peningkatan temperatur air laut akibat efek perubahan iklim berdasarkan overekspresi protein HSP70. Penggunaan spons multi-taxa sebagai bioindikator juga dapat dimanfaatkan secara terintegrasi untuk memberikan informasi yang komprehensif mengenai jenis polutan dan sumber pencemarannya.

Seleksi terhadap metode biomonitoring yang paling efektif sangat tergantung pada tujuan program yang ingin dicapai, termasuk di dalamnya status ekosistem, struktur manajemen, serta kondisi politik dan sosial ekonomi suatu negara. Pemilihan metode biomonitoring yang ideal perlu didasarkan pada pertimbangan biaya, waktu, pertanggungjawaban ilmiah, tingkat keahlian, serta metode yang mudah diadaptasi dan *reproducible* (Linton & Warner, 2003). Oleh karena itu, protokol *bioassessment* harus merefleksikan tujuan manajemen dan perlu didesain secara spesifik agar dapat memenuhi kebutuhan dan kemampuan dari program biomonitoring (Jameson *et al.*, 1998).

PENUTUP

Terumbu karang dan ekosistem laut terus mengalami degradasi pada level yang mengkhawatirkan akibat paparan gangguan dari aktivitas manusia. Untuk memitigasi dampak destruktif dari stresor antropogenik, suatu program biomonitoring polutan untuk mendeteksi pencemaran lingkungan laut mutlak diperlukan. Program ini memerlukan bioindikator yang dapat memberikan informasi secara kualitatif dan kuantitatif mengenai kondisi ekologis perairan dan deteksi dini terhadap gangguan. Invertebrata sesil seperti spons merupakan bioindikator yang ideal untuk digunakan dalam program biomonitoring karena organisme tersebut secara kontinyu terpapar perubahan lingkungan. Rendahnya mobilitas menyebabkan spons mempunyai kapasitas adaptasi yang tinggi terhadap habitatnya dan memberikan respon yang sensitif terhadap stres. Dampak polutan terhadap spons dapat dideteksi melalui sifat kumulatif biologisnya, struktur komunitasnya, dan respon biologisnya secara molekuler. Penggunaan spons multi-taxa sebagai bioindikator dapat dimanfaatkan secara terintegrasi untuk memberikan informasi yang komprehensif mengenai jenis polutan dan sumber pencemarannya.

Oleh karena hasil biomonitoring merefleksikan aktivitas sosial dan ekonomi di wilayah pesisir, data dan informasi yang diperoleh dapat dipergunakan sebagai dasar untuk menyusun rekomendasi dan strategi kebijakan bagi para manajer dalam manajemen pengembangan wilayah pesisir dan konservasi terumbu karang.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdo, D.A., Motti, C.A., Battershill, C.N., and Harvey, E.S. 2007. Temperature and spatiotemporal variability of Salicylilhalamide A in the Sponge *Haliclona* sp. *Journal of Chemical Ecology*, 3: 1635–1645.
- Alcolado, P.M. 2007. Reading the code of coral reef sponge community composition and structure for environmental bio-monitoring: some experiences from Cuba. *Porifera Research: Biodiversity, Innovation and Sustainability*: 3–10.
- Carballo, J.L., Sanchez-Moyano, J.E., and Garcia-Gomez, J.C. 1994. Taxonomic and ecological remarks on boring sponges *Clionidae* from the straits of Gibraltar from (southern Spain) tentative bioindicators? *Zoological Journal of the Linnean Society* 112: 407–424.
- Carballo, J.L., Naranjo, S.A., and García-Gómez, J.C. 1996. The use of marine sponges as stress indicators in marine ecosystems at Algeciras bay (southern Iberian Peninsula). *Marine Ecology Progress Series* 135: 109–122.
- Carballo, J.L. 2006. Effect of natural sedimentation on the structure of tropical rocky sponge assemblages. *Ecoscience* 13 (1): 119–130.
- Carpenter, K.E. 2008. One-third of reef-building corals. *Science* 321: 560–563.
- Cebrian, E., Mart, R., Uriz, M.J., and Turon, X. 2003. Sublethal effects of contamination on the Mediterranean sponge *Crambe crambe*: Metal accumulation and biological responses. *Marine Pollution Bulletin* 46: 10.
- Cebrian, E., Agell, G., Martí, R., and Uriz, M. J. 2006. Response of the Mediterranean sponge *Chondrosia reniformis* Nardo to copper pollution. *Marine Ecology Progress Series* 141: 452–458.
- Cebrian, E., Uriz, M., and Turon, X. 2007. Sponges as biomonitors of heavy metals in spatial and temporal surveys in Northwestern Mediterranean: Multispecies Comparison. *Environmental Toxicology* 26 (11): 2430–2439.
- Crowe, T.P., Thompson, R.C., Bray, S., and Hawkins, S.J. 2000. Impacts of anthropogenic stress on rocky intertidal communities. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery* 7: 273–297.
- De Voogd, N.J. and Cleary, D.F.R. 2008. An analysis on sponge diversity and distribution at three taxonomic levels in the Thousand Islands/Jakarta bay reef complex, West Java, Indonesia. *Marine Ecology* 209: 205–215.
- Dewi, A.S. 2009. *Biologically Active Secondary Metabolites From Tropical Marine Organisms*. Thesis: The University of British Columbia, Canada.
- Diaz, M.C., Smith, K.P., and Rutzler, K. 2004. Sponge species richness and abundance as indicators of mangrove epibenthic community health. *Atoll Research Bulletin* 518: 1–17.
- Glyzina, O. Y., Belykh, L. I., Latyshev, N. A. and Glyzin, A. V. 2002. Study of mutual influence of polycyclic aromatic hydrocarbons (Anthracene, Pyrene) and Baikalian sponges in model experiments. *Chemistry for Sustainable Development* 10: 409–412.
- Gochfeld, D.J., Schlöder, C., and Thacker, R.W. 2007. Sponge community structure and disease prevalence on coral reefs in Bocas del Toro, Panama. *Porifera Research: Biodiversity, Innovation and Sustainability*: 335–343.
- Goh, B. 2008. Research on ecotoxicology and applications in Singapore: description of the sponge aggregation assay. *Interdisciplinary Studies on Environmental Chemistry-Biological Response to Chemical Pollutants*: 17–29.
- Hodgson, G. 1999. A global assessment of human effects on coral reefs. *Marine Pollution Bulletin* 38 (5): 345–355.
- Jameson, S.C., Erdmann, M.V., Gibson, G.R., and Potts, K.W. 1998. Development of biological criteria for coral reef ecosystem assessment. *Atoll Research Bulletin* 450: 1–102.
- Kozioł, C., Wagner-Hulsman, C., Mikoc, A., Gamulin, V., Kruse, M., Pancer, Z., Schacke, H., and Müller, W.E.G. 1996. Cloning of a heat-inducible biomarker, the cDNA encoding the 70 kDa heat shock protein, from the marine sponge *Geodia cydonium*: response to natural stressors. *Marine Ecology Progress Series* 136: 153–161.
- Linton, L.M. and Warner, F. 2003. Biological indicators in the Caribbean coastal zone and their role in integrated coastal management. *Ocean & Coastal Management* 46: 261–276.
- Lopez-Legentil, S., Song, B., McMurray, S.E., and Pawlik, J.R. 2008. Bleaching and stress in coral reef ecosystems: HSP70 expression by the giant barrel sponge *Xestospongia muta*. *Molecular Ecology* 17: 1840–1849.
- Müller, W.E.G., Steffen, R., Rinkevich, B., Matranga, V., and Kurelec, B. 1996. The multixenobiotic resistance mechanism in the marine sponge: *Suberites domuncula*: its potential applicability for the evaluation of environmental pollution by toxic compounds. *Marine Biology* 125: 165–170.
- Olesen, T.M.E. and Weeks, J.M. 1994. Accumulation of Cd by the marine sponge *Halichondria panicea* Pallas: effects upon filtration rate and its relevance for biomonitoring. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 52: 722–728.
- Page, M., West, L., Northcote, P., Battershill, C., and Kelly, M. 2005. Spatial and temporal variability of cytotoxic metabolites in populations of the New Zealand sponge *Mycale hentscheli*. *Journal of Chemical Ecology* 31 (5): 1161–1174.
- Perez, T., Wafo, E., Fourt, M., and Vacelet, J. 2003. Marine sponges as biomonitors of polychlorobiphenyl contamination: Concentration and fate of 24 congeners. *Environmental Science & Technology* 37 (10): 2152–2158.
- Roberts, C.M., McClean, C.J., Veron, J.E.N., Hawkins, J.P., Allen, G.R., McAllister, D.E., Mittermeier, C.G., Schueler, F.W., Spalding, M., Wells, F., Vynne, C., Werner, T.B. 2002. Marine biodiversity hotspots and

- conservation priorities for tropical reefs. *Science* 295:1280–1284.
- Rao, J.V., Srikanth, K., Pallela, R., and Rao, T.G. 2008. The use of marine sponge, *Haliclona tenuiramosa* as bioindicator to monitor heavy metal pollution in the coasts of Gulf of Mannar, India. *Environmental Monitoring and Assessment*: 1–9.
- Schröder, H.C., Efremova, S.M., Margulis, B.A., Guzhova, I.V., Itskovich, V.B., and Muller, W.E.G. 2006. Stress response in Baikalian sponges exposed to pollutants. *Hydrobiologia* 568: 277–287.
- Schröder, H.C. and Müller, W.E.G. 2002. Molecular approaches to study stress adaptation, bioactivity and phylogenetic relationships within the Porifera. *Fundamental Genetic Processes and Mechanisms*: 67–69.
- Smith, T. and Hughes, J.A. 2008. A review of indicators and identification of gaps: Deep-sea habitats. *Research & Consultancy Report No. 45*. National Oceanography Centre, Southampton, pp. 1–72.
- Ugarkovic, D., Kurelec, B., Krca, S., Batel, R., Robitzki, A., Muller, W.E.G., and Schroder, H.C. 1990. Alteration in *ras*-gene expression and intracellular distribution of protein kinase C in the sponge *Geodium cydonium* in response to marine pollution. *Marine Biology* 107: 191–197.
- Ugarkovic, D., Kurelec, B., Muller, W. E.G., and Schröder, H.C. 1991. Inhibition of release of phospholipase A2 from sponge cells (*Geodia cydonium*) by detergent-polluted sea water. A sensitive method to monitor marine pollution. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 47: 751–757.
- Wagner, C., Steffen, R., Koziol, C., Batel, R., Lacorn, M., Steinhart, H., Simat, T., and Muller, W.E.G. 1998. Apoptosis in marine sponges: a biomarker for environmental stress (cadmium and bacteria). *Marine Biology* 131: 411–421.
- Webster, N.S. 2007. Sponge disease: a global threat? *Environmental Microbiology* 9 (6): 1363–1375.
- Wiens, M., Koziol, C., Hassanein, H.M.A., Batel, R., Schroder, H.C., and Muller, W. 1998. Induction of gene expression of the chaperones 14-3-3 and HSP70 by PCB 118 (2, 3', 4 4', 5-pentachlorobiphenyl) in the marine sponge *Geodia cydonium*: novel biomarker for polychlorinated biphenyls. *Marine Ecology Progress Series* 165: 247–257.
- Wiens, M., Luckas, B., Brümmer, F., Shokry, M., Ammar, A., Steffen, R., Batel, R., Diehl-seifert, B., Schröder, H.C., and Müller, W.E.G. 2003. Okadaic acid: a potential defense molecule for the sponge *Suberites domuncula*. *Marine Biology* 142: 213–223.
- Zocchi, E., Carpaneto, A., Cerrano, C., Bavestrello, G., Giovine, M., Bruzzone, S., Guida, L., Franco, L., and Usai, C. 2001. The temperature-signaling cascade in sponges involves a heat-gated cation channel, abscisic acid, and cyclic ADP-ribose. *PNAS* 98 (26): 14859–14864.