STRUKTUR KOMUNITAS, PERANAN DAN ADAPTASI MAKROALGA DI INTERTIDAL BERBATU

Tri Handayani^{1*}

¹Pusat Penelitian Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Jl. Pasir Putih I, Ancol Timur, Jakarta Utara 14430

*Alamat email: tri.handayani.4@lipi.go.id

ABSTRACT

Rocky shore intertidal occurs at the interface of the land and sea, which regularly exposed with tidal waves. In general, rocky shore intertidal is influenced by extreme physical factors, so organisms need to adapt well. Macroalgae on rocky shore intertidal are mostly macroalgae that have epilithic life foam, for example, Sargassum, Turbinaria, Hypnea, Gracilaria, Amphiroa, Chaetomorpha, Ulva, Acanthophora, and Gelidium. The role of macroalgae on rocky shore intertidal are as a primary producer/primary productivity, food for other organisms (fish, mollusc, sea urchin, crab), nursery ground for other organisms (fish, sea urchin, sea cucumber, and crab), and provide shelter for benthic fauna (crabs, sea urchin, molluscs, polychaeta and sea star). The adaptation of macroalgae on rocky shore intertidal was through morphological changes. Gracilaria salicornia on rocky shore intertidal has slimmer thallus than G. salicornia on non-rocky shore intertidal.

Keywords: macroalgae, rocky shore intertidal, community, adaptation.

PENDAHULUAN

Makroalga atau yang sering disebut sebagai rumput laut merupakan alga berukuran makro yang tumbuh di perairan laut. Makroalga memiliki manfaat, baik secara ekonomi maupun secara ekologi. Manfaat makroalga secara ekonomi antara lain sebagai bahan makanan, penghasil fikokoloid (alginat, agar dan karaginan) (Holdt & Kraan, 2011), bahan obat (Murata & Nakazoe, 2001; Deville et al., 2004; Holdt & Kraan, 2011), dan bahan kosmetika (Holdt & Kraan, 2011). Sedangkan manfaat makroalga secara ekologi antara lain sebagai: produsen primer (Bruno et al., 2005; Tait & Sciel, 2010), sumber makanan bagi biota laut lainnya (Filbee-Dexter & Scheibling, 2014; Talentino-Pablico et al., 2007), tempat perlindungan (Amsler et al., 2015; Okuda,

2008), habitat pengasuhan (Chaves et al., 2013; Giakuomi et al., 2012; Filbee-Dexter & Scheibling, 2014), dan sebagai penyerap karbon (Phang et al., 2008; Chung et al., 2011).

Makroalga termasuk dalam kelompok organisme benthik yang membutuhkan substrat sebagai tempat untuk menempel. Substrat makroalga dapat bervariasi mulai dari substrat lunak sampai substrat keras, antara lain: lumpur, pasir, pecahan karang, batuan beku, karang mati, karang lunak, flora laut lainnya (lamun dan alga lainnya) serta cangkang moluska (Quartino et al., 2001). Makroalga mampu tumbuh di substrat tertentu karena memiliki karakteristik morfologi yang unik. Makroalga yang tumbuh di substrat lunak akan memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan dengan makroalga yang tumbuh di substrat yang keras. Selain itu

kombinasi antara substrat dan kondisi perairan juga akan memberikan pola karakteristik yang unik pada makroalga yang tumbuh di dalamnya (Duran et al., 2018, Handayani, 2019).

Keberadaan substrat sangat berpengaruh terhadap komunitas makroalga yang tumbuh di dalamnya. Daerah intertidal berbatu merupakan daerah yang cukup ekstrem, yaitu memiliki substrat keras dan kondisi perairan bergelombang besar. Kondisi tersebut menyebabkan makroalga yang tumbuh di daerah tersebut akan memiliki karakteristik yang berbeda dengan makroalga yang tumbuh di daerah lainnya (Handayani, 2019; Macusi & Deepananda, 2013). Data dan informasi makroalga di daerah intertidal berbatu, terutama di Indonesia masih sangat terbatas. Data dan informasi tersebut terutama berkaitan dengan: (1) jenis-jenis yang mampu tumbuh dan berkembang di kondisi perairan dengan energi gelombang tinggi, (2) peranan makroalga di ekosistem intertidal berbatu dan (3) bagaimana bentuk adaptasi makroalga untuk dapat tumbuh dan berkembang di daerah dengan energi gelombang tinggi. Oleh karena itu, tulisan ini dibuat dengan tujuan untuk memberikan informasi yang berkaitan dengan jenis-jenis, fungsi dan bagaimana adaptasi makroalga di daerah intertidal berbatu.

INTERTIDAL BERBATU

Zona intertidal merupakan daerah pantai terbuka yang terpapar oleh pasang surut air laut. Daerah ini merupakan pertemuan antara daratan dan lautan, yang merupakan rumah bagi berbagai komunitas laut (Dawes, 1998; Thompson et al., 2002). Daerah intertidal merupakan area pantai, yaitu area yang berada di atas permukaan

air laut pada saat air surut dan di bawah permukaan air laut pada saat air pasang, atau dengan kata lain adalah area dalam kisaran pasang surut. Zona intertidal terdapat di antara zona splash dan zona subtidal (Gambar 1) (Smith, 2013).

Selain terjadi perbedaan kedalaman, zona pesisir (subtidal, intertidal dan splash) juga memiliki perbedaan kondisi lingkungan. Terjadi peningkatan lama paparan gelombang air laut dari zona subtidal ke zona splash, selain itu juga terjadi peningkatan rentang kandungan oksigen terlarut (DO), salinitas dan temperatur dari zona subtidal ke zona splash. Sebaliknya terjadi penurunan kelarutan nutrien, kesediaan pakan terlarut, keanekaragaman hayati, predasi dan kompetisi interspesifik dari zona subtidal ke zona splash (Gambar 2) (Smith, 2013).

Intertidal berbatu merupakan zona intertidal di wilayah pesisir yang sebagian besar substrat dasarnya berupa substrat keras seperti batuan beku, karang mati maupun karang hidup (Smith, 2013). Intertidal berbatu terdapat di tepi lautan di hampir seluruh belahan dunia (Thompson et al., 2002; Benedetti-Cecchi & Trussell, 2013). Perairan intertidal berbatu memiliki lingkungan yang berbeda dibandingkan di darat maupun laut dalam. Terdapat variasi faktor lingkungan di perairan intertidal berbatu, antara lain: temperatur, salinitas, konsentrasi oksigen terlarut, keberadaan nutrisi, dan kekuatan gelombang (Macusi & Deepananda, 2013; Smith, 2013). Tekanan faktor lingkungan di daerah tropis lebih besar dibandingkan dengan di daerah subtropis (Macusi & Deepananda, 2013).

Temperatur berpengaruh terhadap kehidupan di intertidal berbatu. Pada saat terjadi peningkatan temperatur, maka resiko terhadap pengeringan zona intertidal berbatu juga meningkat. Temperatur yang

Gambar 1. Klasifikasi zona pesisir yang terdiri tiga zona yaitu subtidal, intertidal dan splash. Zona intertidal terletak di antara dua level perairan yaitu pada rata-rata air terendah pada saat pasang surut (MLWS; *Mean Low Water Springs*) dan rata-rata air tertinggi pada saat pasang surut (MHWS; *Mean High Water Springs*) (Smith, 2013).

Gambar 2. Trend faktor-faktor lingkungan di zona pesisir (Smith, 2013).

tinggi dan ditambah dengan kelembaban rendah dan angin pantai menyebabkan tingkat penguapan tinggi (Smith, 2013). Hal ini tentu berpengaruh terhadap makroalga yang tumbuh, misalnya terjadi pengeringan terhadap thalus makroalga (Williams, 1993).

Salinitas di intertidal berbatu dapat mengalami perubahan yang drastis karena perubahan cuaca dan iklim. Pada hari yang

panas dan berangin, penguapan air laut meningkat sehingga salinitas meningkat. Sebaliknya, pada saat jumlah curah hujan besar akan mengencerkan kelarutan garam sehingga mengurangi salinitasnya (Smith, 2013). Salinitas dapat bervariasi di sepanjang intertidal yang terbuka. Kadang-kadang salinitas tidak dianggap sebagai faktor penting pada struktur komunitas makroalga, tetapi salinitas menjadi faktor

yang sangat penting terhadap distribusi dan kelimpahan spesies makroalga (Murray et al., 2002).

Oksigen terlarut (DO, *Dissolved Oxygen*) di daerah intertidal merupakan hasil fotosintesis produsen laut seperti fitoplankton dan makroalga serta difusi antara udara dan laut di air permukaan. Kandungan oksigen air laut sekitar 50 kali lebih rendah dari pada di udara 25 °C. Peningkatan suhu air laut menyebabkan konsentrasi oksigen terlarut berkurang. Pada genangan air di kolam pasang surut dan celah yang hangat, maka konsentrasi oksigen dapat menurun, bahkan dapat mencapai di bawah titik kebutuhan organisme untuk respirasi melalui difusi sederhana. Berdasarkan kondisi tersebut, oksigen terlarut di daerah intertidal berbatu dapat mengalami fluktuasi yang sangat cepat, sehingga akan berpengaruh terhadap bentuk adaptasi makroalga yang tumbuh di dalamnya (Smith, 2013).

Nutrisi penting untuk pertumbuhan makroalga seperti zat besi, magnesium, nitrat dan fosfat terlarut dalam air laut. Oleh karena itu, nutrisi tersebut meningkat konsentrasinya di perairan yang lama terendam air laut (pada saat waktu pasang lebih lama) (Smith, 2013). Daerah intertidal berbatu yang umumnya memiliki energi gelombang besar, maka perpindahan nutrisi dalam perairan juga sangat cepat. Studi tentang dampak langsung *upwelling* terhadap komunitas makroalga di intertidal berbatu masih sedikit (Macusi & Deepananda, 2013). Daerah intertidal berbatu yang mengalami *upwelling*, umumnya pertumbuhan biota lebih cepat dibandingkan daerah intertidal yang mengalami *downwelling* (Benedetti-Cecchi & Trussell, 2013).

Tekanan utama di intertidal berbatu adalah gelombang laut. Dampak dari

gelombang adalah memberikan tekanan mekanis pada organisme intertidal berbatu. Sehingga hanya organisme tertentu yang mampu bertahan di daerah intertidal berbatu yang memperoleh tekanan gelombang laut secara berulang-ulang (Smith, 2013). Besarnya energi gelombang di daerah intertidal berbatu menjadi salah satu faktor dalam penyusunan struktur komunitas makroalga (Kaehler & Williams, 1998).

KOMUNITAS MAKROALGA

Makroalga merupakan biota bentik yang membutuhkan substrat untuk menempel. Subtrat tempat tumbuh makroalga sangat bervariasi, mulai dari substrat lunak (*soft Substrate*) hingga substrat keras (*hard substrate*). Substrat lunak antara lain lumpur, pasir dan kombinasinya, sedangkan substrat keras seperti batuan beku, karang mati, karang hidup dan pecahan karang (Zakaria et al., 2006; Imchen, 2015). Substrat merupakan faktor penting yang menentukan kehadiran makroalga. Setiap makroalga mampu tumbuh dan berkembang dengan menempel pada substrat tertentu. Beberapa jenis makroalga dapat tumbuh di beberapa jenis substrat, sebagai contoh adalah *Caulerpa* mampu tumbuh di substrat lunak seperti lumpur dan pasir, selain itu *Caulerpa* juga mampu tumbuh di substrat keras seperti batuan beku, karang mati, karang hidup dan pecahan karang (Satheesh & Wesley, 2012).

Intertidal berbatu merupakan daerah yang cukup ekstrem, sehingga hanya makroalga jenis tertentu yang mampu bertahan untuk tumbuh dan berkembang di area ini (Handayani, 2019). Makroalga yang mampu bertahan umumnya adalah makroalga dengan tipe sifat hidup epilitik,

yaitu makroalga yang tumbuh melekat pada substrat keras (Volckaert et al., 2002; Handayani, 2019). Beberapa marga makroalga yang mampu tumbuh di daerah intertidal berbatu tercantum pada Tabel 1.

Struktur komunitas makroalga di intertidal berbatu pada setiap wilayah perairan akan berbeda-beda komposisi struktur komunitasnya dan hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain letak geografis dan pengaruh musim. Daerah tropis yang memiliki tekanan lingkungan lebih besar dibandingkan dengan daerah sub-tropis, maka akan memiliki struktur komunitas yang berbeda (Macusi & Deepananda, 2013). Pengaruh musim juga dapat menyebabkan variasi komunitas makroalga antar dua intertidal berbatu yang berbeda walaupun sama-sama di daerah tropis. Negara-negara tropis yang berada tepat di Katulistiwa mengalami radiasi matahari secara konstan, tetapi daerah tropis yang berbatasan dengan sub-tropis atau sub-tropis yang berbatasan langsung dengan daerah tropis dapat mengalami musim panas dan musim dingin. Kondisi tersebut memiliki dampak terhadap struktur komunitas makroalga yang tumbuh di dalamnya (Kennish et al.,

1996). Pada musim panas, temperatur yang naik hingga 50 °C selama musim panas menyebabkan kematian makroalga (Williams, 1993).

Intertidal berbatu di daerah tropis memiliki kekayaan spesies makroalga lebih besar dibandingkan intertidal berbatu di sub-tropis, namun masih sangat sedikit studi tentang ekologi dan komunitas yang terdapat di dalamnya. Selain itu, masyarakat di Negara-negara tropis masih kurang memahami pentingnya menjaga keanekaragaman dan kekayaan alam tersebut. Intertidal berbatu di daerah tropis umumnya jarang terdapat tutupan makroalga yang bersifat foliose, yang merupakan ciri dari sebagian intertidal berbatu di daerah sub-tropis (Macusi & Deepananda, 2013).

PERANAN MAKROALGA

Makroalga merupakan bagian dari ekosistem intertidal berbatu, memiliki peranan baik secara individual maupun komunitas terhadap ekosistem tersebut. Makroalga di intertidal berbatu seperti halnya makroalga di pesisir lainnya, memiliki peranan sebagai produsen primer

Tabel 1. Marga makroalga yang tumbuh di daerah intertidal berbatu (Gbedemah, 2017; Hadisusanto et al., 2015; Handayani, 2019; Kraufvelin et al., 2010; Ormond & Banaimoon, 1994; Wallenstein et al., 2013).

No	<i>Chlorophyta</i>	<i>Ochrophyta</i>	<i>Rhodophyta</i>
1	<i>Bornetella</i>	<i>Colpomenia</i>	<i>Acanthophora</i>
2	<i>Caulerpa</i>	<i>Cystoseira</i>	<i>Actinotricia</i>
3	<i>Chaetomorpha</i>	<i>Dityopteris</i>	<i>Amansia</i>
4	<i>Cladophora</i>	<i>Dictyota</i>	<i>Amphiroa</i>
5	<i>Codium</i>	<i>Hormophysa</i>	<i>Ceramium</i>
6	<i>Dictyosphaeria</i>	<i>Hydroclathrus</i>	<i>Gracilaria</i>
7	<i>Enteromorpha</i>	<i>Lobophora</i>	<i>Halimenea</i>
8	<i>Halimeda</i>	<i>Padina</i>	<i>Hypnea</i>
9	<i>Ulva</i>	<i>Sargassum</i>	<i>Polysiphonia</i>
10	<i>Valonia</i>	<i>Turbinaria</i>	<i>Rhodomenia</i>

dalam rantai makanan. Kemampuan makroalga untuk berfotosintesis sering disebut juga dengan istilah produktivitas primer (Tait & Sciel, 2010, Prathap et al., 2011). Saat ini belum diketahui apakah produktivitas primer makroalga di intertidal berbatu lebih rendah atau lebih tinggi dibandingkan dengan di intertidal tidak berbatu.

Makroalga dapat berfungsi sebagai sumber makanan bagi fauna herbivora yang menyusun ekosistem intertidal berbatu. Struktur komunitas makroalga berkerak di sebagian besar intertidal berbatu di daerah tropis dapat menggambarkan adanya pemangsaan oleh ikan (Deepananda, 2013) dan moluska (Macusi, 2008). Namun kondisi ini ternyata tidak selalu terjadi di intertidal berbatu di daerah tropis, tetapi bervariasi di setiap daerah (Deepananda,

2013). Fauna herbivora yang memakan makroalga di daerah intertidal berbatu dirangkum dalam Tabel 2. Secara umum, fungsi makroalga sebagai sumber makanan tidak terdapat perbedaan antara makroalga di intertidal berbatu maupun makroalga intertidal tidak berbatu. Perbedaannya hanya terdapat pada jenis makroalga yang dimanfaatkan sebagai sumber makanan maupun herbivora pemangsa makroalga. Jenis makroalga dan herbivora pemangsa di intertidal berbatu berbeda dengan di intertidal tidak berbatu karena perbedaan struktur komunitasnya (Macusi, 2008; Filbee-Dexter & Scheibling, 2014).

Makroalga yang memiliki thalussyang rimbun, umumnya dimanfaatkan oleh biota laut kecil lainnya sebagai tempat perlindungan (*provide shelter*) maupun sebagai habitat pengasuhan (*nursery*

Tabel 2. Fauna herbivora pemakan makroalga di intertidal berbatu (Garrity & Levings, 1981; Menge et al., 1986; Macusi, 2008; Deepananda, 2008).

No	Ikan	Moluska	Bulu Babi	Kepiting
1	<i>Bodianus diplotaenia</i>	<i>Acanthina brevidentata</i>	<i>Anthocnidaris crassipina</i>	<i>Dardanus sp.</i>
2	<i>Caranx latus</i>	<i>Anachis lyrata</i>	<i>Diadema sp.</i>	<i>Eriphia sp.</i>
3	<i>Conodon nobilis</i>	<i>Cellana toreuma</i>	<i>Echinometra vanbrunti</i>	<i>Epialtus brasiliensis</i>
4	<i>Eupomacentrus acapulcoensis</i>	<i>Chlorostoma argyrostoma</i>	<i>Paracentrotus gaimardii</i>	<i>Eriphia gonagra</i>
5	<i>Holacanthus passer</i>	<i>Drupa granulata</i>	<i>Tripneustes sp.</i>	<i>Grapsus grapsus</i>
6	<i>Hyporhamphus unifasciatus</i>	<i>Echinolittorina radiata</i>		<i>Grapsus albolineatus</i>
7	<i>Kyphosus elegans</i>	<i>Fissurella virescens</i>		<i>Pachygrapsus transversus</i>
8	<i>Ophioblennius sreindachner</i>	<i>Nodilittorina granularis</i>		
9	<i>Scarus perrico</i>	<i>Nerita scrobicosta</i>		
10	<i>Sphoeroides testudineus</i>	<i>Pilsbryspira albomaculata</i>		
11	<i>Trachinotus carolinus</i>	<i>Patelloida saccharina</i>		
12	<i>Trachillotus falcatus</i>	<i>Siphonaria maura</i>		
13	<i>Trachinotus goodei</i>	<i>Trochus radiatus</i>		
14	<i>Umbrina coroides</i>	<i>Trochus tentorium</i>		

ground). Peranan makroalga tersebut merupakan salah satu bentuk interaksi antara makroalga dengan fauna laut lainnya, umumnya berhubungan dengan sumber makanan. Contoh bentuk tempat perlindungan makroalga terhadap fauna laut lainnya adalah: pada thalus *Halimeda opuntia* seringkali ditemukan biota laut kecil seperti juvenil kepiting, moluska, bulu babi, bintang mengular, dan cacing. Makroalga dapat menjadi habitat pengasuhan bagi beberapa jenis hewan seperti ikan, sebagai contoh: *Sargassum furcatum* menjadi habitat pengasuhan bagi beberapa jenis ikan antara lain: *Diplodus argenteus*, *Haemulon aurolineatum* dan *Acanthurus bahianus* (Ornellas & Coutinho, 1998). Makroalga juga dimanfaatkan oleh bulu babi sebagai sumber makanan sekaligus sebagai habitat pengasuhan (Giakuomi et al., 2012; Filbee-Dexter & Scheibling, 2014).

Fungsi ekologi makroalga sebagai habitat pengasuhan dan tempat perlindungan bagi biota laut, pada prinsipnya memiliki prinsip yang sama antara daerah intertidal berbatu maupun intertidal tidak berbatu. Perbedaan kedua fungsi ekologi tersebut hanya terdapat pada jenis/spesies biotanya, baik jenis makroalga maupun jenis biota asosiasinya. Perbedaan tersebut terjadi karena biota laut yang hidup di intertidal berbatu memiliki struktur komunitas yang berbeda dengan biota laut

yang hidup di intertidal tidak berbatu (Okuda, 2008; Filbee-Dexter & Scheibling, 2014).

ADAPTASI MAKROALGA

Intertidal berbatu memiliki kondisi fisik yang cukup ekstrem sehingga makroalga yang tumbuh di daerah ini merupakan makroalga yang mampu beradaptasi di lingkungan tersebut. Makroalga di intertidal berbatu memiliki mekanisme sebagai bagian dari bentuk adaptasi terhadap perubahan atau tekanan berupa pengeringan, suhu ekstrem, tekanan osmotik, salinitas dan energi gelombang besar (Thompson et al., 2002).

Beberapa makroalga yang tumbuh di daerah intertidal berbatu memiliki bentuk morfologi thalus yang berbeda dibandingkan dengan makroalga di intertidal tidak berbatu. Perbedaan morfologi tersebut merupakan bentuk adaptasi terhadap *stressor* faktor fisik antara lain energi gelombang tinggi dan kekeringan (Johansson, 2002; Handayani, 2019). Sebagai contoh adalah *Gracilaria salicornia* yang ditemukan di intertidal berbatu dengan energi gelombang besar memiliki thalus lebih ramping dibandingkan dengan thalus yang ditemukan di intertidal tidak berbatu dengan energi gelombang kecil (Gambar 3) (Handayani, 2019).

Gambar 3. Morfologi thalus makroalga *Gracilaria salicornia* di (A) intertidal berbatu pantai selatan Garut Jawa Barat, (B) Pulau Pari, Kepulauan Seribu (Handayani, 2019).

Makroalga yang dapat tumbuh di intertidal berbatu selain harus beradaptasi terhadap energi gelombang yang besar, juga harus beradaptasi terhadap jenis substrat yang sebagian besar merupakan substrat keras. Makroalga yang tumbuh di daerah ini biasanya makroalga yang memiliki sifat hidup epilitik, yaitu makroalga yang tumbuh dan menempel pada substrat keras seperti batuan masif, pecahan karang, karang mati dan karang hidup (Zakaria et al., 2006; Satheesh & Wesley, 2012). Beberapa marga makroalga yang dapat beradaptasi dan tumbuh dengan baik di intertidal berbatu antara lain: *Sargassum*, *Turbinaria*, *Hypnea*, *Gracilaria*, *Amphiroa*, *Chaetomorpha*, *Ulva*, *Acanthophora*, dan *Gelidium*. Marga makroalga tersebut beradaptasi dengan memiliki *holdfast* yang kuat untuk menempel di substrat keras (Imchen, 2015).

PENUTUP

Makroalga di intertidal berbatu memiliki struktur komunitas yang terdiri dari marga yang memiliki sifat hidup epilitik, antara lain: *Sargassum*, *Turbinaria*, *Hypnea*, *Gracilaria*, *Amphiroa*, *Chaetomorpha*, *Ulva*, *Acanthophora*, dan *Gelidium*. Selain sebagai produsen primer, makroalga di intertidal berbatu memiliki peranan ekologi sebagai sumber makanan, habitat pengasuhan, dan tempat perlindungan bagi biota laut lainnya. Makroalga di intertidal berbatu memiliki keunikan tersendiri, dibandingkan dengan makroalga yang tumbuh di pesisir lainnya. Keunikan tersebut merupakan bentuk adaptasi dari tekanan faktor lingkungan yang memengaruhinya, antara lain substrat dasar yang berupa substrat keras, energi

gelombang yang besar serta tekanan faktor fisik lainnya. Kondisi tersebut menyebabkan makroalga yang tumbuh di dalamnya memiliki bentuk adaptasi berupa perubahan morfologi maupun struktur holdfastnya. Penelitian dengan obyek makroalga di intertidal berbatu di Indonesia masih sangat terbatas, padahal komunitas makroalga memiliki peranan yang sangat penting bagi ekosistem intertidal berbatu. Harapan ke depan, penelitian makroalga di intertidal berbatu menjadi fokus untuk mengkaji makroalga sebagai bagian dari ekosistem sehingga strategi pengelolaan ekosistem berbasis data empiris dapat diperoleh secara tepat dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Amsler, M.O., Huang, Y.M., Engl, W., McClontock, J.B, & Amsler, C.D. (2015). Abundance and diversity of gastropods associated with dominant subtidal macroalgal from the Western Antarctic Peninsula. *Polar Biol.* doi.org/10.1007/s00300-015-1681-4.
- Benedetti-Cecchi, L. & Trussell, G.C. (2013). *Intertidal Rocky Shores*. Sinuauer Associates, Inc. Pisa. 225 pp.
- Bruno J.F., Boyer, K.E., Duffy, J.E., Lee, S.C. & Kertesz, J.S. (2005). Effects of macroalgal species identity and diversity on primary productivity in benthic marine communities. *Ecol. Lett.*, 8: 1165-1174.
- Chaves, L.T.C., Pereira, P.H.C. & Feitosa, J.L.L. (2013). Coral reef fish association with macroalgal beds on a tropical reef system in Northeastern Brazil. *Marine and Freshwater Research*. doi.org/10.1071/MF13054.
- Chung, I.K., Beardall, J., Mehta, S., Sahoo, D. & Stojkovic, S. (2011). Using marine macroalgae for carbon sequestration: a critical appraisal. *J. Appl. Phycol*, 23: 877-886. doi.org/10.1007/s10811-010-9604-9.

- Dawes, C.J. (1998). *Marine Botany*, 2nd edition. John Wiley & Sons, New York.
- Deepananda, K.H.M.A. (2008). Community-level analysis of anthropogenic impacts on rocky shore communities in Sri Lanka. *Nature Precedings*. doi.org/10.1038/npre.2008.2317.1
- Deepananda, K.H.M.A. (2013). Factors that structure algal communities in tropical rocky shores: what have we learned?. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(12): 1-13.
- Deville, C., Damas, J., Forget, P., Dandrifosse, G. & Peulen, O. (2004). Laminarin in the dietary fibre concept. *J. Sci. Food Agric.*, 84: 1030-1038.
- Duran, A., Collado-Vides, L., Palma, L. & Burkepille, D.E. (2018). Interactive effects of herbivory and substrate orientation on algal community dynamics on a coral reef. *Marine Biology*, 165: 156-165.
- Filbee-Dexter, K. & Scheibling, R.E. (2014). Sea urchin barrens as alternative stable states of collapsed kelp ecosystems. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 495: 1-25.
- Garrity, S.D., & Levings, S.C. (1981). A predator-prey interaction between two physically and biologically constrained tropical rocky shore gastropods: direct and indirect community effect. *Ecol Monogr.*, 51: 267-286.
- Gbedemah, S.T. (2017). Current patterns in intertidal macro-algal diversity and zonation of two sites on Ghana's Coast. *Journal of Oceanography and Marine Research* 5-2. doi.org/10.4172-3103.1000159.
- Giakoumi, S., Cebrian, E., Kokkaris, G.D., Ballesteros, E. & Sala, E. (2012). Relationships between fish, sea urchins and macroalgae: the structure of shallow rocky sublittoral communities in the cyclades, Eastern Mediterranean. *Estuar. Coast Shelf Sci.*, 109: 1-10.
- Hadisusanto, S., Dewi, S.C., Meilianda, A., Haryatfrehni, R. & Sari, Z. R. (2015). Macroalgal abundance in intertidal zone of Sarangan beach, Gunungkidul, DIY. *KnE Life Sciences* 2: 518-521.
- Handayani, T. (2019). Macroalgae on The Rocky Shore of The Southern Coast of Garut, West Java, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, doi.org/10.1088/1755-1315/278/1/012030.
- Holdt S.L. & Kraan, S. (2011). Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation. *J. Appl. Phycol.*, 23: 543-597.
- Imchen, T. (2015). Substrate deposit effect on the characteristic of an intertidal macroalgal community. *Indian Journal of Geo-Marine Science*, 44(3): 333-338.
- Johansson, G. (2002). Factors affecting the distribution of rocky-shore macroalgae on the Swedish coast. Morphological, physiological, reproductive and genetic aspects. *Acta Universitatis Upsaliensis. Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology* 759. 34 pp. Uppsala. ISBN 91-554-5430-5
- Kaehler, S. & Williams, G.A. (1998). Early development of algal assemblages under different regimes of physical and biotic factors on a seasonal tropical rocky shore. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 172: 61-71.
- Kennish, R., William, G.A., & Lee, S.Y. (1996). Algal seasonality on an exposed rocky shore in Hong Kong and the dietary implications for herbivorous crab *Grapsus albolineatus*. *Mar. Biol.*, 125: 55-64.
- Kraufvelin, P., Lindholm, A., Pedersen, M. F., Kirkeru, L. A., & Bonsdorff, E. (2010). Biomass, diversity and

- production of rocky shore macroalgae at two nutrient enrichment and wave action levels. *Mar. Biol.*, 157: 29-47.
- Macusi, E.D. (2008). Variability and community organization in moderately exposed tropical rocky shore algal communities as influenced by different consumer groups. *Nature Proceedings*. doi.org/10.1038/npre.2008.2267.1.
- Macusi, E.D., & Deepananda, K.H.M. (2013). Factors that structure algal communities in tropical rocky shores: what have we learned?. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(12): 1-14.
- Menge, B.A., Lubchenco, J., Ashkenas, L.R. & Ramsey, F. (1986). Experimental separation of effects of consumers on sessile prey in the low zone of a rocky shore in the bay of Panama: Direct and indirect consequences of food web complexity. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 100: 255-269.
- Murray, S.N., Ambrose, R.F., & Megan, N.D. (2002). Methods for Performing Monitoring, Impact, and Ecological Studies on Rocky Shores. MMS OCS Study 2001-070. Coastal Research Center, Marine Science Institute, University of California, Santa Barbara. 217 pp.
- Murata, M., & Nakazoe, J. (2001). Production and use of marine algae in Japan. *Jpn. Agr. Res. Q.* 35: 281-290.
- Okuda, K. (2008). Coastal environment and seaweed-bed ecology in Japan. *Kuroshio Science*, 2(1): 15-20.
- Ormond, R.F.G. & Banaimoon, S.A. (1994). Ecology of intertidal macroalgal assemblages on the Hadramout coast of southern Yemen, an area of seasonal upwelling. *Marine Ecology progress Series*. 105: 105-120.
- Ornellas, A.B., & Coutinho, R. (1998). Spatial and temporal patterns of distribution and abundance of a tropical fish assemblage in a seasonal Sargassum bed, Cabo Frio Island. *Brazil. Journal of Fish Biology*, 53: 198-208.
- Phang, S.M., Lim, P.E., Ooi, J.L.S., Yeong H.Y., Ng, W.S. & Küpper, F.C. (2008). Marine algae of Perak Island, Jarak Island and the Sembilan Group of Islands in the Straits of Malacca. *Malaysian Journal of Science*, 27(3): 47-60.
- Prathep A., Pongparadon S., Darakrai A., Wichachucherd B. & Sinutok S. (2011). Diversity and distribution of seaweed at Khanom.Mu Ko Thale Tai National Park, Nakhon Si Thammarat Province, Thailand. *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, 33(6): 633-640.
- Quartino, M.L., Kloser, H., Schloss, I.R., & Wiencke, C. (2001). Biomass and associations of benthic marine macroalgae from the inner Potter Cove (King George Island, Antarctica) related to depth and substrate. *Polar Biol.*, 24: 349-355.
- Satheesh, S. & Wesley, S.G. (2012). Diversity and distribution of seaweeds in the Kudankulam coastal waters South-Eastern coast of India. *Biodiversity Journal*, 3(1): 79-84
- Smith, D. (2013). *Ecology of the New Zealand Rocky Shore Community*. New Zealand Marine Studies Center. Portobello, Dunedin. 61 pp.
- Tait L.W. & Schiel D.R. (2010). Primary productivity of intertidal macroalgal assemblages: comparison of laboratory and in situ photorespirometry. *Marine Ecology progress Series*, 416: 115-125.
- Talentino-Pablico G., Bailly, N., Froese, R. & Elloran, C. (2007). Seaweeds preferred by herbivorous fishes. *J. Appl. Phycol.* doi.org/10.1007/s10811-007-9290-4.
- Thompson, R.C., Crowe, T.P. & Hawkins, J. (2002). Rocky intertidal communities: past environmental changes, present status and

- predictions for the next 25 years. *Environmental conservation*, 29(2): 168-191.
- Volckaert, A., Engledow, S., Degraer, S., Vincx, M., Coppejans, E. & Hoffmann, M. (2002). The epilithic macrofauna and macroalgae of the hard substrates along the Belgian coast. *Biologie*, 72: 13-15.
- Williams, G.A. (1993). Seasonal variation in algal species richness and abundance in the presence of molluscan herbivores on a tropical rocky shore. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 167: 261-275.
- Wallenstein, F.M., Neto, A.I., Patarra, R.F., Prestes, A.C.I., Alvaro, N.V., Rodrigues, A.S., & Wilkinson, M. (2013). Indices to monitor coastal ecological quality of rocky shore based on seaweed communities: simplification for wide geographycal use. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 13(1): 15-25.
- Zakaria, M.H., Bujang, J.S., Amit, R., Awing, S.A., & Ogawa, H. (2006). Marine macrophytes: macroalgae species and life forms from Golden Beach, Similajau National Park, Bintulu, Serawak, Malaysia. *Coastal Marine Science*, 30(1): 243-246.