

Tersedia online di: <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/jra>

KARAKTERISTIK, KESESUAIAN, DAN DAYA DUKUNG PERAIRAN UNTUK BUDIDAYA RUMPUT LAUT DI KABUPATEN KEPULAUAN SANGIHE, SULAWESI UTARA

Akhmad Mustafa^{*)#}, Tarunamulia^{*)}, Hasnawi^{*)}, dan I Nyoman Radiarta^{**)}

^{*)} Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau dan Penyuluhan Perikanan

^{**)} Balai Riset dan Observasi Laut

(Naskah diterima: 5 Juli 2017; Revisi final: 25 September 2017; Disetujui publikasi: 25 September 2017)

ABSTRAK

Kabupaten Kepulauan Sangihe dengan tiga pulau terdapatnya dan panjang pantai 297 km memiliki potensi untuk pengembangan budidaya rumput laut (*Kappaphycus alvarezii*), tetapi belum tersedia data kondisi perairannya. Penelitian bertujuan untuk mengkaji karakteristik, kesesuaian, dan daya dukung perairan untuk budidaya rumput laut di kawasan pesisir Kabupaten Kepulauan Sangihe Provinsi Sulawesi Utara, Indonesia. Data karakteristik perairan yang dikumpulkan berupa pasang surut, kecepatan arus, arah arus, kedalaman, kecerahan, suhu, salinitas, oksigen terlarut, pH, nitrat, nitrit, nitrogen amonia total, fosfat, padatan tersuspensi total, bahan organik total, dan jenis substrat. Analisis dengan *weighted linear combination* dalam SIG dilakukan untuk penentuan kesesuaian perairan dan besarnya kapasitas perairan digunakan untuk penentuan daya dukung perairan. Hasil kajian menunjukkan bahwa karakteristik perairan Kabupaten Kepulauan Sangihe dapat mendukung usaha budidaya rumput laut, tetapi kedalaman perairan yang relatif dangkal dan adanya alur pelayaran yang menjadi faktor pembatas dalam kesesuaian lahan untuk budidaya rumput laut. Dari 4.839,35 ha kawasan pesisir yang dikaji di Teluk Talengen (Kecamatan Tabukan Tengah), Teluk Manalu (Kecamatan Tabukan Selatan), dan Teluk Dagho (Kecamatan Tamako dan Manganitu Selatan) dijumpai kawasan pesisir seluas 181,79 ha yang tergolong sangat sesuai; 852,82 ha yang tergolong cukup sesuai; 3.633,75 ha yang tergolong kurang sesuai; dan 170,99 ha yang tergolong tidak sesuai untuk budidaya rumput laut metode tali panjang. Berdasarkan daya dukung perairan, budidaya rumput laut metode tali panjang di Kabupaten Kepulauan Sangihe dapat dilakukan di Teluk Talengen, Teluk Manalu, dan Teluk Dagho dengan pengembangan kawasan maksimal masing-masing seluas 324; 559; dan 1.171 ha yang dapat digunakan untuk masing-masing 1.296, 2.236, dan 4.684 unit rakit budidaya rumput laut berukuran 50 m x 50 m.

KATA KUNCI: karakteristik; kesesuaian; daya dukung; *Kappaphycus alvarezii*; Kepulauan Sangihe

ABSTRACT: *Characteristic, suitability, and carrying capacity of waters for seaweed culture in Sangihe Archipelago Regency, North Sulawesi. By: Akhmad Mustafa, Tarunamulia, Hasnawi, and I Nyoman Radiarta*

Sangihe Archipelago Regency with its three outlying islands and 297 km of coastal line has the potential for seaweed farming development (Kappaphycus alvarezii). Regrettably, reliable water quality data are scarcely available for region. The study was aimed to determine the characteristics, suitability, and carrying capacity of waters for seaweed culture in the coastal areas of Sangihe Archipelago Regency, South Sulawesi Province, Indonesia. The observed environmental quality of coastal waters included tidal, current velocity, current direction, depth, transparency, temperature, salinity, dissolved oxygen, pH, nitrate, nitrite, total ammonia nitrogen, phosphate, total suspended solid, total organic matter, and type of bottom substrate. A weighted linear combination in a GIS environment was applied to determine the suitability of waters. The capacity of coastal water to accommodate the maximum surface area of the farm was used to determine the carrying capacity of the waters. The results of the study indicated that the characteristics of waters in Sangihe Archipelago Regency are suitable for seaweed culture. However the relatively shallow waters and the existence of shipping lanes in the study region can be the major limiting factors for seaweed culture and development. Of 4,839.35 ha of the coastal areas studied in Talengen Bay (Tabukan Tengah Subdistrict), Manalu Bay (South

Korespondensi: Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau dan Penyuluhan Perikanan. Jl. Makmur Dg. Sitakka No. 129, Maros, Sulawesi Selatan 90512, Indonesia.
Tel. + (0411) 371544
E-mail: akhmadmustafa@yahoo.com

Tabukan Subdistrict), and Dagho Bay (Tamako and Manganitu Selatan Subdistricts), a total of 181.79 ha were classified as very suitable; 852.82 ha were moderately suitable; 3,633.75 ha were less suitable; and 170.99 ha were not suitable for seaweed long-line culture method. Based on the carrying capacity of waters, seaweed culture of long-line method can be effectively practiced in Talengen Bay, Manalu Bay, and Dagho Bay with the maximum development areas of 324, 559, and 1,171 ha respectively of which can be used for allocating 1,296, 2,236, and 4,684 culture raft units respectively, with the size of 50 m x 50 m per unit.

KEYWORDS: characteristic; suitability; carrying capacity; *Kappaphycus alvarezii*; Kepulauan Sangihe

PENDAHULUAN

Pemerintah menerbitkan Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 12/KEPMEN-KP/2015 tentang Tim Percepatan Investasi di Bidang Kelautan dan Perikanan untuk lima pulau terdepan: Simeulue, Natuna, Sangihe, Saumlaki, dan Merauke. Kabupaten Kepulauan Sangihe terdiri atas gugusan pulau yang besar dan kecil berjumlah 105 pulau (3 pulau di antaranya sebagai pulau-pulau terdepan) dan memiliki garis pantai mencapai sekitar 297 km sehingga memiliki luas wilayah laut yang sangat besar yaitu 95% dari luas total (BPS, 2014). Hal ini memerlukan penyesuaian fokus pembangunan melalui pemanfaatan potensi sumberdaya laut dan pesisir berupa budidaya laut atau marikultur. Marikultur memberikan kesempatan untuk peningkatan produksi makanan dari laut seiring dengan meningkatnya permintaan akan protein dari laut dan terbatasnya hasil perikanan tangkap (Gentry *et al.*, 2017).

Budidaya rumput laut merupakan salah satu kegiatan budidaya laut yang dapat menjadi alternatif kegiatan yang berwawasan lingkungan dan produktif bagi penduduk di kawasan pesisir (Sukadi, 2006; Radiarta *et al.*, 2014; Dianto *et al.*, 2017). Rumput laut adalah makroalga laut multiselular yang ditemukan di semua ekosistem pesisir di dunia, dengan peran penting dalam menjaga keanekaragaman hayati di lingkungan kawasan pesisir (Sangha *et al.*, 2014; Erlania & Radiarta, 2015). Menurut Doty & Norris (1985), rumput laut (*Kappaphycus alvarezii*) merupakan salah satu jenis rumput laut merah (Rhodophyceae) dan berubah nama dari *Eucheuma cottonii* menjadi *Kappaphycus alvarezii* karena karaginan yang dihasilkan termasuk fraksi kappa-karaginan.

Rumput laut termasuk komoditas perikanan yang berbasis lahan/perairan, maka untuk dapat tumbuh atau hidup dan berproduksi memerlukan persyaratan-persyaratan tertentu. Evaluasi kesesuaian lahan/perairan sangat penting dilakukan karena memiliki sifat fisik, sosial, ekonomi, dan geografi yang bervariasi atau lahan/perairan diciptakan tidak sama (Rossiter, 1996). Lahan/perairan memiliki karakteristik yang juga dapat berbeda antara yang satu dengan lainnya. Kesesuaian lahan/perairan untuk akuakultur dapat mengurangi pengaruh negatif manusia terhadap

pengelolaan sumber daya alam dan untuk mengidentifikasi penggunaan lahan/perairan yang tepat (AbdelRahman *et al.*, 2016). Selain itu juga memberikan potensial maksimal bagi pertumbuhan komoditas, meminimalkan biaya produksi dan meminimalkan atau mencegah potensi konflik antar-pengguna (Pérez *et al.*, 2003), dan membuat penggunaan lahan lebih rasional (Gong *et al.*, 2012; Rodriguez-Gallego *et al.*, 2012). Faktor lainnya yang perlu diperhatikan selain kesesuaian lahan/perairan yang menentukan optimal dan keberlanjutannya dari usaha budidaya rumput laut adalah daya dukung perairan. Pemanfaatan lahan/perairan yang tidak terkendali sebagai akibat antusiasme masyarakat yang sangat tinggi terhadap budidaya rumput laut di suatu kawasan pesisir yang tanpa adanya pengaturan, dikhawatirkan akan terlampauinya daya dukung lahan/perairan yang berdampak pada penurunan kuantitas, kualitas, dan kontinuitas produksi rumput laut. Daya dukung lahan/perairan merupakan konsep dasar yang dikembangkan untuk pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan secara berkelanjutan (Ayllón *et al.*, 2012).

Penelitian bertujuan untuk mengkaji karakteristik perairan yang selanjutnya digunakan untuk menentukan kesesuaian dan daya dukung perairan untuk budidaya rumput laut (*Kappaphycus alvarezii*) di kawasan pesisir Kabupaten Kepulauan Sangihe, Provinsi Sulawesi Utara.

BAHAN DAN METODE

Lokasi dan Waktu Kajian

Kajian dilaksanakan di kawasan pesisir Kabupaten Kepulauan Sangihe yaitu di Teluk Talengen (Kecamatan Tabukan Tengah), Teluk Manalu (Kecamatan Tabukan Selatan), dan Teluk Dagho, Teluk Bebu, dan Selat Mahumu (Kecamatan Tamako) serta Teluk Soweang (Kecamatan Manganitu Selatan) yang selanjutnya disebut dengan Teluk Dagho. Diskusi Grup Terfokus (*Focus Group Discussion*) dilaksanakan di Tahuna, Ibu kota Kabupaten Kepulauan Sangihe. Pemilihan lokasi kajian didasarkan pada laporan pendahuluan (Mustafa *et al.*, 2015), hasil dari *desk study*, dan hasil dari Diskusi Grup Terfokus. Kajian dilaksanakan pada bulan Agustus dan September 2015.

Pengumpulan Data

Selama pelaksanaan kajian dilakukan pengumpulan data baik data primer maupun data sekunder. Data primer yang dikumpulkan dibagi atas data lingkungan fisik dan kualitas air. Data lingkungan fisik yang dikumpulkan berupa pasang surut (pasut) dengan data logger dan papan berskala, kedalaman perairan dengan GPSMap Garmin 585, kecepatan arus pada kedalaman 1 m dengan *current meter* Valeport 105, arah arus dengan kompas geologi, dan jenis substrat atau sedimen dasar perairan dengan *eickman crab*.

Kualitas air diukur secara langsung di lapangan untuk peubah salinitas, suhu, pH, dan oksigen terlarut dengan menggunakan YSI Pro Plus, serta kecerahan dengan menggunakan piring *secchi*. Untuk peubah kualitas air lainnya yang dianalisis di laboratorium, maka dilakukan pengambilan contoh air dengan menggunakan *kemerer water sampler*. Contoh air dipreservasi mengikuti petunjuk APHA (2012). Kualitas air yang dianalisis di Laboratorium Air Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau dan Penyuluhan Perikanan, Maros, Sulawesi Selatan adalah nitrat dengan metoda reduksi natrium, nitrit dengan metoda kolorimetri, nitrogen amonia total dengan metoda fenat, fosfat dengan metoda asam askorbat, padatan tersuspensi total dengan metoda gravimetri, bahan organik total dengan metoda tetrimetri mengikuti petunjuk APHA (2012) dan Sutrisyani & Rohani (2009).

Data sekunder seperti Peta Rupabumi Indonesia diperoleh dari Badan Informasi Geospasial dan Peta Pola Ruang Wilayah dari Badan Perencana Pembangunan Daerah Kabupaten Kepulauan Sangihe. Data lain berupa citra SPOT-5, SPOT-6, dan SPOT-7 akuisisi Februari 2015 diperoleh dari Lembaga Antariksa dan Penerbangan Nasional.

Analisis Data

Laporan sebelumnya (Mudeng *et al.*, 2015; Mustafa *et al.*, 2015) yang pengukuran dan pengambilan contoh air dilakukan pada musim hujan pada lokasi yang sama menunjukkan data yang relatif sama dengan yang diperoleh dalam kajian ini (musim kemarau), sehingga diasumsikan kualitas air di kawasan pesisir Kabupaten Kepulauan Sangihe relatif sama sepanjang tahun. Hal ini diperkuat dengan temuan Setiawan *et al.* (2016) bahwa salinitas di perairan Kabupaten Kepulauan Sangihe hanya berkisar antara terendah 33,7 ppt pada bulan November dan tertinggi 34,4 ppt pada bulan Oktober. Statististik deskriptif yang meliputi rata-rata dan simpangan baku digunakan untuk mengetahui kondisi umum data perairan yang ada. Peta dibuat dengan memanfaatkan citra satelit yang tersedia yang diintegrasikan dengan data sekunder dan data primer

dari hasil kajian. Untuk mendapatkan peta tematik masing-masing peubah kualitas air tersebut dilakukan interpolasi dengan menggunakan metode *kriging* (Morain, 1999).

Kriteria kesesuaian perairan untuk budidaya rumput laut metoda tali panjang didasarkan pada kriteria yang telah ada (Mubarak *et al.*, 1990; BAKOSURTANAL, 2005; Wouthuyzen, 2006; FAO, 2012). Bobot dari masing-masing peubah ditentukan dengan *pair-wise comparison*, yang merupakan bagian dari proses pengambilan keputusan yang dikenal dengan metode *analytical hierarchy process* (Banai-Kashani, 1989). Setelah seluruh skor dan bobot ditentukan, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis spasial kesesuaian perairan. Analisis ini dilakukan dengan metode *weighted linear combination* (Malczewski, 1999), yang merupakan aplikasi dari *multi-criteria evaluation*. Analisis dengan *weighted linear combination* dilakukan dengan pemodelan yang terdapat dalam perangkat lunak ArcGISversi 9.3.

Pendekatan yang dilakukan dalam penentuan daya dukung perairan untuk budidaya rumput laut adalah pendekatan kapasitas perairan seperti telah dijelaskan oleh Azis (2011). Dalam pendekatan ini, informasi luas lahan yang sesuai untuk budidaya rumput laut juga merupakan faktor yang menentukan daya dukung perairan.

HASIL DAN BAHASAN

Karakteristik Perairan

Fenomena pasut diukur setiap jam selama 15 piamtan atau sekitar 15 hari, yang kemudian digunakan untuk mencari nilai kedalaman perairan dengan ketinggian air surut terendah. Berdasarkan konstanta harmonik tersebut, maka didapatkan bilangan *formzhal* ($F = 0,27$) yang menunjukkan bahwa pasut di Kabupaten Kepulauan Sangihe bertipe campuran, condong ke semi-diurnal, dengan nilai muka laut rata-rata sebesar 240 cm di atas nol rambu pasut. Rentang pasut pada saat rata-rata pasang purnama dihitung sekitar 200 cm. Namun demikian rentang pasut maksimal pada saat pengukuran dapat mencapai 250 cm pada saat pasang purnama (maksimal 370 cm dan minimal 120 cm).

Kecepatan arus di lokasi kajian di Kabupaten Kepulauan Sangihe berkisar antara 1,6 dan 82,5 cm/dt (Tabel 1). Arah arus di ketiga lokasi relatif sama yaitu arus bergerak dari utara ke selatan. Menurut Parenrengi *et al.* (2012), kecepatan arus yang baik untuk budidaya rumput laut adalah 20-40 cm/dt. Pada lokasi yang kaya nutrien, maka kecepatan arus yang lambat, sekitar 10 cm/dt sudah dapat mendukung

Table 1. Karakteristik perairan (rata-rata, standar deviasi, jumlah pengukuran atau contoh) di kawasan pesisir Kabupaten Kepulauan Sangihe Provinsi Sulawesi Utara

Table 1. Waters characteristics (mean, standard deviation, number of measurements or samples) in coastal areas of Sangihe Archipelago Regency North Sulawesi

Peubah (Variables)	Teluk (Bay)		Nilai optimal Optimum value
	Talengen	Manalu	
Kecapatan arus(cm/gh) Current velocity (cm/sec)	54,36±15,37 (n=37)	34,11±16,28 (n=83)	24,34±7,87 (n=67)
Arah arus (° dari utara) Current direction (° from north)	48,04±13,18 (n=37)	36,20±18,22 (n=57)	23,30±7,66 (n=67)
Ketlalaian (Depth) (m)	16,74±15,43 (n=16)	15,72±19,02 (n=34)	18,72±28,09 (n=47)
Kecerahan (Transparency) (m)	6,45±4,10 (n=16)	6,60±3,99 (n=34)	5,54±4,08 (n=47)
Kecerahan (Transparency) (%)	69,4±29,8 (n=16)	66,6±34,5 (n=34)	67,4±36,1 (n=47)
Suhu (Temperature) (°C)	28,72±0,84 (n=16)	28,54±0,83 (n=34)	29,42±0,36 (n=47)
Salinitas (Salinity) (ppt)	34,936±0,077 (n=16)	34,772±0,305 (n=34)	34,763±0,408 (n=47)
Oksigen terlarut Dissolved oxygen (mg/L)	5,496±0,649 (n=16)	5,659±0,644 (n=34)	5,373±0,670 (n=47)
pH	8,131±0,197 (n=16)	8,251±0,069 (n=34)	8,251±0,069 (n=47)
Nitrat (Nitrate) (mg/L)	0,1447±0,2323 (n=14)	0,2697±0,2514 (n=28)	0,2656±0,1850 (n=39)
Nitrit (Nitrite) (mg/L)	0,0295±0,0549 (n=14)	0,0081±0,0099 (n=28)	0,0241±0,0350 (n=39)
Nitrogen amonia total Total ammonia nitrogen (mg/L)	0,0767±0,0246 (n=14)	0,0779±0,0191 (n=28)	0,0649±0,0246 (n=39)
Fosfat (Phosphate) (mg/L)	0,0673±0,0928 (n=14)	0,0175±0,0150 (n=28)	0,0285±0,0336 (n=39)
Padatan tersuspensi total Total suspended solid (mg/L)	53,4±53,7 (n=14)	100,3±60,8 (n=28)	33,3±31,2 (n=39)
Bahan organik total Total organic matter (mg/L)	45,277±10,190 (n=14)	48,506±14,136 (n=28)	48,786±5,861 (n=39)
Jenis substrat dasar Type of bottom substrate	Lumpur (Mud); Karang + pasir (Coral + sand); Pasir + karang (Sand + coral); Batu + karang (Rock + coral); Pasir + lamun (Sand + seagrass); Batu (Rock); Lumpur + pasir (Mud + sand); Karang (Coral) (n=16)	Karang (Coral); Batu + karang + pasir (Rock + coral + sand); Pasir + karang + lamun (Sand + coral + seagrass); Lumpur + pasir (Mud + sand); Lumpur + karang (Mud + coral); Pasir (Sand); Pasir + karang (Sand + coral); Pasir + lamun (Sand + seagrass) (n=34)	Karang (Coral); Pasir + lumpur (Sand + mud); Pasir + karang (Sand + coral); Pasir (Sand); Karang + pasir (Coral + sand); Lumpur + lamun (Mud + seagrass); Lumpur + karang + lamun (Mud + coral + seagrass); Batu + pasir (Rock + sand) (n=47)

Sumber (Sources): ^a: Parenrengi et al. (2012); ^b: Mubarak et al. (1990); ^c: Hayashi et al. (2007); ^d: Vairappan & Chung (2006); ^e: Drijtenkambud (2008); ^f: BAKOSURTANAL (2005); ^g: Kapraun (1978); ^h: Lourenco et al. (2006); ⁱ: Sulistijo (1996)

pertumbuhan rumput laut yang baik, sebaliknya pada lokasi yang miskin nutrisi diperlukan kecepatan arus yang lebih besar namun tidak melebihi 40 cm/dt. Dikatakan oleh Doty & Norris (1985) dan Kotiya *et al.* (2011) bahwa arus mengontrol kesuburan lokasi untuk budidaya rumput laut.

Kedalaman perairan di kawasan pesisir Kabupaten Kepulauan Sangihe dengan koreksi ketinggian air surut terendah dari data pasut disajikan pada Tabel 1. Kisaran kedalaman air di Teluk Talengen, Manalu, dan Dagho berturut-turut 0,7-52,0; 1,5-62,0; dan 1,0-122,0 m. Kedalaman perairan yang dangkal dengan substrat dasar berlumpur sangat besar kemungkinannya terjadi kekeruhan perairan melalui pengadukan gelombang dan arus sampai ke dasar perairan. Menurut Mubarak *et al.* (1990), metode tali panjang untuk budidaya rumput laut membutuhkan kedalaman perairan sangat sesuai yaitu 5-10 m. Substrat yang dikehendaki untuk budidaya rumput laut adalah pasir, pecahan karang, dan karang (Vairappan & Chung, 2006). Substrat dasar perairan di Teluk Talengen, Teluk Manalu, dan Teluk Dagho sangat bervariasi seperti masing-masing dapat dilihat pada Tabel 1. Dengan demikian, berdasarkan substrat dasar, maka ada lokasi-lokasi tertentu yang sesuai dengan budidaya rumput laut di Kabupaten Kepulauan Sangihe.

Kecerahan perairan lokasi yang cocok untuk budidaya rumput laut lebih dari 2 m. Apabila semakin tinggi tingkat kecerahannya, maka semakin efektif proses fotosintesis tersebut, untuk penambahan jumlah massa sel penyusun talus rumput laut (Hayashi *et al.*, 2007). Kekeruhan yang tinggi dari padatan tersuspensi tidak baik untuk kegiatan budidaya rumput laut karena mengurangi penetrasi cahaya ke dalam air sehingga mengganggu proses fotosintesis rumput laut; dan juga menutup permukaan talus sehingga menghambat penyerapan nutrisi melalui permukaan talus (Hidayat, 1990; Vairappan & Chung, 2006). Kecerahan perairan di Teluk Talengen 1,5-13,5 m atau 18-100%, di perairan Teluk Manalu 0,7-4,5 m atau 7-100%, dan di perairan Teluk Dagho 1,0-16,0 m atau 8-100% (Tabel 1).

Semua lokasi perairan yang dikaji untuk budidaya rumput di Kabupaten Kepulauan Sangihe laut memiliki suhu perairan yang berkisar 27,0-30,8°C. Hasil yang diperoleh ini relatif sama dengan yang dilaporkan sebelumnya oleh Setiawan *et al.* (2016) bahwa suhu permukaan laut di Kabupaten Kepulauan Sangihe 28-31°C. Sebelumnya Mudeng *et al.* (2015) melaporkan di tempat yang sama bahwa suhu air di Teluk Talengen 29,5-31,0°C dan di Teluk Manalu 30,0-31,0°C. Kisaran suhu demikian masuk dalam kategori perairan yang sangat sesuai untuk kegiatan budidaya rumput laut. Vairappan & Chung (2006) menyatakan suhu yang

terbaik untuk pertumbuhan rumput laut adalah 25-31°C.

Salinitas perairan Kabupaten Kepulauan Sangihe 32,95-35,13 ppt, di mana salinitas yang relatif rendah dijumpai di Teluk Talengen dan Dagho sebagai akibat adanya sungai yang tergolong sungai hidup yang bermuara di lokasi tersebut. Dalam melakukan budidaya rumput laut dibutuhkan kisaran salinitas 31-35 ppt (Mubarak *et al.*, 1990). Di tempat yang sama yaitu di Teluk Talengen dan Manalu didapatkan salinitas 33-34 ppt oleh Mudeng *et al.* (2015).

Dikatakan oleh Landau (1995) bahwa oksigen terlarut diperlukan untuk proses respirasi, sehingga konsentrasi oksigen terlarut dalam perairan menjadi faktor pembatas untuk pertumbuhan rumput laut. Konsentrasi oksigen terlarut pada semua lokasi kajian perairan yang dikaji berada pada 3,46-8,16 mg/L, sehingga semua lokasi budidaya rumput laut dikategorikan sesuai sebagai lokasi budidaya. Konsentrasi oksigen terlarut untuk menunjang usaha budidaya rumput laut adalah 3-8 mg/L (Ditjenkanbud, 2008).

Untuk pertumbuhan yang optimal, rumput laut membutuhkan pH 7,0-9,0 dengan kisaran sangat sesuai 7,5-8,5 (BAKOSURTANAL, 2005). Hal ini menunjukkan bahwa pH perairan Kabupaten Kepulauan Sangihe dapat mendukung budidaya rumput laut. pH perairan di Kabupaten Kepulauan Sangihe berada pada pH air laut secara umum. Sebelumnya, Mudeng *et al.* (2015) mendapatkan pH air di Teluk Talengen dan Manalu masing-masing 7,8-8,0 dan 7,7-7,9.

Nutrien dalam konteks kualitas air adalah molekul-molekul dalam air yang dapat langsung digunakan oleh tanaman termasuk rumput laut untuk pertumbuhan selnya (Landau, 1995). Nutrien yang banyak dimanfaatkan oleh rumput laut adalah nitrat, nitrit, amonia, dan fosfat (Kotiya *et al.*, 2011; Olanrewaju *et al.*, 2015). Secara umum di perairan laut, nitrat merupakan nutrisi terpenting yang menentukan pertumbuhan plankton dan tumbuhan tingkat tinggi seperti rumput laut. Konsentrasi nitrat yang didapatkan di lokasi kajian di Kabupaten Kepulauan Sangihe 0,0195-0,9913 mg/L (Tabel 1). Konsentrasi nitrat yang lebih tinggi di tempat yang sama didapatkan oleh Mudeng *et al.* (2015) yaitu 5,20-5,50 mg/L dan 5,15-5,80 mg/L masing-masing di Teluk Talengen dan Manalu. Menurut Kapraun (1978), rumput laut dapat tumbuh pada konsentrasi nitrat air 1,0-3,5 mg/L, sedangkan Ngangi (2001) menyatakan konsentrasi nitrat yang baik untuk pertumbuhan rumput laut adalah 1,0-3,2 mg/L.

Konsentrasi nitrit di lokasi kajian Kabupaten Kepulauan Sangihe 0,0008-0,0982 mg/L (Tabel 1). Di

tempat yang sama yaitu di Teluk Talengen dan Manalu didapatkan berturut-turut konsentrasi dari tidak terdeteksi sampai 0,02 mg/L dan dari tidak terdeteksi sampai 0,01 mg/L dari nitrit oleh Mudeng *et al.* (2015). Di perairan, konsentrasi nitrit jarang melebihi 1 mg/L (Sawyer & McCarty, 1978).

Konsentrasi amonia dalam bentuk nitrogen amonia total di Kabupaten Kepulauan Sangihe 0,0090-0,1567 mg/L di Teluk Dagho; 0,0382-0,1597 mg/L di Teluk Talengen; dan 0,0525-0,1192 mg/L di Teluk Manalu. Konsentrasi tersebut apabila dibandingkan dengan konsentrasi ideal untuk habitat pertumbuhan rumput laut yakni 1,0-3,2 mg/L (Lourenco *et al.*, 2006), maka masih jauh dari kondisi optimal.

Konsentrasi fosfat yang didapatkan di lokasi kajian Kabupaten Kepulauan Sangihe 0,0019–0,3631 mg/L, di mana konsentrasi fosfat yang tinggi didapatkan di Teluk Talengen (Tabel 1). Menurut Latif (2012), konsentrasi fosfat merupakan peubah kondisi oseanografi yang juga mengontrol nilai karaginan pada rumput laut. Konsentrasi fosfat pada perairan yang baik untuk budidaya rumput laut adalah 0,02-1,0 mg/L (Sulistijo, 1996).

Rata-rata padatan tersuspensi total dari yang terkecil hingga terbesar di lokasi kajian Kabupaten Kepulauan Sangihe adalah 1,0-226,0 mg/L. Sesuai dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang baku mutu air laut untuk biota laut, diperoleh nilai baku mutu padatan tersuspensi total untuk kehidupan koral dan lamun adalah lebih rendah dari 20 mg/L, sedangkan untuk mangrove lebih rendah 80 mg/L. Keberadaan padatan tersuspensi total masih dapat berdampak positif apabila tidak melebihi toleransi sebaran padatan tersuspensi total baku mutu kualitas perairan yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup, yaitu tidak melebihi 70 mg/L.

Konsentrasi bahan organik total air di lokasi kajian Kabupaten Kepulauan Sangihe relatif sama, hanya 24,02-86,81 mg/L (Tabel 2). Konsentrasi bahan organik total dalam air laut biasanya rendah dan tidak melebihi 3 mg/L. Menurut Reid (1961), perairan dengan konsentrasi bahan organik total lebih besar dari 26 mg/L adalah tergolong perairan yang subur.

Kesesuaian Perairan

Dengan mempertimbangkan faktor kriteria dan faktor pembatas telah ditetapkan kesesuaian lahan untuk budidaya rumput laut metode tali panjang (Tabel 2) di Kabupaten Kepulauan Sangihe. Kedalaman perairan merupakan faktor kriteria yang membatasi kesesuaian lahan untuk budidaya rumput laut di Kabupaten Kepulauan Sangihe. Adanya alur pelayaran

adalah faktor pembatas yang juga membatasi kesesuaian lahan untuk budidaya rumput laut terutama di Teluk Dagho. Untuk kajian kesesuaian perairan untuk budidaya rumput laut, faktor pembatas merupakan peubah penting yang harus dipertimbangkan. Peubah penting yang dapat dikategorikan sebagai pembatas kegiatan budidaya laut, di antaranya ekosistem padang lamun, pelabuhan kapal, kawasan industri, dan kawasan pariwisata (Pérez *et al.*, 2003). Di Teluk Dagho dijumpai Pelabuhan Perikanan Pantai Dagho. Berdasarkan Perda Kabupaten Kepulauan Sangihe Nomor 4 Tahun 2014 tentang Rencana Tata Ruang Kabupaten Kepulauan Sangihe 2014-2034 telah ditetapkan Klaster Teluk Dagho dan sekitarnya dengan pusat kawasan Teluk Dagho yang meliputi: Kecamatan Tamako, Kecamatan Manganitu Selatan dan Kepulauan Tatoareng. Klaster ini diarahkan sebagai kawasan sentra pengembangan perikanan tangkap, pengembangan produksi dan industri perikanan, kawasan agropolitan, serta pusat pelestarian hutan lindung maupun kawasan pesisir yang berpotensi pariwisata, budidaya kebaharian, dan kawasan pariwisata bahari/kelautan.

Dari 4.839,35 ha kawasan pesisir yang dikaji di Teluk Talengen, Manalu, dan Dagho, seluas 181,80 ha (3,76%) tergolong sangat sesuai (S1), 852,82 ha (17,62%) tergolong cukup sesuai (S2), 3.633,75 ha (75,09%) tergolong kurang sesuai (S3), dan 170,99 ha (3,53%) tergolong tidak sesuai (N) untuk budidaya rumput laut metode tali panjang (Tabel 2, Gambar 1).

Daya Dukung Perairan

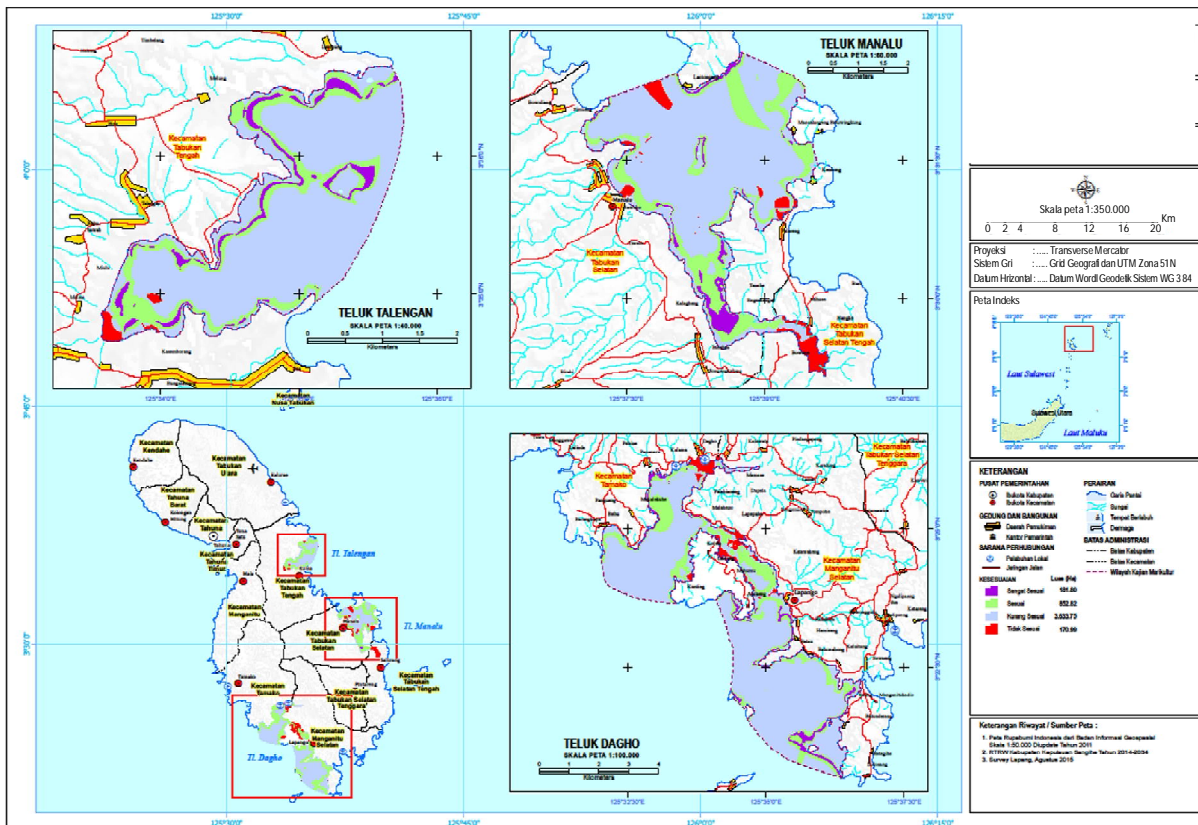
Pemanfaatan kawasan perairan Kabupaten Kepulauan Sangihe sebagai lokasi budidaya rumput laut belum begitu berkembang. Namun demikian, dalam pengembangannya ke depan perlu ditunjang dengan penilaian daya dukung perairan berbasis kawasan berkelanjutan.

Luas perairan yang sesuai (sangat sesuai, cukup sesuai, dan kurang sesuai) untuk budidaya rumput laut di Teluk Talengen, Manalu, dan Dagho masing-masing adalah 736,51; 1.269,75; dan 2.662,10 ha. Berdasarkan hasil penghitungan kapasitas perairan di Kabupaten Kepulauan Sangihe didapatkan nilai 44% dan ukuran rakit yang umum digunakan di Kabupaten Kepulauan Sangihe adalah 50 m x 50 m (Reiyn Oskar, Komunikasi Pribadi, 2015), maka daya dukung perairan untuk budidaya rumput laut metode tali panjang di Teluk Talengen, Manalu, dan Dagho seluas 324 ha, 559 ha, dan 1.171 ha. Jumlah unit budidaya rumput laut yang dapat didukung untuk budidaya rumput laut di Teluk Talengen, Manalu, dan Dagho masing-masing 1.296; 2.236; dan 4.684 unit rakit budidaya yang berukuran 50 m x 50 m (Tabel 3).

Tabel 2. Kelas kesesuaian perairan untuk budidaya rumput laut (*Kappaphycus alvarezii*) metode tali panjang di kawasan pesisir Kabupaten Kepulauan Sangihe Provinsi Sulawesi Utara

Table 2. Waters suitability classes for seaweed (*Kappaphycus alvarezii*) culture using long-line method in coastal areas of Sangihe Archipelago Regency North Sulawesi Province

Kelas kesesuaian Suitability classes	Teluk Talengen Talengen Bay	Teluk Manalu Manalu Bay	Teluk Dagho Dagho Bay	Total
Sangat sesuai Very suitable (ha)	44.90	50.07	86.82	181.79
Cukup sesuai Moderately suitable (ha)	128.08	264.05	460.69	852.82
Kurang sesuai Less suitable (ha)	563.53	955.63	2,114.59	3,633.75
Tidak sesuai Not suitable (ha)	10.07	70.90	90.02	170.99
Total (ha)	746.58	1,340.65	2,752.12	4,839.35



Gambar 1. Peta kesesuaian perairan untuk budidaya rumput laut (*Kappaphycus alvarezii*) metode tali panjang di kawasan pesisir Kabupaten Kepulauan Sangihe Provinsi Sulawesi Utara.

Figure 1. Waters suitability maps for seaweed (*Kappaphycus alvarezii*) culture using long-line method in coastal areas of Sangihe Archipelago Regency North Sulawesi Province.

Tabel 3. Daya dukung perairan dan jumlah unit rakit untuk pengembangan budidaya rumput laut (*Kappaphycus alvarezii*) metode tali panjang yang maksimal di perairan pesisir Kabupaten Kepulauan Sangihe Provinsi Sulawesi Utara

Table 3. *Waters carrying capacity and maximum number of raft units for development of seaweed (Kappaphycus alvarezii) culture using long-line method in coastal areas of Sangihe Archipelago Regency North Sulawesi Province*

Teluk (Bay)	Daya dukung perairan <i>Waters carrying capacity (ha)</i>	Jumlah unit rakit* <i>Number of raft unit*</i>
Talengen	324	1,296
Manalu	559	2,236
Dagho	1,171	4,684
Total	2,054	8,216

*: Ukuran unit rakit 50 x 50 m/Raft unit size of 50 x 50 m

KESIMPULAN DAN SARAN

Secara umum karakteristik perairan Kabupaten Kepulauan Sangihe dapat mendukung usaha budidaya rumput laut (*Kappaphycus alvarezii*), tetapi kedalaman perairan yang relatif dangkal serta adanya alur pelayaran yang menjadi faktor pembatas dalam kesesuaian lahan untuk budidaya rumput laut. Dari 4.839,35 ha kawasan pesisir yang dikaji di Teluk Talengen (Kecamatan Tabukan Tengah), Teluk Manalu (Kecamatan Tabukan Selatan), dan Teluk Dagho (Kecamatan Tamako dan Manganitu Selatan) dijumpai kawasan pesisir seluas 181,79 ha yang tergolong sangat sesuai; 852,82 ha yang tergolong cukup sesuai; 3.633,75 ha yang tergolong kurang sesuai; dan 170,99 ha yang tergolong tidak sesuai untuk budidaya rumput laut metode tali panjang. Budidaya rumput laut metode tali panjang di Kabupaten Kepulauan Sangihe dapat dilakukan di Teluk Talengen, Teluk Manalu, dan Teluk Dagho dengan pengembangan kawasan maksimal masing-masing seluas 324 ha; 559 ha; dan 1.171 ha yang dapat digunakan untuk masing-masing 1.296, 2.236, dan 4.684 unit rakit budidaya rumput laut berukuran 50 m x 50 m. Disarankan agar pengembangan budidaya rumput laut diawali pada lokasi yang tergolong sangat sesuai, kemudian cukup sesuai, dan terakhir pada lokasi kurang sesuai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Diucapkan terima kasih kepada Bapak Hakim Madeng, Muhammad Arnol, dan Ilham atas bantuannya dalam pengambilan contoh air dan sedimen di lapangan. Terima kasih juga disampaikan kepada Kepala dan staf Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Kepulauan Sangihe atas bantuannya selama pelaksanaan kajian ini. Juga diucapkan terima kasih kepada Ibu Siti Rohani dan Kurniah atas analisis kualitas air di laboratorium. Kajian ini dibiayai dari Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran yang ada di Pusat

Penelitian dan Pengembangan Perikanan Budidaya Tahun Anggaran 2015.

DAFTAR ACUAN

- AbdelRahman, M.A.E., Natarajan, A., & Hegde, R. (2016). Assessment of land suitability and capability by integrating remote sensing and GIS for agriculture in Chamarajanagar district, Karnataka, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 19(1), 125-141.
- APHA (American Public Health Association). (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association-American Water Works Association-Water Environment Federation, Washington, DC, 1496 pp.
- Ayllón, D., Almodóvar, A., Nicola, G.G., Parra, I., & Elvira, B. (2012). Modelling carrying capacity dynamics for the conservation and management of territorial salmonids. *Fisheries Research*, 134-136, 95-103.
- Azis, H.Y. (2011). *Optimasi Pengelolaan Sumberdaya Rumput Laut di Wilayah Pesisir Kabupaten Bantaeng Provinsi Sulawesi Selatan*. Disertasi. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 164 hlm.
- BAKOSURTANAL (Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional). (2005). *Prosedur dan Spesifikasi Teknis Analisis Kesesuaian Budidaya Rumput Laut*. Pusat Survei Sumberdaya Alam Laut, Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional, Cibinong Bogor, 36 hlm.
- Banai-Kashani, R. (1989). A new method for site suitability analysis: The analytic hierarchy process. *Environmental Management*, 13, 685-693.
- BPS (Badan Pusat Statistik). (2014). *Kepulauan Sangihe dalam Angka 2014*. Badan Pusat Statistik Kabupaten Kepulauan Sangihe, Tahuna, 388 hlm.

- Dianto, I K., Arthana, I W., & Ernawati, N.M. (2017). The utilization of *Halymenia durvillaei* to support the management of *Eucheuma spinosum* seaweed farming in Geger Coastal Area, Bali. *Jurnal Metamorfosa*, IV(1), 65-71.
- Ditjenkanbud (Direktorat Jendral Perikanan Budidaya). (2008). *Petunjuk Teknis Budidaya Rumput Laut*. Direktorat Jendral Perikanan Budidaya, Departemen Kelautan dan Perikanan, Jakarta, 41 hlm.
- Doty, M.S. & Norris, J.N. (1985). *Eucheuma* species (Solieriaceae, Rhodophyta) that are major sources of carrageenan. In: Abbot, A. & Norris, J.N. (eds.), *Taxonomy of Economic Seaweeds with Reference to some Pacific and Caribbean Species*. La Jolla, California, California Sea Grant College Program (T-CSGCP-011), 47-61.
- Erlania & Radiarta, I N. (2015). Distribusi rumput laut alam berdasarkan karakteristik dasar perairan di kawasan rata-rata terumbu Labuhanbua, Nusa Tenggara Barat: Strategi pengelolaan untuk pengembangan budidaya. *Jurnal Riset Akuakultur*, 10(3), 449-457.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2012. *Cultured Aquatic Species Information Programme: Eucheuma spp.* Fisheries and Aquaculture Department, FAO, http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Eucheuma_spp/en. [Diakses: 12 April 2012].
- Gentry, R.R., Froehlich, H.E., Grimm, D., Kareiva, P., Parke, M., Rust, M., Gaines, S.D., & Halpern, B.S. (2017). Mapping the global potential for marine aquaculture. *Nature Ecology & Evolution*, 1, 1317-1324.
- Gong, J., Liu, Y., & Chen, W. (2012). Land suitability evaluation for development using a matter-element model: A case study in Zengcheng, Guangzhou, China. *Land Use Policy*, 29, 464-472.
- Hayashi, L., de Paula, E.J. & Chow, F. (2007). Growth rate and carrageenan analyses, in four strains of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales) farmed in the Subtropical Waters of Sao Paulo State, Brazil. *Journal of Applied Phycology*, 19(5), 393-399.
- Hidayat, A. (1990). *Budidaya Rumput Laut*. Usaha Nasional, Surabaya, 96 hlm.
- Kapraun, D.F. (1978). Field and culture studies on selected north Carolina polysipson species. *Botanica Marina*, 21, 143-153.
- Kotiya, A.S., Gunalan, B., Parmar, H.V., Jaikumar, M., Dave, T., Solanki, J.B., & Nayan, P.M. (2011). Growth comparison of the seaweed *Kappaphycus alvarezii* in nine different coastal areas of Gujarat coast, India. *Advances in Applied Science Research*, 2(3), 99-106.
- Landau, M. (1995). *Introduction to Aquaculture*. John Wiley and Sons Inc., New York, 440 pp.
- Latif, N. (2012) *Optimasi Pemanfaatan Perairan Pulau Saugi Kabupaten Pangkep untuk Budidaya Kappaphycus alvarezii*. Disertasi Universitas Hasanuddin, Makassar, 140 hlm.
- Lourenco, S.O., Barbarino, E., Nascimento, A., Freitas, J.N.P., & Diniz, G.S. (2006). Tissue nitrogen and phosphorus in seaweeds in a tropical eutrophic environment: What a long-term study tells us. *Journal of Applied Phycology*, 18(3-5), 389-398.
- Malczewski, J. (1999). *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. John Wiley & Sons, New York, 392 pp.
- Morain, S. (1999). *GIS Solution in Natural Resource Management: Balancing the Technical Political Equation*. On Word Press, USA, 361 pp.
- Mubarak, H., Ilyas, S., Ismail, W., Wahyuni, I.S., Hartati, S.H., Pratiwi, E., Jangkaru, Z., & Arifudin, R. (1990). *Petunjuk Teknis Budidaya Rumput Laut*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan, Jakarta, 93 hlm.
- Mudeng, J.D., Ngangi, E.L.A., & Rompas, R.J. (2015). Identifikasi parameter kualitas air untuk kepentingan marikultur di Kabupaten Kepulauan Sangihe Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Budidaya Perairan*, 3(1), 141-148.
- Mustafa, A., Patongloan, E., Yulius, Pingkan, K.R., Rahmatia, Susanto, H.A., Allo, S.P., Makasangkil, L., Laboa, M., Toekijo, E., Kansil, B., & Mansauda, D. (2015). *Profil Perikanan Budidaya dan Wisata Bahari untuk Pengembangan Kelautan dan Perikanan Terintegrasi di Kabupaten Kepulauan Sangihe, Provinsi Sulawesi Utara*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan, Jakarta, 10 hlm.
- Ngangi, E.L. (2001). *Kajian Identifikasi dan Analisis Finansial Usaha Budidaya Rumput Laut Kappaphycus alvarezii di Desa Bentenam Tumbak Kecamatan Belang, Provinsi Sulawesi Utara*. Tesis. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 100 hlm.
- Olanrewaju, O.S., Tee, K.F., & Kader, A.S.A. (2015). Water quality test and site selection for suitable species for seaweed farm in East Coast of Malaysia. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 12(2), 33-39.
- Parentrengi, A., Rachmansyah, & Suryati, E. (2012). *Budi Daya Rumput Laut Penghasil Karaginan (KaraginoFit)*. Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Payau, Maros, 54 hlm.
- Pérez, O.M., Ross, L.G., Telfer, T.C., & del Campo Barquin, L.M. (2003). Water quality requirements for marine fish cage site selection in Tenerife (Canary Islands): Predictive modelling and analysis using GIS. *Aquaculture*, 224, 51-68.

- Radiarta, I N., Erlania, & Sugama, K. (2014). Budidaya rumput laut, *Kappaphycus alvarezii* secara terintegrasi dengan ikan kerapu di Teluk Gerupuk Kabupaten Lombok Tengah, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Riset Akuakultur*, 9(1), 111-124.
- Reid, G.K. (1961). *Ecology of Inland Waters and Estuaries*. Van Nostrand Reinhold Co., New York, 375 pp.
- Rodriguez-Gallego, L., Achkar, M., & Conde, D. (2012). Land suitability assessment in the catchment area of four Southwestern Atlantic Coastal Lagoons: Multicriteria and optimization modeling. *Environmental Management*, 50, 140-152.
- Rossiter, D.G. (1996). A theoretical framework for land evaluation. *Geoderma*, 72, 165-202.
- Sangha, J.S., Kelloway, S., Critchley, A.T., & Prithiviraj, B. (2014). Seaweeds (Macroalgae) and their extracts as contributors of plant productivity and quality: The current status of our understanding. *Sea Plants*, 71, 189-219.
- Sawyer, C.N. & McCarty, P.L. (1978). *Chemistry for Environmental Engineering*. Third edition. McGraw-Hill Book Company, New York, 532 pp.
- Setiawan, A., Supriyadi, F., Noor, G.E., Fadli, M., & Murdimanto, A. (2016). *Profil Kelautan dan Perikanan Kabupaten Kepulauan Sangihe dan Kabupaten Kepulauan Talaud, Provinsi Sulawesi Utara*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir, Jakarta, 79 hlm.
- Sukadi, M.F. (2006). Perkembangan budidaya rumput laut di Indonesia: Kinerja dan prospeknya. Dalam: Cholik, F., Moeslim, S., Heruwati, E.S., Ahmad, T., & Jauzi, A. (eds.). *60 Tahun Perikanan Indonesia*. Masyarakat Perikanan Nusantara, Jakarta, hlm. 213-223.
- Sulistijo. (1996). Perkembangan budidaya rumput laut di Indonesia. Dalam: Atmaja, W.S. (ed.), *Pengenalan Jenis-jenis Rumput Laut di Indonesia*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta, hlm. 120-151.
- Sutrisyani & Rohani, S. (2009). *Panduan Praktis Analisis Kualitas Air Payau*. Cetakan kedua. Diedit: Rachmansyah, Atmomarsono, M., & Mustafa, A. Pusat Riset Perikanan Budidaya, Jakarta, 55 hlm.
- Vairappan, C.S. & Chung, C.S. (2006). Seaweed farming in Malaysia: Challenges. In: Moi, S.P., Critchley, A.T., & Ang, P.O. (eds), *Proceedings of a Workshop 7th Asian Fisheries Forum, Malaysia: Advances in Seaweed Cultivation and Utilization in Asia*. Maritime Research Centre, University of Malaya, Kuala Lumpur, p. 161-169.
- Wouthuyzen, S. (2006). *Pemetaan dan Pemantauan Kualitas Perairan Teluk Jakarta sebagai Muara Akhir DAS JABOPUNCUR dengan Menggunakan Multi-sensor dan Multi-temporal Data Citra Satelit*. Laporan Kumulatif 2004-2006. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta, 84 hlm.