

Laju transmisi penyakit ice-ice pada rumput laut *Kappaphycus alvarezii* berdasarkan jarak tanam dengan metode longline

Muhammad Aris^{1*}, Tamrin Ali Ibrahim¹

¹⁾ Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Kelautan,
Universitas Khairun, Ternate

*Penulis korespondensi: ambooasse100676@gmail.com

Abstract

Kappaphycus alvarezii seaweed is one of the main commodities of aquaculture which is economically important and has been cultivated commercially. In the *Kappaphycus alvarezii* seaweed cultivation system, the attack of ice-ice is a major obstacle because it can harm the cultivation business. The spread of the disease can occur vertically and horizontally. This study aimed to observe the horizontal transmission rate of ice-ice disease in cultivation activities of *K. alvarezii* in Maba Waters, East Halmahera Regency. The results showed that the attack of ice-ice caused a decrease in growth and experienced death. The presence of this disease in seaweed cultivation can result in a decrease in seaweed production. This is a major problem faced by *K. alvarezii* seaweed cultivation managers and requires serious handling with proper management.

Keywords: *Kappaphycus alvarezii*; ice-ice disease, Maba Waters, East Halmahera

PENDAHULUAN

Rumput laut *Kappaphycus alvarezii* merupakan salah satu komoditas utama budidaya perikanan bernilai ekonomis penting (Bixler dan Porse, 2010; Bindu dan Levine, 2011; Valderrama *et al.*, 2015). Pengembangan budidaya rumput laut jenis ini telah berkembang sangat pesat sejak permintaan akan karaginan untuk kegiatan industri dibanyak negara (Campo *et al.*, 2009; Porse dan Rudolph, 2017; Adharini *et al.*, 2018).

Pada sistem budidaya rumput laut, pertumbuhan sangat dipengaruhi oleh metode yang digunakan, kondisi kualitas parameter lingkungan serta jarak garis pantai (Asmi *et*

al., 2013; Asni, 2015). Selain itu, jarak tanam juga sangat mempengaruhi rumput laut *K. alvarezii* (Sapitri *et al.*, 2016). Namun demikian, ada beberapa kendala yang dihadapi dalam pengembangan budidaya spesies rumput laut ini.

Serangan penyakit merupakan kendala utama karena dapat merugikan usaha budidaya sehingga terjadi penurunan produksi. Penyakit utama yang menyerang budidaya rumput laut *K. alvarezii* adalah penyakit *ice-ice* (Solis *et al.*, 2010; Ward *et al.*, 2019). Penyakit ini menyebabkan penurunan produksi budidaya rumput laut berkisar dari 70% - 100% (Loureiro *et al.*, 2009). Beberapa negara produsen rumput laut

K. alvarezii telah melaporkan serangan penyakit ini seperti di Filipina, Vietnam, Tanzania, Malaysia dan Indonesia (Hung *et al.*, 2008; Vairappan *et al.*, 2008; Msuya dan Porter, 2014).

Penyebaran penyakit pada organisme perairan dapat terjadi secara horizontal. Penyebaran secara horizontal pada organisme perairan yang dibudidayakan sangat erat hubungannya dengan proses perpindahan agen penyakit dari organisme yang terinfeksi penyakit ke organisme yang sehat (Manin dan Ransangan, 2011; Karthikeyan dan Sudhakaran 2018). Penelitian ini bertujuan untuk mengamati laju transmisi penyakit ice-ice pada rumput laut *K. alvarezii* berdasarkan jarak tanam yang berbeda dengan metode *longline*.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di wilayah pengembangan rumput laut perairan Maba, Kecamatan Maba Selatan, Kabupaten Halmahera Timur, Provinsi Maluku Utara.

Metode Pemeliharaan

Metode yang digunakan adalah metode *longline*, yaitu suatu metode pemeliharaan rumput laut yang dilakukan pada permukaan air dengan menggunakan tali sebagai wadah. Konstruksi metode *longline* terdiri dari tali utama sepanjang 10 sampai, tali ris sepanjang 200 m, pelampung utama yang terbuat dari *styrofoam*, pelampung kecil berupa botol plastik 500 ml yang diikatkan setiap 5 meter pada tali ris, serta pemberat yang terbuat dari jangkar.

Persiapan Bibit

Bibit yang digunakan merupakan bibit hasil kultur jaringan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* di BPBAP Takalar. Berat awal bibit yang digunakan adalah 50 gram yang diikatkan pada sepanjang tali ris dengan jarak yang berbeda berdasarkan perlakuan.

Rancangan Penelitian

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan 3 perlakuan dan 3 ulangan untuk masing-masing perlakuan. Perlakuan yang diberikan yaitu 20 cm (perlakuan A), 30 cm (perlakuan B) dan 40 cm (perlakuan C). Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah pertumbuhan berat basah yang diamati setiap hari.

Pengamatan Perubahan Morfologi

Penentuan status kesehatan berdasarkan tanda-tanda klinis secara makroskopis, yang ditandai dengan timbulnya bercak warna putih pada permukaan rumput laut. Pengukuran berat basah dilakukan setiap hari selama 7 hari.

Pengumpulan Data Kualitas Perairan

Parameter kualitas perairan sangat mempengaruhi rumput laut *Kappaphycus alvarezii*. Parameter kualitas air yang diamati adalah suhu, kecerahan, kedalaman, substrat, kecepatan arus, salinitas, pH, dan oksigen terlarut.

Analisa Data

Pengaruh perlakuan diuji dengan ANOVA (*Analisis of Varians*), jika terdapat pengaruh maka dilakukan analisis uji lanjut Duncan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Transmisi Horizontal Penyakit *Ice-Ice*

Penyebaran penyakit *ice-ice* pada organisme rumput laut yang dibudidayakan sangat erat hubungannya dengan proses perpindahan agen penyakit dari thalus yang terinfeksi ke thalus yang sehat. Serangan penyakit *ice-ice* menyebabkan perubahan morfologi rumput laut. Perubahan diawali dengan perubahan kondisi thalus yang mengalami kehilangan lendir di permukaan thalus rumput laut. Kondisi tersebut menyebabkan permukaan thalus menjadi kasar dan berangsur-angsur mengalami perubahan warna pada thalus dari warna terang menjadi pucat. Selanjutnya timbul bintik/bercak putih pada permukaan ujung thalus, pada akhirnya seluruh thalus memutih seperti pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Hasil pengamatan transmisi penyakit *ice-ice*. (S1: Sebelum pengujian; S2: Pasca pengujian)

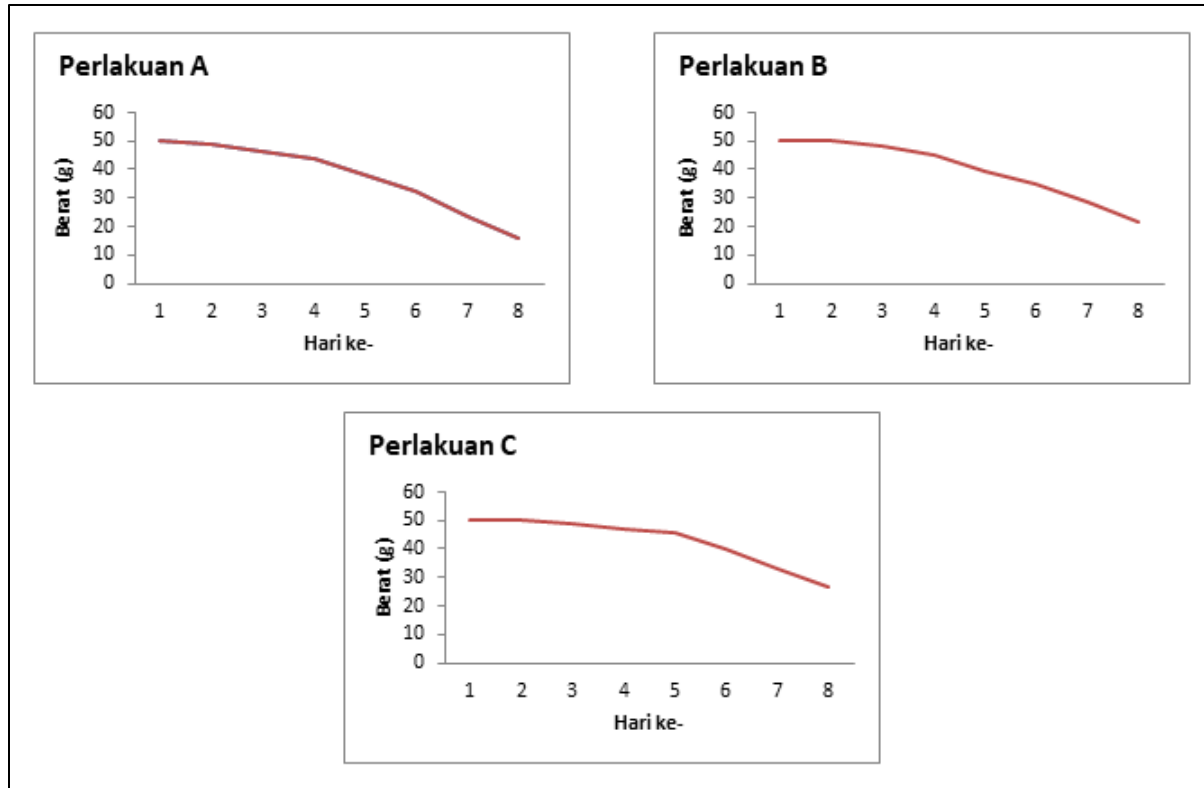
Perubahan kondisi permukaan thalus dan perubahan warna serta timbulnya pemutihan pada ujung thalus ternyata diikuti dengan perubahan yang menunjukkan penurunan berat basah disebabkan karena thalus keropos dan patah. Perubahan ini terus berlanjut hingga menimbulkan kematian.

Hasil pengamatan dapat dilihat pada Gambar 2.

Waktu transmisi perlakuan pada jarak tanam 20 cm (perlakuan A) lebih besar dibandingkan dengan perlakuan 30 cm (perlakuan B) dan perlakuan 40 cm (Perlakuan C). Hal ini mengindikasikan semakin kecil jarak tanam, maka transmisi penyakit *ice-ice* lebih besar.

Infeksi penyakit *ice-ice* dapat menyebabkan perubahan warna atau *depigmentasi* dan penurunan berat rumput laut *Kappaphycus alvarezii* (Hung *et al.*, 2009; Hayashi *et al.*, 2011). Kondisi ini disebabkan oleh infeksi bakteri patogen pada rumput laut (Largo *et al.*, 1995). Serangan penyakit *ice-ice* semakin intensif seiring dengan waktu infeksi bakteri patogen pada thalus rumput laut yang mengakibatkan kegagalan budidaya rumput laut *Kappaphycus alvarezii* (Lobban dan Horison, 1994).

Fenomena ini sama seperti yang dilaporkan Ask *et al.* (2003), bahwa kejadian serangan penyakit *ice-ice* disuatu wilayah budidaya rumput laut diawali dengan perubahan thalus yang mengalami stress, dilanjutkan dengan terjadinya pemutihan dan pada akhirnya mengalami kerusakan thalus. Stress mengakibatkan terjadinya perubahan warna thalus yang merupakan gejala awal dari penyakit *ice-ice*, seiring dengan waktu pemeliharaan ujung thalus memutih dan akhirnya keropos (Sulu *et al.*, 2003).



Gambar 2. Hasil pengamatan berat basah

Kondisi Kualitas Perairan

Kondisi kualitas perairan sangat mempengaruhi pertumbuhan dan produksi rumput laut *Kappaphycus alvarezii* (Ateweberhan *et al.*, 2014; Rima *et al.*, 2016). Khusus untuk pengembangan budidaya rumput laut, perairan di Kabupaten Halmahera Timur memiliki potensi lahan untuk budidaya rumput laut sebesar 813 km² (Radiarta *et al.*, 2010). Hasil pengamatan parameter kualitas perairan dapat dilihat pada Tabel 1.

Kecerahan perairan merupakan tingkat transparansi perairan yang dapat diamati secara visual. Dengan mengetahui kecerahan suatu perairan kita dapat mengetahui sampai dimana masih ada kemungkinan terjadi proses asimilasi dalam air, lapisan-lapisan mana yang tidak keruh, dan yang paling

keruh. Kecerahan air yang cukup dapat mempengaruhi rumput laut dalam mensuplai kebutuhan nutriennya seperti karbon, nitrogen, dan fosfor untuk pertumbuhan dan pembelahan sel serta proses fotosintesisnya (Susanto, 2005). Hasil pengamatan kecerahan perairan berkisar antara 0,5 – 2,5. Kondisi air yang jernih dengan tingkat transparansi berkisar antara >1,5 meter cukup baik bagi pertumbuhan rumput laut (Luning, 1990).

Kecepatan arus merupakan parameter oseanografi yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan produksi rumput laut (Ramdhan *et al.*, 2018). Kecepatan arus yang rendah pada perairan akan mengakibatkan sedimen atau kotoran mudah menempel pada rumput laut sehingga mengganggu proses fotosintesis (Asni, 2015). Hasil pengamatan

kecepatan arus berada pada kisaran 0,15 – 0,19 m/s. Kecepatan arus yang baik untuk budidaya *K. alvarezii* adalah 0,2–0,3 m/s (Atmadja *et al.* 1996).

Substrat dasar merupakan faktor yang perlu diperhatikan dalam budidaya rumput laut (Rohman *et al.*, 2018). Substrat pasir berlumpur merupakan tipe substrat yang berada di lokasi penelitian. Substrat sangat penting sebagai nutrisi bagi rumput laut, tetapi disamping itu juga sebagai habitat hewan dan tumbuhan lain yang dapat mempengaruhi tumbuhan rumput laut karena adanya kompetisi dalam mendapatkan nutrisi, cahaya matahari, dan ruang hidup (Baracca, 1999). Substrat pasir berlumpur dapat meningkatkan peluang terjadinya serangan penyakit *ice-ice* (Ateweberhan *et al.*, 2014).

Suhu perairan merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam mengatur proses kehidupan dan penyebaran organisme di perairan. Suhu perairan mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan, reproduksi dan fotosintesis rumput laut (Gultom *et al.*, 2019). Selain itu, fluktuasi suhu yang ekstrim dapat menyebabkan terjadinya serangan penyakit *ice-ice* pada rumput laut (Msuya dan Porter, 2014). Hasil pengamatan suhu perairan berkisar antara 28 - 29°C. Kisaran suhu yang baik bagi pertumbuhan rumput laut adalah 27-30°C (Sulistijo dan Atmadja, 1996).

Salinitas berkaitan erat dengan penyesuaian tekanan osmotik biota perairan. Fluktuasi salinitas dapat menyebabkan pertumbuhan rumput laut menjadi lambat (Msuya dan Porter, 2014). Hasil pengamatan salinitas perairan berada pada kisaran 26-31 ppt. Rumput laut *Kappaphycus alvarezii*

dapat tumbuh dengan baik pada kisaran salinitas 25-35 ppt, pada kisaran 40 ppt dapat menyebabkan kerusakan sel (Arisandi *et al.*, 2011).

Derajat keasaman atau pH merupakan salah satu parameter kimia yang cukup penting dalam memantau kestabilan perairan. Rumput laut dapat hidup pada kisaran pH yang luas, yaitu 6,8 - 9,6 (Aslan, 1998). Hasil pengamatan pH perairan berada pada kisaran 7,24 – 8,2. Kisaran pH yang baik bagi pertumbuhan rumput laut *Kappaphycus* yaitu 7–9 (Lundsor, 2002).

Oksigen terlarut dibutuhkan oleh organisme perairan untuk melakukan pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan (Jiang *et al.*, 2005). Hasil pengamatan oksigen terlarut berada pada kisaran 3,7 - 4,0 mg/L. Nilai kisaran konsentrasi oksigen terlarut yang layak bagi pertumbuhan optimal rumput laut yakni >4 mg/L (Lobban dan Horison, 1994).

KESIMPULAN

Serangan penyakit *ice-ice* menyebabkan penurunan pertumbuhan sampai mengalami kematian. Keberadaan penyakit ini pada kegiatan budidaya rumput laut dapat mengakibatkan penurunan produksi rumput laut. Hal ini merupakan permasalahan utama yang dihadapi pengelola budidaya rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dan membutuhkan penanganan serius dengan manajemen yang tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adharini RI, Suyono EA, Suadi, Jayanti AD, Setyawan AR. 2018. A comparison of nutritional values of *Kappaphycus alvarezii*, *Kappaphycus striatum*, and *Kappaphycus spinosum* from the farming sites in Gorontalo Province, Sulawesi, Indonesia. *J Appl Phycol*. DOI [10.1007/s10811-018-1540-0](https://doi.org/10.1007/s10811-018-1540-0)
- Arisandi A, Marsoedi, Nursyam H, Sartimbul A. 2011. Pengaruh salinitas yang berbeda terhadap morfologi, ukuran dan jumlah sel, pertumbuhan serta rendemen karaginan *Kappaphycus alvarezii*. *Ilmu Kelautan, UNDIP 16(3)*: 143-150
- Ask EI, Batibasaga A, Zertuche-Gonzalez JA, San MD. 2003. Three decade of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta) introduction to non-endemic locations. *Proceedings of the 17th International Seaweed Symposium*, Cape town, 2001. Oxford University Press.
- Aslan LM. 1998. *Budidaya Rumput Laut*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta
- Asmi LW, Subekti S, Alamsjah MA. 2013. Correlation of growth and carrageenan content of *Kappaphycus alvarezii* and *Eucheuma spinosum* by different distance placement of floating rafts at the Grujungan Village, Sub-District Gapura, Residence Of Sumenep. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 5(2): 217-222.
- Asni A. 2015. Analisis produksi rumput laut (bv *Kappaphycus alvarezii*) berdasarkan musim dan jarak lokasi budidaya di perairan Kabupaten Bantaeng. *Jurnal Akuatika*, 6(2): 140-153
- Ateweberhan M, Rougier A, Rakotomahazo C. 2014. Influence of environmental factors and farming technique on growth and health of farmed *Kappaphycus alvarezii* (cottonii) in south-west Madagascar. *J Appl Phycol*, DOI [10.1007/s10811-014-0378-3](https://doi.org/10.1007/s10811-014-0378-3)
- Atmadja WS, Kadi A, Sulistijo, Radiamanias. 1996. Pengenalan jenis-jenis rumput laut di Indonesia. Puslitbang Oseanografi. LIPI. Jakarta
- Baracca RT. 1999. *Seaweed (Carrageenophyte) Culture. Coastal Resource Management Project*. Cebu City, Philipines
- Bindu MS, Levine IA. 2011. The commercial red seaweed *Kappaphycus alvarezii* an overview on farming and environment. *J Appl Phycol*, 23: 789–796. DOI [10.1007/s10811-010-9570-2](https://doi.org/10.1007/s10811-010-9570-2)
- Bixler HJ, Porse H. 2011. A decade of change in the seaweed hydrocolloids industry. *J Appl Phycol* 23: 321–335
- Campo VL, Kawano DF, da Silva DB, Carvalho I. 2009. Carrageenans: Biological properties, chemical modifications and structural analysis - A review. *Carbohydrate Polymers*, 77: 167-180
- Dawes CJ, LaClaire JW, Moon RE. 1974. Culture Studies on *Eucheuma nudum* J. Agarth, carrageenan producing red algae from Florida. *Aquaculture*, 7: 1-9.
- Gultom RC, Dirgayusaa IGNP, Puspithaa NLPR. 2019. Perbandingan Laju

- Pertumbuhan Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) Dengan Menggunakan Sistem Budidaya Kokultur dan Monokultur di Perairan Pantai Geger, Nusa Dua, Bali. *JMRT*, 2(1): 8-16
- Hayashi L, Santos AA, Faria GSM, Nunes BG, Souza MS, Fonseca ALD, Barreto PLM, Oliveira EC, Bouzon ZL. 2011. *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Areschougiaceae) cultivated in subtropical waters in Southern Brazil. *J Appl Phycol*, 23: 337–343. DOI: 10.1007/s10811-010-9543-5
- Hayashi L, Yokoya NS, Ostini S, Pereira RTL, Braga ES, Oliveira EC. 2010. Nutrients removed by *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae) in integrated cultivation with fishes in re-circulating water. *Aquaculture* 277: 185–191.
- Hung LD, Hori K, Nang HQ, Kha T, Hoa LT. 2009. Seasonal changes in growth rate, carrageenan yield and lectin content in the red alga *Kappaphycus alvarezii* cultivated in Camranh Bay, Vietnam. *J Appl Phycol*, 21: 265–272. DOI: 10.1007/s10811-008-9360-2
- Jiang L, Pan L, Fang-Bo. 2005. Effect of dissolved oxygen on immune parameters of the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Fish & Shellfish Immunology* 18: 185–188. DOI: 10.1016/j.fsi.2004.07.001
- Karthikeyan K, Sudhakaran R. 2018. Experimental horizontal transmission of *Enterocytozoon hepatopenaei* in post-larvae of whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *J Fish Dis*, DOI: 10.1111/jfd.12945
- Largo DB, Fukami F, Nishijima T, Olin M. 1995. Laboratory-induced development of the ice-ice disease of the farmed red algae *Kappaphycus alvarezii* and *Eucheuma denticulatum* (Solieriaceae, Gigartinales, Rhodophyta). *J Appl Phycol*, 7: 539–543. DOI: 10.1007/BF00003940
- Lobban CS, Harrison PJ. 1994. *Seaweed Ecology and Physiology*. Cambridge Univ. Press New York.
- Loureiro RR, Reis RP, Critchley AT. 2009. In vitro cultivation of three *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Areschougiaceae) variants (green, red and brown) exposed to a commercial extract of the brown alga *Ascophyllum nodosum* (Fucaceae, Ochrophyta). *J Appl Phycol* 22: 101–104. DOI: 10.1007/s10811-009-9412-2
- Luhan MRJ, Sheryll S, Avañcena, Jonalyn PM. 2014. Effect of short-term immersion of *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty in high nitrogen on the growth, nitrogen assimilation, carrageenan quality, and occurrence of “ice-ice” disease. *J Appl Phycol*, DOI: 10.1007/s10811-014-0365-8
- Lundsor E. 2002. *Eucheuma* Farming in Zanzibar. Broadcast System, an Alternative Method for Seaweed Farming. Thesis. Candidata Scientiarum in Marine Biology. University of Bergen
- Luning K. 1990. *Seaweed Their Environment, Biogeography and Ecophysiology*. Jhon Wiley & Sons,

- Inc. University of South Florida New York
- Manin BO, Ransangan. 2011. Experimental evidence of horizontal transmission of Betanodavirus in hatchery-produced Asian seabass, *Lates calcarifer* and brown-marbled grouper, *Epinephelus fuscoguttatus* fingerling. *Aquaculture* 321: 157–165. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2011.08.021
- Msuya FE, Porter M. 2014. Impact of environmental changes on farmed seaweed and farmers: the case of Songo Songo Island, Tanzania. *J Appl Phycol*, DOI: 10.1007/s10811-014-0243-4
- Pang T, Liu J, Liu J, Li J. 2015. Observations on pests and diseases affection a eucheumatoid farm in China. *Journal of Applied Phycology*, 27: 1975–1984
- Porse H, Rudolph B. 2017. The seaweed hydrocolloid industry: 2016 updates, requirements, and outlook. *J Appl Phycol* 29: 2187–2200
- Radiarta IN, Sudradjat A, Kusnendar E. 2010. Analisis Spasial Potensi Kawasan Budidaya Laut Di Provinsi Maluku Utara Dengan Aplikasi Data Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis. *J. Ris. Akuakultur*, 5(1): 143-153
- Ramdhan M, Arifin T, Arlyza IS. 2018. Pengaruh lokasi dan kondisi parameter fisika-kimia oseanografi untuk produksi rumput laut di wilayah pesisir Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. *Jurnal Kelautan Nasional*, 13(3): 163-171
- Rima, Yunus B, Umar MT, Tuwo A. 2016. Performa Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* pada Habitat Berbeda di Perairan Kecamatan Arungkeke, Kabupaten Jeneponto. *Jurnal Rumput Laut Indonesia*, 1(1): 17-26
- Rohman A, Wisnu R, Rejeki S. 2018. Penentuan kesesuaian wilayah pesisir muara gembong, kabupaten bekasi untuk lokasi pengembangan budidaya rumput laut dengan pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG). *Jurnal Sains Akuakultur Tropis*, 2(1): 73-82
- Sapitri AR, Cokrowati N, Rusman. 2016. The growth of regenerated tissue culture of *Kappaphycus alvarezii* with different planting spaces. *Depik*, 5(1): 12-18
- Solis MJL, Draeger S, Thomas Edison E, de la Cruz TEE. 2010. Marinederived fungi from *Kappaphycus alvarezii* and *K. striatum* as potential causative agents of ice-ice disease in farmed seaweeds. *Bot Mar*, 53: 587–594
- Sulistijo, Atmadja WS. 1996. *Perkembangan budidaya rumput laut di Indonesia*. Puslitbang Oseanografi. LIPI. Jakarta
- Sulu R, Kumar L, Hay C, Pickering T. 2003. *Kappaphycus alvarezii* in The Pacific: Review of Introductions and Field Testing Proposed Quarantinem Protocols. The Institute of Marine Resources (IMR), The University of the South Pacific.
- Susanto AB. 2005. Metode Lepas Dasar Dengan Model Cidaun Pada Budidaya *Eucheuma spinosum* (Linnaeus) Agardh. *Ilmu Kelautan UNDIP*, 10(3): 158–164.

- Vairappan CS, Chung CS, Hurtado AQ, Soya FE, Bleicher-Lhonneur G, Critchley AT. 2008. Distribution and symptoms of epiphyte infection in major carrageenophyte-producing farms. *J Appl Phycol* 20:477–483. DOI: 10.1007/s10811-007-9299-8
- Valderrama D, Cai J, Hishamunda N, Ridler N, Neish IC, Hurtado AQ, Msuya FE, Krishnan M, Narayanakumar R, Kronen M, Robledo D, Gasca-Leyva E, Fraga J. 2015. The economics of *Kappaphycus* seaweed cultivation in developing countries: a comparative analysis of farming systems. *Aquac Econ Manag*, 19: 251–277
- Ward GM, Faisan Jr JP, Cottier-Cook EJ, Gachon C, Hurtado AQ, Lim PE, Matoju I, Msuya FE, Bass D, Brodie J. 2019. A review of reported seaweed diseases and pests in aquaculture in Asia. *J World Aquacult Soc*, DOI: [10.1111/jwas.12649](https://doi.org/10.1111/jwas.12649)