

## HUBUNGAN KEDALAMAN PERAIRAN DENGAN KANDUNGAN KAPPA-KARAGINAN RUMPUT LAUT *Kappaphycus alvarezii*

### RELATIONSHIP BETWEEN DEPTH AND KAPPA-CARRAGEENAN CONTENTS OF *Kappaphycus alvarezii*

Muhammad Aris\*, Fatma Muchdar

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

\*e-mail: ambooasse100676@gmail.com

#### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan kedalaman perairan dengan kandungan *kappa*-karaginan rumput laut *K. alvarezii* yang dibudidayakan di perairan Pulau Limbo. Kondisi parameter lingkungan menunjukkan kedalaman perairan sesuai dengan pengamatan yang diamati, yaitu 5 meter, 10 meter dan 15 meter. Kecerahan perairan 3 - 8 meter. Suhu perairan 29 - 30°C. Salinitas 31 - 36 ppt. Derajat keasaman (pH) 7,1 - 9,1. Oksigen terlarut 4,2 - 5,4 mg/l. Nitrat 0,005 - 0,155 mg/l. Fosfat < 0,005. Kecepatan arus 0,16 - 0,19 m/s. Subtrat dasar pasir berlumpur, pasir berkarang, pasir berbatu. Hasil analisa menunjukkan interaksi antara kedalaman dengan kandungan *kappa*-karaginan rumput laut *K. alvarezii* tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan.

**Kata kunci:** *K. alvarezii*; *Kappa*-karaginan; kedalaman; Maluku Utara; Pulau Limbo

#### ABSTRACT

*This study aims to determine the relationship between water depth and the content of kappa-carrageenan seaweed K. alvarezii cultivated in Limbo Island waters. Environmental parameter conditions indicate the depth of the waters according to the observed observations, namely 5 meters, 10 meters and 15 meters. Water transparency 3 - 8 meters. Water temperature 29-30°C. Salinity 31 - 36 ppt. The degree of acidity (pH) 7,1 - 9,1. Dissolved oxygen 4.2 - 5.4 mg / l. Nitrate 0.005 - 0.155 mg / l. Phosphate <0.005. Current velocity 0.16 - 0.19 m / s. The base substrate is muddy sand, craggy sand, rocky sand. The results of the analysis show that the interaction between depth and the content of kappa-karaginan seaweed K. alvarezii does not show a significant effect.*

**Keywords:** *K. alvarezii*; *Kappa*-carrageenan; depth; North Maluku; Limbo Island

#### PENDAHULUAN

Kabupaten Pulau Taliabu terletak di Provinsi Maluku Utara yang memiliki potensi sangat besar untuk pengembangan perikanan budidaya laut seperti rumput laut, ikan dan shellfish (Radiarta *et al.*, 2010). Budidaya rumput laut *K. alvarezii* merupakan aktivitas dominan budidaya laut di Kabupaten Pulau Taliabu (Sangkia, 2017).

Rumput laut *K. alvarezii* merupakan salah satu komoditas utama budidaya perikanan yang bernilai ekonomis penting dan telah dibudidayakan secara komersial

(Bixler dan Porse 2010; Bindu dan Levine 2011). Budidaya *K. alvarezii* berkembang sangat pesat sejak permintaan karaginan untuk industri meningkat di beberapa negara (Adharini *et al.* 2018).

Karaginan merupakan senyawa polisakarida yang umum digunakan pada industri pangan, farmasi, komestik, tekstil dan percetakan sebagai bahan pengental, penstabil dan pembentuk gel dikarenakan sifat daya ikat airnya yang tinggi (Mendoza *et al.* 2002; Campo *et al.* 2009). Rumput laut *K. alvarezii* awalnya dikenal dengan *Euchema cottonii* yang mengalami perubahan karena jenis kandungan *Kappa*-karaginan (Aris, 2011).

Kandungan karaginan rumput laut *K. alvarezii* sangat dipengaruhi oleh parameter lingkungan perairan (Munoz *et al.*, 2004; Tewari *et al.*, 2006). Salah satu parameter yang dapat mempengaruhi kandungan karaginan adalah kedalaman perairan (Hurtado *et al.*, 2008). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan kedalaman perairan dengan kandungan *kappa*-karaginan rumput laut *K. alvarezii* yang dibudidayakan di perairan Pulau Limbo, Kabupaten Pualu Taliabu, Maluku Utara.

## **METODOLOGI**

### **Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2019 sampai Mei 2020. Pengambilan sampel dan data lapangan dilakukan di Pulau Limbo, Kecamatan Taliabu Barat, Kabupaten Pulau Taliabu, Provinsi Maluku Utara (01°45'47.4"S dan 124°18'19.7"E).

### **Pengumpulan Data Kualitas Air**

Parameter kualitas air merupakan parameter pendukung penelitian. Pengamatan data kualitas air dilakukan secara *in-situ* dan *ex-situ* pada setiap stasiun. Parameter kualitas air yang diamati secara *in-situ* yaitu suhu, kecerahan, kedalaman, substrat, kecepatan arus, salinitas, pH, dan oksigen terlarut. Parameter kualitas air yang diamati secara *ex-situ* adalah nitrat dan fosfat dengan pengambilan sampel air berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI). Pengamatan Sampel air dilakukan di WLN (Water Laboratorium Nusantara) Manado, Provinsi Sulawesi Utara

### **Pengambilan Sampel Rumput Laut**

Sampel rumput laut *K. alvarezii* diambil dengan tujuan pengamatan kandungan *kappa*-karaginan. Sampel Rumput laut *K. alvarezii* diambil secara acak di kedalaman yang berbeda yaitu 5 meter, 10 meter dan 15 meter.

### **Analisis Kandungan *Kappa*-karaginan**

Pengamatan kandungan kappa-karaginan mengacu kepada metode Hayashi *et al.*, (2007) dengan modifikasi Siregar *et al.*, (2016). Prosedur ekstraksi diawali dengan perendaman 30 g rumput laut kering dalam 400 mL KOH 6% (b/v) selama 17 jam dan dipanaskan pada suhu 80°C selama 2 jam dalam 800 mL KOH 6% (b/v). Setelah itu rumput laut dicuci dengan air mengalir untuk proses netralisasi dan diekstraksi dalam 800mL akuades pada suhu 80°C selama 2 jam. Ekstrak rumput laut diencerkan dalam akuades hangat dengan rasio 1:4 (v/v) kemudian disaring menggunakan kain nylon (100 mesh) dan difiltrasi. Kappa karaginan yang terpresipitasi dipisahkan dengan vakum filter kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 60°C selama 12 jam.. Rendemen kappa karaginan dihitung dengan mengukur berat kappa karaginan kering yang dihasilkan dibandingkan dengan berat kering rumput laut awal.

### **Analisa Data**

Hubungan kedalaman dengan kandungan *kappa*-karaginan rumput laut *K. alvarezzi* dianalisa menggunakan regresi linier sederhana dengan pengujian nilai F pada uji ANOVA.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Deskripsi Budidaya**

Metode budidaya rumput laut *K. alvarezii* yang diterapkan di perairan Pulau Limbo adalah metode *longline* yaitu suatu metode pemeliharaan rumput laut yang dilakukan pada permukaan air dengan menggunakan tali sebagai wadah. Metode budidaya *longline* merupakan metode yang banyak diminati oleh masyarakat karena alat dan bahan yang digunakan lebih tahan lama, dan mudah untuk diperoleh relatif mudah dalam konstruksinya, dan pemangsaan oleh biota dasar perairan dapat diminimalisasi karena rumput laut terletak di permukaan dan pencahayaan yang diserap jauh lebih besar untuk proses fotosintesis (Aris, 2011).

Lokasi budidaya rumput laut dengan metode *longline* di perairan Pulau Limbo berjarak  $\pm$  100 meter dari pantai. Konstruksi wadah budidaya *K. alvarezii* dengan metode *longline* di perairan pulau Limbo terdiri dari tali utama sepanjang 50 sampai dengan 200 m, tali ris sepanjang 200 m, pelampung utama yang terbuat dari drum plastik atau styrofoam, pelampung kecil berupa botol plastik 500 ml yang diikatkan setiap 5 meter pada tali ris, serta pemberat yang terbuat dari beton dan jangkar.

Bibit awal rumput laut yang sering digunakan berkisar antara 30 sampai 50 gram yang diikatkan pada tali ris dengan jarak antar titik lebih kurang 25 cm. Bibit

rumput laut *K. alvarezii* yang digunakan oleh pembudidaya di Pulau Limbo diperoleh dengan cara setek. Rumput laut *K. alvarezii* yang dijadikan bibit sudah digunakan sejak awal pengembangan budidaya yaitu sekitar tahun 2001 artinya telah berumur 20 tahun.

Pada sistem budidaya rumput laut penggunaan bibit rumput laut yang disetek berulang-ulang terutama pada lokasi yang sama menyebabkan terjadi penurunan kualitas yang diindikasikan dengan lambatnya pertumbuhan dan rendahnya kadar karaginan (Hurtado dan Cheney, 2003). Selain itu, metode ini juga menyebabkan bibit rentan terhadap serangan penyakit yang menyebabkan penurunan produksi budidaya rumput laut berkisar dari 70%-100% (Gunawan, 1987; Hurtado *et al.*, 2006).

### **Kondisi Parameter Lingkungan**

Kondisi parameter lingkungan perairan sangat mempengaruhi produksi rumput laut *K. alvarezii* (Ateweberhan *et al.*, 2014). Parameter lingkungan perairan juga sangat menentukan tingkat keberhasilan budidaya rumput laut *K. alvarezii* (Radiarta *et al.*, 2012). Hasil pengamatan parameter lingkungan perairan dapat dilihat pada Tabel 1.

Kedalaman perairan dalam kegiatan akuakultur sangat menentukan tipe dari media budidaya yang digunakan (Radiarta *et al.*, 2012). Kedalaman perairan merupakan salah satu persyaratan yang perlu diperhatikan dalam budidaya rumput laut karena mempengaruhi laju pertumbuhan dan kualitas rumput laut (Hurtado *et al.*, 2008; Fikri *et al.*, 2015). Kedalaman air yang diamati adalah 5 meter, 10 meter, dan 15 meter. Kondisi kedalaman yang baik bagi pertumbuhan rumput laut berkisar dari 2-15 m (Hurtado *et al.*, 2008). Rumput laut dapat tumbuh di berbagai kedalaman, namun pada umumnya pertumbuhannya lebih baik di tempat yang dangkal dari pada yang dalam, karena hal ini berkaitan dengan intensitas cahaya yang tinggi. Meski begitu, kedalamannya juga tidak boleh terlalu dangkal. Kedalaman yang terlalu dangkal akan menyebabkan perairan mudah keruh (Aslan, 1998).

Kecerahan air dapat mempengaruhi rumput laut terutama dalam mensuplai kebutuhan nutriennya seperti karbon, nitrogen, dan fosfor untuk pertumbuhan dan pembelahan sel serta proses fotosintesis (Susanto, 2005). Hasil pengamatan kecerahan di stasiun 1 adalah 3,5 meter, stasiun 2 adalah 5 meter, dan stasiun 3 adalah 8 meter. Kondisi air yang jernih dengan tingkat transparansi berkisar antara >1,5 meter cukup baik bagi pertumbuhan rumput laut (Luning, 1990).

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 di stasiun 1 adalah 30°C, stasiun 2 adalah 29°C, dan stasiun 3 adalah 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). Salinitas juga dapat meningkatkan kandungan karaginan pada rumput laut *K. alvarezii* (Arisandi *et al.*, 2011). Hasil pengamatan salinitas perairan di stasiun 1 adalah 31 mg/l, stasiun 2 adalah 32 mg/l, dan stasiun 3 adalah 36 mg/l. Rumput laut *K. alvarezii* dapat tumbuh dengan baik pada kisaran salinitas 25-35 mg/l, sementara pada kisaran 40 mg/l dapat menyebabkan kerusakan sel (Arisandi *et al.*, 2011).

Derajat keasaman atau pH merupakan salah satu parameter kimia yang cukup penting dalam memantau kestabilan perairan (Simanjuntak, 2009). Rumput laut dapat hidup pada kisaran pH yang luas, yaitu 6,8 - 9,6 (Aslan, 1998). Hasil pengamatan pH perairan di stasiun 1 berada pada kondisi 7,1; stasiun 2 adalah 9,1 dan stasiun 3 adalah 7,7. Kisaran pH yang baik bagi pertumbuhan rumput laut *K. alvarezii* yaitu 7–9 (Lundsor, 2002).

**Tabel 1. Hasil pengamatan parameter lingkungan perairan**  
**Table 1. Result of water quality observations**

No	Parameter/ Parameter	Hasil Pengamatan/ Observation Result		
		Stasiun 1/ Station 1	Stasiun 2/ Station 2	Stasiun 3/ Station 3
1.	Kedalaman/ Depth (m)	5	10	15
2.	Kecerahan/ Brightness (m)	3,2	5	8
3.	Suhu/ Temperature (°C)	30	29	29
4.	Salinitas/ Salinity (mg/l)	31	32	36
5.	pH	7,1	9,1	7.7
6.	Oksigen terlarut/ DO (mg/l)	4,3	5,4	4,2
7.	Nitrat/ Nitrate (mg/l)	0.155	0.018	0.005
8.	Fosfat/ Phosphate (mg/l)	< 0.005	< 0.005	< 0.005
9.	Kecepatan arus/ Current speed (m/s)	0,19	0,16	0,16
10.	Subsrat/ Substrate	Pasir Berlumpur/ Muddy Sand	Pasir Berkarang/ Craggy Sand	Pasir Berbatu/ Rocky Sand

Oksigen terlarut dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan (Jiang *et al.*, 2005). Hasil pengamatan konsentrasi oksigen terlarut pada stasiun 1 adalah 4,3 mg/L; stasiun 2 adalah 5,4 mg/L dan stasiun 3 adalah 4,2 mg/L. Nilai kisaran konsentrasi oksigen terlarut yang layak bagi pertumbuhan optimal rumput laut yakni >4 mg/L (Lobban dan Horrison 1994).

Nitrat adalah bentuk nitrogen utama di perairan alami. Nitrat merupakan salah satu nutrisi yang penting dalam sintesa protein hewan dan tumbuhan (Effendi, 2003). Nitrat merupakan salah satu parameter yang dibutuhkan oleh rumput laut dalam menunjang pertumbuhan rumput laut *K. alvarezii* (Asni, 2015). Hasil pengamatan konsentrasi nitrat pada stasiun 1 adalah 0,155 mg/L; stasiun 2 adalah 0,018 mg/L dan stasiun 3 adalah 0,005 mg/L. Konsentrasi ideal nitrat untuk pertumbuhan rumput laut adalah 1,0–3,2 mg/L (Lourenco *et al.* 2006).

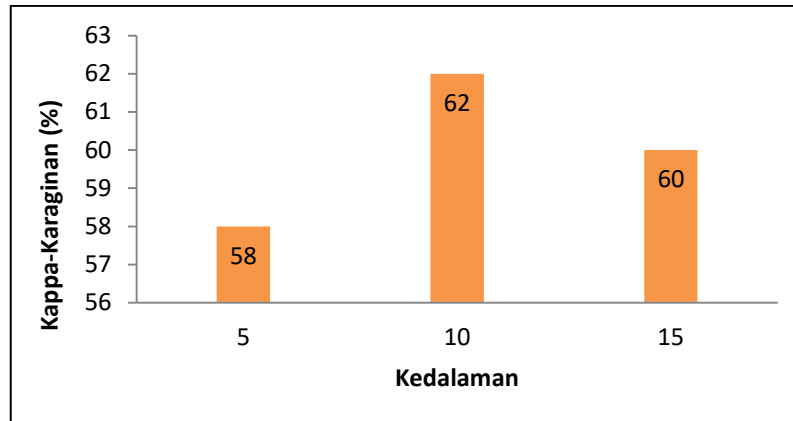
Selain nitrat, fosfat juga merupakan salah satu parameter yang dibutuhkan oleh rumput laut dalam menunjang pertumbuhan rumput laut *K. alvarezii* (Asni, 2015). Hasil pengamatan konsentrasi fosfat pada lokasi penelitian berada <0,005 mg/L pada setiap stasiun. Konsentrasi fosfat yang ideal untuk lokasi budidaya rumput laut adalah 0,02 – 0,1 mg/l (Hayashi *et al.* 2010).

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 pada stasiun 1 adalah 0,19 m/s; stasiun 2 dan stasiun 3 adalah 0,16 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). Pengamatan substrat hasil penelitian terdiri dari pasir berlumpur pada stasiun 1, pasir berkarang pada stasiun 2, pasir berbatu pada stasiun 3. Substrat sangat penting sebagai nutrisi bagi rumput laut (Baracca, 1999).

### **Hubungan Kedalaman Dengan Kandungan *Kappa*-Karaginan**

Rumput laut *K. alvarezii* merupakan penghasil karaginan yang disebut dengan *Kappa* karaginan (Aris, 2011). *Kappa*-karaginan rumput laut *K. alvarezii* dimanfaatkan pada kegiatan industri pangan, farmasi, komestik, tekstil dan percetakan (Mendoza *et al.* 2002; Campo *et al.* 2009). Hasil pengamatan kandungan *kappa*-karaginan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1. Hasil pengamatan kandungan kappa-karaginan**  
**Figure 1. result observations of carrageenan content**

Gambar 1 menunjukkan bahwa kandungan kappa karaginan rumput laut di stasiun 2 sebesar 62% yang lebih tinggi dari stasiun 1 dan stasiun 3, yaitu sebesar 58% dan 60%. Hal ini disebabkan pengaruh umur sampel rumput laut *K. alvarezii* yang digunakan. Pada stasiun 1 dan stasiun 3 sampel rumput laut berumur 30 hari, sementara pada stasiun 2 sampel rumput laut berumur 40 hari. Wenno *et al.*, (2012) melaporkan kandungan *kappa* karaginan sangat dipengaruhi oleh umur panen.

Menurut Basiroh *et al.* (2016), kandungan karaginan pada rumput laut *K. alvarezii* mengalami peningkatan dari awal pemeliharaan hingga umur ideal pemanenan, yaitu 45 hari dan mengalami penurunan kandungan karaginan ketika melebihi 45 hari. Selain itu, *kappa* karaginan rumput laut *K. alvarezii* di perairan Desa Labuhan Kertasari, Kecamatan Taliwang, Kabupaten Sumbawa, Barat Nusa Tenggara Barat, yaitu 43,42% (Siregar *et al.*, 2016).

Perbedaan ini dipengaruhi oleh kondisi parameter lingkungan perairan yang berbeda. Parameter lingkungan perairan sangat mempengaruhi pertumbuhan rumput laut dan juga berpengaruh terhadap rendemen karaginnannya, dan semakin baik pertumbuhan rumput laut maka rendemen karaginnannya semakin tinggi (Munoz *et al.*, 2004; Tewari *et al.*, 2006). Salah satu parameter yang dapat mempengaruhi kandungan karaginnannya adalah kedalaman perairan (Hurtado *et al.*, 2008).

Hasil pengujian regresi dengan persamaan  $Y=a+bX$  menghasilkan nilai intercept 58 dan nilai slope 0,2; maka persamaan menjadi  $Y=58+0,2X$ . Sementara itu, uji lanjut menunjukkan bahwa interaksi antara kedalaman dan kandungan *kappa* karaginan rumput laut *K. alvarezii* yang dibudidayakan di perairan Pulau Limbo tidak memberikan pengaruh yang signifikan ( $F_{hitung} < F_{tabel}$ ).

## KESIMPULAN

Hasil analisa sidik ragam menunjukkan interaksi antara kedalaman dengan kandungan *kappa*-karaginan rumput laut *K. alvarezii* tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Taufiq Abdullah, S.Pi. dan Bahmid Basrun, S.Pi. yang sangat membantu hingga terselesaikannya penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adharini, R.I., Suyono, E.A., Suadi, Jayanti, A.D., Setyawan, A.R. (2018). A comparison of nutritional values of *K. alvarezii*, *K. striatum*, and *K. spinosum* from the farming sites in Gorontalo Province, Sulawesi, Indonesia. *Journal of Applied Phycology*. Vol 31, 725–730. doi: 10.1007/s10811-018-1540-0.
- Aris, M. (2011). *Identification, bacterial pathogenicity and utilization of the 16s rRNA for the detection of ice-ice disease in seaweed cultivation K. alvarezii*. Ph.D. Thesis, Postgraduate School. IPB University. Bogor. <https://repository.ipb.ac.id/jspui/bitstream/123456789/51588/1/2011mar.pdf>. Accessed in March 2019
- Arisandi, A., Marsoedi, Nursyam, H., & Sartimbul, A. (2011). Pengaruh salinitas yang berbeda terhadap morfologi, ukuran dan jumlah sel, pertumbuhan serta rendemen karaginan *K. alvarezii*. *Ilmu Kelautan*, Vol 16(3), 143-150
- Aslan, L.M. (1998). *Budidaya Rumput Laut*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta
- Asni, A. (2015). Analisis produksi rumput laut (bv *K. alvarezii*) berdasarkan musim dan jarak lokasi budidaya di perairan Kabupaten Bantaeng. *Jurnal Akuatika*, Vol 6(2), 140-153
- Atweberhan, M., Rougier, A., & Rakotomahazo, C. (2014). Influence of environmental factors and farming technique on growth and health of farmed *K. alvarezii* (cottonii) in south-west Madagascar. *Journal of Applied Phycology*. Vol 27, 923–934. doi: 10.1007/s10811-014-0378-3
- Atmadja, W.S., Kadi, A., Sulistijo, Radiamanias. (1996). Pengenalan jenis-jenis rumput laut di Indonesia.. Jakarta, ID: Puslitbang Oseanografi. LIPI.
- Baracca, R.T. (1999). *Seaweed (Carrageenophyte) Culture*. Cebu City, PH: Coastal Resource Management Project.
- Basiroh, S., Ali, M., & Putri, B. (2016). Pengaruh periode panen yang berbeda terhadap kualitas karaginan rumput laut *K. alvarezii*: kajian rendemen dan organoleptik karaginan. *Maspari Journal*, Vol 8(2), 127-135.
- Bixler, H. J. & Porse, H. (2011). A decade of change in the seaweed hydrocolloids industry. *J Appl Phycol*, Vol 23, 321–335.
- Bindu, M.S. & Levine, I.A. (2011). The commercial red seaweed *K. alvarezii* an overview on farming and environment. *J Appl Phycol*, Vol 23, 789–796. doi: 10.1007/s10811-010-9570-2.



- Campo, V.L., Kawano, D.F., da Silva, D.B. & Carvalho, I. (2009). Carrageenans: Biological properties, chemical modifications and structural analysis - A review. *Carbohydrate Polymers*, Vol 77, 167-180.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta, ID: Kanisius.
- Fikri, M., Rejeki, S. & Widowati, L.L. (2015). Produksi dan Kualitas Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) dengan Kedalaman Berbeda di Perairan Bulu Kabupaten Jepara. *Journal of Aquaculture Management and Technology*, Vol 4(2), 67-74.
- Gultom, R.C., Dirgayusaa, I.G.N.P. & Puspithaa, N.L.P.R. (2019). Perbandingan Laju Pertumbuhan Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) Dengan Menggunakan Sistem Budidaya Ko-kultur dan Monokultur di Perairan Pantai Geger, Nusa Dua, Bali. *JMRT*, Vol 2(1), 8-16.
- Gunawan, I.W. (1987). *Teknik kultur jaringan*. Bogor, ID: Pusat Antar Universitas. Institut Pertanian Bogor.
- Hayashi, L., de Paula, E.J., & Chow, F. (2007). Growth rate and carrageenan analyses in four strains of *K. alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales) farmed in the subtropical waters of São Paulo State, Brazil. *Journal of Applied Phycology*, Vol 19, 393-399.
- Hayashi, L., Yokoya, N.S., Ostini, S., Pereira, R.T.L., Braga, E.S. & Oliveira, E.C. (2010). Nutrients removed by *K. alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae) in integrated cultivation with fishes in re-circulating water. *Aquaculture*, Vol 277, 185–191.
- Hurtado, A.Q. & Cheney, D.P. (2003). Propagule production of *Eucheuma denticulatum* (Burman) Harvey and Collins by tissue culture. *Bot. Mar.*, Vol 46, 338-341.
- Hurtado, A.Q., Critchley, A., Trespoey, A., & Bleicher, A. (2006). Occurrence of *Polysiphonia* epiphytes in *K. farms* at Calaguas Is., Camarines Norte, Philippines. *J Appl Phycol*, Vol 18, 301–306.
- Hurtado, A.Q. Critchley, A.T. Trespoey, A. & Bleicher-Lhonneur, G. (2008) Growth and Carrageenan Quality of *K. striatum* var. *Sacol* Grown at Different Stocking Densities, Duration of Culture and Depth. *J. Appl. Phycol*, Vol 20, 551-555.
- Jiang, L. Pan, L. & Fang-Bo. (2005). Effect of dissolved oxygen on immune parameters of the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Fish & Shellfish Immunology*, Vol 18, 185–188. doi: 10.1016/j.fsi.2004.07.001.
- 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 tell us. *Journal of Applied Phycology*, Vol 18, 389-398.
- Lobban, C.S., & Horison, P.J. (1994). *Seaweed Ecology and Physiology*. New York, US: Cambridge Univ. Press.
- Lundsor, E. (2002). *Eucheuma Farming in Zanbibar. 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*. New York, US: Jhon Wiley & Sons, Inc. University of South Florida.
- Mendoza, W.G. Montano, N.E. Ganzon-Fortes, E.T. & Villanu Eva, R.D. (2002). Chemical and Gelling Profile of ice-iceInfected Carageenan from *K. striatum* (Schmitz) Doty "Sacol" Strain Solieciriciae, Gigartinales, Rhodophyta). *Journal of Applied Phycology*, Vol 14, 409-418. doi: 10.1023/A:1022178119120.

- Munoz, J., Pelegrin, Y.F. & Robledo, D. (2004). Mariculture of *K. alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae) Color Strains in Tropical Waters of Yucatan, Mexico. *Aquaculture*, Vol 239, 161-177.
- Msuya, F.E. & Porter, M. (2014). Impact of environmental changes on farmed seaweed and farmers: the case of Songo Songo Island, Tanzania. *J Appl Phycol*. Vol 26 (5), 2135-2141. doi: 10.1007/s10811-014-0243-4.
- Radiarta, I.N., 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*, Vol 5(1), 143-153.
- Radiarta, I.N., Saputra, A. & Albasri, H. (2012). Pemetaan kelayakan lahan budidaya rumput laut (*K. alvarezii*) di Kabupaten Bintan Provinsi Kepulauan Riau dengan pendekatan Sistem Informasi Geografis dan Penginderaan Jauh. *J. Ris. Akuakultur*, Vol 7(1), 145-157.
- Ramadhan, M. Arifin, T. & Arlyza, I.S. (2018). Pengaruh lokasi dan kondisi parameter fisika-kimia oseanografi untuk produksi rumput laut di wilayah pesisir Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. *Jurnal Kelautan Nasional*, Vol 13(3), 163-171.
- 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*. Vol 2(1), 73-82.
- Sangkia, F.D. (2017). Laju pertumbuhan rumput laut (*K. alvarezii*) dengan menggunakan bibit pada lokasi yang berbeda. *JBO*, Vol 1(1), 26-33.
- Simanjuntak, M. (2009). Hubungan Faktor Lingkungan Kimia Fisika Terhadap Distribusi Plankton Di Perairan Belitung Timur, Bangka Belitung. *Journal Of Fisheries Sciences*, Vol 11(1), 31-45.
- Siregar, R.F., Santoso, F., & Uju. (2016). Karakteristik fisiko kimia kappa karaginan hasil degradasi menggunakan hidrogen peroksida. *JPHPI*, Vol 19(3), 256-266. doi: 10.17844/jphpi.2016.19.3.256.
- Sulistijo, & Atmadja, W.S. (1996). *Perkembangan budidaya rumput laut di Indonesia*. Jakarta, ID: Puslitbang Oseanografi. LIPI.
- Susanto, A.B. (2005). Metode Lepas Dasar Dengan Model Cidaun Pada Budidaya *Eucheuma spinosum* (Linnaeus) Agardh. *Ilmu Kelautan*, Vol 10(3), 158-164.
- Tewari, A., Eswaran, K., Rao, P.V.S., & Jha, B. (2006). Is *K. alvarezii* Heading Towards Marine Bioinvasion?. *Current Science*, Vol 90(5), 619-620.
- Wenno, M.R, Thenu, J.L, & Lopulalan, C.G.C. (2012). Karakteristik kappa karaginan dari *K. alvarezii* pada berbagai umur panen. *JPB Perikanan*, Vol 7(1), 61-67.