

Pengaruh Salinitas yang Berbeda terhadap Morfologi, Ukuran dan Jumlah Sel, Pertumbuhan serta Rendemen Karaginan *Kappaphycus alvarezii*

Apri Arisandi^{1*}, Marsoedi², Happy Nursyam³, dan Aida Sartimbul⁴

^{1*} Jurusan IKL FP Universitas Trunojoyo JL. Raya Telang PO.BOX 2 Kamal-Bangkalan 69162

Hp 08125261907 E-mail: apri_unijoyo@yahoo.com

^{2,3} Jurusan MSP, FPIK Universitas Brawijaya

⁴ Jurusan PSPK, FPIK Universitas Brawijaya JL. Veteran, Malang 65145

Abstrak

Curah hujan mempengaruhi salinitas air laut, yang pada gilirannya dapat menyebabkan rendahnya pertumbuhan *Kappaphycus alvarezii*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan morfologi, ukuran dan jumlah sel, pertumbuhan serta rendemen karaginan *K. alvarezii* pada salinitas yang berbeda. Penelitian dilakukan menggunakan metode kultur jaringan, selanjutnya thallus yang telah tumbuh diekstraksi karaginnannya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa salinitas yang berbeda berpengaruh nyata terhadap jumlah sel *K. alvarezii* ($p < 0,05$), tetapi tidak terhadap rata-rata pertumbuhan harian ($p > 0,05$). Rendemen karaginan pada semua perlakuan salinitas relatif tinggi dan sesuai dengan persyaratan untuk ekspor.

Kata kunci: salinitas, sel, pertumbuhan, karaginan, *K. alvarezii*

Abstract

Rainfall affects the salinity of sea water, which in turn can lead to the low growth of *Kappaphycus alvarezii*. This research aimed to determine changes in the morphology, size and number of cells, growth and carrageenan yield of *K. alvarezii* at different salinity levels. The research was conducted using tissue culture method, furthermore, from the grown thallus then the carrageenan was extracted. The results showed that different of salinity levels significantly influenced the number of cells *K. alvarezii* ($p < 0.05$), but not against the average daily gain ($p > 0.05$). The carrageenan yields at all salinity treatment were relatively high and eligible for export.

Key words: salinity, cell, growth, carrageenan, *K. alvarezii*

Pendahuluan

Kappaphycus alvarezii termasuk golongan Rhodophyceae dan mengandung bahan yang cukup penting yaitu karaginan yang terdapat di dinding selnya. Karaginan merupakan suatu jenis galaktan dan berbentuk garam apabila bereaksi dengan sodium, kalsium dan potassium, umum digunakan pada industri makanan, khususnya sebagai emulsifier pada industri minuman (Ricohermoso *et al.*, 2007). *K. alvarezii* paling banyak dibudidayakan dibanding tiga spesies yang lain, yaitu *Euचेuma spinosum*, *E. denticulatum* dan *E. edule* (Munoz *et al.*, 2004). Menurut Lundsor (2002) spesies *K. alvarezii* di dalam dunia perdagangan disebut sebagai *E. cottonii*.

Di alam *K. alvarezii* biasa tumbuh di perairan laut dangkal di daerah intertidal sampai daerah subtidal dengan kedalaman 0,5–10 meter. Rumput laut memerlukan sinar matahari untuk fotosintesis.

untuk pertumbuhan diperlukan pH 6–9 (optimal 7,5–8,0) dan salinitas 28–34 ppt. Rumput laut tumbuh baik pada kisaran suhu 27–30 °C, sehingga rendemen karaginnannya tinggi (Prajapati, 2007; Parenrengi *et al.*, 2007).

Faktor fisika dan kimia laut selain mempengaruhi pertumbuhan rumput laut juga berpengaruh terhadap rendemen karaginnannya, dan semakin baik pertumbuhan rumput laut maka rendemen karaginnannya semakin tinggi (Munoz *et al.*, 2004; Tewari *et al.*, 2006). Faktor fisika dan kimia laut sangat dipengaruhi oleh musim, hasil penelitian yang dilakukan pada spesies rumput laut *K. alvarezii* menunjukkan bahwa pertumbuhan rumput laut memberikan respon berbeda terhadap musim. *K. alvarezii* biasa tumbuh baik di musim kemarau, sebaliknya pertumbuhan rumput laut lambat di musim hujan (Msuya dan Salum, 2007). Pertumbuhan rumput laut yang lambat di musim hujan karena

kisaran salinitas yang fluktuatif, merupakan masalah yang sering terjadi di Indonesia (Parenrengi *et al.*, 2007).

Kondisi lingkungan tercemar dan ketersediaan nutrisi menyebabkan morfologi dan sitologi rumput laut mengalami perubahan, selanjutnya mempengaruhi pertumbuhan dan reproduksinya (Hurtado *et al.*, 2009). Oleh karena itu, untuk mengetahui sejauh mana perubahan salinitas berpengaruh terhadap pertumbuhan *K. alvarezii*, dilakukanlah pengamatan morfologi, ukuran dan jumlah sel, serta berat *K. alvarezii* yang dikultur pada salinitas yang berbeda agar dapat diketahui perubahan pertumbuhan serta rendemen karaginan.

Materi dan Metode

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli-September 2010. Kultur jaringan dilakukan di Laboratorium Kultur Jaringan Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Brawijaya. Analisis rendemen karaginan dilaksanakan di Laboratorium Penelitian dan Konsultasi Industri Balai Penelitian dan Konsultasi Industri Surabaya. Rumput laut spesies *K. alvarezii*, diperoleh dari hasil pembibitan nelayan di Kecamatan Bluto Kabupaten Sumenep. Media untuk kultur jaringan yaitu media air laut buatan dan media Conway. Teknik kultur jaringan menggunakan metode seperti yang dilakukan Hurtado dan Biter (2007) dengan menggunakan air laut buatan steril, media Conway dan di tambah antibiotik.

Media kultur dibuat pada botol-botol kaca dengan menambahkan media air laut buatan yang diperkaya dengan pupuk Conway (1 ml/l media). Eksplan diambil sepanjang 10 cm dari bagian ujung *thallus K. alvarezii* (Suryati *et al.*, 2007). Peralatan disterilkan menggunakan etanol, dan eksplan juga disterilisasi melalui tiga tahapan. Eksplan dipotong menjadi 0,5 cm dan ditimbang menggunakan timbangan analitik (w_0), selanjutnya ditanam masing-masing botol sesuai perlakuan. Satu botol kultur berisi 5 eksplan. Kegiatan ini dilakukan di *laminar flow chamber*, media diberi perlakuan salinitas 25, 30, 35 dan 40 ppt. Botol kaca yang telah ditanami eksplan diletakkan pada rak di tempat yang steril, diberi pencahayaan lampu neon 10 watt. Letak lampu di bagian atas rak berjarak 30 cm dari botol kultur, pencahayaan diprogram selama 24 jam secara terus menerus.

Botol kultur yang berisi media dan eksplan disemprot dengan alkohol 70% setiap hari, media serta eksplan yang terkontaminasi dikeluarkan dari ruangan dan diganti dengan yang baru (Hayashi *et al.*, 2008).

Pada hari ke-15 dilakukan pengamatan dan pengukuran terhadap eksplan *K. alvarezii*. Eksplan dikeluarkan dari botol kultur dan ditimbang (w_t), selanjutnya untuk mengetahui rata-rata pertumbuhan harian (ADG) dihitung menggunakan rumus:

$$ADG = \left\{ \left(\frac{w_t}{w_0} \right)^{\frac{1}{t}} \right\} - 1 \times 100\%$$

keterangan: ADG = rata-rata pertumbuhan harian (%)
 w_0 = berat awal (mg)
 w_t = berat akhir (mg)
 t = waktu pemeliharaan (hari)
 (Amin *et al.*, 2008)

Pengamatan morfologi, ukuran dan jumlah sel *thallus* baru menggunakan mikroskop yang dilengkapi mikrometer okuler dengan perbesaran 100x (Hurtado *et al.*, 2009). Rendemen karaginan dianalisis dengan menggunakan rumus:

$$\text{Karaginan (\%)} = \frac{\text{Berat Tepung Karaginan (gr)}}{\text{Berat Rumput Laut Kering (gr)}} \times 100\%$$

(Villanueva dan Montaño, 2003).

Data hasil pengamatan morfologi dan ukuran sel serta rendemen karaginan dianalisis secara deskriptif dan ditampilkan dalam bentuk tabel dan gambar. Data pertumbuhan dan jumlah sel dianalisis statistik, untuk mengetahui pengaruh akibat perlakuan yang diberikan.

Hasil dan Pembahasan

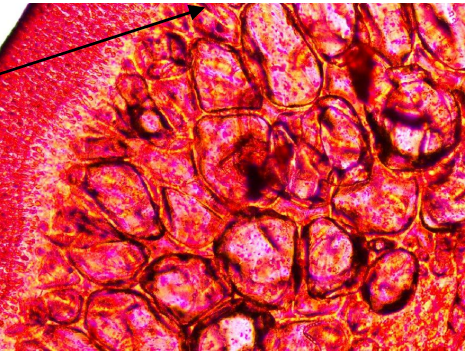
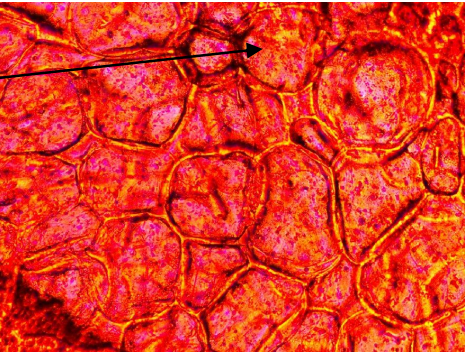
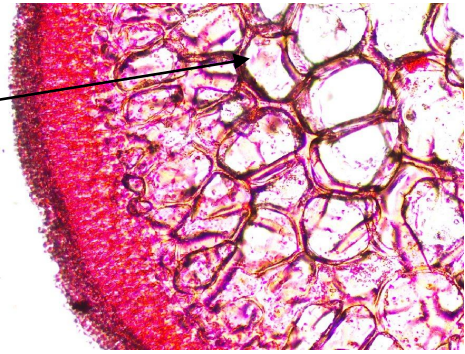
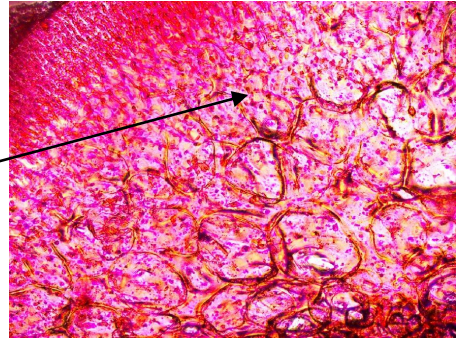
Morfologi, ukuran dan jumlah sel

Hasil pengamatan morfologi dan rata-rata ukuran sel *K. alvarezii* menunjukkan bahwa pada setiap perlakuan salinitas terdapat perbedaan morfologi dan kisaran ukuran sel medula, pembahasan secara detail disajikan pada Tabel 1.

Menurut Lobban dan Harrison (1994) dan Choi *et al.* (2010) parameter kualitas air yang sangat berperan terhadap pertumbuhan, pembedakan *callus* dan perkembangan morfogenetik rumput laut adalah salinitas, karena terkait langsung dengan osmoregulasi yang terjadi di dalam sel. Kepekatan yang berbeda antara cairan di dalam dan di luar sel, mendorong badan golgi untuk terus berusaha menyeimbangkan hingga menjadi isotonis. Hal tersebut berdampak pada pemanfaatan energi yang lebih besar sehingga berpengaruh terhadap rendahnya pertumbuhan dan perkembangan rumput laut (Xiong dan Zhu, 2002).

Tabel 1 menunjukkan adanya pengaruh yang

Tabel 1. Penampang melintang dan ukuran sel medula *K. alvarezii* pada salinitas yang berbeda

Salinitas (ppt)	Gambar	Keterangan
25		<p>Bentuk sel medula (SM) cenderung lonjong dan ukuran relatif sama dengan ukuran semula.</p> <p>Ukuran sel: Sumbu panjang awal(μm):62,67(40,00-80,00) Sumbu pendek awal (μm):30,67(26,67-33,33) Sumbu panjang(μm):57,93(55,11-59,56) Sumbu pendek (μm):43,41(40,89-48,00) Berat eksplan awal (mg) : 7,73 Berat eksplan akhir (mg): 20,66</p>
30		<p>Bentuk sel medula (SM) cenderung membulat dan ukuran relatif sama dengan ukuran semula.</p> <p>Ukuran sel: Sumbu panjang awal(μm):62,67(40,00-80,00) Sumbu pendek awal (μm):30,67(26,67-33,33) Sumbu panjang(μm):53,63(51,11-56,44) Sumbu pendek (μm):41,63(38,67-44,00) Berat eksplan awal (mg) : 7,73 Berat eksplan akhir (mg): 20,88</p>
35		<p>Bentuk sel medula (SM) cenderung membulat dan ukuran sel mengecil dari ukuran semula.</p> <p>Ukuran sel: Sumbu panjang awal(μm):62,67(40,00-80,00) Sumbu pendek awal (μm):30,67(26,67-33,33) Sumbu panjang(μm):48,30(47,56-49,33) Sumbu pendek (μm):41,78(40,00-43,11) Berat eksplan awal (mg) : 7,73 Berat eksplan akhir (mg): 21,76</p>
40		<p>Bentuk sel medula (SM) tidak beraturan, ukuran sel mengecil dan banyak ruang kosong antar sel.</p> <p>Ukuran sel: Sumbu panjang awal(μm):62,67(40,00-80,00) Sumbu pendek awal (μm):30,67(26,67-33,33) Sumbu panjang(μm):41,93(38,67-46,67) Sumbu pendek (μm):33,03(32,44-34,22) Berat eksplan awal (mg) : 7,73 Berat eksplan akhir (mg): 18,87</p>

Keterangan: SM: Sel Medula

berbeda terhadap morfologi dan ukuran sel medula rumput laut. Pemberian perlakuan salinitas dan kultur selama 14 hari, cenderung mengecilkan ukuran sel medula *K. alvarezii*. Pada salinitas 25 dan 30 ppt ukuran sel rumput laut relatif tidak berbeda dengan dengan ukuran sel awalnya. Mengecilnya ukuran sel pada perlakuan 35 dan 40 ppt mengindikasikan terjadinya proses osmosis, sebagai akibat lebih pekatnya konsentrasi cairan media kultur daripada konsentrasi cairan di dalam sel. Sel semakin padat tetapi ukuran sel relatif tetap atau lebih kecil dari ukuran sebelumnya. Menurut Choi *et al.* (2010) lingkungan di luar sel yang lebih pekat menyebabkan cairan sel mengalir ke luar dan ukuran sel mengecil dari sebelumnya, hal tersebut menyebabkan ruang-ruang antar sel semakin membesar.

Sel eksplan *K. alvarezii* yang dikultur pada salinitas 25, 30, dan 35 ppt tumbuh relatif lebih baik dibandingkan dengan yang dikultur pada salinitas 40 ppt. Hal tersebut ditunjukkan dengan sel yang diamati tampak segar, walaupun Edward dan Sediadi (2003) menyatakan bahwa *K. alvarezii* dapat tumbuh baik pada salinitas 28-34 ppt. Diduga ketersediaan nutrisi dan vitamin di dalam media kultur, menyebabkan eksplan mempunyai daya tahan terhadap kondisi media yang sedikit lebih rendah dan tinggi dari kisaran hidupnya di alam. *Thallus* baru yang tumbuh dengan panjang 1-1,6 mm pada masing-masing perlakuan, membuktikan bahwa eksplan dapat tumbuh baik. Presentase jumlah *thallus* baru yang tumbuh pada masing-masing perlakuan adalah 13% (25 ppt), 33% (30 ppt) dan 27% (35 ppt).

Pengaruh yang berbeda ditunjukkan pada salinitas 40 ppt, sel eksplan *K. alvarezii* relatif kecil, dengan banyak ruang kosong antar sel. Diduga hal tersebut karena sel banyak mengalami plasmolisis yang ditandai dengan lepasnya membran dari dinding. Menurut Xiong dan Zhu (2002) pengaruh salinitas pada tumbuhan sangat kompleks. Salinitas menyebabkan stress ion, stress osmotik dan stress sekunder.

Stress ion akibat salinitas tinggi adalah keracunan Na^+ . Ion Na^+ yang berlebihan pada permukaan *thallus* dapat menghambat serapan K^+ dari lingkungan, padahal ion K^+ berperan untuk mempertahankan turgor sel dan aktivitas enzim. Sementara itu, stress osmotik disebabkan oleh peningkatan salinitas yang mempengaruhi tingginya tekanan osmotik sehingga menghambat penyerapan air dan unsur-unsur yang berlangsung melalui proses osmosis. Jumlah air yang masuk ke dalam sel berkurang sehingga mengakibatkan berkurangnya jumlah persediaan air dalam sel. Stress ion dan stress osmotik karena salinitas yang tinggi akan

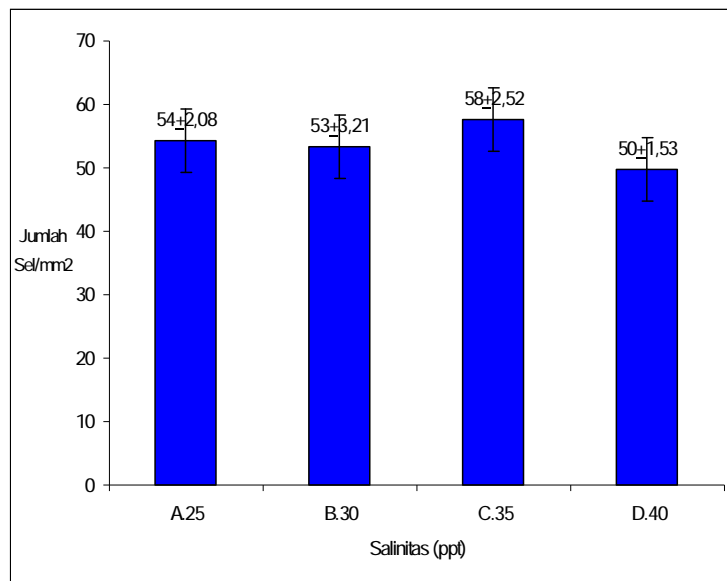
menyebabkan stress sekunder yaitu kerusakan pada struktur sel dan makromolekul seperti lipid, enzim dan DNA (Xiong dan Zhu, 2002). Oleh karena itu tampak dalam pengamatan bahwa, pada salinitas 40 ppt ruang antar sel *K. alvarezii* relatif luas dengan jumlah sel yang relatif sedikit.

Terganggunya fungsi dinding sel tanaman dipengaruhi oleh peran badan golgi yang tidak optimal dalam proses osmoregulasi sel. Salah satu fungsi badan golgi adalah mengepak material ke dalam vesikel dan dipindahkan ke bagian lain dari sel atau dikeluarkan melalui sel membran plasma (Juwono & Juniarto, 2003). Diduga terlalu tingginya salinitas menyebabkan badan golgi, tidak mampu menyeimbangkan konsentrasi cairan di dalam sel dengan konsentrasi cairan di luar sel. Pada akhirnya cairan sel banyak terserap ke lingkungan, sehingga sel mengecil dari ukuran sebelumnya.

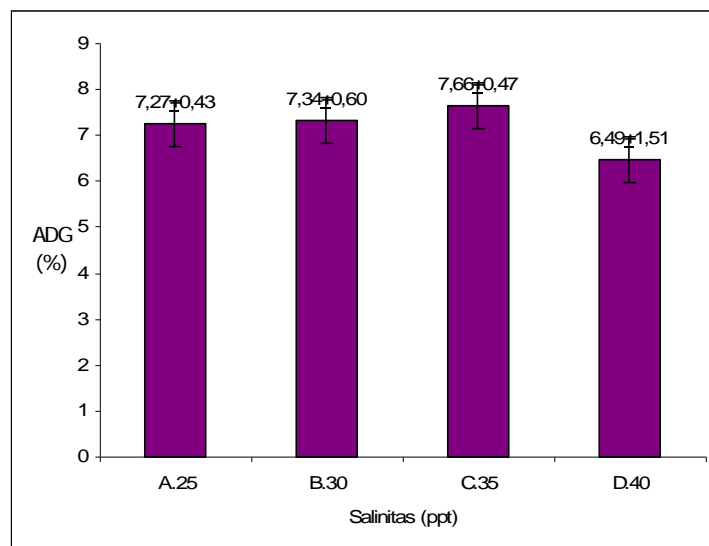
Rata-rata jumlah sel medula *K. alvarezii* per mm^2 pada perbesaran 100x yang diberi perlakuan salinitas berbeda menunjukkan kisaran dari $50 \pm 1,53$ sel/ mm^2 (salinitas 40 ppt) hingga $58 \pm 2,52$ sel/ mm^2 (salinitas 35 ppt) (Gambar 1).

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan salinitas memberikan rata-rata jumlah sel medula yang berbeda nyata ($P < 0,05$). Hasil analisis beda nyata terkecil (BNT) menunjukkan bahwa perlakuan A.25 ppt, B.30 ppt, C.35 ppt tidak berbeda nyata ($p > 0,05$), tetapi ketiga perlakuan tersebut berbeda nyata ($p < 0,05$) dengan perlakuan D.40 ppt. Hasil analisis tersebut membuktikan bahwa salinitas 25-35 ppt memberikan peningkatan jumlah sel medula *K. Alvarezii* lebih baik dari salinitas 40 ppt. Rata-rata jumlah sel medula pada salinitas 25 ppt ($54 \pm 2,08$ sel/ mm^2), 30 ppt ($53 \pm 3,21$ sel/ mm^2) dan 35 ppt ($58 \pm 2,52$ sel/ mm^2), jauh lebih tinggi dibanding rata-rata jumlah sel medula pada salinitas 40 ppt ($50 \pm 1,53$ sel/ mm^2).

Jumlah sel *K. alvarezii* pada salinitas 40 ppt relatif paling sedikit dibanding perlakuan yang lain, diduga sel banyak yang mengalami kerusakan akibat konsentrasi media yang terlalu pekat. Menurut Lobban dan Harrison (1994), apabila kisaran salinitas air laut telah melebihi kisaran hidup alga, maka pertumbuhan dan perkembangan sel alga berbanding linier dan terbalik (negatif) dengan kenaikan salinitas. Salinitas menurunkan laju pertumbuhan melalui pengurangan laju pembesaran sel pada bagian-bagian *thallus*. Pengaruh salinitas tinggi terhadap pertumbuhan dan perubahan struktur alga antara lain lebih kecilnya ukuran stomata, sehingga penyerapan hara dan air berkurang pada akhirnya menghambat pertumbuhan alga baik pada tingkat organ, jaringan maupun sel. Ditambah lagi pada penelitian ini, salinitas tinggi



Gambar 1. Rata-rata jumlah sel medula *Kappaphycu alvarezii*



Gambar 2. Rata-rata pertumbuhan harian (ADG) *Kappaphycus alvarezii* pada salinitas yang berbeda

terjadi secara terus menerus dalam kisaran waktu yang relatif lama (14 hari), sehingga diduga mengakibatkan sistem kerja enzim yang berperan dalam pembentukan sel baru menjadi terganggu.

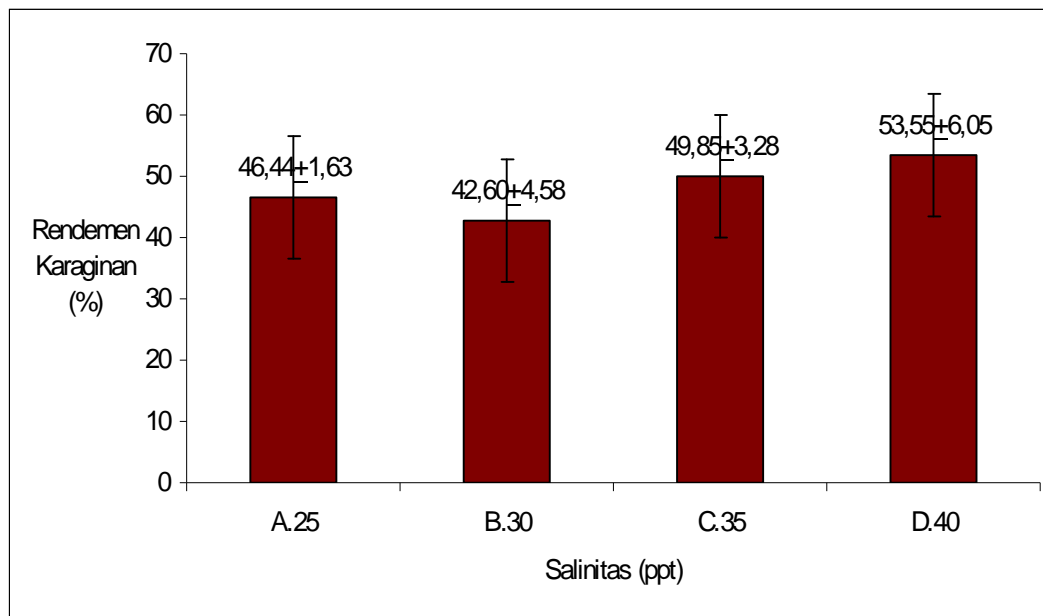
Rata-rata pertumbuhan harian (ADG)

Rata-rata pertumbuhan harian *K. alvarezii* setelah dikultur jaringan pada perlakuan salinitas yang berbeda selama 14 hari, menunjukkan kisaran dari 6,49±1,51% (salinitas 40 ppt) hingga 7,66±0,47% (salinitas 35 ppt) (Gambar 2).

Hasil analisis ragam menunjukkan, bahwa

perlakuan salinitas yang diberikan menghasilkan pengaruh tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) terhadap nilai ADG *K. alvarezii*. Secara statistik perlakuan perbedaan salinitas tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap ADG *K. alvarezii*, tetapi pada perlakuan 40 ppt nilai ADG relatif paling rendah (6,49±1,51%) apabila dibandingkan dengan perlakuan salinitas yang lain. Diduga mengecilnya ukuran dan jumlah sel akibat salinitas media kultur jaringan yang terlalu tinggi, mempengaruhi pertumbuhan *K. alvarezii*.

Menurut Choi *et al.* (2010) rumput laut akan mengalami pertumbuhan yang lambat, apabila salinitas terlalu rendah (kurang 15 ppt) atau terlalu



Gambar 3. Rendemen karaginan *K. alvarezii* pada salinitas yang berbeda

tinggi (lebih 35 ppt) dari kisaran salinitas yang sesuai dengan syarat hidupnya hingga jangka waktu tertentu. Menurut Hurtado *et al.* (2009) pertumbuhan eksplan yang lambat bisa disebabkan oleh penyerapan nutrisi tidak optimal akibat kondisi media kultur kurang sesuai untuk pertumbuhan *K. alvarezii*. Rumampuk *et al.* (2004) menyatakan kondisi media kultur yang kurang sesuai dengan kisaran hidup rumput laut dapat mengganggu kerja enzim dan turunnya tekanan turgor di dalam sel yang pada akhirnya menghambat pembelahan sel. Menurut Choi *et al.* (2010) perbedaan salinitas mempengaruhi mekanisme fisiologi dan biokimia, sebab proses perubahan tekanan osmosis berkaitan erat dengan peran membran sel dalam proses transpor nutrisi.

Rendemen karaginan

Rumput laut merupakan tumbuhan yang hidup di air laut dan mempunyai komposisi kimia berbeda dengan tumbuhan di darat. Perbedaan ini akibat dari terjadinya alur sirkulasi nutrisi sel-sel *K. alvarezii* dengan air laut sekitarnya, yang tidak terjadi pada sel tumbuhan darat (West, 2001). Oleh karena itu, rendemen karaginan *K. alvarezii* hasil kultur jaringan yang diberi perlakuan salinitas berbeda menunjukkan adanya perbedaan (Gambar 3).

Secara umum rendemen karaginan *K. alvarezii* (Gambar 3) menunjukkan kisaran yang sesuai dengan persyaratan untuk ekspor yaitu lebih dari 40% (Prajapati, 2007). Hasil yang ditunjukkan pada perlakuan salinitas 40 ppt, walaupun sel *K.*

alvarezii mengalami kerusakan akibat salinitas yang terlalu tinggi tetapi rendemen karaginan lebih tinggi dari perlakuan yang lain, yaitu 53,55±6,05%. Proses osmosis akibat salinitas media kultur yang tinggi membuat sel semakin padat, sehingga secara keseluruhan konsentrasi cairan di dalam eksplan menjadi lebih rendah (Lobban dan Harisson, 1994). Berkurangnya konsentrasi air di dalam *K. alvarezii* menyebabkan ukuran sel relatif kecil dan banyak terdapat ruang-ruang kosong antar sel, tetapi dinding sel yang terdapat karaginan relatif utuh sehingga akhirnya mempengaruhi peningkatan rendemen karaginan *K. alvarezii* (Oviantari dan Parwata, 2007).

Kesimpulan

K. alvarezii yang dikultur pada salinitas 25, 30, dan 35 ppt menghasilkan morfologi dan ukuran sel relatif sama serta jumlah sel lebih banyak dari salinitas 40 ppt ($p < 0,05$). Perbedaan salinitas tidak mempengaruhi rata-rata pertumbuhan harian *K. alvarezii* ($p > 0,05$). Perlakuan salinitas menghasilkan rendemen karaginan yang relatif tinggi dan memenuhi persyaratan untuk ekspor, yaitu 46,44±1,63% (25 ppt), 42,60±4,58% (30 ppt), 49,85±3,28% (35 ppt) dan 53,55±6,05% (40 ppt).

Ucapan Terima Kasih

Tulisan ini merupakan bagian dari hasil penelitian disertasi di Program Pasca Sarjana

Lingkungan Pesisir & Lautan, Prodi. Ilmu Pertanian Fak. Pertanian Univ. Brawijaya. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ketua beserta staf Laboratorium Kultur Jaringan Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Brawijaya di Malang, dan Laboratorium Penelitian dan Konsultasi Industri Balai Penelitian dan Konsultasi Industri di Surabaya. Para Reviewer serta semua pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian dan terwujudnya tulisan ini.

Daftar Pustaka

- Amin, M., T.P. Rumayar, N.F. Femmi, D. Keemur, & I.K. Suwitra. 2008. The Assessment Of Seaweed (*Euclidean cottonii*) Growing Practice Of Different Systems And Planting Seasons In Bangkep Regency Central Sulawesi. *Indonesian J. Agriculture*, 1(2): 132-139.
- Choi, T.S., E.J. Kang, J.H. Kim, & K.Y. Kim. 2010. Effect of salinity on growth and nutrient uptake of *Ulva pertusa* (Chlorophyta) from an eelgrass bed. *Algae*, 25 (1): 17-25.
- Edward & A. Sediadi. 2003. Pemantauan Kondisi Hidrologi di Perairan Raha, Pulau Muna, Sulawesi Tenggara dalam Kaitanya dengan Budidaya Rumput Laut. *J. Pesisir dan Pantai Indonesia*, 8(10): 207-213.
- Hayashi, L., N.S. Yokoya, D.M. Kikuchi, & E. C. Oliveira. 2008. Callus Induction and Micropropagation Improved by Colchicine and Phytohormones in *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae). *J. Appl. Phycol.*, 20: 653-659.
- Hurtado A.Q., & A.B. Biter . 2007. Plantlet Regeneration of *Kappaphycus alvarezii* var. adik-adik by tissue culture. *J. Appl. Phycol.*, 19: 783-786
- Hurtado, A.Q., D.A. Yunque, K. Tibubos, & A.T. Critchley. 2009. Use of Acadian Marine Plant Extract Powder from *Ascophyllum nodosum* in Tissue Culture of *Kappaphycus alvarezii*. *J. Appl. Phycol.* 21: 633-639
- Juwono & A.Z. Juniarto. 2002. Biologi Sel. Penerbit Buku Kedokteran. EGC. Semarang. 98 hal.
- Lobban, C.S & P.J. Harrison. 1994. Seaweed Ecology and Physiology. Cambridges University Press. 366 pp.
- Msuya, F.E., & D. Salum. 2007. The Effect of Cultivation, Duration, Seasonality and Nutrient Concentration of The Growth Rate and Biomasa Yield Of The Seaweeds *Kappaphycus alvarezii* and *Euclidean denticulatum* in Zanzibar, Tanzania. MARG-I Final Report submitted to The Western Indian Ocean Marine Sciences Association (WIOMSA), 23 pp.
- Munoz, J., Y.F. Pelegrin, & D. Robledo. 2004. Mariculture of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae) Color Strains in Tropical Waters of Yucatan, Mexico. *Aquaculture*, 239: 161-177.
- Oviantari, M.V., & I.P. Parwata. 2007. Optimalisasi Produksi *Semi-Refined Carrageenan* dari Rumput Laut *Euclidean cottonii* dengan Variasi Teknik Pengeringan dan Kadar Air Bahan Baku. *J. Penelitian & Pengembangan Sains & Humaniora*, 1(1): 62-71.
- Parentrengi, A., E. Suryati, & R. Syah. 2007. Penyediaan Benih dalam Menunjang Kebun Bibit dan Budidaya Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii*. Makalah Simposium Nasional Riset Kelautan dan Perikanan. Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta. 12 hal.
- Prajapati, S., 2007. Carrageenan: a Naturally Occurring Routinely Used Excipient. Source: H. Porse, CP Kelco. ApS, 2002, pers.comm
- Ricohermoso, M.A., P.B. Bueno, & V.T. Sulit. 2007. Maximizing Opportunities in Seaweeds Farming. MCPI/NACA/SEAFDEC. 8 pp.
- Rumampuk, N.D.C., G.S. Grevo, I.F.M. Rumengan, M. Ohji, T. Arai, & N. Miyazaki. 2004. Effect of Triphenyltin Exposure on The Red Alga *Euclidean denticulatum*. *Coastal Marine Science*, 29(1): 81-84.
- Suryati, E., S. Redjeki, A. Tenriulo, & Rosmiati. 2007. Perbaikan Kualitas Genetik Benih Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* melalui Protoplas. Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau. 12 hal.
- West, J. 2001. Agarophytes and Carrageenophytes. California Departement of Fish and Game. USA. Pp. 286-287.
- Tewari, A., K. Eswaran, P.V.S. Rao, & B. Jha. 2006. Is *Kappaphycus alvarezii* Heading Towards Marine Bioinvasion? *Current Science*, 90(5): 619-620.
- Villanueva R.D., & N.M.E. Montaña. 2003. Fine Chemical Structure of Carrageenan from The Commercially Cultivated *Kappaphycus striatum*

(sacol variety) Solieriaceae, Gigartinales,
Rhodophyta). *J. Phycol.*, 39: 513–518

Xiong, I & J.K. Zhu., 2002. Salt Tolerance in The
Arabidopsis. American Society of Plant Biologists.