

ANALISIS PENGGUNAAN BERBAGAI JENIS SUBSTRAT UNTUK PERTUMBUHAN *Caulerpa racemosa* PADA PEMBUDIDAYAAN DI TAMBAK PASANG SURUT

Ros Erni Yanti, Andi Rahmad Rahim, **Farikhah**

Program Studi Budidaya Perikanan Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Gresik.

Jl. Sumatra 101 GKB Gresik

E-mail korespondensi: farikhah@umg.ac.id

ABSTRAK

Substrat merupakan salah satu faktor penting untuk kehidupan dan pertumbuhan *C. racemosa*, namun saat ini belum ada studi substrat terbaik di tambak pasang surut. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pertumbuhan *Caulerpa racemosa* yang dibudidayakan di tambak pasang surut dengan penggunaan jenis dan komposisi substrat yang berbeda. Metode penelitian ini adalah eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Lima perlakuan di penelitian ini yaitu (A) lumpur 100%, (B) lumpur 50% : pecahan karang 50%, (C) lumpur 50% : cangkang tiram 50%, (D) lumpur 50% : pasir 50%, (E) lumpur 50% : pecahan karang 20% : cangkang tiram 20% : pasir 10%. Variabel penelitian ini meliputi bobot mutlak, *specific growth rate* (SGR), panjang mutlak stolon, panjang dan lebar *fronds*, dan jumlah mutlak rizoid. Parameter kualitas air meliputi suhu, salinitas, kecerahan, kadar amonia, kadar nitrat, dan kadar pospat. Data dianalisis menggunakan *analysis of variance* (ANOVA, $\alpha = 5\%$) dengan program SPSS 16. jika nilai *sig.* $< 0,05$ maka dikatakan perlakuan berpengaruh terhadap variabel penelitian sehingga dapat dilanjutkan dengan menggunakan uji *Tukey* ($\alpha = 5\%$). Hasil penelitian mendapatkan jenis substrat berpengaruh nyata terhadap variabel bobot mutlak, SGR, dan panjang mutlak stolon, dimana perlakuan tanpa substrat pasir (A, B dan C) menunjukkan pertumbuhan positif sedangkan perlakuan dengan substrat pasir (D dan E) menghasilkan pertumbuhan negatif pada variabel bobot mutlak dan SGR. Lebar *frond*, panjang *fronds*, dan jumlah rizoid tidak dipengaruhi oleh perlakuan substrat yang berbeda. Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa penggunaan substrat lumpur dan pecahan batu karang menghasilkan pertumbuhan terbaik dalam bentuk bobot mutlak dan SGR, namun tidak berbeda nyata dengan substrat lumpur 100% atau lumpur dicampur pecahan cangkang tiram. Penggunaan substrat berupa pasir kurang direkomendasikan digunakan di tambak pasang surut sebab memberikan bobot mutlak dan SGR negatif, serta panjang stolon dan morfometrik *fronds* lebih kecil daripada substrat tanpa komponen pasir.

Kata kunci: latoh; rumput laut hijau; gangguan substrat; pertumbuhan.

THE UTILIZATION OF VARIOUS SUBSTRATE COMPOSITIONS ON THE GROWTH OF *Caulerpa racemosa* CULTIVATED IN TIDAL PONDS

ABSTRACT

Substrate is an important factor for the survival and growth of *C. racemosa*, but currently there is no study of the best substrate in tidal ponds. This research aims to analyze the growth of *Caulerpa racemosa* cultivated in tidal ponds using different types and compositions of substrates. This research method was experimental with a Completely Randomized Design (CRD). The five treatments in this study were (A) 100% mud, (B) 50% mud: 50% coral fragments, (C) 50% mud: 50% oyster shells, (D) 50% mud: 50% sand, (E) 50% mud: 20% coral fragments, 20% oyster shells: 10% sand. The variables of this research include absolute weight, specific growth rate (SGR), absolute length of stolons, length and width of fronds, and absolute number of rhizoids. Water quality parameters include temperature, salinity, brightness, ammonia, nitrate, and phosphate levels. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA, $\alpha = 5\%$) with the SPSS 16 program. If the sig. value < 0.05 , then it is said that the treatment affects the research variables, so it can be continued using the Tukey test ($\alpha = 5\%$). The research found that the substrate type significantly affected the absolute weight, SGR, and length of stolon variables. In contrast, the treatment without sand substrate (A, B, and C) showed positive growth. In contrast, the treatment with sand substrate (D and E) produced negative growth in absolute weight and SGR variables. Different substrate treatments did not influence frond width, length, or number of rhizoids. The results concluded that using mud substrate and coral fragments produced the best growth regarding absolute weight and SGR, but it was similar to 100% mud substrate or mud mixed with oyster shell fragments. A sand substrate is not recommended for tidal ponds because it provides absolute weight and negative SGR. The other variables, such as the stolon length, frond length, frond width, and rhizoid numbers, gained smaller than substrates without sand components.

Keywords: latoh; green seaweed; substrate disturbance; growth.

PENDAHULUAN

Makroalga dari genus *Caulerpa* merupakan salah satu kelompok rumput laut hijau dari jenis ulvofita yang banyak dikonsumsi secara luas oleh masyarakat di Pasifik dan Asia Tenggara (Nurkolis et al., 2023). *Caulerpa lentillifolia* tidak terlepas dari rasanya yang lezat, teksturnya yang renyah, dan mengandung manfaat tinggi bagi kesehatan (de Gaillande et al., 2017). Kandungan bioaktivitasnya yang tinggi, baik antivirus, antimikroba, sitotoksik, imunostimulator, hipolipidemic, anti-obesitas, kardioprotektif, hepatoprotektif dan anti-proliferasi, menunjukkan kemampuan nutrasetikal dan terapi yang luar biasa (Nurkolis et al., 2023; Rushdi et al., 2020). Tumbuhnya kesadaran global untuk memilih makanan sehat yang tidak hanya untuk mengatasi kelaparan (Fithriani, 2015) memberikan ruang yang besar untuk pengembangan pembudidayaan rumput laut hijau yang lebih intensif, yang tidak hanya bergantung pada pengambilan di alam.

Salah satu species dari genus *Caulerpa*, *Caulerpa racemosa*, banyak ditanam di sepanjang pantai tropis termasuk pesisir pantai Kabupaten Lamongan dan menjadi makanan sehari-hari warga lokal (Safitri & Rachmadiarti, 2021). Tambak pasang surut yang kosong banyak ditebahi rumput laut *latoh* agar lebih produktif dan menurut Cokrowati et al. (2018) tanaman akuatik ini biasa ditanam di tambak yang terlantar yang biasanya berbatasan langsung dengan pantai. Meskipun telah banyak ditanam di tambak, namun teknis pembudidayaan *latoh* di tambak khususnya tambak pasang surut, belum banyak diteliti sehingga kegiatan budidaya *latoh* berada dalam posisi suboptimal. Di satu sisi teknis pembudidayaan *latoh* yang tepat sangat dibutuhkan untuk mencukupi kebutuhan konsumen yang terus meningkat (Subur et al., 2021; Windarto et al., 2021).

Substrat merupakan salah satu factor yang penting untuk keberhasilan pembudidayaan *latoh*. Sebagai organisme fitobentik, *C. racemosa* bergantung pada kondisi substrat untuk terus dapat tumbuh tegak. Substrat yang stabil berpengaruh positif pada pertumbuhan dan kehidupan *C. racemosa*. Apabila terjadi guncangan yang terus menerus terhadap substrat maka pertumbuhan *C. racemosa* terganggu bahkan dapat mengalami kematian (Williams et al., 1985). Jenis substrat meningkatkan kadar abu, elemen mineral, kandungan logam berat; menurunkan kandungan karbohidrat dan asam lemak polyunsaturated fatty acids (PUFA) (Long et al., 2019). Di alam, *C. racemosa* menyukai substrat pasir berlumpur, terumbu karang, karang mati, pecahan karang mati, pasir, dan lumpur (Boumediene et al., 2019) serta *C. racemosa* juga tumbuh di substrat koral atau puing-puing pasir (Fithriani, 2015).

Sejauh pengetahuan penulis, kajian ilmiah tentang substrat yang baik bagi pertumbuhan *C. racemosa* telah dilakukan, akan tetapi belum mencakup pertumbuhan di tambak tanah pasang surut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pemberian jenis substrat dan komposisi substrat yang berbeda terhadap pertumbuhan *C. racemosa* yang dibudidayakan dalam tambak pasang surut.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember sampai bulan Januari tahun 2022-2023 bertempat di tambak pasang surut Desa Labuhan Kecamatan Brondong Kabupaten Lamongan Jawa Timur. Peta lokasi di Gambar 1.



Gambar 1 Lokasi penelitian (pin berwarna kuning) di satu petak tambak pasang surut (p x l x t (m) = 27 x 5 x 0,8) beralamat di Desa Labuhan Kecamatan Paciran Kabupaten Lamongan.

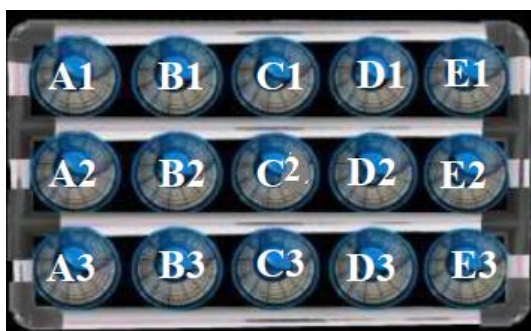
Alat dan Bahan

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu bibit rumput laut *C. racemosa* yang diperoleh dari tambak di Desa Labuhan Kecamatan Brondong Kabupaten Lamongan. Kriteria bibit yang dipilih sebagai tanaman uji adalah tanaman yang berukuran seragam, warna hijau segar, talus segar, keras dan tidak layu, kulit tidak mengelupas dan tidak tercampur dengan tumbuhan lainnya.

Peralatan yang digunakan meliputi karamba apung dari pipa paralon berfungsi untuk meletakkan media tanam *Caulerpa* sp., kayu untuk penyangga karamba apung, bak plastik, kawat, tali tampar, ember, penggaris, alat tulis, dan alat pengukur kualitas air yang terdiri dari termometer digital (TP3001) untuk mengukur suhu perairan tambak pasang surut, refraktometer (Atago, Japan 53M) untuk mengukur salinitas air tambak pasang surut, pH meter (AU001) untuk mengukur pH air tambak pasang surut, sechi disc untuk mengukur kecerahan air. Pengukuran kualitas air dilakukan satu kali dalam satu pekan (setiap jumat pagi pukul 07.00 WIB) sehingga dalam 35 hari pemeliharaan dilakukan pengukuran kualitas air sebanyak lima kali. Bobot tanaman uji ditimbang dengan timbangan *meter*. Timbangan elektrik 0,001g untuk menimbang bobot tanaman uji, dan kamera untuk dokumentasi penelitian. Kadar amonia, nitrat dan fosfat dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer di Laboratorium Dinas Lingkungan Kabupaten Lamongan mengikuti prosedur yang dijalankan oleh Laboratorium.

Rancangan Penelitian

Metode penelitian ini adalah eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap. Perlakuannya adalah jenis substrat dan komposisi yang berbeda (substrat lumpur 100% (A), Substrat lumpur 50% dan substrat pecahan karang 50% (B), Substrat lumpur 50% dan substrat cangkang tiram 50% (C), Substrat lumpur 50% dan substrat pasir 50% (D), dan Substrat lumpur 50%, substrat pecahan karang 20%, substrat pecahan karang 50%, substrat pasir 10% (E). Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali sehingga didapatkan 15 unit percobaan. Penempatan unit percobaan di lapangan sesuai Gambar 2 dengan pertimbangan homogenitas tempat percobaan.



Gambar 2 Denah unit percobaan, keterangan: A, B, C, D, E adalah perlakuan dan 1, 2, 3 adalah ulangan.

Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini terdiri dari bobot mutlak, laju pertumbuhan spesifik, panjang mutlak stolon, panjang *frond*, lebar *frond*, dan jumlah rhizoid. Bobot mutlak menggunakan rumus Efendi (2012) yaitu:

$$G = w_t - w_0$$

Keterangan :

G = Pertumbuhan rata-rata (g)

Wt = Berat rata-rata bibit pada akhir penelitian (g)

Wo = Berat rata-rata bibit pada awal penelitian (g)

Laju pertumbuhan spesifik *C. racemosa* dihitung dengan rumus sebagai berikut (Aslan, 1991):

$$SGR = \frac{\ln W_t - \ln W_0}{t} \times 100\%$$

Keterangan :

SGR = Laju pertumbuhan Spesifik (%BB/hari)

Wt = Berat rata-rata akhir penelitian (g)

Wo = Bobot rata-rata awal penelitian (g)

t = Lama pemeliharaan (hari)

Panjang mutlak stolon diukur menggunakan mistar dengan satuan cm mulai dari pangkal stolon hingga pada ujung stolon. Pengukuran bentuk stolon dilakukan setiap minggu dengan menggunakan bahan stolon yang sama. Stolon yang diukur ditandai dengan menggunakan penanda dari bahan tali rafia. Rumus menentukan panjang stolon menggunakan rumus Efendie (1997):

$$P_m = L_t - L_o$$

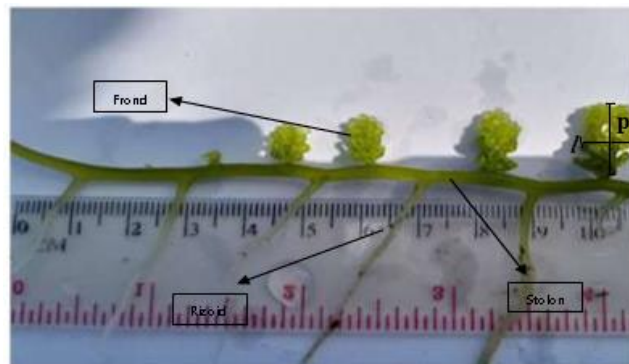
Keterangan :

P_m = Pertambahan panjang mutlak

L_t = Panjang rata-rata akhir (cm)

L_o = Panjang rata-rata awal (cm)

Panjang dan lebar *frond* diukur dengan cara mengambil foto aplikasi *ImageJ* yakni untuk menganalisis citra gambar yang dilakukan pemograman dengan menggunakan Java yang dioperasikan pada *system Windows mode 32 bit*, menggunakan aplikasi ini memudahkan dalam pengukuran sekecil apapun. Panjang *frond* diukur dengan menarik garis tegak tertinggi dari pangkal *frond* sampai ujung pucuk *frond*, sedangkan lebar *frond* ditentukan dengan menarik garis horisontal di titik terlebar sebuah *frond* (Gambar 3), mengikuti literatur (Manas et al., 2015)



Gambar 3 Cara mengukur panjang (p) dan lebar (l) *frond*.

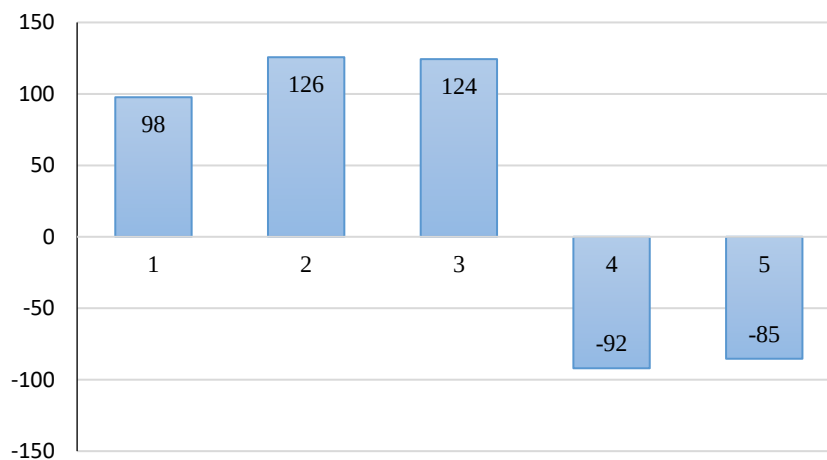
Jumlah rizoid yang tumbuh pada stolon dihitung secara visual dan dicatat. Stolon yang dihitung rizoidnya adalah stolon yang sudah diberi penanda sebagai stolon untuk mengaambil data panjang maupun lebar *frond*. Data dianalisis dengan Uji F tingkat kesalahan (0,05). Apabila $F_{hitung} > F_{tabel\ 0,05}$ maka disimpulkan bahwa pemberian jenis dan komposisi substrat berpengaruh pada variabel penelitian, sehingga dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur BNJ (*Tukey*) dengan tingkat kesalahan 0,05.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bobot Mutlak

Bobot mutlak *Caulerpa racemosa* yang ditumbuhkan dalam tambak pasang surut dengan perlakuan jenis dan komposisi substrat berbeda menghasilkan data tertera di Gambar 4. Berdasarkan Gambar 4, perlakuan A, B dan C menghasilkan pertumbuhan positif, sebaliknya perlakuan D dan E menghasilkan pertumbuhan negatif. Selanjutnya uji ANOVA ($\alpha=0,05$) menunjukkan bahwa perlakuan pada penelitian ini berpengaruh nyata terhadap bobot mutlak. Selanjutnya dilakukan uji BNJ ($\alpha=0,05$) untuk mendapatkan perlakuan terbaik, dan disimpulkan bahwa penggunaan substrat lumpur tanpa campuran bahan lain (A) maupun lumpur dengan campuran bahan pecahan karang (B) atau cangkang tiram (C), bagus untuk pertumbuhan *C. racemosa* di tambak pasang surut. Lumpur dan pecahan karang

(B), atau lumpur dan pecahan tiram (C) menghasilkan pertumbuhan positif yang setara. Artinya lumpur mampu menyediakan nutrisi yang memadai untuk tumbuh, disamping kemampuannya dalam mendukung tegakan *C. racemosa* di kolom air.



Gambar 4 Diagram bobot mutlak rumput laut *C. racemosa* yang diberi perlakuan komposisi substrat berbeda di tambak pasang surut

Windarto et al. (2021) melaporkan bahwa substrat yang berbeda berpengaruh nyata terhadap bobot mutlak *C. racemosa* yang mana substrat lumpur berpasir menghasilkan pertumbuhan tertinggi sebesar 0.53 ± 0.14 g. Capaian bobot dalam substrat lumpur berpasir sama dengan pertumbuhan di substrat substrat batu koral, sedangkan substrat jenis bambu dan jaring menghasilkan pertumbuhan yang rendah daripada dua jenis substrat sebelumnya. Dalam penelitian ini besaran bobot mutlak di akhir penelitian mencapai $126g \pm 22.94g$ dalam kurun 35 hari pemeliharaan, jauh lebih tinggi daripada penelitian sebelumnya yang membandingkan bobot absolut *C. racemosa* dalam empat substrat (lumpur berpasir, batu koral, bambu, jaring) selama 30 hari pemeliharaan, menghasilkan bobot akhir tertinggi di substrat lumpur berpasir sebesar 0.53 ± 0.14 g (Windarto et al., 2021). Perbedaan ini disebabkan oleh media kultur yang berbeda sehingga nutrient yang tersedia di media kultur memberikan efek yang berbeda pula. Dalam penelitian ini tambak tanah pasang surut mengandung nutrien yang lebih kaya daripada kolam terpal yang digunakan oleh Windarto et al. (2021). Disamping itu luasan tambak tanah pasang surut di penelitian ini ($\pm 270m^2$) sehingga sirkulasi air dan buffer perairan jauh lebih tinggi. Bobot mutlak di penelitian ini juga lebih tinggi daripada pemeliharaan terkontrol di Laboratorium selama 30 hari yang menghasilkan bobot kering 22,56g (Cokrowati et al., 2023).

Berbeda dengan substrat lumpur yang dicampur dengan pecahan batu karang maupun pecahan cangkang tiram yang menghasilkan pertumbuhan bagus, pencampuran lumpur dicampur dengan pasir (1:1) menghasilkan pertumbuhan *C. racemosa* negatif ($-85 \pm 43g$). Apabila lumpur dicampur dengan semua campuran substrat (pecahan batu karang, cangkang tiram, pasir, dengan perbandingan 1:1:1) pertumbuhannya menjadi semakin negatif ($-98 \pm 17.79g$). Artinya *C. racemosa* menyusut bobotnya sebesar 85g hingga 96g bobot awal (Wo) selama 35hari pemeliharaan. Penyusutan bobot terjadi akibat adanya stressor yang berkepanjangan dalam media hidup *C. racemosa*. Stressor itu tidak mampu diatasi oleh tanaman sehingga sampai akhir penelitian, tanaman tidak berhasil menambah bobot tubuh dan sebaliknya energinya terkuras untuk bertahan hidup dalam cekaman stressor. Hukum bioenergetika di sini berlaku dimana organisme akan mampu tumbuh apabila kebutuhan energi basal tercukupi sedangkan dalam kondisi energi basal tidak tercukupi maka organisme akan menggunakan energi dalam tubuhnya untuk bertahan hidup sampai kemampuan maksimal dirinya. Melalui katabolisme biomassa dalam tubuhnya *C. racemosa* dapat bertahan hidup meskipun kehilangan bobot.

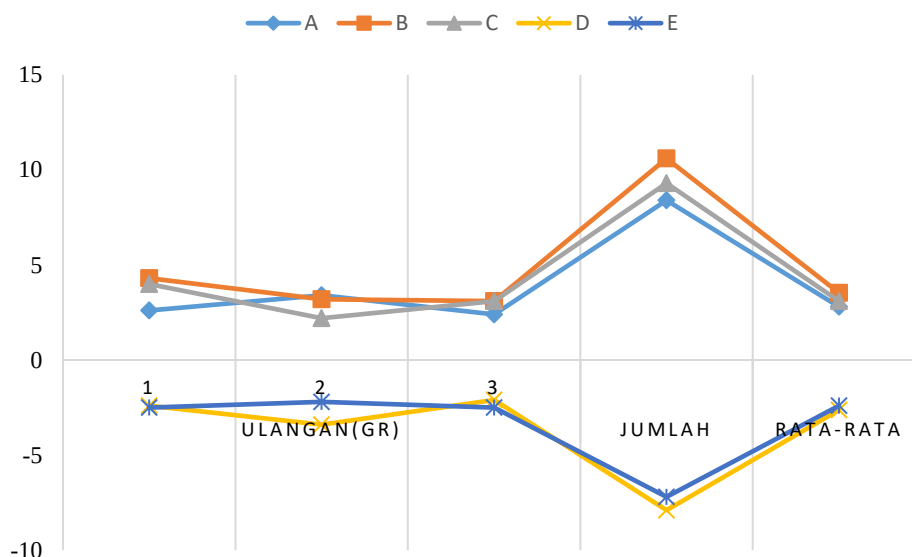
Substrat serta perlakuan yang menggunakan substrat pasir justru mengalami penurunan pertumbuhan atau pertumbuhan yang negatif. Jadi temuan pada penelitian ini sesuai dengan publikasi terdahulu mengenai penggunaan substrat untuk mendukung pertumbuhan rumput laut *C. racemosa* dimana substrat lumpur dan pecahan karang menghasilkan pertumbuhan terbaik, sedangkan substrat lumpur dan pasir menghasilkan pertumbuhan terendah (Rizal, 2015). Perbedaan hasil penelitian ini dari penelitian sebelumnya dimungkinkan berasal dari faktor kondisi tambak pasang surut dalam penelitian

ini, yang memaksa kolom air di area penelitian teraduk akibat mekanisme air pasang dan surut secara diurnal. Di tambak pasang surut, substrat yang mengandung unsur pasir (Perlakuan D dan E) mengalami peningkatan kekeruhan air dalam kurun waktu yang lebih lama akibat pergerakan campuran partikel lumpur dan pasir yang kurang stabil di saat air pasang, sehingga proses pengendapan berlangsung lama. Sebaliknya di substrat lumpur atau campuran lumpur dengan pecahan batu karang maupun cangkang tiram, lebih stabil dan durasi pengendapan partikel setelah terjadi kekeruhan akibat air pasang lebih singkat. Partikel pasir yang mengendap setelah gunacngan air pasang kemungkinan menutupi tegakan *C. racemosa* sehingga metabolisme tanaman pun terganggu. Hasil penelitian ini tidak bersesuaian dengan rekomendasi penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa lokasi yang paling sesuai untuk budidaya *C. racemosa* adalah perairan dengan dasar pasir berlempung dan pasir halus, karena bentuk perairannya yang berbeda. Dalam penelitian ini adalah satu petak tambak pasang surut yang terletak di aris pantai sedangkan penelitian sebelumnya mengases wilayah perairan alamiah, yaitu hamparan perairan Kuala Langa yang dipilih dengan SIG (Muliani & Isma, 2021).

Bertambahnya bobot rumput laut *C. racemosa* tidak terlepas pada kandungan nutrisi yang ada pada air serta di sekitar lingkungan hidup *C. racemosa* menyerap nutrisi yang ada lingkungan menggunakan batang talus, sedangkan untuk pertumbuhan pada rizoid menyerap pada substrat yang digunakan. Indriani dan Sumiarsih (2003), menyatakan bahwa pertumbuhan rumput laut dipengaruhi oleh faktor lingkungan berupa nutrisi yang diperoleh pada substrat di sekitarnya secara difusi melalui dinding talusnya.

Laju Pertumbuhan Harian Spesifik (*Specific Growth Rate, SGR*)

Laju pertumbuhan spesifik (SGR) *C. racemosa* yang dibudidayakan dalam substrat berbeda menghasilkan respons yang senada dengan variabel bobot mutlak. Jenis substrat lumpur 100%, lumpur dan pecahan karang, maupun lumpur dan pecahan cangkang tiram menghasilkan pertumbuhan positif, sebaliknya substrat mengandung pasir menghasilkan pertumbuhan negatif (Gambar 5). Pengaruh perlakuan terhadap SGR menggunakan Uji F menghasilkan nilai $F_{hitung} > F_{0,05}$ sehingga disimpulkan bahwa perlakuan substrat yang berbeda pada pemeliharaan rumput laut *C. racemosa* di tambak pasang surut berpengaruh nyata terhadap SGR.



Gambar 5 Diagram laju pertumbuhan rumput laut *C. racemosa* yang dibudidayakan di tambak pasang surut dengan jenis dan komposisi substrat berbeda.

Uji BNJ ($\alpha=0.05$) menghasilkan kesimpulan bahwa penggunaan substrat berupa lumpur 50%: pecahan karang 50% memperoleh SGR tertinggi (1,16%BB/hari), akan tetapi tidak berbeda nyata dengan lumpur 100% atau lumpur 50%: cangkang tiram 50%. Substrat lumpur memberikan stabilitas tempat melekat rizoid yang baik dan menyediakan unsur hara mencukupi bagi *C. racemosa* sehingga tanaman tumbuh positif, bobot maupun panjang stolon bertambah. Penggunaan pecahan karang maupun

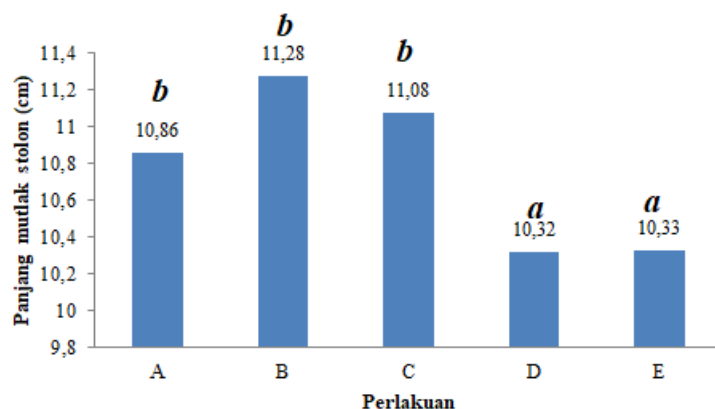
cangkang tiram tampak memberikan respons lebih baik daripada lumpur saja, karena tersedianya ruang antar agregat lumpur sehingga lebih nyaman bagi rizoid *C. racemosa* yang lembut.

Penggunaan substrat pasir menghasilkan laju pertumbuhan spesifik negatif. Substrat berupa pasir berpadu dengan gerakan alamiah pasang surut air menyebabkan gangguan atau disturbansi substrat yang kurang menguntungkan bagi *C. racemosa*. Gangguan sedimen ini berlangsung setiap hari, sebab kejadian air pasang dan surut di pantai Lamongan adalah bersifat diurnal. Sebagian akar tercerabut dan stolon terkubur pasir sehingga mengganggu pertumbuhan *C. racemosa*. Hasil penelitian ini senada dengan penelitian sebelumnya pada *C. racemosa* di pantai dengan dasar berpasir yang dihuni oleh mikrofauna benthik seperti *Meom ventricose*. Gerakan mereka mencari makan, meliang, menggali pasir menyebabkan pasir bergerak setiap hari, menyebabkan akar rizoid tercerabut atau terlepas, sehingga tanaman tidak dapat tumbuh, mirip dengan mekanisme yang mungkin terjadi dalam substrat pasir di tambak pasang surut. Akibat fauna benthik, sebagian mengalami pertumbuhan nol (*zero growth*), sebagian membusuk atau terdekomposisi, sedangkan sebagian lagi mengalami kematian (Williams et al., 1985).

Salinitas merupakan faktor yang sangat penting bagi pertumbuhan dan hasil panen *C. racemosa*. Salinitas air tambak pasang surut di penelitian ini dalam rentang 31-32 ppt merupakan rentang yang optimal. Hal ini selaras dengan penelitian sebelumnya yang menguji efek salinitas terhadap biomassa dan panjang stolon menghasilkan temuan bahwa salinitas 25 ppt sampai dengan 35 ppt memberikan capaian biomassa dan panjang stolon terbaik. Adapun salinitas 15 ppt menghasilkan bobot biomassa dan panjang stolon negatif (Mosquera-murillo & Peña-salamanca, 2016). Nutrien dalam bentuk Nitrogen dan Fosfor berpengaruh pada pertumbuhan apabila kedua nutrien itu berada dalam perbandingan yang sesuai. Kadar N berguna dalam mendukung tumbuh tanaman apabila P tersedia di air memadai. Rasio N:P sebesar 6N:1P menghasilkan pertumbuhan tertinggi daripada rasio 5N:1P, 7N:1P, atau 8N:1P, dengan capaian biomassa 434 ± 49.35 g dan SGR 3,35%/hari (Harwanto et al., 2020). Dalam penelitian ini SGR *C. racemosa* yang rendah dimungkinkan karena ketersediaan nitrogen yang kecil (1N:1P), sehingga produksi klorofil, karotenoid, dan sintesis protein terlarut kecil (Elisabeth et al., 2023). Lebih lanjut Elisabeth et al. (2023) memaparkan bahwa pencahayaan yang terlalu kuat dapat berefek pada pertumbuhan yang lambat, sedangkan pencahayaan yang agak teduh memberikan efek lebih baik. Penelitian ini memperoleh data kecerahan air tinggi mencapai 31cm sementara substrat *C. racemosa* ditanam pada kedalaman 20cm dari permukaan air sehingga terpapar cahaya yang kuat, yang memungkinkan mengurangi laju tumbuh *C. racemosa* akibat perairan terlalu banyak menerima sinar matahari. Efeknya pun berlanjut ke suhu perairan yang relatif berfluktuasi selama penelitian yang dapat mempengaruhi SGR.

Panjang Mutlak Stolon

Panjang mutlak stolon *C. racemosa* yang dibudidayakan di substrat lumpur maupun campuran lumpur dengan pecahan karang dan lumpur dengan pecahan cangkang tiram, menghasilkan nilai tinggi (10,86-11,28cm), daripada *C. racemosa* yang dibudidayakan dalam substrat berunsur pasir memperoleh pertumbuhan rendah (10,32-10,33cm). Panjang mutlak stolon *C. Racemosa* pada setiap jenis dan komposisi substrat yang berbeda disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6 Diagram panjang mutlak stolon rumput laut *C. racemosa* yang dibudidayakan di tambak pasang surut dengan jenis dan komposisi substrat berbeda.

Hal ini sesuai dengan respon bobot mutlak maupun SGR *C. racemosa* terhadap substrat pasir yang negatif. Dalam substrat yang mengandung pasir, *C. racemosa* tidak dapat tumbuh dengan baik sebab mengalami gangguan terus menerus akibat pasir terguncang ketika peristiwa pasang surut di tambak lokasi penelitian ini. Uji F ($\alpha=0.05$) mendapat kesimpulan bahwa perlakuan berpengaruh nyata ($sig.<0.05$) terhadap panjang mutlak stolon. Uji lanjut untuk mendapatkan perlakuan terbaik menggunakan BNJ (Beda Nyata Jujur) 0,05, yaitu *C. racemosa* yang dibudidayakan dalam substrat lumpur dan pecahan karang dengan rasio 50%:50% akan tetapi panjang stolon yang dihasilkan tidak berbeda dari *C. racemosa* dalam substrat lumpur dengan pecahan cangkang tiram (50%:50%) atau lumpur 100%.

Lebar Fronds

Pengukuran lebar fronds *C. racemosa* yang dilakukan selama penelitian disajikan pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1 Hasil pengukuran lebar fronds *Caulerpa racemosa* yang dibudidayakan di tambak pasang surut dengan substrat yang berbeda.

Perlakuan	Rata-rata lebar fronds pada rumput laut (cm)
A	0.42±0.20
B	0.53±0.14
C	0.38±0.13
D	0.29±0.07
E	0.31±0.08

Berdasarkan Tabel 1 lebar fronds rumput laut *C. racemosa* selama penelitian ini berkisar 0.29±0.07 – 0.53±0.14 cm. Pada perlakuan B (substrat lumpur 50%: substrat pecahan karang 50%) menghasilkan lebar fronds terbesar dan pada perlakuan D (substrat lumpur 50%: substrat pasir 50%) menghasilkan lebar fronds terkecil. Namun berdasarkan uji-F (ANOVA) semua perlakuan tidak berpengaruh terhadap lebar fronds ($sig. 0,636>\alpha (0,05)$).

Fronds adalah bagian dari tumbuhan rumput laut *C. racemosa* berbentuk batang bulatan-bulatan kecil berwarna hijau memiliki tekstur lembut sampai keras, yang menjadi faktor penentu kualitas atau nilai ekonomis *C. racemosa* selain biomassa (Elisabeth et al., 2023). Frond merupakan bagian tanaman *C. racemosa* yang dapat dimakan. Dalam penelitian ini lebar fronds tidak signifikan dipengaruhi substrat. Produksi frond lebih dipengaruhi oleh faktor kedalaman tanam. Kedalaman 80cm dilaporkan mampu menghasilkan produksi frond tertinggi (Thi et al., 2020).

Panjang fronds

Panjang fronds rumput laut *C. racemosa* selama penelitian berkisar 1,21±0,28 – 1,29±0,51cm. Perlakuan C (substrat lumpur 50%: substrat cangkang tiram 50%) menghasilkan panjang fronds terbesar dan pada perlakuan E (substrat lumpur 50%: substrat pecahan karang 20%: substrat cangkang tiram 20%: substrat pasir 50%) menghasilkan nilai panjang fronds terkecil. Namun berdasarkan uji F (ANOVA) semua perlakuan tidak berpengaruh terhadap panjang fronds ($Sig. 0,969>0,05$). Panjang fronds yang dihasilkan selama penelitian diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil pengukuran panjang fronds rumput laut *C. racemosa* dengan substrat yang berbeda yang dibudidayakan di tambak pasang surut.

Perlakuan	Rata-rata panjang fronds pada rumput laut (cm)
A	1.29±0.51
B	1.65±0.65
C	1.96±0.51
D	1.46±0.53
E	1.21±0.28

Penggunaan jenis substrat yang berbeda pada pemeliharaan rumput laut *C. racemosa* di tambak pasang surut dalam penelitian ini tidak berpengaruh terhadap panjang *fronds*. Mengacu hasil penelitian terdahulu, dijelaskan bahwa morfometrik *fronds* lebih dipengaruhi oleh kedalaman tanam daripada substrat sedangkan substrat lebih dibutuhkan oleh tanaman untuk mengasimilasi *ash*, karbohidrat, logam berat, dan perubahan komposisi asam amino dan (Long et al., 2019).

Fronds adalah bagian tubuh *C. racemosa* yang tumbuh tegak di stolon, mirip organ daun, yang terdiri dari butiran ramuli yang menjadi satu keunikan dari rumput laut *Caulerpa*. Ukuran *fronds* dipengaruhi oleh banyak faktor yang berbeda-beda antar species. Pada *C. racemosa* tinggi *fronds* dipengaruhi secara nyata oleh kedalaman tanam, temperatur, salinitas, dan kadar oksigen terlarut (Estrada et al., 2020). Lebih lanjut Estrada et al. (2020) menjelaskan, tinggi *C. racemosa* sangat bervariasi tergantung habitatnya, berkisar antara 1,2-18 cm dengan rerata 6 cm sedangkan *C. lentilifera* tingginya berkisar 3-11cm dengan rerata 8 cm.

Jumlah Rizoid

Jumlah rizoid *C. racemosa* selama penelitian pada perlakuan A (substrat lumpur 100%) memiliki rizoid terkecil berkisar $5,00 \pm 1,41$ – $7,17 \pm 2,92$ cm. Perlakuan B (substrat lumpur 50%: substrat pecahan karang 50%) menghasilkan jumlah rizoid terbanyak. Akan tetapi berdasarkan uji F (ANOVA) semua perlakuan tidak berpengaruh terhadap jumlah mutlak rizoid (Sig. 0,225>0,05). Hasil pengukuran jumlah rizoid *C. racemosa* ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengukuran jumlah mutlak rizoid rumput laut *C. racemosa* dengan substrat berbeda yang dibudidayakan di tambak pasang surut

Perlakuan	Rata-rata jumlah rizoid pada rumput laut (unit)
A	5.00 ± 1.41
B	7.17 ± 2.93
C	6.33 ± 2.25
D	5.33 ± 1.37
E	5.63 ± 1.47

Rizoid merupakan komponen penting *C. racemosa* untuk beradaptasi di substrat setelah inokulasi melalui perlekatannya dengan substrat. Fragmen substrat yang kecil menghasilkan rizoid yang lebih sedikit daripada fragmen substrat besar (Khou et al., 2007). Ini menjawab hasil penelitian bahwa substrat yang berupa lumpur membuat rizoid *C. racemosa* tumbuh lebih sedikit daripada substrat yang mengandung batu karang yang merangsang tumbuhnya rizoid lebih banyak. Perbedaan jumlah rizoid yang tumbuh di setiap perlakuan jenis substrat kurang terdeteksi dengan uji statistik, kemungkinan disebabkan karena masa pemeliharaan yang singkat (35 hari). Apabila diperpanjang, kemungkinan perbedaan rizoid akan tampak di fragmen substrat besar dengan fragmen di substrat kecil.

Parameter Kualitas Air

Kualitas air menjadi faktor dan parameter yang sangat penting bagi kehidupan rumput laut. Parameter kualitas air yang diukur pada saat kegiatan budidaya rumput laut *Caulerpa racemosa* di tambak pasang surut meliputi suhu, salinitas, pH, kecerahan, kadar amonia, nitrat dan pospat (Tabel 4).

Tabel 4. Tabel Pengukuran Kualitas Air Selama 35 Hari penelitian.

Variabel	Kisaran	Kisaran yang baik menurut literatur
Suhu (°C)	28-31(°C)	25-30°C (Safitri & Rachmadiarti, 2021)
Salinitas (ppt)	31-32 ppt	25 – 35 ppt (Safitri & Rachmadiarti, 2021)
pH	7	7 – 8,5 (Safitri & Rachmadiarti, 2021)
Kecerahan (cm)	30-31	>45-85 (Ditjenkanbud, 2006 dalam Muliani, dkk, 2021)
Amonia (mg/L)	0,02-0,04	
Nitrat (mg/L)	0,05	Rasio 5N:1P optimal untuk pertumbuhan <i>C. racemosa</i> (Harwanto et al., 2020)
Pospat (mg/L)	0,04-0,05	

Suhu dan salinitas merupakan faktor dasar yang mempengaruhi pertumbuhan *C. racemosa*. Uji coba untuk mendapatkan suhu dan intensitas pencahayaan optimal *C. okamurae*, pada suhu 15 ke 25°C laju pertumbuhan relatif (RGR) semakin meningkat sedangkan penurunan RGR terjadi pada suhu 30°C. Dengan suhu yang optimal, *fronds* tumbuh, stolon memanjang dan rizoid bertambah (Gao et al., 2018). Dalam penelitian ini rentang suhu yang didapatkan selama penelitian adalah berkisar 28-31°C yang masih berada dalam kisaran yang baik untuk tumbuh, akan tetapi fluktuasi harian suhu kemungkinan mempengaruhi laju pertumbuhan *latoh*. Salinitas di perairan selama penelitian ini stabil pada rentang 31-32 ppt sehingga sangat mendukung proses asimilasi biomassa *latoh*. Nilai pH netral sebesar 7 memberikan kemampuan penyangga yang baik dalam air selama periode budidaya. Kecenderungan air sebesar 30-31cm, digolongkan dalam rentang yang kurang optimal, sebab baku mutu kecerahan yang baik untuk rumput laut adalah >45m. Kandungan amonia sebesar 0,02-0,04mg/L dinilai masih dalam kadar yang aman bagi *latoh*.

Nitrat dan pospat merupakan nutrisi yang penting untuk menilai produktivitas atau kesuburan perairan. Keduanya bekerja secara bersinergi dan rasio optimal untuk *C. racemosa* adalah 5N:1P. Dalam penelitian ini tambak mengalami minus N dan surplus P, dengan rasio 1N:1P. Pertumbuhan *C. racemosa* akan terbatas oleh kadar N, dan P yang berlebih kemungkinan akan inaktif di dalam air atau disimpan di jaringan rumput laut. Rumput laut hijau *Caulerpa* cenderung menyimpan N lebih banyak daripada P ketika kedua unsur hara tersebut tersedia di lingkungan (Darmawan et al., 2022). Nitrogen berperan besar dalam perkembangan *frond*, oleh sebab itu kecilnya N di perairan kemungkinan menjadi salah satu faktor penyebab kecilnya ukuran *frond* yang diperoleh dalam penelitian ini.

KESIMPULAN

Penggunaan jenis substrat dan komposisi substrat berupa lumpur, pecahan batu karang, pecahan cangkang tiram, dan pasir, berpengaruh nyata (Uji F, $\alpha=0,05$) terhadap pertumbuhan bobot mutlak, SGR, dan panjang stolon. Variabel panjang *frond*, lebar *frond*, serta jumlah akar rizoid tidak dipengaruhi secara nyata perlakuan dalam penelitian ini. Campuran lumpur dan pecahan batu karang (50%:50%) menghasilkan pertumbuhan tertinggi di semua variabel (bobot mutlak, SGR, dan panjang stolon), akan tetapi tidak berbeda nyata dengan substrat campuran lumpur dengan cangkang tiram (50%:50%) maupun lumpur tanpa campuran jenis substrat lain. Penggunaan jenis substrat pasir menyebabkan *C. racemosa* tumbuh negatif baik dalam variabel bobot mutlak maupun SGR, sedangkan dalam variabel panjang stolon, *C. racemosa* tetap dapat memanjang, namun panjang mutlak stolon yang dicapai lebih rendah dari substrat lainnya tanpa pasir. Semua parameter kualitas air berada dalam kisaran yang mendukung pertumbuhan dan kehidupan *C. racemosa* dalam semua variabel dalam penelitian ini. Nilai SGR di penelitian ini kemungkinan akibat perairan tambak pasang surut di penelitian ini kurang mengakomodir kedalaman perairan terbaik bagi *C. racemosa* berkisar >45-80cm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian terutama kepada orang tua, pihak tambak rumput laut Desa Labuhan Kecamatan Paciran Kabupaten Lamongan.

DAFTAR PUSTAKA

- Boumediene, K., Talet, B., & Alegria, B. W. (2019). First record of invasive green algae *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* in Oran Bay (Western Algeria) article First record of invasive green algae *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* in Oran. *Indian Journal of Geo Marine Sciences*, 48(03), 335–342.
- Chapman 2010, C. (2011). Rumput laut sebagai sumber serat pangan potensial. *Squalen*, 6(1), 9–17.
- Choeronawati, A. I., & Prayitno, S. B. (2019). Studi Kelayakan Budidaya Tambak di Lahan Pesisir Kabupaten Purworejo. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 11(1), 191-204.
- Cokrowati, N., Arjuni, A., & Rusman, R. (2018). Pertumbuhan Rumput Laut *Kappaphycus Alvarezii* Hasil Kultur Jaringan. *Jurnal Biologi Tropis*, 18(2), 216–223. <https://doi.org/10.29303/jbt.v18i2.740>
- Cokrowati, N., Diniarti, N., & Mataram, U. (2023). *Cultivation of seaweed Caulerpa racemosa using*

- different*. 6(December), 441–446.
- Dahuri, R., J. Rais., S.P. Ginting., M.J. Sitepu. (2008). *Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. Jakarta. PT. Pradnya Paramita.
- Darmawan, M., Zamani, N, P., Irianto, H. E., & Madduppa, H. (2022). Diversity And Abundance Of Green Seaweed Caulerpa (Chlorophyta) Across Indonesian Coastal Waters With Different Nutrient Levels: Bintan Island, Jepara, and Osi Island. *J. Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 14(2), 273–290.
- Darmawati. (2017). Kajian Pertumbuhan Dan Kualitas Rumput Laut Darmawati *Caulerpa* sp . Yang Dibudidayakan Pada Kedalaman Dan Jarak Tanam Berbeda. *Disertasi*. Universitas Hasanuddin
- De Gaillande, C., Payri, C., Remoissenet, G., & Zubia, M. (2017). Caulerpa consumption, nutritional value and farming in the Indo-Pacific region. *Journal of Applied Phycology*, 29(5), 2249–2266. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0912-6>
- Efizon, D., Putra, R. M., Kurnia, F., Hindri Yani, A., & Fauzi, M.(2015). Keanekaragaman Jenis Jenis Rumput laut Di Oxbow Pinang Dalam Desa Buluh Cina Kabupaten Kampar Riau. *Prosiding Seminar Antarbangsa*, 5018(C), 24–36.
- Elisabeth, L., Beatrice, S., Springer, K., & Kunzmann, A. (2023). *Sea grapes (Caulerpa lentillifera J . Agardh , Chlorophyta) for human use : Structured review on recent research in cultivation , nutritional value , and post - harvest management*. 2957–2983. <https://doi.org/10.1007/s10811-023-03031-x>
- Estrada, J. L., Bautista, N. S., & Dionisio-sese, M. L. (2020). *Morphological variation of two common sea grapes (Caulerpa lentillifera and Caulerpa racemosa) from selected regions in the Philippines*. 21(5), 1823–1832. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210508>
- Farid, W., Ibrahim, R., Dewi, E. N., Susanto, E., & Amalia, U. (2013). Profil Rumput Laut Caulerpa racemosa Dan Gracilaria verrucosa Sebagai Edible Food (*Caulerpa racemosa* and *Gracilaria verrucosa* Profile as Edible Foods). 9(1), 68–74. <https://doi.org/10.14710/ijfst.9.1.68-74>
- Fithriani, D. (2015). Opportunities and challenges for developing caulerpa racemosa as functional foods no title. *The 1st International Symposium On Aquatic Product Processing 2013 OPPORTUNITIES*, 1(2001).
- Friedlander, M., Kosov, Y., Keret, G., & Dawes, C. (2006). Production of rhizoids by Caulerpa prolifera in culture. *Aquatic Botany*, 85(3), 263–266. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2006.06.004>
- Gao, X., Choi, H. G., Park, S. K., Sun, J. M., & Nam, K. W. (2018). Assessment of optimal growth conditions for cultivation of the edible Assessment of optimal growth conditions for cultivation of the edible Caulerpa okamurae (Caulerpales , Chlorophyta) from Korea. *Journal of Applied Phycology*, June 2019, 9 pp. <https://doi.org/10.1007/s10811-018-1691-z>
- Harwanto, D., Saputro, P., Susilowati, T., Haditomo, A. H. C., & Windarto, S. (2020). Effect of different n:P ratios application on the cultivation media for the growth and fiber content of caulerpa racemosa reared in tarpaulin ponds. *AACL Bioflux*, 13(5), 3117–3125.
- Hasbullah, D., Akmal, Bahri, S., Agung, I., Suaib, M., & Ilham. (2014). Implementasi Berbagai Jenis Substrat Dasar Sebagai Media Produksi Lawi-Lawi Caulerpa Sp. *Octopus*, 3(1), 244–251.
- Irfan, M., Ali, S. M., Muchdar, F., Khairun, U.(2021). Pengaruh Jenis Substat Terhadap Pertumbuhan Rumput Laut *Gelidium* sp. dalam Wadah Terkontrol [Effect of Substrate Type on The Growth of Seaweeds *Gelidium* sp. In Controlled Container. *Jurnal Marikultur* 13(1), 34–44.
- Isslan, Andriyan LM. (1991). *Budidaya Rumput Laut*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Khou, M., Paul, N. A., Wright, J. T., & Steinberg, P. D. (2007). Intrinsic factors influence the attachment of fragments of the green alga Caulerpa filiformis. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 352, 331–342. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2007.08.010>
- Klein, J., & Verlaque, M. (2008). The Caulerpa racemosa invasion: A critical review. *Marine Pollution Bulletin*, 56(2), 205–225. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2007.09.043>
- Koda, D. M. I., Samadan, G. M., Malan, S., & Subur, R. (2021). The trials of seaweed *Caulerpa racemosa* cultivation using the off-bottom culture at The Kastela Waters, Ternate Island Distrikt, Ternate City. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, 14(1), 80–83. <https://doi.org/10.29239/j.agrikan.14.1.80-83>
- Kurniawan, M. C., Aryawati, R., & Putri, W. A. E. (2018). Pertumbuhan Rumput Laut Eucheuma Spinosum dengan Perlakuan Asal Thallus dan Bobot Berbeda di Teluk Lampung Provinsi Lampung. *Maspari Journal*, 10(2), 161–168.
- Long, H., Gu, X., Zhu, Z., Wang, C., Xia, X., Zhou, N., & Liu, X. (2019). Effects of bottom sediment

- on the accumulation of nutrients in the edible green seaweed *Caulerpa lentillifera* (sea grapes). *Journal of Applied Phycology*, 12 pp.
- Makmur et al. (2010). Karakteristik Kualitas Perairan tambak di Kabupaten Pontianak. Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur.
- Mamang N. (2008) Laju Pertumbuhan Bibit Rumput Laut *Echeuma cottonii* dengan Perlakuan Asal Thallus Terhadap Bobot Bibit di Perairan Lakeba, Kota Baubau, Sulawesi Tenggara. *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB. Bogor. 121 hal.
- Manas, H. M., Deshmukhe, G., Venkateshwarlu, G., Chakraborty, S. K., Jaiswar, A. K., Dar, S. A., Macroalgae, M., & Variation, M. (2015). *Morphological comparison of different Caulerpa J . V . Lamouroux species along Maharashtra and Gujarat coast , India . 44(May), 732–737.*
- Mosquera-murillo, Z., & Peña-salamanca, E. J. (2016). Effect of salinity on growth of the green alga *Caulerpa sertularioides* (Bryopsidales , Chlorophyta) under laboratory conditions Efecto de la salinidad sobre el crecimiento del alga verde *Caulerpa sertularioides* (Bryopsidales , Chlorophyta) en condicio. *Hidrobiológica*, 26(2), 277–282.
- Muliani, S., & Isma, M. . F. (2021). Analysis Of The Suitabilityof The Qualityof The Waterof Kuala Langsa For The Cultivationof Sea Grapes (*Caulerpa racemosa*) Reviewed By Gis. *Jurnal Ilmiah Samudra Akuatika*, IV(2), 66–75.
- Nurkolis, F., Taslim, N. A., Qhabibi, F. R., Kang, S., Moon, M., Choi, J., Choi, M., Park, M. N., Mayulu, N., & Kim, B. (2023). Ulvophyte Green Algae *Caulerpa lentillifera*: Metabolites Profile and Antioxidant, Anticancer, Anti-Obesity, and In Vitro Cytotoxicity Properties. *Molecules*, 28(3). <https://doi.org/10.3390/molecules28031365>
- Rushdi, M. I., Abdel-rahman, I. A. M., Zekry, E., Abdelraheem, W. M., Saber, H., Madkour, H. A., Amin, E., Hassan, H. M., & Ramadan, U. (2020). South African Journal of Botany A review on the diversity , chemical and pharmacological potential of the green algae genus *Caulerpa*. *South African Journal of Botany*, 132, 226–241. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.04.031>
- Safitri, E., & Rachmadiarti, F. (2021). Analisis Parameter Kualitas Air Untuk Habitat Rumput Laut *Caulerpa racemosa* Di Pantai Joko Mursodo , Lohgung , Lamongan Analysis of Water Quality Parameters for the Habitats of *Caulerpa racemosa* Seaweed. *Lentera Bio*, 12(3), 299–306.
- Subur, R., Irfan, M., & Akbar, N. (2021). DEPIK The effect of NPK fertilizer with different dosage on the growth rate seaweed (*Caulerpa racemosa*). *Depik Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir Dan Perikanan*, 10(August), 207–210. <https://doi.org/10.13170/depik.10.3.20848>
- Thi, N., Anh, N., Thong, L. Van, Lam, N. P., & Thi, T. (2020). Effects of water levels and water exchange rates on growth and production of sea grape *Caulerpa lentillifera* J . Agardh 1837. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 8(3), 211–216.
- Williams, S., Breda, V., Anderson, T., & Nyden, B. (1985). Growth and sediment disturbances of *Caulerpa* spp. (Chlorophyta) in a submarine canyon. *Marine Ecology Progress Series*, 21, 275–281. <https://doi.org/10.3354/meps021275>
- Windarto, S., Prastihayudi, A. H., Susilowati, T., Haditomo, A. H. C., & Harwanto, D. (2021). Effect of Different Substrates on Growth and Protein Content of *Caulerpa Racemosa*. *Journal of Hunan University Natural Sciences*, 48(7), 266–275.