

Analisis Pertumbuhan *Caulerpa lentifera* yang Terintegrasi dengan Budidaya *Haliotis squamata*

Kadek Lila Antara*, Muhammad Fadjar, Dwi Setijawati

*Magister Budidaya Perikanan, Universitas Brawijaya
Jalan Veteran, Malang, Jawa Timur 65145
Email: kadek.lila@gmail.com*

Abstrak

Caulerpa sp ditemukan di beberapa perairan Pesisir Indonesia dikenal sebagai anggur laut dengan rasa sangat mirip dengan telur salmon, tetapi segar dan harum, tanpa bau amis telur ikan. *Caulerpa lentillifera* merupakan sumber nutrisi yang menjanjikan untuk masa depan karena manfaat dan komposisinya untuk konsumsi manusia. Budidaya diyakini dapat meningkatkan ketersediaan produk baik secara kuantitas maupun kuantitas, tanpa mengandalkan eksploitasi di alam. Hal menarik dari penelitian ini adalah budidaya *Caulerpa lentifera* dilakukan bersama budidaya *Haliotis squamata*. Penelitian bertujuan mengetahui efektifitas penggunaan air limbah budidaya abalon terhadap pertumbuhan *Caulerpa lentillifera* dan penggunaan pupuk pada media air dalam meningkatkan hasil produksi. Penelitian menggunakan metode eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap dengan perlakuan. Parameter pertumbuhan terdiri dari bobot mutlak, jumlah ramili, dan kandungan klorofil. Budidaya *Caulerpa lentillifera* terintegrasi dengan *Haliotis squamata* menunjukkan efektifitas penggunaan air baik dari segi kuantitas maupun kualitas dalam budidaya yang terintegrasi. Analisis pertumbuhan dengan parameter laju pertumbuhan, jumlah ramili, dan kandungan klorofil menunjukkan peningkatan produksi *Caulerpa lentillifera* dapat dilaksanakan dengan penambahan pupuk, hal ini terbukti dapat memacu pertumbuhan, meningkatkan jumlah ramili, dan meningkatkan kandungan klorofil *Caulerpa lentillifera*. Pemupukan dengan proporsi N : P sebesar 16 : 4 ppm setiap hari terbukti dapat memacu peningkatan bobot mutlak, proporsi asimilator, proporsi asimilator layak jual.

Kata Kunci: *Caulerpa lentillifera*, Laju pertumbuhan, Budidaya terintegrasi

Abstract

Growth Analysis of *Caulerpa lentifera* Integrated with *Haliotis squamata* Budidaya Cultivation

Caulerpa sp found in several coastal waters of Indonesia is known as sea grape with a taste very similar to salmon eggs, but fresh and fragrant, without the fishy smell of fish eggs. *Caulerpa lentillifera* is a promising source of nutrition for the future because of its benefits and composition for human consumption. Cultivation is believed to increase the availability of products both in quantity and quantity, without relying on exploitation in nature. The interesting thing about this research is that the cultivation of *Caulerpa lentifera* is carried out together with the cultivation of *Haliotis squamata*. This study aims to determine the effectiveness of the use of abalone cultivation wastewater on the growth of *Caulerpa lentillifera* and the use of fertilizers in water media in increasing production yields. The study used an experimental method with a completely randomized design with treatment. Growth parameters consisted of absolute weight, number of ramili, and chlorophyll index. The integrated cultivation of *Caulerpa lentillifera* with *Haliotis squamata* shows the effectiveness of water use both in terms of quantity and quality in integrated cultivation. Growth analysis with parameters of growth rate, number of ramili, and chlorophyll index showed an increase in *Caulerpa lentillifera* production could be carried out with the addition of fertilizer, this was proven to stimulate growth, increase the number of ramie, and increase the chlorophyll content of *Caulerpa lentillifera*. Fertilization with N : P proportion of 16 : 4 ppm every day was proven to increase absolute weight, proportion of assimilator, proportion of assimilator worth selling.

Keywords: *Caulerpa lentillifera*, growth rate, Integrated cultivation

PENDAHULUAN

Caulerpa sp (anggur laut) merupakan salah satu rumput laut hijau yang paling banyak tersebar di perairan laut tropis hingga subtropis. *Caulerpa* sp ditemukan di beberapa perairan pesisir di Indonesia dan merupakan digunakan sebagai lalapan oleh masyarakat (Tapotubun *et al.*, 2020). Terdapat 50 jenis *Caulerpa* di dunia dan 12 di antaranya ditemukan di Indonesia, beberapa jenis yang dilaporkan adalah *C. racemosa*, *C. lentillifera*, *C. sertularoides*, *C. serulata*, *C. taxifolia*, *C. elongata*, *C. brachypus*, *C. peltata* dan lain-lain (Atmaja *et al.*, 1996). Beberapa jenis *Caulerpa* sp dianggap sebagai spesies invasif yang menimbulkan dampak negatif terhadap ekologi laut, tetapi pemanfaatan *Caulerpa* sp untuk keperluan nutraceutical dan farmasi telah dipelajari secara intensif (Darmawan *et al.*, 2020) *Caulerpa* sp digolongkan sebagai makanan bergizi di negara-negara Jepang, Korea, dan Asia Tenggara.

Ketertarikan pada *Caulerpa* sp yang dapat dimakan meningkat karena potensi manfaatnya efek pada kesehatan manusia (Sommer *et al.*, 2022). Komponen nutrisi unggulan dalam *Caulerpa* sp adalah mineral, protein, lemak, dan karbohidrat. Kandungan PUFA sekitar 60,8% dari total asam lemak yang didominasi oleh asam linolenat, asam amino yang mendominasi protein *Caulerpa* sp adalah asam aspartat dan asam glutamat. *Caulerpa* sp juga sebagai sumber mineral yang baik, elemen penting, vitamin, dan kaya akan pigmen klorofil-a, klorofil-b, beta-karoten, dan caulerpin (Darmawan *et al.*, 2020). Keunggulan *Caulerpa* sp sebagai bahan makanan adalah pengolahannya yang sangat sederhana dan singkat serta tidak memerlukan bahan tambahan pangan berupa pewarna dan esens (Tapotubun *et al.*, 2020).

Manfaat *Caulerpa* sp dalam bidang kesehatan diidentifikasi memiliki senyawa bioprospeksi yang menunjukkan berbagai bioaktivitas seperti anti kanker, insektisida, anti bakteri, anti inflamasi, anti diabetik, dan anti plasmodial (Darmawan *et al.*, 2020). memiliki zat bioaktif seperti anti jamur, anti tumor, dan gondok (Tapotubun, 2018), anti oksidan, obat diare, batuk, menurunkan tekanan darah, dan dipercaya sebagai makanan kecantikan (Tapotubun *et al.*, 2018) kaya akan berbagai nutrisi yang dibutuhkan oleh tubuh manusia, termasuk asam amino, asam lemak tak jenuh dan mineral, serta konstan atau

jejak unsur-unsur seperti P, Ca, Mg, Cu dan Se (Huang *et al.*, 2020)

Manfaat *Caulerpa* sp dalam lingkup budidaya perikanan dan lingkungan adalah toksisitas *C. lentillifera* di bawah tekanan As pada molekul tingkat, berfungsi sebagai dasar untuk penyelidikan masa depan tentang pencegahan dan pengobatan polutan Arsenik (As) yang merupakan polutan berbahaya dan berdampak negatif terhadap fungsi fisiologis alga (Pang *et al.*, 2021). Potensi *Caulerpa* sp untuk menonaktifkan bakteri patogen yang terkait dengan penyakit *ice – ice* yang merupakan penyakit yang paling merusak dan mempengaruhi rumput laut penting secara ekonomi seperti *Gracilaria* dan *Eucheuma* (Zainuddin *et al.*, 2019)

Permintaan pasar saat ini, baik di dalam negeri maupun di luar negeri, khususnya Jepang, menunjukkan bahwa kebutuhan masyarakat akan *Caulerpa* sp semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kesadaran untuk mengkonsumsi makanan yang sehat dan aman bagi kesehatan. Pada tahun 2018, nilai ekspor produk rumput laut dunia sekitar USD 13,3 miliar. Dari tahun 2000 hingga 2018, produksi rumput laut meningkat lebih dari tiga kali lipat, naik dari 10,6 juta ton pada tahun 2000 menjadi 32,4 juta ton pada tahun 2018 (FAO, 2020). Manfaat *Caulerpa* sp yang sangat luar biasa dan besarnya pangsa pasar, menyisakan banyak peluang dan tantangan untuk menjadikan rumput laut ini lebih bermanfaat. Salah satu upaya meningkatkan peluang pemanfaatan *Caulerpa* sp menjadikannya produk budidaya kelautan. Budidaya diyakini dapat meningkatkan ketersediaan produk baik secara kuantitas maupun kualitas, tanpa mengandalkan eksploitasi di alam. Penelitian ini menganalisa pertumbuhan *Caulerpa lentifera* sebagai salah satu produk budidaya unggulan.

Caulerpa lentillifera adalah rumput laut yang dapat dimakan yang tumbuh di perairan tropis dikenal sebagai anggur laut dengan rasa sangat mirip dengan telur salmon, tetapi segar dan harum, tanpa bau amis telur ikan (Huang *et al.*, 2020). Makroalga hijau *Caulerpa lentillifera* merupakan sumber nutrisi yang menjanjikan untuk masa depan karena manfaat dan komposisinya untuk konsumsi manusia (Stuthmann *et al.*, 2020). Hal menarik dari penelitian ini adalah budidaya *Caulerpa lentifera* dilakukan dengan memadukan bersama budidaya *Haliotis squamata* (abalon). Abalon sangat sensitif dengan kondisi air pemeliharaan,

perubahan parameter kualitas air dalam rentang yang kecil dapat berpengaruh buruk pada pertumbuhan dan sintasan abalon (Hamzah *et al.*, 2012; Rusdi *et al.*, 2010). Air limbah abalon berpotensi digunakan untuk budidaya rumput laut, sehingga memiliki kualitas air yang cukup baik. Buangan air tersebut umumnya dibuang langsung ke laut, yang seharusnya dapat digunakan secara efisien salah satunya digunakan untuk budidaya rumput laut. Jenis rumput laut yang memiliki potensi sangat penting adalah *Caulerpa lentillifera* merupakan salah satu jenis makroalga yang memiliki nilai ekonomis sangat tinggi (Suputra, 2014; Hasbullah *et al.*, 2012; Bursali *et al.*, 2009; Butterworth, 2009; Hanafi, 2007).

Penelitian menggambarkan potensi produksi *Caulerpa lentillifera* yang terintegrasi dengan budidaya abalon dalam bak terkontrol. Budidaya di bak terkontrol dilakukan karena *Caulerpa* spp seperti banyak jenis makroalga mampu mengakumulasi logam yang berpotensi beracun, khususnya yang dibudidayakan di kolam dengan tanah asam sulfat (Perryman *et al.*, 2017). Budidaya perikanan terintegrasi adalah upaya memaksimalkan kuantitas dan kualitas media budidaya untuk hasil yang lebih maksimal. Penelitian mengkaji potensi budidaya *Caulerpa lentillifera* yang memiliki nilai ekonomi dengan diintegrasikan dengan budidaya abalon. Potensi tersebut menjadi peluang bagi pembudidaya abalon dalam mengembangkan usahanya, sehingga *Caulerpa lentillifera* diharapkan dapat menjadi sumber pendapatan baru. Penelitian bertujuan mengetahui efektifitas penggunaan air limbah budidaya abalon terhadap pertumbuhan *Caulerpa lentillifera* dan penggunaan pupuk pada media air dalam meningkatkan hasil produksi.

MATERI DAN METODE

Penelitian dilakukan di Hatcehy Abalon Samanda, yang berlokasi di Pesisir Desa Musi, Kecamatan Gerokgak, Kabupaten Buleleng, Bali. Penelitian menggunakan metode eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap dengan perlakuan: P1: Perlakukan pupuk dosis 4 ppm; P2: Perlakukan pupuk dosis 8 ppm; P3: Perlakukan pupuk dosis 12 ppm; P4: Perlakukan pupuk dosis 16 ppm; dan P5: Perlakukan pupuk dosis 20 ppm. Pupuk yang digunakan Nitrat (N=16%) dan KH_2PO_4 (P=22%). Penelitian menggunakan adalah 600 abalon dengan ukuran cangkang 4-7 cm dengan 15 buah bak beton (200 x 100 x 50 cm) sebagai wadah budidaya. Sampling *Caulerpa*

lentillifera dilakukan dengan transek berukuran 10 x 10 cm.

Parameter pertumbuhan *Caulerpa lentillifera* dihitung dengan ketentuan sesuai Paul *et al.* (2013), yaitu: Bobot Mutlak diperoleh dari hasil pengukuran berat *Caulerpa lentillifera* yang tumbuh diatas algae mat. *Caulerpa lentillifera* yang tumbuh di dalam dan di bawah algae mat tidak diukur karena berwarna transparan, tidak tumbuh dengan baik dan tidak dapat dipanen, dan akan dibuang pada akhir masa budidaya. Proporsi asimilator adalah persentase bobot total asimilator berbanding dengan bobot total sampel. Proporsi asimilator *Caulerpa lentillifera* ditentukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$PA = (Ba/Btot) \times 100\%$$

Keterangan: AS = Persentase bobot asimilator dengan bobot total (%); Ba = Bobot asimilator per 100 cm²; Btot = Bobot total anggur laut per 100 cm²

Jumlah ramili *Caulerpa lentillifera* dihitung untuk menggambarkan rerata jumlah ramili per asimilator (cm) sebagai parameter pertumbuhan. Rerata panjang *Caulerpa lentillifera* ditentukan dengan menjumlahkan total ramili per cm asimilator. Pengambilan sampel ditentukan secara acak pada transek. Jumlah sampel yang diambil saat kepadatan asimilator tinggi minimal 10 sampel.

Pengukuran kinerja fotosintesis dilakukan secara in vivo dengan mengukur variabel klorofil a fluoresensi menggunakan portabel klorofil fluorometer (Walz, Jerman). Nilai F_v / F_m diukur dalam 7 menit daun anggur laut yang diadaptasi gelap (Schreiber *et al.*, 1995; Maxwell dan Johnson 2000). *Caulerpa lentillifera* dianggap tidak stres jika nilai $\geq 0,7$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Budidaya *Caulerpa lentillifera* yang terintegrasi dengan budidaya abalon dapat dilaksanakan karena kedua produk bernilai tinggi dan tidak saling merugikan. Penelitian Largo *et al.*, (2016) menunjukkan konsep budidaya terintegrasi yang diadopsi dari lingkungan tropis dengan menggunakan abalon dengan *G. Heteroclada* dan *E. denticulatum* untuk budidaya berkelanjutan. Abalon bisa tumbuh menjadi ukuran *cocktail* dalam waktu 12 bulan dan kedua rumput laut tumbuh dengan cepat, hal yang sangat

diperhatikan adalah pemeliharaan ekosistem bak budidaya. Naungan *Caulerpa lentillifera* dalam budidaya kolam dan wadah PET sebagai wadah budidaya sangat disarankan karena sesuai untuk *Caulerpa lentillifera*, dan sumber cahaya redup harus disediakan selama penyimpanan (Stuthmann *et al.*, 2020).

Caulerpa lentillifera yang dipakai dalam penelitian berasal dari Pesisir Gondol, Perairan Bali Utara. *Caulerpa lentillifera* adalah produk budidaya laut yang digunakan sebagai bahan dasar industri farmasi dan produk kesehatan lainnya. Kandungan *Caulerpa lentillifera* memiliki mineral tinggi, serat pangan, vitamin A, vitamin C, dan beberapa asam lemak tak jenuh esensial (Matanjan *et al.*, 2008), termasuk anti-kanker (Maeda *et al.*, 2012), anti-oksidatif (Matanjan *et al.*, 2008), anti diabetes (Sharma dan Rhyu, 2014; Sharma *et al.*, 2015; Nguyen *et al.*, 2011), anti koagulan (Arenajo *et al.*, 2017), imunostimulator (Sun *et al.*, 2018; Maeda *et al.*, 2012), dan aktivitas penurun lipid (AbouZid *et al.*, 2014; Matanjan *et al.*, 2008; Nguyen *et al.*, 2011; Sharma *et al.*, 2015, 2017; Sharma dan Rhyu, 2014). Penelitian sitotoksik, genotoksisitas, dan antioksidan dari ekstrak yang berbeda dari *Caulerpa lentillifera* dalam model *in vitro* dari berbagai jenis sel termasuk hepatosit, fibroblas, makrofag dan keratinosit untuk menilai konsentrasi ekstrak rumput laut ini yang tidak beracun yang dapat digunakan dengan aman dalam industri pengembangan makanan, kosmetik, dan obat-obatan (Osoprasit *et al.*, 2021). Aktivitas biologis ini menunjukkan bahwa *Caulerpa lentillifera* memiliki nilai komersial tinggi yang dapat menguntungkan pembudidaya yang menanam mengembangkan ditambah dengan keuntungan abalon.

Kualitas Air

Kualitas air merupakan kunci utama setiap budidaya perikanan yang dilakukan, semakin mendekati kondisi syarat hidup produk budidaya maka semakin maksimal hasil yang akan diperoleh. Pengukuran kualitas air dapat dilihat dalam Tabel 1.

Kandungan oksigen terlarut tertinggi ditunjukkan pada perlakuan P5 yang mencapai $5,9 \pm 0,28$ ppm, sedangkan nilai terendah mencapai $5,7 \pm 0,3$ ppm pada P1. Nilai pH pada setiap perlakuan berada pada rentang $7,3 \pm 0,1$ (P3) hingga $7,4 \pm 0,3$ ppm (P5). Salinitas berada pada rentang $33,3 \pm 0,4$ (P3) hingga $35,5 \pm 0,5$ ppm (P4).

Suhu berada pada rentang $27,3 \pm 0,4$ (P4) hingga $27,7 \pm 0,4$ ppm (P3 dan P5). Sedangkan Intensitas cahaya berada pada rentang 6991 ± 130 (P4) hingga 7087 ± 95 lux (P5). Rendahnya perbedaan nilai pada parameter tersebut disebabkan karena budidaya *Caulerpa lentillifera* dilakukan pada bak terkontrol sehingga kualitas air dapat dijaga pada nilai tertentu. Nilai tersebut juga menunjukkan bahwa air buangan Abalon di setiap perlakuan aman digunakan untuk kegiatan perikanan. Parameter morfometrik yaitu tinggi asimilator, jarak antar asimilator, diameter ramulus dan jumlah rizoid pada stolon berkontribusi terhadap pertumbuhan *Caulerpa* sp. dimana ketinggian asimilator *Caulerpa racemosa* berhubungan nyata dan sangat dipengaruhi oleh kedalaman air, salinitas, suhu dan oksigen terlarut sedangkan untuk *Caulerpa lentillifera* kedalaman dan salinitas merupakan faktor yang berpengaruh signifikan. (Estrada *et al.*, 2020)

Laju Pertumbuhan

Parameter pertama yang diukur adalah bobot mutlak *Caulerpa lentillifera* yang dibudidayakan menggunakan air laut dan air buangan abalon dapat dilihat pada Gambar 1. Bobot Mutlak *Caulerpa lentillifera*. Penelitian menunjukkan rerata bobot mutlak *Caulerpa lentillifera* pada minggu ke 6 mencapai 56 ± 2 gr/100 cm², sedangkan pada media air laut mencapai $53,7 \pm 4,5$ gr/100cm². Penggunaan air buangan abalon mengubah rerata bobot mutlak *Caulerpa lentillifera* karena kualitas air buangan abalon dan air laut berbeda nyata.

Penelitian pertumbuhan *Caulerpa lentillifera* oleh Critchley *et al.* (2019), menunjukkan bobot mutlak yang berbeda. Hasil penelitian menyatakan bahwa pada hari ke 42, bobot mutlak *Caulerpa lentillifera* mencapai 150% dari bobot awal, lebih tinggi dibandingkan perlakuan air laut yang mencapai 132.5% dan perlakuan air buangan abalon yang mencapai 140%.

Peningkatan kandungan nitrogen dan fosfat pada air buangan abalon hingga dosis tertentu dapat memacu pertumbuhan *Caulerpa lentillifera* (Freire, 2011). Hal ini menjadi dasar penambahan pupuk dalam perlakuan budidaya *Caulerpa lentillifera* (Gambar 2).

Perlakuan P4 memberikan pertumbuhan tertinggi, sedangkan pertumbuhan terendah ditunjukkan oleh perlakuan P1. Hari ke 42, rerata pertumbuhan anggur laut perlakuan P4 mencapai $112,5 \pm 2,4$ gr/100 cm², sedangkan rerata

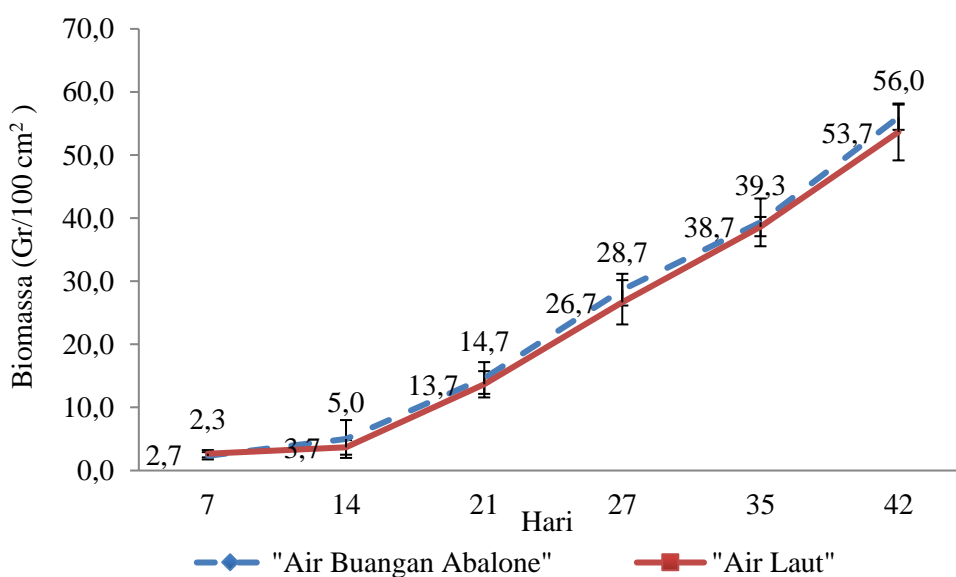
pertumbuhan pada perlakuan P1 hanya mencapai 44 ± 4.4 gr/100 cm². Uji Anova menunjukkan perlakuan P4 memberikan berpengaruh nyata ($P < 0.05$) terhadap rerata bobot mutlak sejak hari ke 21, dimana perlakuan P4 telah mencapai $54,9 \pm 1,6$ gr/100 cm, sedangkan pertumbuhan *Caulerpa lentillifera* pada perlakuan P1 hanya mencapai $14,7 \pm 0,3$ gr/100 cm².

Perlakuan P1 memiliki nilai pertumbuhan bobot mutlak yang tidak jauh berbeda dengan kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa bobot mutlak pada perlakuan P1 dan kontrol tidak berbeda secara signifikan hingga hari ke 35. Perbedaan bobot yang signifikan antara Perlakuan P1 dan Kontrol baru terlihat pada hari ke 42, dimana

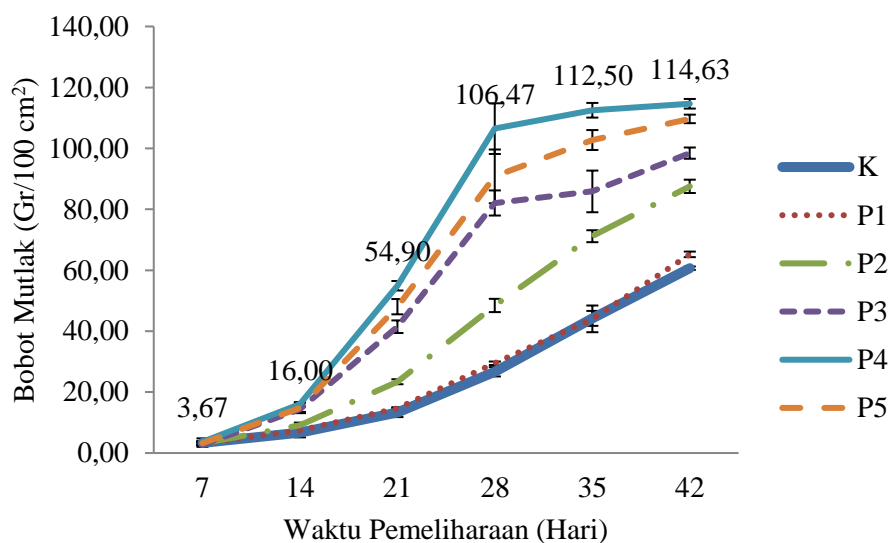
kontrol mencapai $60,7 \pm 0,6$ gr/100 cm², sedangkan perlakuan P1 mencapai $65,2 \pm 0,9$ gr/100 cm². Di sisi lain, pemupukan dengan dosis yang tinggi tidak memberikan pertumbuhan bobot mutlak yang paling besar. Bobot mutlak P5 secara signifikan lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan P4 pada hari ke 21, 28 dan 42. Kurva regresi menunjukkan persamaan regresi dan R² antara dosis pupuk dengan bobot mutlak *Caulerpa lentillifera*. Persamaan regresi yang diperoleh adalah $y = -.1255 x^2 + 6.119 x + 45.933$ dengan R² = 0,90356 dan r = 0,9505. Nilai R² menunjukkan bahwa hubungan antara dosis pupuk dan bobot mutlak *Caulerpa lentillifera* memiliki korelasi yang sangat kuat, sedangkan

Tabel 1. Kualitas Air Budidaya *Caulerpa lentillifera*.

| Parameter | Perlakuan | | | | | |
|--------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | K | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 |
| DO (mg/L) | $5,8 \pm 0,3$ | $5,7 \pm 0,3$ | $5,8 \pm 0,13$ | $5,8 \pm 0,26$ | $5,8 \pm 0,27$ | $5,9 \pm 0,28$ |
| pH | $7,4 \pm 0,1$ | $7,4 \pm 0,1$ | $7,4 \pm 0,2$ | $7,4 \pm 0,1$ | $7,4 \pm 0,3$ | $7,4 \pm 0,3$ |
| Salinitas (ppt) | $33,5 \pm 0,7$ | $33,3 \pm 0,9$ | $33,5 \pm 0,7$ | $33,3 \pm 0,4$ | $33,5 \pm 0,5$ | $33,4 \pm 0,5$ |
| Suhu (°C) | $27,7 \pm 0,3$ | $27,7 \pm 0,3$ | $27,4 \pm 0,4$ | $27,7 \pm 0,4$ | $27,3 \pm 0,4$ | $27,7 \pm 0,4$ |
| Ints. Cahaya (lux) | 7012 ± 133 | 7054 ± 137 | 7016 ± 146 | 7041 ± 142 | 6991 ± 130 | 7087 ± 95 |
| Nitrat (mg/L) | $1,1 \pm 0,6$ | $4,5 \pm 0,2$ | $7,8 \pm 0,2$ | $11,4 \pm 0,2$ | $15,3 \pm 0,3$ | $18,8 \pm 0,4$ |
| Total N (mg/L) | $2 \pm 0,26$ | $5,2 \pm 0,1$ | $8,4 \pm 0,2$ | $12,6 \pm 0,1$ | $16,4 \pm 0,3$ | $19,9 \pm 0,3$ |
| Fosfat (mg/L) | $0,21 \pm 0,04$ | $0,97 \pm 0,06$ | $1,8 \pm 0,06$ | $2,7 \pm 0,07$ | $3,5 \pm 0,27$ | $3,5 \pm 0,39$ |



Gambar 1. Bobot Mutlak *Caulerpa lentillifera*



Gambar 2. Bobot Mutlak *Caulerpa lentillifera* dengan Perlakuan Dosis Pupuk

nilai R menyatakan bahwa dosis pupuk berpengaruh sebesar 95 % terhadap bobot mutlak *Caulerpa lentillifera*. Dosis pupuk berpengaruh positif pada bobot mutlak *Caulerpa lentillifera*, dimana pemberian pupuk sebesar 16 ppm memberikan rerata tertinggi, yaitu mencapai $112,5 \pm 2,4$ gr/100 cm² pada hari ke 42. (Hiroyuki dan Kadowaki 2009) menyatakan pemberian pupuk dengan rasio N:P sebanyak 4:2 dengan dosis 1-3 ppm per hari dapat meningkatkan bobot mutlak *Caulerpa* sp yang dapat mencapai 250 hingga 300 gr/100 cm² hanya dalam 20 hari. Perbedaan tersebut diduga disebabkan perbedaan metode budidaya. Hasil penelitian menunjukkan kondisi yang berbeda dengan pengamatan (Deraxbudсарakom *et al.*, 2003), yang menyatakan bahwa *Caulerpa lentillifera* memberikan respon pertumbuhan terbaik pada pupuk dengan rasio N:P sebesar 8:1, dengan dosis 4 ppm. Perbedaan tersebut terjadi diduga disebabkan oleh perbedaan media budidaya karena dilakukan pada skala laboratorium dan menggunakan tanah sebagai media tanam. *Caulerpa lentillifera* dapat mencapai bobot mutlak optimal jika dibudidayakan dalam media yang mengandung nitrogen total sebesar 15 mg/L dan kandungan phosphat dalam air dijaga pada nilai 4 mg/L (Guo *et al.*, 2014; Huang, 2012). Nilai tersebut merupakan batas maksimal penyerapan nitrogen dan fosfat. Setiap alga memiliki batas kemampuan menyerap nutrien, yang diatur meliputi pengaturan enzim untuk konversi nitrogen dan fosfat yang sangat kompleks, yang meliputi

pengaturan penyerapan nitrogen dan fosfat hingga batasan tertentu (Hockin *et al.*, 2012). Hasil pengamatan jumlah ramili dapat dilihat pada Tabel 2. Jumlah rerata ramili terbanyak ditemukan pada B dan P4, sedangkan terendah pada K dan P1.

Peningkatan jumlah ramili pada perlakuan P2 yang tidak berbeda nyata dengan *Caulerpa lentillifera* yang dibudidayakan dengan air buangan abalon tanpa penambahan pupuk. Hal ini menunjukkan pemupukan hingga dosis 8 ppm tidak dapat memacu *Caulerpa lentillifera* untuk memperbanyak jumlah ramili pada assilimator secara signifikan. Pada Gambar 4. Perbandingan kerapatan ramili pada *Caulerpa lentillifera*, menunjukkan perbedaan kerapatan ramili dari beberapa perlakuan. Kerapatan ramili berkaitan dengan komposisi kimia *Caulerpa lentillifera*, jika dalam kondisi segar sangat mudah mengalami kerusakan karena komposisinya didominasi oleh air, dimana 94,84% air, 1,29 protein, 0,76% lemak, 3,29% abu, 3,18% karbohidrat, dan 0,002% serat kasar (Tapotubun, 2020), Hasil penelitian Sinurat dan Fadjriah, 2019 analisis kelembaban menunjukkan: kandungan (5,4%), protein (14,4%), lemak (0,85%), total abu (41,85%) dan karbohidrat (32,95%). Sedangkan kandungan *Caulerpa racemosa* adalah 92,375% air, 21,370% protein, 8,681% lemak, 20,910% abu, 48,679% karbohidrat dan 8,429 serat kasar (Ma'rif *et al.*, 2013).

Pertumbuhan ramili *Caulerpa lentillifera* terjadi pada dosis pemupukan minimal hingga

mendekati jumlah ramili pada bibit *Caulerpa lentillifera* adalah 12 ppm. Menurut penelitian Neori *et al.* (2003) menyatakan kandungan nutrisi pada habitat berpengaruh pada morfologi *Caulerpa lentillifera*. *Caulerpa lentillifera* yang hidup pada daerah dengan intensitas cahaya, gerakan air, dan nutrisi yang optimal cenderung memiliki ramili yang rapat (Estrada *et al.*, 2020; Neori *et al.*, 2004). Ramili yang rapat menunjukkan jumlah ramili yang tinggi pada asimilator. Pengamatan menunjukkan bahwa jumlah ramili pada perlakuan P3, P4 dan P5 yang tidak berbeda nyata dengan bibit *Caulerpa lentillifera*. Meskipun jumlah ramili perlakuan P3 tidak berbeda nyata dengan P4, dosis pemupukan yang dianjurkan untuk budidaya *Caulerpa lentillifera* menggunakan air budidaya abalon adalah 16 ppm. Dosis dapat digunakan karena memberikan pertumbuhan mutlak, bobot asimilator dan bobot asimilator layak jual yang paling optimal, dibandingkan dengan dosis perlakuan yang lainnya.

Kandungan Klorofil

Tabel 3. Kandungan Total Klorofil *Caulerpa lentillifera* menunjukkan perlakuan P5 memiliki rerata kandungan klorofil tertinggi, yaitu sebesar $9,4 \pm 0,5$ mg/g. Analisis statistika menunjukkan bahwa nilai tersebut tidak berbeda nyata dengan kandungan klorofil pada bibit *Caulerpa lentillifera* yang mencapai $9,6 \pm 0,6$ mg/g. Analisa statistik juga menunjukkan bahwa kandungan klorofil pada perlakuan P5 tidak berbeda nyata dengan perlakuan P4 yang mencapai $9,3 \pm 0,3$ mg/g. Perlakuan P1 memiliki kandungan klorofil terendah, yaitu mencapai $4,8 \pm 0,4$ mg/g. Analisa statistik menunjukkan bahwa nilai tersebut tidak berbeda nyata dengan kandungan klorofil pada *Caulerpa lentillifera* yang dibudidayakan dengan air buangan Abalon tanpa penambahan pupuk yang mencapai $4,3 \pm 0,4$ mg/g. Kurva regresi menunjukkan persamaan regresi dan R^2 antara dosis pupuk dengan jumlah ramili *Caulerpa lentillifera*.

Tabel 2. Jumlah Ramili dari *Caulerpa lentillifera*

| Sumber Anggur Laut | Rerata Jumlah Ramili (Per cm Asimilator) | Stdev | Notasi |
|--------------------|--|-------|--------|
| K | 6,7 | 1,2 | a |
| P1 | 6,9 | 1,1 | a |
| P2 | 8,1 | 1,1 | a |
| P3 | 10,5 | 1,8 | b |
| P4 | 11,6 | 1,6 | b |
| P5 | 10,7 | 1,6 | b |



Gambar 3. Kerapatan Ramili pada: A. Kontrol; B. Perlakuan 1; C. Perlakuan 2; D. Perlakuan 3; E. Perlakuan 4; F. Perlakuan 5

Tabel 3. Kandungan Total Klorofil *Caulerpa lentillifera*

| Sumber Anggur Laut | Rerata Kandungan Klorofil (mg/g) | Stdev | Notasi |
|--------------------|----------------------------------|-------|--------|
| K | 4.3 | 0.4 | a |
| P1 | 4.8 | 0.4 | a |
| P2 | 6.7 | 0.4 | b |
| P3 | 7.8 | 0.6 | b |
| P4 | 9.3 | 0.3 | c |
| P5 | 9.4 | 0.5 | c |

Persamaan regresi yang diperoleh adalah $y = 0.114x + 5.6729$ dengan $R^2 = 0.6293$ dan $r = 0,7932$. Nilai R^2 menunjukkan bahwa hubungan antara dosis pupuk dan kandungan klorofil total *Caulerpa lentillifera* memiliki korelasi yang kuat, sedangkan nilai R menyatakan bahwa dosis pupuk berpengaruh sebesar 79,3 % terhadap proporsi asimilator *Caulerpa lentillifera*.

Perlakuan P5 dengan kandungan klorofil tertinggi menunjukkan bahwa peningkatan dosis pemupukan berpengaruh positif pada kandungan klorofil total *Caulerpa lentillifera*. Lapointe (1981), menyatakan perubahan kandungan pigmen dipengaruhi oleh interaksi dua faktor, yaitu intensitas cahaya dan nutrisi. Pereira *et al.*, (2012) menyatakan bahwa kandungan klorofil *Gracilaria domingensis* meningkat pada musim dingin di Brazil yang ditandai dengan curah hujan yang tinggi. Hujan akan membawa nutrisi ke laut, yang akan memacu pertumbuhan dan meningkatkan kandungan klorofil. Pengamatan Boderskov *et al.* (2016) menyatakan *Saccharina latissima* yang dibudidayakan pada perairan tinggi nutrisi memiliki kandungan klorofil total lebih tinggi jika dibandingkan dengan *Saccharina latissima* yang dikultur pada perairan rendah nutrisi.

KESIMPULAN

Budidaya *Caulerpa lentillifera* terintegrasi dengan *Haliotis squamata* menunjukkan efektifitas penggunaan air baik dari segi kuantitas maupun kualitas dalam budidaya yang terintegrasi, serta menghasilkan produk budidaya yang bernilai ekonomis tinggi secara bersamaan. Analisis pertumbuhan dengan parameter laju pertumbuhan, jumlah ramili, dan kandungan klorofil menunjukkan peningkatan produksi *Caulerpa lentillifera* dilaksanakan dengan penambahan pupuk, hal ini terbukti dapat memacu

pertumbuhan, meningkatkan jumlah famili, dan meningkatkan kandungan klorofil anggur laut. Pemupukan dengan proporsi N : P sebesar 16 : 4 ppm setiap hari terbukti dapat memacu peningkatan bobot mutlak, proporsi asimilator, proporsi asimilator layak jual. *Caulerpa lentillifera* mencapai bobot optimal pada minggu ke 4, bobot asimilator optimal pada minggu ke 4 dan bobot asimilator layak jual optimal pada minggu ke 5.

DAFTAR PUSTAKA

- AbouZid, S.F., Ahmed, O.M., Ahmed, R.R., Mahmoud, A., Abdella, E. & Ashour, M.B. 2014. Antihyperglycemic effect of crude extracts of some Egyptian plants and algae. *Journal of Medicinal Food*, 17:400-406.
- Arenajo, A.R., Ybanez, A.P., Ababan, M.M. P., Villajuan, C.E., Lasam, M.R.M., Young, C.P. & Reyes, J.L.A. 2017. The potential anticoagulant property of *Caulerpa lentillifera* crude extract. *International Journal of Health Sciences* 11:29-32
- Boderskov, T., Schmedes, P.S., Bruhn, A., Rasmussen, M.B., Nielsen, M.M., Pedersen, M.F. 2016. The effect of light and nutrient availability on growth, nitrogen, and pigment contents of *Saccharina latissima* (Phaeolhyceae) grown in outdoor tanks, under natural variation of sunlight and temperature, during autumn and early winter in Denmark. *Journal of Applied Phycology*, 28:1153-1165. doi: 10.1007/s10811-015-067 3-7
- Bursali, E.A., Cavas, L., Seki, Y., Bozkurt, S.S. & Yurdakoc, M. 2009. Sorption of boron by invasive marine seaweed: *Caulerpa racemosa* var. *Cylindracea*. *Chemical Engineering Journal*, 150(2):385-390
- Butterworth, A. 2009. Integrated Multi-Trophic Aquaculture systems incorporating abalone

- and seaweeds, Nuffield Australia Project Report 0914. Australian Government Fisheries Research and Development Corporation.
- Critchley, A., Hurtado, A., Pereira, L., Cornish, M., Largo, D. & Paul, N. 2019. Seaweed resources of the world: a 2020 vision. *Botanica Marina*, 62(3):191-193
- Darmawan, M., Fajarningsih, N.D., Sihono, & Irianto, H.E. 2020. Caulerpa: Ecology, Nutraceutical and Pharmaceutical Potential. In: Nathani, N.M., Mootapally, C., Gadhvi, I.R., Maitreya, B., Joshi, C.G. (eds) *Marine Niche: Applications in Pharmaceutical Sciences*. Springer, Singapore.
- Deraxbudsarakom, S., Songsangjinda, P., Chiayvareesaji, S., Tuntichodok, P. & Pariyawathee, S. 2003. Optimum condition of environmental factors for growth of sea grape (*Caulerpa lentillifera*: J. Agardh), Warasan Kanpramong (Thai Fisheries Gazette). AGRIS Records.
- 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. *Biodiversitas*, (21):1823–1832. doi: 10.13057/biodiv/d210508
- FAO. 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome.
- Freire, C.P.Ó. 2011. Effect of water motion on the cultivation of the commercial seaweed *Undaria pinnatifida* in a coastal bay of Galicia, Northwest Spain. *Aquaculture*, 314(1):269–276
- Guo, H., Yao, J., Sun, Z. & Duan, D. 2014. Effects of salinity and nutrients on the growth and chlorophyll fluorescence of *Caulerpa lentillifera*. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 2014:34-41
- Hamzah, M.S., Dwiono, S.A.P. & Hafid, S. 2012. Growth and survival of tropical abalone *Haliotis asinina* seed in concrete tanks at different stocking density. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 4(2):191-197
- Hanafi, A. 2007. Teknik Produksi Anggur Laut, (*Caulerpa lentillifera*). *Prosiding Simposium Nasional Hasil Riset Kelautan dan Perikanan*. LIPI. Jakarta, (2007): 12-15
- Hasbullah, D., Raharjo, S., Jumriadi, Agusanty, H. & Rimmer, M. 2012. Polikultur Rumpuk Laut Lawi-lawi (*Caulerpa, sp*) dengan Rajungan (*Portunus pelagicus*. Linn) di Tambak, Rekomendasi Teknologi Kelautan Perikanan 2013. Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan Kementerian Kelautan dan Perikanan
- Hiroyuki, K. & Kadowaki, S. 2009. Algae Intensive Cultivation Apparatus and Cultivation method. Patent US 20090151240 A1
- Hockin, N.L., Mock, T., Mulholland, F., Kopriva, S. & Malin, G. 2012. The response of diatom central carbon metabolism to nitrogen starvation is different from that of green algae and higher plants. *Plant physiology*, 158(1):299-312
- Huang, X., Lin, S., Cai, P., Jiang, Z., Ding, B., Shi, L. & Huang, B. 2020. Optimization of Total Protein Extraction from *Caulerpa Lentillifera* Based on Response Surface Methodology. CEED 2019. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 435(1): p.012029. doi: 10.1088/1755-1315/435/1/012029
- Huang, J.H. 2012. Effects of concentrations of nitrogen and phosphorus and different culture methods on the growth of *Caulerpa lentillifera*. *Journal of Fujian Fisheries*. 34(5):416–419.
- Largo, D.B., Diola, A.G. & Marababol, M.S. 2016. Development of an integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) system for tropical marine species in southern cebu, Central Philippines. *Aquaculture Reports*, 3:67–76
- Ma'ruf W.F., Ibrahim, R., Dewi, E.N., Susanto, E. & Amalia, U. 2013. Profil alga laut *Caulerpa racemosa* dan *Gracilaria verrucosa* sebagai edible food. *Jurnal Saintek Perikanan*, 9(1):68-74
- Maeda, R., Ida, T., Ihara, H. & Sakamoto, T. 2012. Induction of apoptosis in MCF-7 cells by β -1, 3-xylooligosaccharides prepared from *Caulerpa lentillifera*. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 76(5):1032-1034.
- Matanjan, P., Mohamed, S., Mustapha, N.M., Muhammad, K. & Ming, C.H. 2008. Antioxidant activities and phenolics content of eight species of seaweeds from north Borneo. *Journal of Applied Phycology*, 20(4):367-373.
- Maxwell, K. & Johnson G.N. 2000. Chlorophyll fluorescence—a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, 51(345):659–668
- Neori, A., Chopin, T., Troell, M., Buschmann,

- A.H., Kraemer, G.P., Halling, C., Shpigel, M. & Yarish, C. 2004. Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture*, 231(1-4):361–391
- Neori, A., Msuya, F.E., Shauli, L., Schuenhoff, A., Kopel, F. & Shpigel, M. 2003. A novel three-stage seaweed (*Ulva lactuca*) biofilter design for integrated mariculture. *Journal of Applied Phycology*, 15(6):543-553
- Nguyen, V.T., Ueng, J.P. & Tsai, G.J., 2011. Proximate composition, total phenolic content, and antioxidant activity of seagrape (*Caulerpa lentillifera*). *Journal of Food Science*, 76(7):C950-C958.
- Osothpravit, S., Tepparit, S., Chaiwichien, A., Chanhklungmoa, N., Meemon, K., Niamnont, N., Manohong, P., Noonong, K., Tamtin, M., Sobhon, P. & Kueakhai, P. 2021. Toxicity and Anti-Oxidation Capacity of The Extracts from *Caulerpa lentillifera*. *Chiang Mai University Journal of Natural Science*, 20 (3):1-13. doi:: 10.12982/CMUJNS.2021.065
- Pang, M., Huang, Z., Tang, Y., Dai, J. & Jin, G. 2021. Transcriptome analysis of the toxicity response of green macroalga *Caulerpa lentillifera* J. Agardh to high dissolved arsenite. *Environmental Science and Pollution Research* 29(25):38591–38605. doi:: 10.1007/s11356-021-18122-w
- Paul, N.A., Neveux, N., Magnusson, M. & De Nys, R., 2013. Comparative production and nutritional value of “sea grapes” — the tropical green seaweeds *Caulerpa lentillifera* and *C. racemose*. *Journal of applied phycology*, 26(4): 1833-1844. doi: 10.1007/s10811-013-0227-9
- Perryman, S.E., Laping, I., Mustafa, A. & Sabang, R. 2017. Potential of metal contamination to affect the food safety of seaweed (*Caulerpa* spp.) cultured in coastal ponds in Sulawesi, Indonesia. *Aquaculture Reports* 5:27–33. doi: 10.1016/j.aqrep.2016.12.002
- Rusdi, I., Hanafi, A., Susanto, B. & Marsuqi, M. 2010. Peningkatan sintasan benih abalone (*Haliotis squamata*) di hatchery melalui optimalisasi pakan dan lingkungan, Laporan Akhir Program Intensif peningkatan Kemampuan Peneliti dan Perekayasa Dewan Riset Nasional. Jakarta: Peningkatan sintasan benih abalone (*Haliotis squamata*) di hatchery melalui optimalisasi pakan dan lingkungan, Laporan Akhir Program Intensif peningkatan Kemampuan Kementerian Negara Riset dan Teknologi.
- Schreiber, U., Bilger, W. & Neubauer, C. 1995. Chlorophyll fluorescence as a noninvasive indicator for rapid assessment of in vivo photosynthesis. In: Schulze E-D, Caldwell MM (eds) *Ecophysiology of photosynthesis*. Springer : 49–70
- Sharma, B.R. & Rhyu, D.Y. 2014. Anti-diabetic effects of *Caulerpa lentillifera*: stimulation of insulin secretion in pancreatic β -cells and enhancement of glucose uptake in adipocytes. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4:575-580.
- Sharma, B.R., Kim, H.J. & Rhyu, D.Y. 2015. *Caulerpa lentillifera* extract ameliorates insulin resistance and regulates glucose metabolism in C57BL/KsJ-db/db mice via PI3K/AKT signaling pathway in myocytes. *Journal of Translational Medicine*, 13(1):1-10.
- Sinurat, E. & Fadrijah, S. 2019. The Chemical Properties of Seaweed *Caulerpa lentifera* from Takalar, South Sulawesi. *9th Annual Basic Science International Conference 2019. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 546(4): p.042043. doi: 10.1088/1757-899X/546/4/042043
- Sommer, J., Kunzman, A., Stuthmann, L.E. & Springer, K. 2022. The antioxidative potential of sea grapes (*Caulerpa lentillifera*, Chlorophyta) can be triggered by light to reach comparable values of pomegranate and other highly nutritious fruits. *Plant Physiology*, 27(1):186–191. doi: 10.1007/s40502-021-00637-6
- Stuthmann, L.E., Springer, K. & Kunzmann, A. 2020. Cultured and packed sea grapes (*Caulerpa lentillifera*): effect of different irradiances on photosynthesis. *Journal of Applied Phycology*, 33:1125–1136. doi: 10.1007/s10811-020-02322-x
- Sun, Y., Gong, G., Guo, Y., Wang, Z., Song, S., Zhu, B. & Jiang, J. 2018. Purification, structural features and immunostimulatory activity of novel polysaccharides from *Caulerpa lentillifera*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 108:314-323
- Tapotubun, A.M. 2018. Chemical composition of sea grapes *Caulerpa lentillifera* from Kei Islands Maluku with different drying

- methods. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 21(1):13-23.
- Tapotubun, A.M., Matrutty, A.A., Tapotubun, E.J., Mailoa, M.N. & Fransina, E.G. 2018. The sensory characteristic of Caulerpa jelly candy based on the consumers acceptance. *Science Nature*, 1(1):15-21
- Tapotubun, AM., Theodora, E., Matrutty, A.A., Riry, J., Tapotubun, E.J., Fransina, E.G., Mailoa, M.N., Riry, W.A., Setha B. & Rieuwpassa, F. 2020. Seaweed *Caulerpa* sp position as functional food. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 517(1):p. 012021. doi: 10.1088/1755-1315/517/1/012021
- Zainuddin, E.N., Anshary, H. & Huyyirnah, H. 2019. Antibacterial activity of *Caulerpa racemosa* against pathogenic bacteria promoting “ice-ice” disease in the red alga *Gracilaria verrucosa*. *Journal of Applied Phycology*, 31(5): 3201–3212.