

**KAJIAN PERTUMBUHAN DAN KUALITAS RUMPUT LAUT
Caulerpa sp. YANG DIBUDIDAYAKAN PADA KEDALAMAN
DAN JARAK TANAM BERBEDA;
KAJIAN PROSPEK PENGEMBANGAN BUDIDAYA**

THE STUDY OF THE GROWTH AND QUALITY OF SEAWEED
Caulerpa sp. CULTIVATED ON DIFFERENT PLANTING
DISTANCES AND DEPTHS;
STUDY OF THE PROSPECTS OF AQUACULTURE DEVELOPMENT

**DARMAWATI
P0100312411**



SEKOLAH PASCA SARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR

2017

KAJIAN PERTUMBUHAN DAN KUALITAS RUMPUT LAUT
Caulerpa sp. YANG DIBUDIDAYAKAN PADA KEDALAMAN
DAN JARAK TANAM BERBEDA;
KAJIAN PROSPEK PENGEMBANGAN BUDIDAYA

Disertasi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Doktor

Program Studi
Ilmu Pertanian

Disusun dan Diajukan oleh

DARMAWATI

Kepada

SEKOLAH PASCA SARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR

2017

DISERTASI**KAJIAN PERTUMBUHAN DAN KUALITAS RUMPUT LAUT
Caulerpa sp. YANG DIBUDIDAYAKAN PADA KEDALAMAN
DAN JARAK TANAM BERBEDA;
KAJIAN PROSPEK PENGEMBANGAN BUDIDAYA**

Disusun dan diajukan oleh :

DARMAWATI**Nomor Pokok P0100312411**

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Disertasi
pada tanggal 3 Agustus 2017
dan dinyatakan telah memenuhi syarat



Menyetujui

Komisi Penasihat,

Prof. Dr. Ir. Andi Niartiningsih, M.P.
Promotor

Prof.Dr.Ir. Rajuddin Syamsuddin, M.Sc.
Co-Promotor

Ketua Program Studi
Ilmu Pertanian,

Prof.Dr.Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.
Co-Promotor

Dekan Sekolah Pascasarjana
Universitas Hasanuddin,

Prof. Dr.Ir. Darmawan Salman, M.S.

Prof. Dr. Muhammad Ali, S.E., M.S.

TIM PENGUJI DISERTASI

Penguji Internal :

- 1. Prof. Dr. Ir. Andi Niartiningasih, M.P.**
- 2. Prof. Dr. Ir. Rajuddin Syamsuddin, M.Sc.**
- 3. Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.**
- 4. Prof. Dr. Ir. Muhammad Yusri Karim, M.Si.**
- 5. Prof. Dr. Ir. Chair Rani, M.Si.**
- 6. Dr. Ir. Dody Dharmawan Trijuno, M.Sc.**
- 7. Dr. Ir. M. Farid Samawi, M.Si.**

Penguji Eksternal :

Dr. Ir. Andi Parenrengi, M.Sc.

PRAKATA



Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan seluruh rangkaian penulisan disertasi ini. Gagasan penelitian ini timbul dari pengamatan terhadap metode budidaya rumput laut *Caulerpa* sp. mengenai aplikasi budidaya dengan mengatur jarak tanam dan kedalaman tanam dari permukaan air untuk mendapatkan kuantitas, kualitas dan kontinuitas rumput laut *Caulerpa* sp. dalam upaya prospek pengembangan budidaya rumput laut khususnya *Caulerpa* sp.

Disertasi ini berjudul "**Kajian Pertumbuhan dan Kualitas Rumput Laut *Caulerpa* sp. Yang Dibudidayakan Pada Kedalaman dan Jarak Tanam Berbeda; Kajian Prospek Pengembangan Budidaya**". Dalam penyusunan disertasi ini penulis banyak menghadapi kendala, namun atas petunjuk, bimbingan, arahan dan bantuan dari berbagai pihak, sehingga penulis dapat merampungkan disertasi ini. Untuk itu, penulis memberikan apresiasi yang luar biasa dan menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Hj. Andi Niartiningsih, M.P. selaku promotor, Bapak Prof. Dr. Ir. Rajuddin Syamsuddin, M.Sc. dan Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc. masing-masing selaku ko-promotor yang telah banyak meluangkan waktunya dalam memotivasi, memberi arahan dan membuka wawasan dengan ide-ide eksploratif mulai perencanaan penelitian, pelaksanaan sampai penyelesaian disertasi ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Yusri Karim, M.Si., Bapak Prof. Dr. Ir. Chair Rani, M.Si., Bapak Dr. Ir. Dody Dharmawan Trijuno, M.Sc. dan Bapak Dr. Ir.

M. Farid Samawi, M.Si, sebagai tim penguji internal dan Bapak Dr. Ir. Andi Parenrengi, M.Si. selaku penguji eksternal yang telah banyak memberi masukan bagi penyempurnaan disertasi ini.

3. Rektor Universitas Hasanuddin Makassar, Dekan Sekolah Pascasarjana Unhas, dan Ketua Program Studi S3 Ilmu Pertanian yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk melanjutkan pendidikan Doktor pada bidang Ilmu Pertanian, sub program Ilmu Perikanan.
4. Bapak Dr. Ir. H. Muh. Syaiful Saleh, M.Si. selaku Ketua Badan Pembina Harian Universitas Muhammadiyah Makassar, Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar, Bapak Ir. H. M. Saleh Molla, M.M. yang telah memberi izin dan bantuan moril maupun materil sehingga penulis dapat menyelesaikan studi program Doktor.
5. Bapak dan ibu dosen pengajar pada Program Studi S3 Ilmu Pertanian Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin.
6. Tim Laboratorium Produktifitas dan Kualitas Perairan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin, Ibu Fitriyani, S.Si, Rosmaniar S.Si. Hamriyana S.Si dan Laboratorium Kimia Ternak Fakultas Peternakan bapak Syahrul, S.Si. yang telah banyak membantu pada penelitian di laboratorium.
7. Dekan, teman-teman dosen dan karyawan Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Makassar atas bantuan dorongan moril dan doanya kepada penulis.
8. Rekan-rekan mahasiswa Pascasarjana angkatan 2012 Ilmu Pertanian atas kerja samanya, terkhusus kepada ibu Dr. Rahmi, S.Pi., M.Si. , Dr. Akbar Marzuki Tahya, S.Pi., M.Si. dan Dr. Sutia Budi, S.Pi., M.Si. atas bantuannya selama ini.

9. Kepada teman-teman yang membantu saat penelitian lapangan: Ir. Akmal, Alimuddin, M.Si., Saenal, S.Pi., Muhammad Rijal, S.Pi., dan Ardi, S.Pi.

Teristimewa kepada kedua orang tuaku tercinta ayahanda H.M. Saing Nengke (alm) dan Ibunda Hj. Saenab yang selalu mendoakan anaknya, memberi spirit yang tak kenal waktu. Kepada saudara-saudaraku: Asyikah, Dr. Ir. Kasifah, M.P., Dr. Amil Ahmad Ilham, S.T.,M.IT., Kafrawi, A.Md., Abdul Gafur, S.T., dan Ahmad Ridhauddin, S.E. serta keponakanku atas bantuan, doa dan kasih sayangnya kepada penulis. Kepada suamiku tercinta Dr. Muhammad Nasiruddin Sainu, M.A. penulis mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya atas doa, bantuan, kesabaran dan kasih sayangnya.

Semoga Allah SWT memberikan rahmat dan karuniaNya dan senantiasa dibawah lindunganNya kepada semua pihak atas segala bantuannya. Amin

Makassar, Agustus 2017

Darmawati

ABSTRAK

DARMAWATI. Kajian Pertumbuhan dan Kualitas *Caulerpa* sp Yang Dibudidayakan Pada Kedalaman Dan Jarak Tanam Berbeda; Kajian Prospek Pengembangan Budidaya (dibimbing oleh Andi Niartiningih, Rajuddin Syamsuddin dan Jamaluddin Jompa).

Penelitian ini bertujuan menganalisis pertumbuhan dan produksi *Caulerpa* sp yang dibudidayakan pada kedalaman air dan jarak tanam berbeda, menganalisis kandungan nutrisi *Caulerpa* sp hasil budidaya pada kedalaman air dan jarak tanam dengan umur berbeda dan mengkaji prospek pengembangan budidaya *Caulerpa* sp secara bioekologis di lingkungan laut.

Penelitian budidaya *Caulerpa* sp dilaksanakan di perairan Desa Laguruda Kabupaten Takalar, Propinsi Sulawesi Selatan dengan titik koordinat spot penelitian S: 05°26'07,9" dan E: 119°22'29,9". Metode penelitian dengan system tali tunggal apung (floating monoline method), didesain dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial yang terdiri atas dua faktor yaitu jarak tanam per titik rumpun yaitu 20, 30 dan 40 cm dengan kedalaman berbeda: 50, 100 dan 150cm dari permukaan air. Uji kualitas *Caulerpa* sp dilaksanakan di Laboratorium Produktifitas dan Kualitas Perairan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan serta Laboratorium Nutrisi Ternak Fakultas Peternakan Universitas Hasanuddin. meliputi: kadar protein, serat kasar, kadar air, kadar abu, lemak, karbohidrat, dan kadar karotenoid. Peubah yang diamati adalah pertumbuhan, produksi dan kualitas *Caulerpa* sp. Selanjutnya dilakukan analisis Varians (ANOVA).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan dan produksi *Caulerpa* sp yang terbaik didapatkan pada jarak tanam 30 cm dengan kedalaman tanam 50 cm. Rumput laut *Caulerpa* sp hasil budidaya didapatkan kadar protein, kadar serat kasar, kadar karbohidrat dan kadar karotenoid yang optimal pada jarak tanam 30 cm dengan kedalaman 50 cm. Kadar protein, kadar serat kasar, kadar karbohidrat dan kadar karotenoid menurun seiring dengan bertambahnya kedalaman tanam. Kadar air dan kadar abu meningkat dengan bertambahnya kedalaman tanam. Kadar lemak bersifat fluktuatif. Umur panen mempengaruhi kualitas *Caulerpa* sp, sebaiknya dipanen pada umur 35 hari. Hasil analisis parameter kualitas air menunjukkan bahwa budidaya *Caulerpa* sp layak dibudidaya secara bioekologis di lingkungan laut.

Kata kunci: *Caulerpa* sp, jarak tanam, kedalaman, kualitas, pertumbuhan, produksi.

ABSTRACT

Darmawati. The Study Of The Growth And Quality of *Caulerpa* sp Cultivated on Different Planting Distances and Depths; Study Of The Prospects Of Aquaculture Development. (Supervised **Andi Niartiningsih**, **Rajuddin Syamsuddin** and **Jamaluddin Jompa**).

This research aims to analyze the growth and production of *Caulerpa* sp cultivated on water depth and different planting distances, analyze nutritional *Caulerpa* sp cultivation on water depth and spacing for planting with different age and examines the prospects for the development of the cultivation of *Caulerpa* sp in bioecologys in the marine environment.

Research cultivation *Caulerpa* sp implemented in waters village Takalar Laguruda district, the province of South Sulawesi with a spot research coordinate S: 05°26'07,9" dan E: 119°22'29,9". Research methods with a single rope system floating (floating monoline method), designed by using Random Design Complete (RAL) factorial pattern consisting of two factors, namely trunks per clump point, namely 20, 30 and 40 cm depth: 50, 100 and 150 cm from the surface of the water. *Caulerpa* sp quality tests carried out in the laboratory of productivity and the quality of the waters of the Faculty of Marine Sciences and Fisheries as well as the nutrition laboratory of the livestock Husbandry Faculty of University of Hasanuddin. includes: protein, fiber, the water level, ash levels, fat, carbohydrates, and levels of carotenoids. The observed variables are growth, production and quality of *Caulerpa* sp. next conducted an analysis of variance (ANOVA).

The research results show that growth and the production of *Caulerpa* sp the best obtained at a distance planting 30 cm by depth of planting 50 cm. Seaweed *Caulerpa* sp results obtained by cultivation of protein, fiber levels, levels of carbohydrates and optimal levels of carotenoids on the planting distance 30 cm with a depth of 50 cm. Protein levels of coarse fibre, carbohydrate levels and levels of carotenoids decreases with increasing depth of planting. The water level and ash levels increased with increasing depth of planting. Fat levels are fluctuating. Harvest age affect the quality of *Caulerpa* sp, preferably harvested at the age of 35 days. The results of analysis of water quality parameters indicate that the cultivation of *Caulerpa* sp worth cultivated in bioecologys in the marine environment.

Keywords: *Caulerpa* sp, Planting distance, Depth, Quality, Growth, Production.

PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Darmawati
Nomor Mahasiswa : P0100312411
Program Studi : Ilmu Pertanian

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa disertasi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau seluruh disertasi ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 3 Agustus 2017

Yang menyatakan

Darmawati

DAFTAR ISI

PRAKATA	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xx
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan dan Kegunaan Penelitian.....	6
1.4 Kerangka dan Konsep Penelitian.....	7
1.5 Hipotesis	9
1.6 Novelty	9
1.7 Outline Disertasi	10
II. LAJU PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI RUMPUT LAUT <i>Caulerpa</i> sp. YANG DIBUDIDAYAKAN PADA KEDALAMAN AIR DAN JARAK TANAM BERBEDA DI PERAIRAN TAKALAR.....	12
2.1. Pendahuluan	12
2.2. Tujuan dan Kegunaan	13
2.3. Metode Penelitian.....	14
2.4. Hasil dan Pembahasan	19
2.4.1. Laju Pertumbuhan Rumput Laut <i>Caulerpa</i> sp.....	19
2.4.2. Produksi Rumput Laut <i>Caulerpa</i> sp.....	30
2.5. Kesimpulan dan Saran	34
III. KUALITAS RUMPUT LAUT <i>Caulerpa</i> sp. HASIL BUDIDAYA PADA KEDALAMAN AIR DAN JARAK TANAM BERBEDA DI PERAIRAN TAKALAR	35
3.1. Pendahuluan	35
3.2. Tujuan dan Kegunaan	37
3.3. Metode Penelitian.....	37
3.4. Hasil dan Pembahasan	43
3.4.1. Kadar Protein Rumput Laut <i>Caulerpa</i> sp	43
3.4.2. Kadar Serat Kasar Rumput Laut <i>Caulerpa</i> sp.....	48
3.4.3. Kadar Air Rumput Laut <i>Caulerpa</i> sp	51
3.4.4. Kadar Lemak Rumput Laut <i>Caulerpa</i> sp.....	53
3.4.5. Kadar Abu Rumput Laut <i>Caulerpa</i> sp	55
3.4.6. Kadar BETN Rumput Laut <i>Caulerpa</i> sp.....	58

3.4.7.	Kadar Karotenoid Rumput Laut <i>Caulerpa</i> sp	61
3.4.8.	Hubungan Kualitas Air dengan Kualitas Rumput Laut <i>Caulerpa</i> sp.....	64
3.5.	Kesimpulan dan Saran	65
IV. ANALISIS KUALITAS RUPMUT LAUT <i>Caulerpa</i> sp. PADA UMUR PANEN BERBEDA DI PERAIRAN TAKALAR.....		
4.1.	Latar Belakang	67
4.2.	Tujuan dan Kegunaan	69
4.3.	Metode Penelitian.....	69
4.4.	Hasil dan Pembahasan	73
4.4.1.	Kadar Protein Rumput Laut <i>Caulerpa</i> sp	73
4.4.2.	Kadar Serat Kasar Rumput Laut <i>Caulerpa</i> sp.....	75
4.4.3.	Kadar Air Rumput Laut <i>Caulerpa</i> sp	76
4.4.4.	Kadar Lemak Rumput Laut <i>Caulerpa</i> sp.....	78
4.4.5.	Kadar Abu Rumput Laut <i>Caulerpa</i> sp	79
4.4.6.	Kadar BETN Rumput Laut <i>Caulerpa</i> sp.....	80
4.4.7.	Kadar Karotenoid Rumput Laut <i>Caulerpa</i> sp	82
4.5.	Kesimpulan dan Saran	84
V. ANALISIS KELAYAKAN PROSPEK BUDIDAYA <i>Caulerpa</i> sp. SECARA BIOEKOLOGIS DI PERAIRAN TAKALAR.....		
5.1.	Pendahuluan	85
5.2.	Tujuan dan Kegunaan	86
5.3.	Metode Penelitian.....	87
5.4.	Hasil dan Pembahasan	89
5.4.1.	Derajat Keasaman (pH).....	91
5.4.2.	Suhu.....	91
5.4.3.	Salinitas.....	92
5.4.4.	Intensitas Cahaya.....	93
5.4.5.	Karbondioksida (CO ₂).....	94
5.4.6.	Kecepatan Arus.....	94
5.4.7.	Nitrat dan Fosfat.....	95
5.4.8.	Epifit.....	96
5.5.	Kesimpulan dan Saran	98
VI. PEMBAHASAN UMUM.....		
VII. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI		
7.1.	Kesimpulan	109
7.2.	Rekomendasi.....	109

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel

2.1. Laju pertumbuhan relatif rata-rata (%/hari) rumput <i>Caulerpa</i> sp. pada setiap kombinasi perlakuan jarak tanam dan kedalaman selama penelitian	22
2.2. Produksi rata-rata rumput laut <i>Caulerpa</i> sp. pada setiap kombinasi perlakuan jarak tanam dan kedalaman selama penelitian	31
3.1. Pertambahan kadar protein rata-rata rumput laut <i>Caulerpa</i> sp. pada setiap kombinasi perlakuan jarak tanam dan kedalaman selama penelitian	45
3.2. Pertambahan kadar serat kasar rata-rata rumput laut <i>Caulerpa</i> sp. pada setiap kombinasi perlakuan jarak tanam dan kedalaman selama penelitian	49
3.3. Penurunan kadar air rata-rata rumput laut <i>Caulerpa</i> sp. pada setiap kombinasi perlakuan jarak tanam dan kedalaman selama penelitian	52
3.4. Pertambahan kadar lemak rata-rata rumput laut <i>Caulerpa</i> sp. pada setiap kombinasi perlakuan jarak tanam dan kedalaman selama penelitian	54
3.5. Pertambahan kadar abu rata-rata rumput laut <i>Caulerpa</i> sp. pada setiap kombinasi perlakuan jarak tanam dan kedalaman selama penelitian	57
3.6. Pertambahan kadar BETN rata-rata rumput laut <i>Caulerpa</i> sp. pada setiap kombinasi perlakuan jarak tanam dan kedalaman selama penelitian	59
3.7. Pertambahan kadar karotenoid rata-rata rumput laut <i>Caulerpa</i> sp. pada setiap kombinasi perlakuan jarak tanam dan kedalaman selama penelitian	62
5.1. Kisaran parameter kualitas air selama penelitian	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar

1.1.	Kerangka konsep penelitian	8
2.3.	Lokasi Penelitian di Kecamatan Mangarabombang Kabupaten Takalar.....	14
2.4.	Bibit rumput laut <i>Caulerpa</i> sp. yang digunakan pada saat penelitian.....	15
2.5.	Estimasi penanaman rumput laut <i>Caulerpa</i> sp. sistem tali tunggal.....	17
2.6.	Laju pertumbuhan rata-rata rumput laut <i>Caulerpa</i> sp. pada setiap kombinasi perlakuan selama 6 minggu pemeliharaan	20
2.7.	Morfologi rumput laut <i>Caulerpa</i> sp. berdasarkan jarak tanam.....	25
2.8.	Hubungan parameter kualitas air dengan pertumbuhan rumput laut <i>Caulerpa</i> sp. pada masing-masing perlakuan.....	29
2.9.	Produksi rata-rata rumput laut <i>Caulerpa</i> sp. pada berbagai kombinasi perlakuan	30
2.10.	Hubungan parameter kualitas air dengan produksi rumput laut <i>Caulerpa</i> sp. pada masing-masing perlakuan.....	33
3.1.	Kadar protein <i>Caulerpa</i> sp. pada berbagai kombinasi perlakuan selama 6 minggu.....	43
3.2.	Kadar serat kasar <i>Caulerpa</i> sp. pada berbagai kombinasi perlakuan selama 6 minggu.....	48
3.3.	Kadar air <i>Caulerpa</i> sp pada berbagai kombinasi perlakuan selama 6 minggu.....	51
3.4.	Kadar lemak <i>Caulerpa</i> sp. pada berbagai kombinasi perlakuan selama 6 minggu.....	53
3.5.	Kadar abu <i>Caulerpa</i> sp. pada berbagai kombinasi perlakuan selama 6 minggu.....	56
3.6.	Kadar BETN <i>Caulerpa</i> sp. pada Berbagai Kombinasi Perlakuan Selama 6 minggu	58
3.7.	Kadar karotenoid <i>Caulerpa</i> sp. pada berbagai kombinasi perlakuan selama 6 minggu	61
3.8.	Hubungan parameter kualitas air dengan kandungan nutrisi Rumput laut <i>Caulerpa</i> sp. pada masing-masing perlakuan	64

4.1.	Kadar protein rumput laut <i>Caulerpa</i> sp. pada berbagai kombinasi perlakuan selama 42 hari pemeliharaan.....	73
4.2.	Kadar serat kasar rumput laut <i>Caulerpa</i> sp. pada berbagai kombinasi perlakuan selama 42 hari pemeliharaan	75
4.3.	Kadar air <i>Caulerpa</i> sp. pada berbagai kombinasi perlakuan selama 42 hari pemeliharaan	77
4.4.	Kadar lemak <i>Caulerpa</i> sp. pada kombinasi perlakuan selama 42 hari pemeliharaan.....	78
4.5.	Kadar abu <i>Caulerpa</i> sp. pada berbagai kombinasi perlakuan selama 42 hari pemeliharaan	79
4.6.	Kadar BETN rumput laut <i>Caulerpa</i> sp. pada berbagai kombinasi perlakuan selama 42 hari pemeliharaan.....	81
4.7.	Kadar karotenoid rumput laut <i>Caulerpa</i> sp pada berbagai kombinasi perlakuan selama 42 hari pemeliharaan	82
5.1.	Berbagai jenis organisme yang menempel pada rumput laut <i>Caulerpa</i> sp.....	97

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

2.11. Data pertumbuhan dan produksi rumput laut <i>Caulerpa</i> sp. selama penelitian.....	126
2.12. Hasil Analisis Ragam pengaruh jarak tanam dan kedalaman terhadap laju pertumbuhan rumput laut <i>Caulerpa</i> sp.	127
2.13. Uji Tukey pengaruh interaksi jarak tanam dengan kedalaman terhadap pertumbuhan rumput laut <i>Caulerpa</i> sp.....	128
2.14. Hasil Analisis Ragam Pengaruh jarak tanam terhadap produksi rumput laut <i>Caulerpa</i> sp	130
2.15. Uji Tukey pengaruh interaksi jarak tanam dan kedalaman terhadap produksi rumput laut <i>Caulerpa</i> sp	131
2.16. Hasil analisis komponen utama (PCA/Principal Component Analysis) hubungan kualitas air dengan pertumbuhan <i>Caulerpa</i> sp	133
2.17. Hasil analisis komponen utama (PCA/Principal Component Analysis) hubungan kualitas air dengan produksi rumput laut <i>Caulerpa</i> sp.....	138
3.1. Hasil analisis kadar protein rumput laut <i>Caulerpa</i> sp. selama penelitian	142
3.2. Hasil analisis ragam pengaruh jarak tanam dan kedalaman terhadap kadar protein rumput laut <i>Caulerpa</i> sp.....	143
3.3. Uji Tukey pengaruh intraksi jarak tanam dan kedalaman terhadap kadar protein rumput laut <i>Caulerpa</i> sp.....	144
3.4. Hasil analisis kadar serat kasar rumput laut <i>Caulerpa</i> sp. selama penelitian.....	145
3.5. Hasil analisis ragam pengaruh jarak tanam dan kedalaman terhadap kadar serat kasar rumput laut <i>Caulerpa</i> sp	146
3.6. Uji Tukey pengaruh interaksi jarak tanam dan kedalaman terhadap kadar serat kasar rumput laut <i>Caulerpa</i> sp	147
3.7. Hasil analisis kadar air rumput laut <i>Caulerpa</i> sp selama penelitian.....	148
3.8. Hasil analisis ragam pengaruh jarak tanam dan kedalaman terhadap kadar air rumput laut <i>Caulerpa</i> sp.....	149
3.9. Uji Tukey pengaruh interaksi jarak tanam dan kedalaman terhadap kadar air rumput laut <i>Caulerpa</i> sp.....	150

3.10.	Hasil analisis kadar lemak rumput laut <i>Caulerpa</i> sp selama penelitian	150
3.11.	Hasil analisis ragam pengaruh jarak tanam dan kedalaman terhadap kadar lemak rumput laut <i>Caulerpa</i> sp	152
3.12.	Uji Tukey pengaruh interaksi jarak tanam dan kedalaman terhadap kadar lemak rumput laut <i>Caulerpa</i> sp	153
3.13.	Hasil analisis kadar abu <i>Caulerpa</i> sp selama penelitian	154
3.14.	Hasil analisis ragam pengaruh jarak tanam dan kedalaman terhadap kadar abu <i>Caulerpa</i> sp	155
3.15.	Uji Tukey pengaruh interaksi jarak tanam dan kedalaman terhadap kadar abu rumput laut <i>Caulerpa</i> sp	156
3.16.	Hasil analisis kadar BETN rumput laut <i>Caulerpa</i> sp selama penelitian	157
3.17.	Hasil analisis ragam pengaruh jarak tanam dan kedalaman terhadap kadar BETN rumput laut <i>Caulerpa</i> sp	158
3.18.	Uji Tukey pengaruh interaksi jarak tanam dan kedalaman terhadap kadar BETN rumput laut <i>Caulerpa</i> sp	159
3.19.	Hasil analisis kadar Karotenoid rumput laut <i>Caulerpa</i> sp selama penelitian.....	160
3.20.	Hasil analisis ragam pengaruh jarak tanam dan kedalaman terhadap kadar Karotenoid rumput laut <i>Caulerpa</i> sp.....	161
3.21.	Uji Tukey pengaruh interaksi jarak tanam dan kedalaman terhadap kadar Karotenoid rumput laut <i>Caulerpa</i> sp.....	'
3.22.	Hasil analisis komponen utama (PCA/Principal Component Analysis) hubungan kualitas air dengan kualitas rumput laut <i>Caulerpa</i> sp	163
5.1.	Data Pengukuran Kualitas Air Setiap Minggu Setiap Perlakuan Selama Penelitian	169

BAB I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Rumput laut atau yang dikenal dengan makroalga adalah salah satu organisme perairan yang menjadi sumber daya hayati laut. Rumput laut terdiri dari berbagai jenis yaitu rumput laut merah (*Rhodophyta*), rumput laut coklat (*Phaeophyceae*), rumput laut hijau (*Chlorophyceae*), dan rumput laut hijau-biru (*Chyanophyceae*) (Chapman, 2010). Potensi ekonomi rumput laut yang demikian besar dan ketersediaannya yang beraneka ragam di perairan laut Indonesia yang demikian luas (Dahuri, 2003), maka rumput laut telah ditetapkan sebagai salah satu komoditi unggulan program revitalisasi kelautan.

Pemanfaatan rumput laut secara ekonomis di Indonesia masih terbatas pada beberapa species tertentu pada kelompok jenis *Eucheuma spinosum*, *E. cottoni*, *Kappaphycus* sp. dan *Gracilaria* sp. Sedang *Caulerpa* sp. jarang dimanfaatkan secara ekonomis, masih dimanfaatkan dan diperdagangkan secara lokal (Dewi dan Eko, 2011; Budiyani, dkk., 2012). Marga *Caulerpa* mempunyai kurang lebih 60 jenis. Di Indonesia, spesies yang sering ditemukan mencakup *Caulerpa lentillifera*, *Caulerpa serulata*, *Caulerpa racemosa*, *Caulerpa taxifolia*, *Caulerpa elongata*, *Caulerpa brachypus*, dan lain-lain. Yang paling populer dan paling sering dimanfaatkan adalah spesies *Caulerpa lentillifera*, *Caulerpa racemosa*, serta *Caulerpa sertularioides*. Distribusi *Caulerpa* secara luas tersebar di pantai daerah tropik sampai subtropik dengan keanekaragaman paling besar adalah di daerah tropik (Prud'homme Van Reine dan Trono, 2001), termasuk di perairan Indonesia (Poncomulyo, dkk., 2006; Mata, dkk., 2015).

Caulerpa sp memiliki banyak manfaat bagi kebutuhan manusia. *Caulerpa* sp. menjadi komoditas yang mempunyai nilai ekonomi, yang diperjual belikan di pasar lokal dan menjadi sajian khas sebagai bahan makanan dengan cara dimakan mentah sebagai lalapan atau sebagai sayur (Setiaji, dkk., 2012). *Caulerpa* sp. mempunyai kandungan gizi sebagai sumber protein nabati, karbohidrat, mineral maupun vitamin (Azizah, 2006; Saptasari, 2010; Rodrigues, dkk., 2015), dan menurunkan lemak (Sharma, dkk., 2015). *Caulerpa* sp mengandung pigmen fotosintetik khlorofil a dan β -karoten, *xanthofil*, *lutein* dan *polyphenol* (Sanchez, 2004). Hold dan Kraan (2011), menyatakan bahwa alga mengandung *Insoluble Dietary Fiber* (IDF, serat makanan tak larut). Serat makanan ini terdiri dari selulosa dan hemiselulosa yang berperan penting dalam proses pencernaan makanan dalam tubuh serta dapat menurunkan kadar kolesterol darah. *Caulerpa* sp. diperdagangkan secara internasional dari Filipina dan Vietnam ke Jepang, dan dapat menjamin komersialisasi sebagai produk akuakultur baru di Australia (Paul, dkk., 2013).

Begitu banyaknya manfaat rumput laut jenis *Caulerpa* sp. sehingga banyak dieksploitasi dan lebih banyak diambil dari alam. Pada umumnya sumberdaya yang masih mengandalkan hasil dari alam banyak mengalami kendala, antara lain adalah produksinya masih rendah karena ketergantungan pada musim. Keadaan ini akan berakibat terhadap tidak adanya kontinuitas produksi dalam jumlah yang mencukupi pada setiap waktu. Untuk memenuhi keperluan yang semakin meningkat tersebut dengan tidak bergantung pada potensi produksi alamiah yang bergantung pada kondisi alam dan musim, juga dikhawatirkan akan menimbulkan terjadinya eksploitasi yang berlebihan dan berakibat pada berkurangnya populasi alami sehingga dapat menurunkan

kemampuan tersedianya produksi secara berkelanjutan. Oleh karena itu diperlukan adanya usaha budidaya *Caulerpa* sp. untuk mendapatkan produksi yang maksimal dan secara kontinyu. Budidaya merupakan langkah yang paling tepat dalam usaha meningkatkan produksi *Caulerpa* sp., sehingga diharapkan kebutuhan akan *Caulerpa* sp. dapat terpenuhi sesuai dengan yang diharapkan, suplai *Caulerpa* sp. dapat lebih lancar, teratur baik dalam jumlah maupun mutunya. Kualitas dan kuantitas rumput laut yang baik dan berkelanjutan merupakan hal yang masih menjadi tantangan bagi usaha budidaya.

Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan *Caulerpa* sp. dalam budidaya adalah kondisi lingkungan. Daya dukung lingkungan yang optimum terhadap pertumbuhan rumput laut sangat dipengaruhi oleh lokasi dan waktu tanam rumput laut, hal ini terkait dengan ketersediaan nutrisi (Ortiz, dkk., 2006; Thilaghavani and Vairappan, 2013). Pertumbuhan rumput laut sepenuhnya tergantung pada ketersediaan nutrisi dan kondisi lingkungan saat budidaya termasuk kedalaman air dan jarak tanam bibit. Kedalaman air merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan rumput laut. Karena kedalaman mempengaruhi tingkat intensitas cahaya yang masuk kedalam perairan (Serdianti dan Widiastuti, 2010), perubahan pada intensitas dan kualitas cahaya yang menembus perairan dengan bertambahnya kedalaman mempengaruhi kemampuan *Caulerpa* sp. untuk tumbuh. Ini dilihat dari jumlah atau banyaknya intensitas cahaya yang masuk kedalam perairan dan kemampuan *Caulerpa* sp. menyerap cahaya matahari untuk melakukan proses fotosintesis. Sedang jarak tanam bibit merupakan salah satu faktor teknis yang juga berpengaruh terhadap pertumbuhan *Caulerpa* sp. Jarak tanam bibit akan mempengaruhi pergerakan air yang membawa unsur hara sehingga pertumbuhan rumput laut meningkat

(Prihaningrum, dkk., 2001). Kepadatan bibit rumput laut akan mempengaruhi luasan thallus rumput laut yang terpapar sinar matahari, sehingga secara tidak langsung akan berpengaruh pula terhadap proses fotosintesis yang mendukung pertumbuhan rumput laut. Selain faktor intensitas cahaya matahari, proses fotosintesis rumput laut juga mengandalkan gas karbondioksida dan nutrisi yang terlarut di dalam air (Zou and Gao, 2010)

Sampai saat ini masih sedikit sekali data dan informasi mengenai aspek komposisi nutrisi dari rumput laut hijau (*Caulerpa* sp.) yang menunjang pemanfaatannya sebagai bahan makanan yang bernilai gizi. Dengan tersedianya informasi mengenai komposisi nutrisi *Caulerpa* sp. diharapkan dapat memberikan wawasan tentang pemanfaatan rumput laut *Caulerpa* sp. secara luas, tidak hanya dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai sayur laut, tetapi dapat dimanfaatkan menjadi produk pangan bergizi maupun pangan fungsional dengan inovasi diversifikasi produknya. Pemanfaatan rumput laut *Caulerpa* sp. masih sangat terbatas, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui komposisi nilai gizi, untuk dikembangkan menjadi produk olahan pangan yang mempunyai nilai ekonomis.

Panen pada waktu yang tepat merupakan salah satu parameter penting yang harus dipertimbangkan dalam pemeliharaan rumput laut. Panen rumput laut sebelum waktunya akan menurunkan kualitas rumput laut. Efisiensi waktu berpengaruh terhadap pertumbuhan dan kuantitas. Lama tanam rumput laut mempengaruhi kandungan nutrisi, baik secara kuantitas maupun kualitas (Hurtado, dkk., 2008). Metode budidaya (jarak dan kedalaman tanam) dan lama pemeliharaan yang tepat diharapkan dapat menjadi salah satu solusi untuk menghasilkan kuantitas dan kualitas budidaya yang berkelanjutan. Oleh karena

itu perlu dilakukan penelitian kearah produksi dan kualitas *Caulerpa* sp. dengan budidaya hubungannya dengan kedalaman air dan jarak tanam bibit. Usaha budidaya *Caulerpa* sp. sangat diperlukan untuk menunjang kuantitas, kualitas, dan kontinuitas produksi.

Rumusan Masalah

Rumput laut *Caulerpa* sp. memiliki manfaat dan potensi yang besar dalam memenuhi keperluan yang terus meningkat sehingga peningkatan produksi sangat diharapkan. Namun beberapa informasi bahwa jenis makroalga ini belum dibudidayakan secara komersial, ketersediaannya masih mengandalkan dari alam sehingga bergantung pada musim. Permintaan rumput laut yang berkualitas dan dapat disuplai secara kontinyu merupakan tantangan yang belum bisa dipenuhi hingga saat ini.

Atas dasar permasalahan tersebut, untuk lebih mengoptimalkan pemanfaatan sumberdaya rumput laut *Caulerpa* sp. perlu dilakukan suatu usaha budidaya yang dapat menunjang tersedianya produksi secara berkelanjutan. Diperlukan informasi mengenai metode budidaya yang tepat, yang menghasilkan jumlah produksi dengan komposisi kandungan nutrisi *Caulerpa* sp. yang terbaik. Menurut Hadie, dkk., (2011), bahwa kualitas rumput laut yang memenuhi standar sangat ditentukan oleh proses budidayanya. Penentuan metode budidaya yang kurang tepat akan berakibat pada produksi dan kualitas rumput laut yang kurang maksimal. Menurut Ilalqinsy, dkk., (2013), dijelaskan bahwa besar kecilnya pertumbuhan dikarenakan penggunaan sistem budidaya yang berkaitan dengan ruang tumbuh (jarak tanam) dan penyerapan sinar matahari (kedalaman) sebagai pengatur proses fotosintesis untuk tumbuh.

Pertumbuhan rumput laut memerlukan cahaya matahari untuk melakukan proses fotosintesis, karena itu rumput laut hanya dapat tumbuh pada perairan yang memiliki kedalaman tertentu (Pratiwi dan Ismail, 2004). Jarak tanam yang digunakan akan mempengaruhi lalu lintas pergerakan air, menghindari terkumpulnya kotoran pada thalus, serta mencegah adanya fluktuasi yang besar terhadap salinitas maupun suhu air (Sudjiharno (2001). Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian metode budidaya *Caulerpa* sp. dengan menentukan kedalaman dan jarak tanam yang tepat yang menghasilkan jumlah produksi dan komposisi nutrisi rumput laut *Caulerpa* sp. yang terbaik.

Berdasarkan latar belakang kondisi tersebut, permasalahan yang dapat diidentifikasi adalah:

1. Berapa kedalaman dan jarak tanam yang tepat yang menghasilkan laju pertumbuhan rumput laut *Caulerpa* sp. yang terbaik?
2. Bagaimana kandungan nutrisi rumput laut *Caulerpa* sp. hasil budidaya pada kedalaman air dan jarak tanam.
3. Bagaimana kandungan nutrisi rumput laut *Caulerpa* sp. hasil budidaya dengan umur panen berbeda?
4. Bagaimana prospek pengembangan budidaya rumput laut *Caulerpa* sp. secara bioekologis di lingkungan laut?

Tujuan Penelitian dan Kegunaan Penelitian

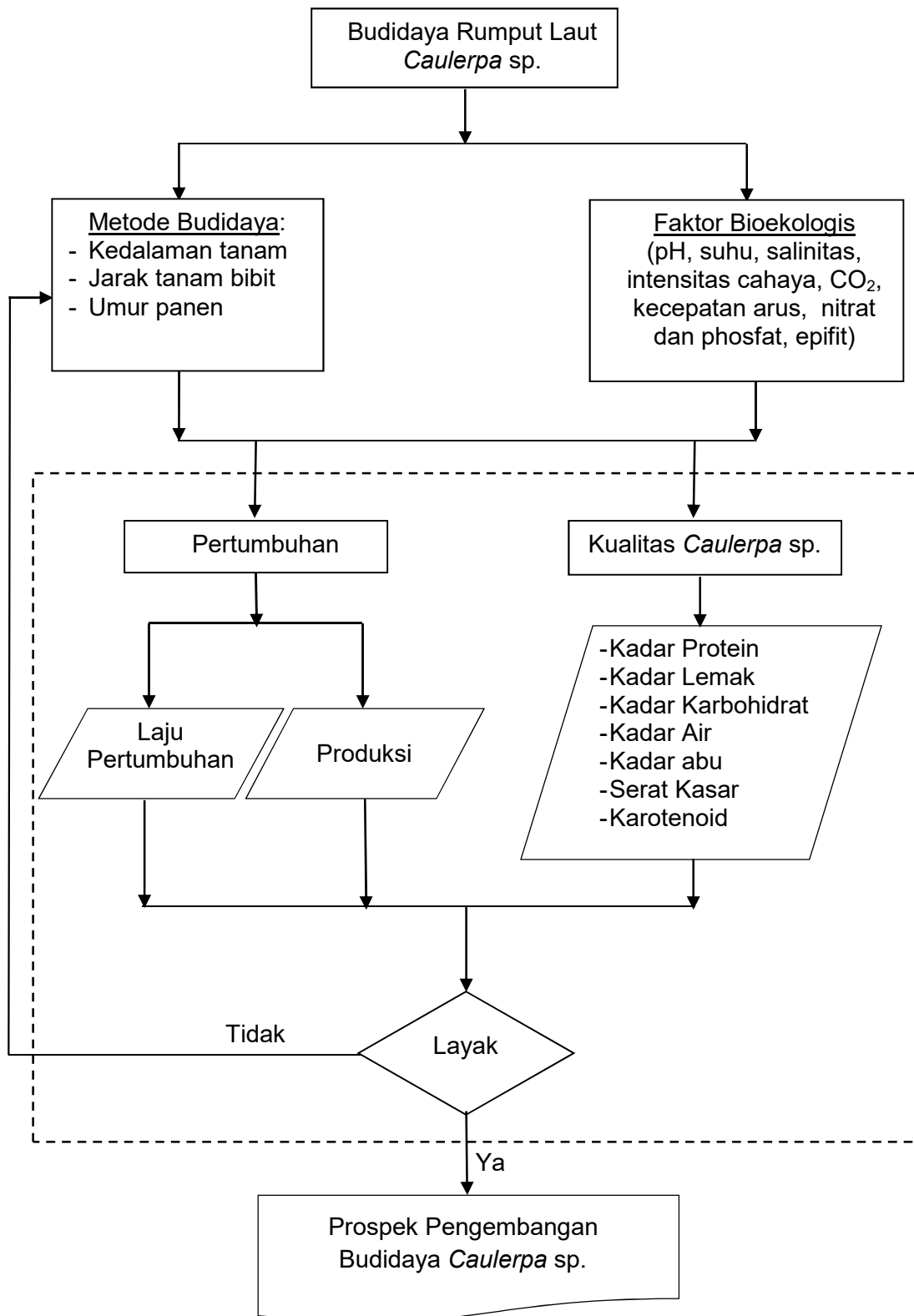
1. Menganalisis pertumbuhan rumput laut *Caulerpa* sp. yang dibudidayakan pada kedalaman air dan jarak tanam berbeda .
2. Menganalisis kandungan nutrisi rumput laut *Caulerpa* sp. hasil budidaya pada kedalaman air dan jarak tanam berbeda..

3. Menganalisis kandungan nutrisi rumput laut *Caulerpa* sp. hasil budidaya dengan umur panen berbeda.
4. Mengkaji prospek pengembangan budidaya rumput laut *Caulerpa* sp. secara bioekologis di lingkungan laut.

Hasil yang diperoleh diharapkan dapat memberikan informasi baru tentang pengembangan budidaya rumput laut yang mempunyai nilai ekonomis khususnya rumput laut jenis *Caulerpa* sp., sehingga para pembudidaya rumput laut dapat meningkatkan produksi dengan tidak tergantung produksi alam. tetapi masyarakat dapat melakukan budidaya.

Kerangka Konsep Penelitian

Budidaya rumput laut *Caulerpa* sp. adalah langkah yang tepat dalam memenuhi permintaan rumput laut yang berkualitas dan dapat disuplai secara kontinyu. Keberhasilan produksi rumput laut dapat dicapai dengan mengoptimalkan faktor-faktor pendukung dalam budidaya laut, antara lain metode budidaya yang tepat. Informasi mengenai metode budidaya yang tepat yang menghasilkan jumlah produksi dan komposisi kandungan kimia *Caulerpa* sp. yang terbaik sangat diperlukan. Budidaya rumput laut *Caulerpa* sp. memerlukan kesesuaian faktor-faktor fisika dan kimia perairan seperti intensitas cahaya, arus air, suhu, salinitas, CO₂, dan zat hara (nitrat dan fosfat) agar dapat hidup dan tumbuh dengan baik. Semakin sesuai kondisi lingkungan perairan maka akan semakin baik pertumbuhan dan kualitas yang diperoleh. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu solusi untuk menghasilkan kuantitas dan kualitas budidaya rumput laut *Caulerpa* sp. yang berkelanjutan untuk pengembangan budidaya rumput laut secara terpadu.



Gambar 1.1. Kerangka konsep penelitian

Hipotesis

Beberapa hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini diantaranya:

1. Rumput laut *Caulerpa* sp. yang dibudidayakan pada kedalaman air dan jarak tanam berbeda berpengaruh terhadap laju pertumbuhan dan produksi yang dihasilkan.
2. Kandungan nutrisi rumput laut *Caulerpa* sp. memiliki kualitas yang berbeda jika dibudidayakan pada kedalaman air dan jarak tanam yang berbeda.
3. Umur panen mempengaruhi kandungan nutrisi rumput laut *Caulerpa* sp.
4. Faktor bioekologis berpengaruh terhadap laju pertumbuhan, produksi dan kualitas *Caulerpa* sp. sehingga menentukan prospek pengembangan budidaya *Caulerpa* sp.

Novelty

Nilai kebaruan (novelty) dari penelitian ini adalah:

1. Budidaya rumput laut *Caulerpa* sp. dengan metode budidaya menentukan jarak tanam dan kedalaman air dari permukaan.
2. Analisis kandungan nutrisi rumput laut *Caulerpa* sp. hasil budidaya.
3. Analisis umur panen rumput laut *Caulerpa* sp. yang tepat dengan kandungan nutrisi yang terbaik hasil budidaya.
4. Faktor-faktor bioekologis yang berpengaruh terhadap kelayakan prospek pengembangan budidaya rumput laut *Caulerpa* sp.

Outline Disertasi

Disertasi ini mengkaji tentang sistem budidaya *Caulerpa* sp yaitu pengaturan jarak tanam bibit dan kedalaman tanam dari permukaan air serta

umur panen dan faktor biokologis sebagai faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan, produksi dan kualitas *Caulerpa* sp hasil budidaya. Tujuan utamanya adalah mengkaji jarak tanam bibit dan kedalaman tanam yang tepat yang memberikan respon pertumbuhan dan kualitas *Caulerpa* sp yang terbaik, mengkaji umur panen yang tepat menghasilkan kualitas *Caulerpa* yang baik, serta mengkaji faktor-faktor bioekologis yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan kualitas *Caulerpa* sp hasil budidaya.

Uji laboratorium dilakukan untuk mengkaji kualitas *Caulerpa* sp hasil budidaya antara lain kandungan nutrisi: protein, lemak, serat kasar, kadar air, karbohidrat, kadar abu dan karotenoid. Selain itu juga dilakukan uji kualitas air seperti Karbondioksida (CO₂), pH, suhu, salinitas, intensitas cahaya, kecepatan arus serta nitrat dan fosfat. Detailnya dapat diuraikan sebagai berikut:

Bab 1. Pendahuluan. Menguraikan latar belakang, masalah penelitian, tujuan, kegunaan serta hipotesis penelitian mengenai pengaruh kedalaman tanam dan jarak tanam terhadap pertumbuhan, produksi, kualitas *Caulerpa* sp, umur panen yang tepat terhadap *Caulerpa* sp hasil budidaya, serta faktor-faktor bioekologis yang berpengaruh terhadap kelayakan budidaya *Caulerpa* sp.

Bab 2. Mengkaji Laju pertumbuhan dan produksi *Caulerpa* sp yang dibudidayakan pada kedalaman dan jarak tanam berbeda di Perairan Takalar. Hasilnya membahas mengenai pengaruh kombinasi kedalaman air dan jarak tanam, interaksi kedalaman air dan jarak tanam terhadap laju pertumbuhan dan produksi *Caulerpa* sp yang dibudidayakan.

Bab 3. Kajian kualitas *Caulerpa* sp hasil budidaya pada kedalaman air dan jarak tanam berbeda di Perairan Takalar. Hasilnya membahas mengenai pengaruh kombinasi kedalaman air dan jarak tanam, interaksi kedalaman air dan

jarak tanam terhadap kandungan nutrisi *Caulerpa* sp hasil budidaya antara lain kadar protein, lemak, serat kasar, kadar air, kadar abu, karbohidrat dan kadar karotenoid.

Bab 4. Menganalisis kualitas *Caulerpa* sp berdasarkan umur panen. Hasilnya membahas mengenai pengaruh umur panen terhadap komposisi nutrisi *Caulerpa* sp. yang dibudidayakan sebagai ukuran dari kualitas.

Bab 5. Menganalisis prospek pengembangan budidaya *Caulerpa* sp secara bioekologis di Perairan Takalar. Hasilnya membahas mengenai faktor-faktor fisika-kimia perairan antara lain: pH, suhu, salinitas, intensitas cahaya, CO₂, kecepatan arus, nitrat dan fosfat, epifit, pengaruhnya terhadap pertumbuhan, produksi dan kualitas *Caulerpa* sp.

Bab 6. Pembahasan umum. Menguraikan secara detail laju pertumbuhan dan produksi *Caulerpa* sp keterkaitan dengan parameter fisika-kimia air, fluktuasi kandungan nutrisi *Caulerpa* sp hasil budidaya pada kedalaman air dan jarak tanam yang berbeda, umur panen, serta kelayakan prospek budidaya *Caulerpa* sp secara bioekologis.

Bab 7. Kesimpulan dan rekomendasi penelitian. Simpulan penelitian serta rekomendasi yang dilahirkan dari penelitian, diharapkan menjadi salah satu solusi untuk menghasilkan kuantitas dan kualitas budidaya *Caulerpa* sp yang berkelanjutan dalam rangka pengembangan budidaya rumput laut secara terpadu.

BAB II

LAJU PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI RUMPUT LAUT *Caulerpa* sp. YANG DIBUDIDAYAKAN PADA JARAK TANAM DAN KEDALAMAN AIR BERBEDA DI PERAIRAN TAKALAR

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Keberhasilan produksi budidaya rumput laut dapat dicapai dengan mengoptimalkan faktor-faktor pendukung dalam budidaya laut. Faktor-faktor pendukung tersebut antara lain pemilihan lokasi budidaya yang tepat, penggunaan bibit yang bermutu, penerapan metode budidaya yang tepat, serta pemeliharaan dan pasca panen (Anggadireja, 2006; Serdiati dan Widiastuti, 2010). Metode budidaya yang akan diterapkan harus mempertimbangkan kondisi perairan yang dipakai sebagai lokasi budidaya (Syahputra, 2005). Jika lahan sudah memenuhi syarat untuk budidaya, teknologi budidaya dan kualitas bibit rumput laut sudah baik, maka produksi akan maksimal. Hasil penelitian oleh Azizah (2006) dan Sunaryo, dkk. (2015) terhadap berbagai macam metode budidaya *Caulerpa* sp., menyatakan bahwa budidaya *Caulerpa* sp. dengan metode apung memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan metode dasar, baik di laut maupun di tambak, dan laju pertumbuhan *Caulerpa* sp. tertinggi didapatkan pada metode budidaya terapung di permukaan laut.

Melihat kenyataan bahwa informasi tentang penelitian dan percobaan budidaya rumput laut jenis *Caulerpa* sp. masih sedikit, maka perlu dilakukan penelitian dan percobaan tentang budidaya rumput laut jenis *Caulerpa* sp. dengan metode budidaya menggunakan jarak tanam dan kedalaman yang

berbeda pada perairan laut. Selama ini budidaya rumput laut *Caulerpa* sp. belum diketahui jarak tanam dan kedalaman yang tepat sehingga menghasilkan pertumbuhan dan produksi yang belum maksimal. Salah satu faktor yang sangat penting dalam teknik budidaya rumput laut adalah dengan mengatur jarak tanam kedalaman penanaman yang tepat pada saat rumput laut ditanam. Kedalaman penanaman rumput laut perlu diperhatikan karena kedalaman akan mempengaruhi pertumbuhan rumput laut. Kedalaman penanaman dan jarak tanam berhubungan dengan besarnya penetrasi cahaya matahari dan penyerapan unsur hara yang sangat berperan dalam proses fotosintesis (Rusman, 2009; Soenardjo, 2011; Ilalqinsy, dkk., 2013).

Kurang optimalnya produksi budidaya rumput laut *Caulerpa* sp. menjadi hal yang perlu ditindaklanjuti dengan penelitian mengenai metode budidaya yang sesuai dengan mengatur kedalaman dan jarak tanam. Informasi tentang kedalaman penanaman dan jarak tanam rumput laut *Caulerpa* sp. sangat diperlukan. Kajian tentang pertumbuhan dan produksi rumput laut *Caulerpa* sp. yang ditanam pada kedalaman dan jarak tanam tertentu sangat dibutuhkan. Penelitian ini juga untuk mencari jarak tanam dan kedalaman mana yang berhasil memberikan pertumbuhan dan produksi yang terbaik.

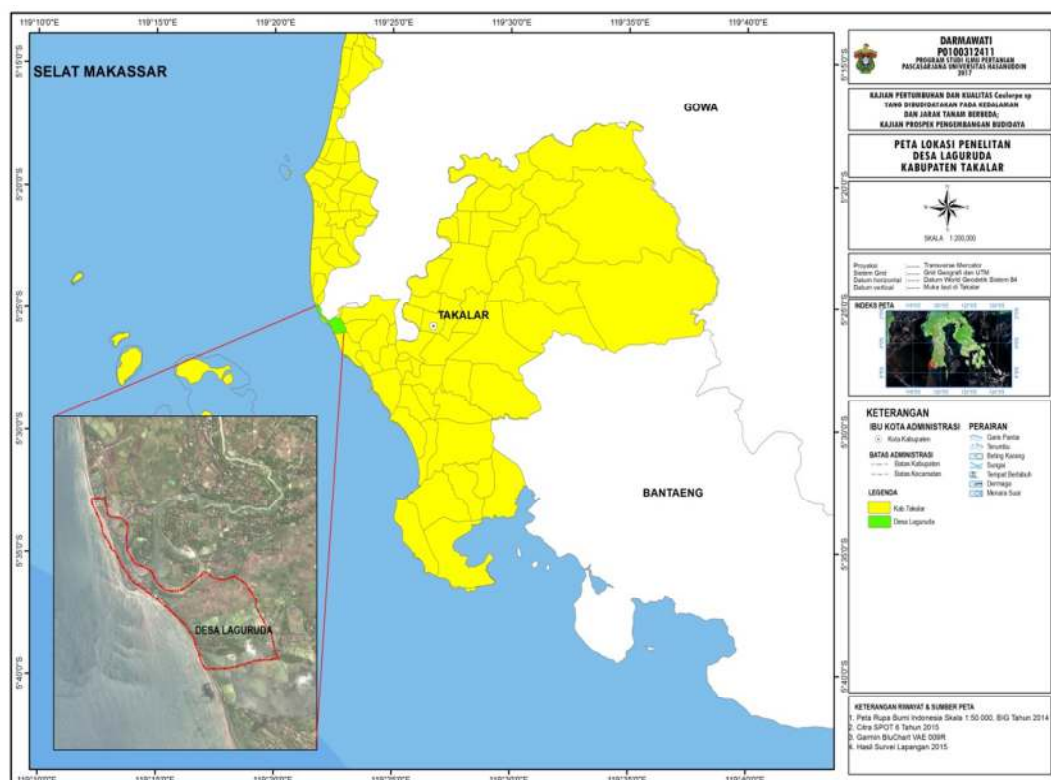
Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji laju pertumbuhan dan produksi rumput laut *Caulerpa* sp. yang dibudidayakan pada jarak tanam dan kedalaman air berbeda. Kegunaan penelitian ini diharapkan sebagai bahan informasi mengenai jarak tanam dan kedalaman tanam dari permukaan air yang tepat yang menghasilkan kuantitas dan kualitas rumput laut *Caulerpa* sp. terbaik.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

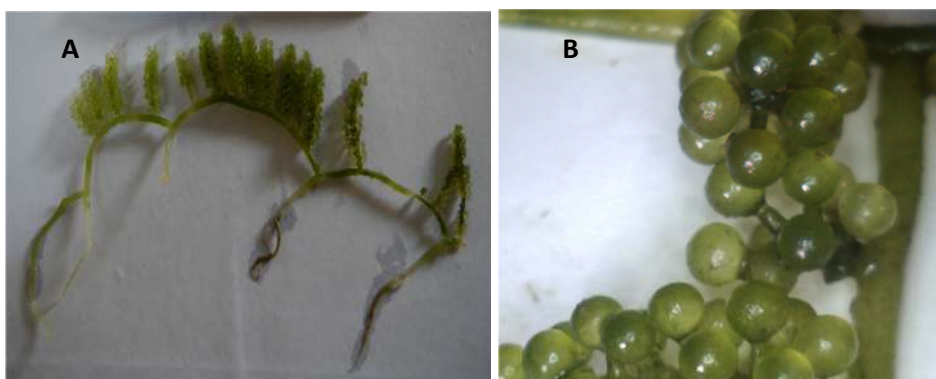
Kajian pertumbuhan dan produksi rumput laut *Caulerpa* sp. telah dilaksanakan pada bulan April hingga Nopember 2014 di Balai Pengembangan Budidaya Air Payau (BPBAP) Takalar, Kabupaten Takalar sebagai tahapan observasi. Penelitian ini dilanjutkan pada bulan Maret hingga Desember 2015 di perairan Desa Laguruda Kecamatan Mangarabombang, Kabupaten Takalar, Propinsi Sulawesi Selatan dengan titik koordinat spot penelitian S: 05°26'07,9" dan E: 119°22'29,9". Lokasi ini merupakan ekosistem rumput laut yang cukup luas, yang dimanfaatkan oleh sebagian masyarakat.



Gambar 2.1. Lokasi Penelitian Desa Laguruda, Kecamatan Mangarabombang, Kabupaten Takalar.

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan meliputi timbangan elektrik dengan tingkat ketelitian 0,01 g, untuk menimbang bobot rumput laut *Caulerpa* sp., perlengkapan budidaya rakit apung: bambu, tali rapia, tali plastic PE (6 mm dan 10 mm), pelampung dan jangkar. Bibit rumput *Caulerpa* sp. diperoleh dari bibit alam yang berasal dari perairan sekitar Kepulauan Spermonde, Kota Makassar. Bibit rumput laut *Caulerpa* sp. dipilih yang masih segar dengan ciri berwarna hijau, ramuli dan stolon masih segar atau tidak lembek, kemudian diambil per rumpun untuk memudahkan dalam penimbangan serta mempercepat pertumbuhan (Gambar 2.2). Hindari bibit masih dalam kondisi muda (warna putih/bening) (Putra, *dkk.*, 2012).



Gambar 2.2. Bibit rumput laut *Caulerpa* sp. yang digunakan pada saat penelitian (A=Bibit *Caulerpa* sp., B=Ramuli dari *Caulerpa* sp.)

Pelaksanaan Penelitian

1. Persiapan

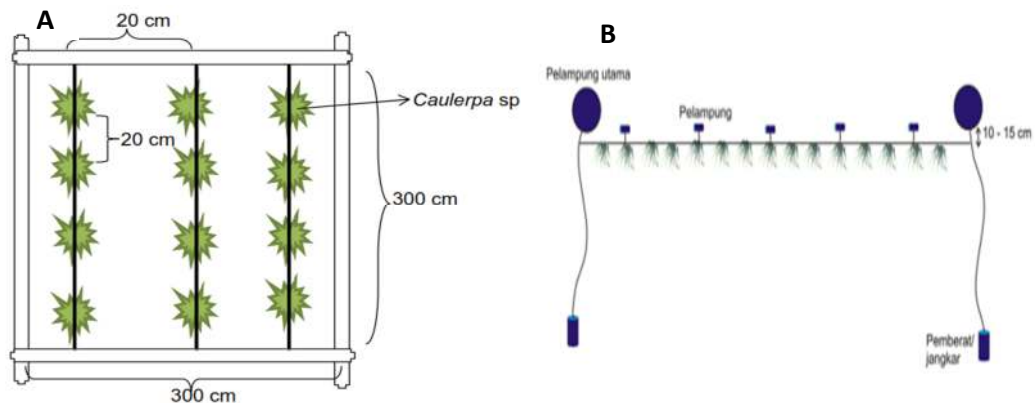
Sebagai tahapan awal kegiatan ini dilakukan beberapa kegiatan pendahuluan antara lain observasi lapangan dan persiapan penelitian yakni persiapan peralatan dan wadah budidaya. Lahan untuk budidaya terletak di

perairan Desa Lagaruda, Kecamatan Mangarabombang, Kabupaten Takalar dengan pertimbangan bahwa daerah ini terdapat banyak lokasi budidaya rumput laut. Rakit apung dengan ukuran 300 x 300 cm, tiap sudut rakit diberi pelampung sehingga rakit tidak tenggelam dan juga dilengkapi jangkar.

2. Penanaman rumput laut *Caulerpa* sp.

Sistem penanaman rumput laut *Caulerpa* sp. yang digunakan adalah sistem rakit apung yang dibuat dengan menggunakan metode tali tunggal apung (*floating monoline method*). Metode ini menggunakan cara penanaman yang mengikuti naik turunnya permukaan air. Karena mengapung maka tanaman kultur berjarak tetap dari permukaan air. Selain itu, pemilihan metode budidaya apung *Caulerpa* sp. dilakukan dengan pertimbangan bahwa dari hasil penelitian Azizah (2006) dengan Sunaryo, dkk., (2015) terhadap berbagai macam metode budidaya *Caulerpa* sp. menunjukkan hasil bahwa laju pertumbuhan *Caulerpa* sp. pada metode budidaya apung di permukaan laut lebih besar dibanding metode dasar baik dilaut maupun di tambak.

Berat awal bibit rumput laut *Caulerpa* sp. adalah 50 gram/rumpun. Novianti, dkk. (2015) menyarankan bahwa bobot awal *Caulerpa* sp. 50 gram cenderung mempunyai pertumbuhan yang lebih baik dari bobot awal 75, 100 dan 125 gram. Jarak tanam per titik rumpun sesuai faktor perlakuan yaitu 20, 30 dan 40 cm. Abdan (2013), menyatakan bahwa jarak tanam 30 cm dengan metode long line menunjukkan pertumbuhan harian rumput laut yang lebih besar dibanding jarak tanam 10, 20 dan 40 cm. Rumput laut *Caulerpa* sp. ditanam pada kedalaman berbeda (sesuai perlakuan) yaitu 50, 100 dan 150 cm dari permukaan air. Laju pertumbuhan harian rumput laut tertinggi pada kedalaman 50 cm dibandingkan pada kedalaman 20 cm dan 100 cm (Darmawati, 2011).



Gambar 2.3. Estimasi penanaman rumput laut *Caulerpa* sp. sistem tali tunggal (A=tampak atas dan B=tampak samping).

Perlakuan dan Rancangan Penelitian

Penelitian ini didesain dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial yang terdiri atas dua faktor. Dua faktor yang diamati adalah:

- Faktor I : jarak tanam *Caulerpa* sp.. dengan 3 level (20, 30 dan 40 cm),
- Faktor II : kedalaman tanam *Caulerpa* sp.. yang juga terdiri dari 3 level (50, 100 dan 150 cm).

Dengan demikian penelitian ini mempunyai 9 kombinasi perlakuan. Setiap perlakuan tersebut adalah:

- Perlakuan 1 : Jarak tanam 20 cm dengan kedalaman tanam 50 cm dari permukaan air.
- Perlakuan 2 : Jarak tanam 20 cm dengan kedalaman tanam 100 cm dari permukaan air.
- Perlakuan 3 : Jarak tanam 20 cm dengan kedalaman tanam 150 cm dari permukaan air.
- Perlakuan 4 : Jarak tanam 30 cm dengan kedalaman tanam 50 cm dari permukaan air.
- Perlakuan 5 : Jarak tanam 30 cm dengan kedalaman tanam 100 cm dari permukaan air.

- Perlakuan 6 : Jarak tanam 30 cm dengan kedalaman tanam 150 cm dari permukaan air.
- Perlakuan 7 : Jarak tanam 40 cm dengan kedalaman tanam 50 cm dari permukaan air.
- Perlakuan 8 : Jarak tanam 40 cm dengan kedalaman tanam 100 cm dari permukaan air.
- Perlakuan 9 : Jarak tanam 40 cm dengan kedalaman tanam 150 cm dari permukaan air.

Masing-masing perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali sehingga terdapat 27 satuan unit percobaan.

Peubah yang Diamati

Parameter yang diamati adalah pertumbuhan dan produksi *Caulerpa* sp. :

1. Pertumbuhan *Caulerpa* sp.

Pengukuran pertumbuhan harian dihitung dengan menggunakan rumus Dawes dkk., (1994 *dalam* Munoz, dkk., 2004); Guo, dkk. (2014) sebagai berikut :

$$DGR = \frac{\ln\left(\frac{W_t}{W_o}\right)}{t} \times 100\%$$

Keterangan:

- DGR = *Daily Growth Rate* / laju pertumbuhan harian (% berat/hari)
- W_t = Bobot basah makroalga pada akhir penelitian (gram)
- W_o = Bobot basah makroalga pada awal penelitian (gram)
- t = Lama pemeliharaan (hari)

2. Produksi

Untuk mengetahui produksi biomassa *Caulerpa* sp. dihitung dengan menggunakan rumus Patajai (2007), sebagai berikut :

$$Pr = \frac{(W_t - W_o)B}{A}$$

Keterangan :

Pr = produksi (g/m^2)

Wo = bobot basah makroalga pada awal penelitian (gr)

Wt = bobot basah makroalga pada akhir penelitian (gr)

A = luas lahan (m^2)

B = jumlah titik tanam

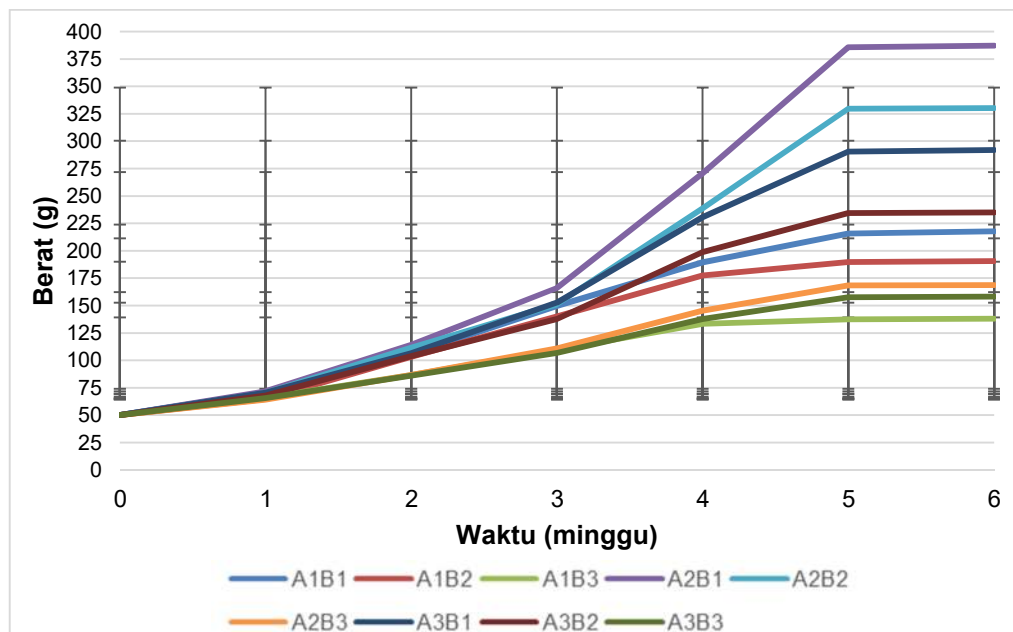
Analisis Data

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan jarak tanam dan kedalaman terhadap laju pertumbuhan dan produksi rumput laut *Caulerpa* sp. dilakukan analisis ragam (Anova). Apabila pengaruh perlakuan berbeda nyata maka dilanjutkan dengan uji lanjut HSD Tukey ($\alpha = 0,05$), untuk membandingkan rata-rata respon pertumbuhan dan produksi *Caulerpa* sp. antar perlakuan jarak tanam, kedalaman serta interaksi jarak tanam dan kedalaman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan Rumput laut *Caulerpa* sp.

Pertumbuhan rumput laut terlihat ketika terjadi penambahan thalus dan penambahan berat pada rumput laut. Pada penelitian ini, pertumbuhan *Caulerpa* sp. dihitung berdasarkan penambahan berat selama masa pemeliharaan. Hasil pengukuran laju pertumbuhan harian rumput laut *Caulerpa* sp. pada setiap perlakuan jarak tanam dan kedalaman selama penelitian dapat dilihat pada lampiran 2.1. Grafik laju pertumbuhan rumput laut *Caulerpa* sp. disajikan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Laju pertumbuhan rumput laut *Caulerpa* sp. pada setiap kombinasi perlakuan selama 6 minggu pemeliharaan (A1B1 = jarak tanam 20 cm, kedalaman 50 cm; A1B2 = jarak tanam 20 cm–kedalaman 100 cm, A1B3 = jarak tanam 20 cm–kedalaman 150 cm; A2B1 = jarak tanam 30 cm–kedalaman 50 cm; A2B2 = jarak tanam 30 cm–kedalaman 100 cm; A2B3 = jarak tanam 30 cm–kedalaman 150 cm; A3B1 = jarak tanam 40 cm–kedalaman 50 cm; A3B2 = jarak tanam 40 cm–kedalaman 100 cm; A3B3 = jarak tanam 40 cm–kedalaman 150 cm).

Berdasarkan Gambar 2.4 menunjukkan bahwa laju pertumbuhan rumput laut *Caulerpa* sp. mengalami peningkatan setiap minggu. Laju pertumbuhan *Caulerpa* sp. pada kombinasi perlakuan jarak tanam 30 cm–kedalaman 50 cm mengalami kenaikan yang signifikan dibanding perlakuan lainnya. Laju pertumbuhan paling rendah terjadi pada kombinasi perlakuan jarak tanam 20 cm–kedalaman 150 cm. Pada minggu pertama pemeliharaan, laju pertumbuhan dari masing-masing perlakuan hampir sama, hal ini mengindikasikan bahwa bibit rumput laut *Caulerpa* sp. masih dalam proses adaptasi dengan lingkungan baru sehingga belum menunjukkan perbedaan yang signifikan akibat variasi jarak tanam dan kedalaman.

Laju pertumbuhan mulai meningkat pada minggu ke-2 sampai minggu ke-5, kemudian terjadi penurunan laju pertumbuhan dari minggu ke-5 sampai minggu ke-6. Berdasarkan pengamatan secara morfologis, pada minggu ke-2 sampai dengan minggu ke-5, pertumbuhan *Caulerpa* sp. nampak sangat pesat, dilihat dari rimbunnya dan munculnya thallus–thallus baru. Dari minggu ke-5 sampai minggu ke-6, pertumbuhan rumput laut *Caulerpa* sp. nampak tidak begitu pesat. Hal ini, *Caulerpa* sp. telah mengalami puncak masa pertumbuhan, sehingga yang terjadi hanya penambahan pada besarnya thallus, namun tidak nampak thallus–thallus muda yang tumbuh. Yusnaini dkk., (2000) menyatakan bahwa rumput laut yang telah mengalami proses adaptasi kemudian mengalami fase pertumbuhan yang cepat dan kemudian terjadi penurunan kemampuan pertumbuhan sel yang menyebabkan pertumbuhan lambat. Penurunan laju pertumbuhan diduga akibat cepatnya terjadi kejenuhan pembelahan sel. Rasyid (2003) mengemukakan bahwa jika penambahan pembesaran sel sudah sampai batas tertinggi pada kondisi optimum, maka sudah tidak dapat meningkat lagi.

Yulianto dan Mira (2009), menyatakan bahwa penurunan laju pertumbuhan terjadi akibat adanya penambahan bobot thallus yang lebih rendah seiring dengan penambahan usia pemeliharaan yang disebabkan oleh terjadinya persaingan dalam memperoleh unsur hara dan penyerapan sinar matahari dalam proses fotosintesis, sehingga laju pertumbuhan rumput laut semakin menurun. Selanjutnya Erpin (2013) menjelaskan rumput laut mempunyai rentang waktu tertentu untuk mencapai pertumbuhan optimal, bahwa penambahan pembesaran sel sudah sampai batas tertinggi pada kondisi optimumnya. Hal ini berarti bahwa pertumbuhan optimum *Caulerpa* sp. setiap harinya terjadi secara optimum pada lama pemeliharaan selama 35 hari. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Azizah

(2006) dan Sunaryo dkk., (2015), bahwa pertumbuhan rumput laut *Caulerpa* sp. mengalami penurunan setelah umur tanaman mencapai 5 minggu (35 hari).

Data hasil perhitungan laju pertumbuhan relatif rata-rata *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi jarak tanam dan kedalaman disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Laju pertumbuhan relatif rata-rata (%/hari) rumput laut *Caulerpa* sp. pada setiap kombinasi perlakuan jarak tanam dan kedalaman selama penelitian.

Kombinasi perlakuan (Jarak tanam-kedalaman)	Laju pertumbuhan relatif (%/hari)
30–50 cm (A2B1)	4,873 ±0,041 ^a
30–100 cm (A2B2)	4,493 ±0,053 ^b
40–50 cm (A3B1)	4,200 ±0,043 ^c
40–100 cm (A3B2)	3,685 ±0,056 ^d
20–50 cm (A1B1)	3,503 ±0,006 ^d
20–100 cm (A1B2)	3,187 ±0,008 ^e
30–150 cm (A2B3)	2,895 ±0,122 ^f
40–150 cm (A3B3)	2,741 ±0,138 ^f
20–150 cm (A1B3)	2,417 ±0,015 ^g

Keterangan : Huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf nyata 5 %. ($P > 0,05$).

Laju pertumbuhan rumput laut *Caulerpa* sp. pada penelitian ini terlihat lebih baik, nilai pertumbuhan harian yang didapatkan telah memenuhi syarat pertumbuhan yang baik untuk budidaya rumput laut yaitu 2,42–4,87%. Menurut Kawaroe, dkk., (2012); Syahlun, dkk., (2013), laju pertumbuhan rumput laut yang baik adalah sebesar 3–5% per hari. Pertumbuhan yang dihasilkan pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan hasil yang diperoleh Azizah (2006) sebesar 1,11–4,03%; Iskandar, dkk., (2015) sebesar 1,98–2,73%; Dahlia, dkk., (2015) sebesar 1,37–3,65%; Yuliana., dkk., (2015) sebesar 1,42–3,59%, dan Rabia, (2016) sebesar 2,92–3,85%.

Berdasarkan Tabel 2.1, menunjukkan bahwa perlakuan jarak tanam 30 cm–kedalaman 50 cm (A2B1) merupakan perlakuan terbaik yang menghasilkan

laju pertumbuhan relatif tertinggi sebesar 4,872%. Laju pertumbuhan terendah terjadi pada perlakuan jarak tanam 20 cm–kedalaman 150 cm (A1B3) sebesar 2,417%. Hasil analisis ragam (Lampiran 2.2) menunjukkan bahwa interaksi jarak tanam dan kedalaman memberikan pengaruh yang nyata terhadap laju pertumbuhan *Caulerpa sp.* Hasil uji lanjut Tukey (Lampiran 2.5) menunjukkan bahwa masing–masing perlakuan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya, kecuali perlakuan jarak tanam 40 cm–kedalaman 100 cm tidak berbeda nyata dengan perlakuan jarak tanam 20 cm–kedalaman 50 cm, dan perlakuan jarak tanam 30 cm–kedalaman 150 cm tidak berbeda nyata dengan perlakuan jarak tanam 40 cm–kedalaman 150 cm.

Perbedaan pertumbuhan pada masing-masing perlakuan menunjukkan bahwa rumput laut *Caulerpa sp.* melakukan mekanisme adaptasi terhadap lingkungan terutama terhadap cahaya yang berbeda pada kedalaman berbeda. Disamping itu merupakan adaptasi terhadap faktor lain seperti kecepatan arus, nutrisi terlarut dan suhu yang berkaitan dengan pertumbuhan thallus. Rumput laut *Caulerpa sp.* sebagaimana tanaman berklorofil lainnya memerlukan unsur hara sebagai bahan baku untuk proses fotosintesis bagi pertumbuhannya. Kecukupan sinar matahari sangat menentukan kecepatan rumput laut untuk memenuhi kebutuhan nutrisi seperti karbon (C), nitrogen (N) dan fosfor (P) untuk pertumbuhan dan pembelahan selnya. Susilowati (2012), bahwa laju pertumbuhan yang kurang maksimal disebabkan oleh karena ketersediaan nutrisi dan intensitas cahaya yang kurang.

Tingginya laju pertumbuhan pada jarak tanam 30 cm menunjukkan bahwa jarak tanam ini merupakan jarak tanam yang tepat bagi pertumbuhan *Caulerpa sp.* Jarak tanam rumput laut dapat mempengaruhi persaingan dalam

mendapatkan unsur hara atau nutrisi. Jarak tanam berhubungan dengan lalu lintas pergerakan air yang membawa unsur hara sehingga proses fotosintesis yang diperlukan untuk pertumbuhan rumput laut dapat berlangsung. Pergerakan air sangat membantu dalam mendistribusikan unsur hara dan fisika kimia air lainnya baik secara horisontal maupun vertikal. Hal ini menyebabkan difusi unsur hara (nutrisi) dari air ke dalam thallus rumput laut berlangsung lebih efektif untuk proses pertumbuhannya. Kondisi ini sangat mendukung pertumbuhan rumput laut yang dibudidayakan.

Pertumbuhan rumput laut akan semakin cepat karena difusi nutrisi ke dalam sel semakin banyak sehingga metabolisme dipercepat. Indriani dan Sumiarsih (2003), mengemukakan bahwa pertumbuhan rumput laut dipengaruhi oleh faktor lingkungan untuk pertumbuhannya berupa nutrisi yang diperoleh dari air di sekitarnya secara difusi melalui dinding talusnya. Selanjutnya Masyahoro dan Mappiratu (2009), menambahkan bahwa jarak tanam rumput laut mempengaruhi luasan thallus rumput laut yang terpapar sinar matahari, sehingga secara tidak langsung akan berpengaruh pula terhadap proses fotosintesis yang mendukung pertumbuhan rumput laut.

Pergerakan air dapat membersihkan rumput laut dari kotoran yang menempel sehingga tidak menghalangi proses fotosintesis. Pergerakan air yang lancar juga mencegah adanya fluktuasi yang besar terhadap salinitas, suhu, pH dan zat-zat terlarut. Suhu lingkungan berperan penting dalam proses fotosintesis, dimana semakin tinggi intensitas matahari dan semakin optimum kondisi temperatur, maka akan semakin nyata hasil fotosintesisnya.

Peningkatan jarak tanam menjadi 40 cm cenderung mengalami penurunan laju pertumbuhan *Caulerpa* sp. Kenyataan ini menunjukkan bahwa

semakin luasnya jarak tanam tidak menjamin dapat memberikan pertumbuhan rumput laut yang semakin baik. Hal ini berbeda dengan yang dikemukakan oleh Prihaningrum, dkk., (2001), Neish (2005) dan Tiar (2012) yang menyatakan semakin luas jarak tanam maka semakin luas pergerakan air yang membawa unsur hara sehingga pertumbuhan rumput laut dapat meningkat. Menurunnya laju pertumbuhan pada jarak tanam 40 cm dikarenakan pertumbuhan thallus agak memanjang dengan sedikit ramuli (anggur) yang terbentuk sehingga berakibat pada menurunnya biomassa *Caulerpa* sp. (Gambar 2.5.c).



Gambar 2.5. Morfologi rumput laut *Caulerpa* sp. berdasarkan jarak tanam, dengan kedalaman 50 cm (A=jarak tanam 20; B=jarak tanam 30 cm; C=jarak tanam 40 cm).

Rendahnya laju pertumbuhan pada jarak tanam 20 cm disebabkan kerapatan rumput laut lebih tinggi mengakibatkan rendahnya pergerakan air (arus). Dengan laju pergerakan air yang lebih rendah (lambat) pada jarak tanam 20 cm menyebabkan unsur-unsur hara relatif lebih lambat terdifusi (passive ion uptake) dari air ke dalam thalus sehingga proses metabolisme rumput laut terganggu. Jarak tanam berpengaruh terhadap ruang tumbuh, cahaya yang diterima, tingkat persaingan untuk memperoleh zat makanan baik makro maupun mikro serta faktor-faktor pertumbuhan lainnya sehingga jarak tanam juga mempengaruhi ukuran baik seluruh rumput laut maupun bagian-bagian rumput laut. Keadaan ini dapat ditunjukkan pada minggu ke-4 pemeliharaan secara

morfologi (Gambar 2.5.a) terlihat bagian stolon dari *Caulerpa* sp. saling terkait antara rumpun yang satu dengan rumpun lainnya, tangkai/asimilator pendek serta ramuli yang terbentuk lebih kecil dibandingkan ukuran ramuli pada jarak tanam 30 cm. Hal ini sesuai yang dikemukakan oleh Haris (2008) bahwa jarak tanam yang terlalu rapat dapat mempengaruhi pertumbuhan rumput laut karena rumput laut sulit untuk menyerap unsur hara sebagai asupan makanannya, akibatnya rumput laut sulit untuk berkembang.

Akibat dari rendahnya pergerakan air (arus) pada jarak tanam 20 cm dijumpai banyak tumbuhan mikro dan hewan-hewan yang menempel pada thallus sehingga terjadi persaingan unsur hara antara tumbuhan mikro dengan rumput laut, pengumpulan kotoran pada thallus yang menutupi thallus sehingga berakibat terganggunya proses fotosintesis yang menyebabkan proses metabolisme lambat sehingga pertumbuhan rumput laut menjadi lambat.

Rumput laut tumbuh melalui proses fotosintesis, sebagai organisme produsen sehingga menghasilkan sel-sel sebagai hasil dari metabolisme dan digunakan untuk memperbanyak jumlah thallus sehingga ukuran dan jumlah thallus semakin lama semakin banyak. Tingginya laju pertumbuhan pada kedalaman tanam 50 cm menunjukkan bahwa kedalaman ini merupakan kedalaman yang tepat bagi pertumbuhan *Caulerpa* sp. Peranan kedalaman terhadap pertumbuhan rumput laut berhubungan dengan penetrasi cahaya, stratifikasi suhu secara vertikal, densitas, kandungan oksigen dan unsur hara.

Pada kedalaman 50 cm, *Caulerpa* sp. dapat memanfaatkan sinar matahari lebih optimal sebagai energi untuk fotosintesis yang selanjutnya dipergunakan didalam proses metabolisme untuk memproduksi cadangan makanan di dalam rumput laut. Burfeind dan James, (2009), menyatakan bahwa

faktor penting yang mempengaruhi laju pertumbuhan rumput laut tergantung pada intensitas sinar matahari untuk melakukan proses fotosintesis, dimana melalui proses inilah maka sel-sel rumput laut dapat menyerap unsur hara sehingga memacu pertumbuhan harian rumput laut melalui aktifitas pembelahan sel. Perbedaan intensitas cahaya yang diterima rumput laut pada kedalaman berbeda akan berpengaruh terhadap hamparan dinding sel baru yang hampir tidak mengalami perubahan ketika perluasan daya tumbuh rumput laut dihambat oleh cahaya.

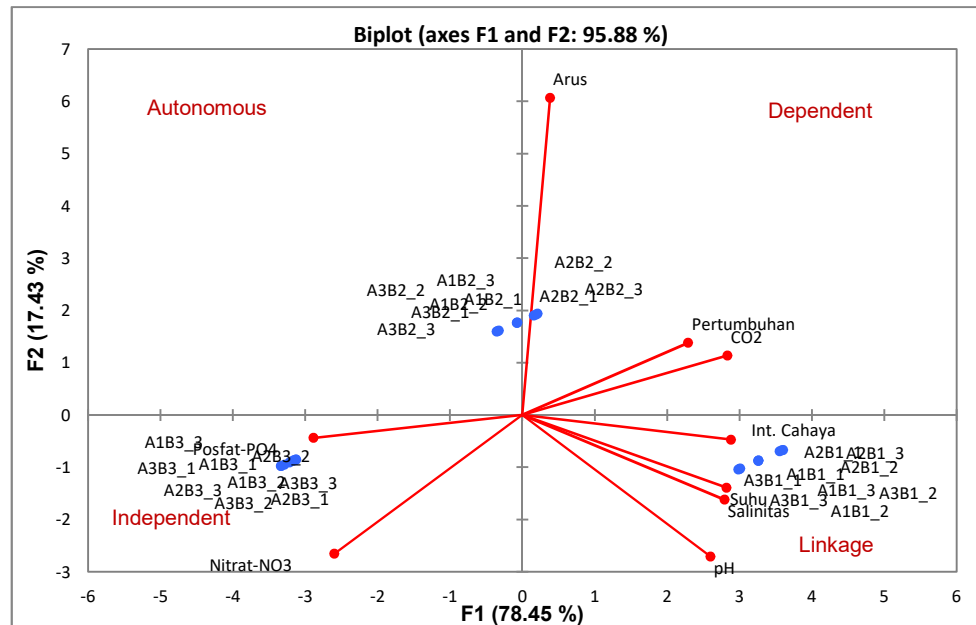
Dengan intensitas cahaya matahari yang relatif lebih tinggi yang mencapai talus rumput laut, maka proses metabolisme (fotosintesis dan penyerapan unsur hara) berlangsung lebih efektif. Energi matahari diperlukan sebagai energi dalam penyerapan unsur hara (NO_3 dan PO_4) secara aktif (active ion uptake) oleh rumput laut, karena peningkatan fotosintesis dapat meningkatkan kemampuan rumput laut untuk memperoleh unsur hara atau nutrient. Unsur hara tersebut berupa nitrat dan fosfat (Kushartono, dkk., 2009). Unsur nitrogen dapat merangsang pembentukan thallus, unsur fosfat digunakan sebagai faktor pendukung bagi rumput laut dalam melakukan proses fotosintesis sehingga dapat merangsang pertumbuhan rumput laut. Dengan kedalaman tanam 50 cm diduga laju penyerapan makanan berlangsung lebih cepat karena jarak antara permukaan (surface) air dengan rumput laut tidak terlalu jauh sehingga memudahkan rumput laut menyerap cahaya matahari.

Secara fisiologis, cahaya mempunyai pengaruh pada metabolisme secara langsung melalui fotosintesis, secara tidak langsung melalui pertumbuhan dan perkembangan rumput laut, keduanya sebagai akibat respon metabolik yang langsung dan lebih kompleks oleh pengendalian morfogenesis. Peningkatan

kedalaman tanam menjadi 100 cm dan 150 cm cenderung menurunkan laju pertumbuhan. Rendahnya laju pertumbuhan rumput laut dengan semakin bertambahnya kedalaman disebabkan cahaya yang diabsorpsi energinya berkurang dan daya tembusnya menurun berdasarkan kedalaman. Intensitas yang terlalu rendah menjadi pembatas bagi proses fotosintesis pada rumput laut seperti pertumbuhan thallus terhambat (Sunarto, 2008).

Kondisi kekurangan cahaya berakibat terganggunya metabolisme, sehingga menyebabkan menurunnya laju fotosintesis. Pada kondisi kekurangan cahaya, tanaman berupaya untuk mempertahankan agar fotosintesis tetap berlangsung. Keadaan ini dapat dicapai apabila respirasi juga efisien. Akan tetapi bertambahnya kedalaman akan menurunkan tingkat respirasi sel sehingga energi untuk proses fisiologi tanaman tidak optimal, serta menurunkan hasil fotosintesis sehingga translokasi fotosintat untuk pertumbuhan thallus juga berkurang dan menyebabkan pertumbuhan *Caulerpa* sp. tidak optimal. Menurut Kune (2007), bahwa kedalaman mempengaruhi laju pertumbuhan rumput laut dengan makin bertambahnya kedalaman penanaman maka penetrasi cahaya makin rendah, dan sirkulasi oksigen juga makin rendah. Perubahan pada intensitas dan kualitas cahaya yang menembus perairan dengan bertambahnya kedalaman menggambarkan kemampuan rumput laut untuk tumbuh. Suparjo (2008); Masyahoro dan Mappiratu (2009), mengemukakan rumput laut yang memperoleh suplay nutrient yang banyak akan mempercepat pertumbuhannya. Selain itu, kemampuan bioekologi bibit rumput laut yang dibudidayakan relatif sama untuk beradaptasi terhadap dinamika kondisi perairan, meliputi suhu, salinitas, derajat keasaman, kecerahan, kecepatan arus yang memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan rumput laut.

Hasil analisis komponen utama Gambar 2.6 yang menyajikan sejumlah kemungkinan parameter kualitas air yang berperan penting terhadap pertumbuhan *Caulerpa* sp. di lokasi penelitian berdasarkan perlakuan.



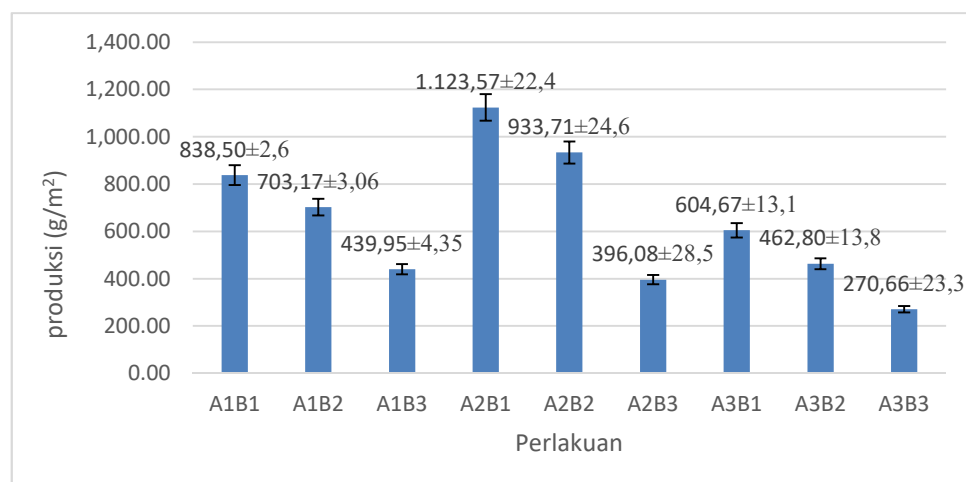
Gambar 2.6. Hubungan parameter kualitas air dengan pertumbuhan rumput laut *Caulerpa* sp. pada masing-masing perlakuan.

Analisis komponen utama (Gambar 2.6), menunjukkan bahwa parameter kualitas air yaitu karbondioksida (CO_2), intensitas cahaya, salinitas, suhu, dan pH, berpengaruh positif terhadap pertumbuhan *Caulerpa* sp. Kecepatan arus mempunyai pengaruh yang kecil terhadap pertumbuhan *Caulerpa* sp. Nitrat dan fosfat berpengaruh negatif terhadap pertumbuhan *Caulerpa* sp., hal ini disebabkan bahwa konsentrasi nitrat dan fosfat yang terukur selama penelitian tergolong rendah namun masih layak untuk pertumbuhan *Caulerpa* sp. Rendahnya kadar nitrat dan fosfat tersebut kemungkinan disebabkan telah diserap oleh rumput laut dimana lokasi ini merupakan ekosistem rumput laut yang cukup luas. Nitrat dan fosfat seringkali merupakan faktor pembatas bagi pertumbuhan rumput laut (Malta, dkk., 2002). Parameter kualitas air yang

berpengaruh pada kedalaman tanam 50 cm terdiri dari pH, salinitas, suhu, dan intensitas cahaya. Pada kedalaman tanam 100 cm tidak memperlihatkan parameter kualitas air yang menonjolkan pengaruh tertentu. Sementara, perlakuan kedalaman tanam 150 cm parameter kualitas air yang paling berpengaruh adalah nitrat dan fosfat.

Produksi

Produksi rata-rata rumput laut *Caulerpa* sp. pada masing-masing kombinasi perlakuan disajikan pada Gambar (2.7).



Gambar 2.7. Produksi rata-rata rumput laut *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi perlakuan (A1B1 = jarak tanam 20 cm–kedalaman 50 cm; A1B2 = jarak tanam 20 cm–kedalaman 100 cm, A1B3 = jarak tanam 20 cm–kedalaman 150 cm; A2B1 = jarak tanam 30 cm–kedalaman 50 cm; A2B2 = jarak tanam 30 cm–kedalaman 100 cm; A2B3 = jarak tanam 30 cm–kedalaman 150 cm; A3B1 = jarak tanam 40 cm–kedalaman 50 cm; A3B2 = jarak tanam 40 cm–kedalaman 100 cm; A3B3= jarak tanam 40 cm–kedalaman 150 cm).

Berdasarkan Gambar (2.7) menunjukkan bahwa produksi rumput laut *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi jarak tanam dan kedalaman bervariasi antara 270.66–1.123,57 g/m². Produksi tertinggi dicapai pada kombinasi

perlakuan jarak tanam 30 cm–kedalaman tanam 50 cm sebesar 1.123,57 g/m². Hal ini disebabkan bahwa pada perlakuan ini laju pertumbuhan *Caulerpa* sp. lebih tinggi dibanding perlakuan lainnya sehingga produksi yang dihasilkan juga lebih tinggi. Produksi terendah terjadi pada perlakuan jarak tanam 40 cm–kedalaman 150 cm (A3B3) sebesar 270,66 g/m².

Data hasil perhitungan produksi rata-rata *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi jarak tanam dan kedalaman disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Produksi rata-rata rumput laut *Caulerpa* sp. pada setiap kombinasi perlakuan jarak tanam dan kedalaman selama penelitian.

Kombinasi Perlakuan (jarak tanam – kedalaman)	Produksi (g/m ²)
30–50 cm (A2B1)	1.123,567±22,4 ^a
30–100 cm (A2B2)	933,713±24,57 ^b
20–50 cm (A1B1)	838,500±2,60 ^c
20–100 cm (A1B2)	703,167±3,06 ^d
40–50 cm (A3B1)	604,667±13,13 ^e
40–100 cm (A3B2)	462,800±13,85 ^f
20–150 cm (A1B3)	439,950±4,35 ^{fg}
30–150 cm (A2B3)	396,077±28,46 ^g
40–150 cm (A3B3)	270,660±23,25 ^h

Keterangan : Huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf nyata 5 %. (P>0,05).

Berdasarkan Tabel 2.2, menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan jarak tanam dan kedalaman tanam memberikan respon yang berbeda terhadap produksi *Caulerpa* sp. Hal ini menunjukkan interaksi jarak tanam dan kedalaman sangat mempengaruhi produksi biomassa. Kombinasi perlakuan jarak tanam 30 cm–kedalaman 50 cm memberikan produksi tertinggi sebesar 1123,567 g/m², sedang produksi yang terendah terjadi pada kombinasi perlakuan jarak tanam 40 cm–kedalaman 150 cm (A3B3) sebesar 270,660 g/m². Hal ini menunjukkan bahwa teknik budidaya dengan mengatur jarak tanam dan kedalaman

mempengaruhi jumlah produksi yang dihasilkan. Hasil analisis ragam (Lampiran 2.6) menunjukkan bahwa interaksi jarak tanam dan kedalaman memberikan pengaruh yang nyata terhadap produksi *Caulerpa* sp. Hasil uji lanjut Tukey (Lampiran 2.9) bahwa masing-masing perlakuan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya, kecuali pada perlakuan jarak tanam 40 cm–kedalaman 100 cm tidak berbeda nyata dengan perlakuan jarak tanam 20 cm–kedalaman 150 cm, dan perlakuan jarak tanam 20 cm–kedalaman 150 cm tidak berbeda nyata dengan perlakuan jarak tanam 30 cm–kedalaman 150 cm.

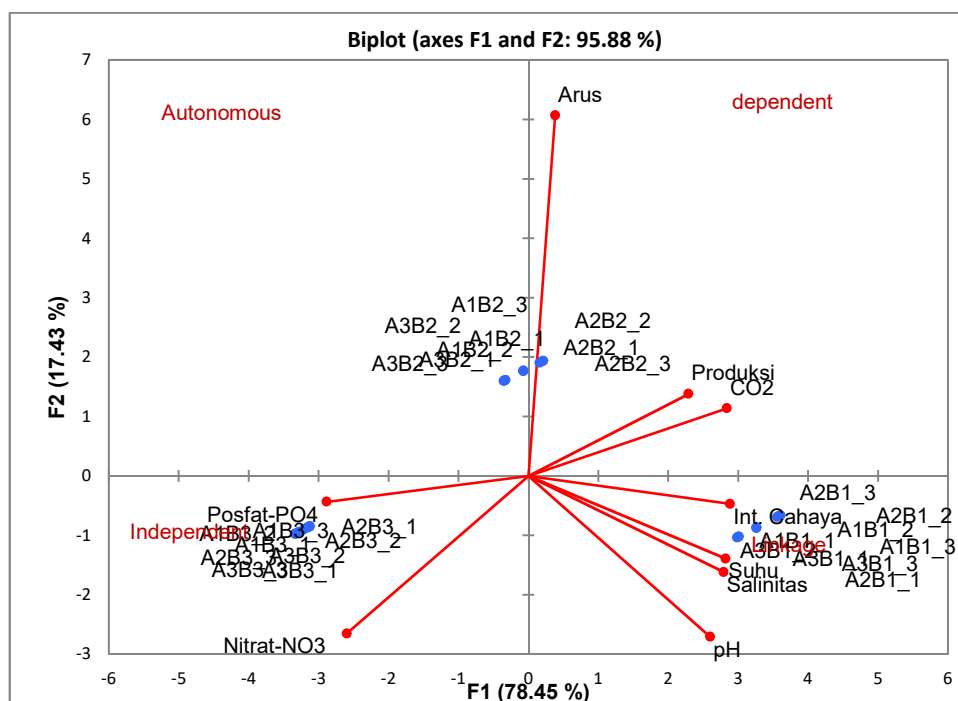
Tingginya produksi pada jarak tanam 30 cm menunjukkan bahwa pada jarak tanam 30 cm merupakan jarak tanam yang terbaik yang memberikan laju pertumbuhan *Caulerpa* sp. tertinggi sehingga produksi juga tinggi. Pada jarak tanam 40 cm produksi yang dihasilkan lebih rendah dari pada jarak tanam 20 cm, walaupun laju pertumbuhannya lebih tinggi dibanding jarak tanam 20 cm. Hal ini disebabkan bahwa jarak tanam 40 cm terlalu luas, maka jumlah titik tanam *Caulerpa* sp. persatuan luas lebih sedikit sehingga produksi lebih rendah. Pada jarak tanam 20 cm, meskipun laju pertumbuhannya lebih rendah dibanding jarak tanam 40 cm, akan tetapi jumlah titik tanam persatuan luas lebih banyak maka produksi yang dihasilkan lebih besar.

Peningkatan kedalaman tanam cenderung menurunkan produksi biomassa, sebagai salah satu penyebab adalah kondisi perairan. Dengan semakin bertambahnya kedalaman tanam intensitas cahaya matahari untuk proses fotosintesis semakin menurun menyebabkan laju pertumbuhan *Caulerpa* sp. semakin rendah sehingga produksi yang dihasilkan juga rendah. Kondisi lokasi penanaman rumput laut dekat permukaan merupakan salah satu faktor yang menguntungkan bagi rumput laut, karena proses fotosintesis dapat

berlangsung secara optimal. Kecerahan yang tinggi memungkinkan proses fotosintesis rumput laut dapat berlangsung dengan baik (Patajai, 2007).

Rumput laut dapat tumbuh secara optimal apabila memperoleh suplay nutrisi yang cukup serta mendapatkan intensitas cahaya matahari yang baik dalam membantu proses fotosintesis bagi pertumbuhan. Menurut Susilowati, dkk. (2012), bahwa lokasi budidaya berhubungan dengan ketersediaan hara, arus, salinitas, temperatur dan pencahayaan yang sesuai, akan mengakibatkan rumput laut dapat tumbuh dengan baik dan menghasilkan produksi yang tinggi. Rumput laut dapat tumbuh baik dan mencapai produksi tinggi apabila dibudidayakan pada lokasi kedalaman penanaman yang sesuai.

Hasil analisis komponen utama, menggambarkan sejumlah parameter kualitas air yang berperan terhadap produksi *Caulerpa* sp. di lokasi penelitian disajikan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Hubungan parameter kualitas air dengan produksi rumput *Caulerpa* sp. pada masing-masing perlakuan.

Hasil analisis komponen utama (Gambar 2.8) dapat dijelaskan bahwa seperti halnya dengan pertumbuhan, parameter kualitas air yang berpengaruh positif terhadap produksi *Caulerpa* sp. yaitu karbondioksida (CO_2), intensitas cahaya, suhu, salinitas dan pH. Kecepatan arus mempunyai pengaruh yang kecil terhadap produksi *Caulerpa* sp. Nitrat dan fosfat berpengaruh negatif terhadap produksi *Caulerpa* sp. Hal ini disebabkan oleh konsentrasi nitrat dan fosfat yang terukur selama penelitian rendah namun masih layak bagi kebutuhan rumput laut *Caulerpa* sp. Parameter kualitas air yang berpengaruh pada perlakuan kedalaman tanam 50 cm terdiri dari pH, salinitas, suhu, dan intensitas cahaya. Pada kedalaman tanam 100 cm tidak memperlihatkan parameter kualitas air yang menonjolkan pengaruh tertentu. Sementara, perlakuan kedalaman tanam 150 cm parameter kualitas air yang paling berpengaruh adalah Nitrat (NO_3) dan Fosfat (PO_4).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa laju pertumbuhan dan produksi rumput laut *Caulerpa* sp. tertinggi diperoleh pada kombinasi jarak tanam 30 cm dengan kedalaman tanam 50 cm dari permukaan air yaitu sebesar 4,872%/hari, sedangkan produksi yang dihasilkan mencapai 1.123,57 g/m².

Saran

Dari hasil penelitian, dapat disarankan bahwa untuk budidaya rumput laut *Caulerpa* sp. dengan metode budidaya apung di permukaan laut sebaiknya menggunakan jarak tanam 30 cm dengan kedalaman 50 cm dari permukaan air.

BAB III

KUALITAS RUMPUT LAUT *Caulerpa* sp. HASIL BUDIDAYA PADA KEDALAMAN AIR DAN JARAK TANAM BERBEDA DI PERAIRAN TAKALAR

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Rumput *Caulerpa* sp. merupakan salah satu komoditas dari rumput laut yang telah dimanfaatkan oleh masyarakat secara langsung sebagai makanan dalam bentuk lalapan dan sayuran. *Caulerpa* sp. memiliki nilai pangan dan gizi antara lain kandungan kimianya yang berupa karbohidrat, protein, vitamin dan mineral (Azizah, 2006; Rodrigues, *dkk.*, 2015) dan polyphenol (Sanchez, 2004). *Caulerpa* sp. termasuk dalam *Feather Seaweed* (Hold dan Kraan, 2011). *Feather Seaweed* dilaporkan sebagai makroalga yang dapat dimakan, mempunyai zat bioaktif seperti anti bakteri, anti jamur, anti tumor dan bisa digunakan untuk terapi tekanan darah tinggi dan gondok. Zat bioaktif ada-lah zat yang termasuk meabolit sekunder yang bersifat aktif secara biologi dan dapat digunakan untuk industri pangan dan farmasi (BBRP2BKP, 2010; Wang, *dkk.*, 2014 ; Sharma dan Rhyu, 2015). Izzati (2007) menyatakan bahwa *Caulerpa racemosa* memiliki aktivitas antibakteri terhadap tiga jenis bakteri patogen yaitu *Pseudomonas pavanaceae*, *Pseudomonas syntata*, dan *Pseudomonas tetrolens*. Ketiga jenis bakteri patogen ini sering menyerang udang windu.

Beberapa penelitian mengenai komposisi nutrisi rumput laut *Caulerpa* sp. yang bersumber dari alam antara lain oleh Talakua, *dkk.*, (2011), bahwa *Caulerpa racemosa* memiliki kandungan gizi seperti kadar air 37,37%, abu

30,31%, protein 6,63%, lemak 2,09%, karbohidrat 23,63%, kadar serat 9,94% serta memiliki kadar kalsium sebagai salah satu mineral makro sebesar 1,766%. Selanjutnya Charles (2000), bahwa kandungan protein dan karbohidrat dari *Caulerpa racemosa* relatif tinggi. Kandungan lemak bersifat fluktuatif, kandungan air meningkat, kandungan abu dan serat kasar menurun selama periode penelitian. Hasil penelitian Sedjati (1999) menunjukkan bahwa *C. racemosa* dan *C. serulata* yang tumbuh di Perairan Teluk Awur Jepara mengandung kadar air 91.06%, kadar abu 5.22%, kadar protein 0.80%, kadar lemak 0.03% dan karbohidrat 2.89%. Komposisi kimia tersebut berbeda antar spesies maupun dalam satu spesies tergantung pada jenis, habitat dan musim (Winarno, 1990). Yangthong (2009), menyatakan bahwa *Caulerpa* sp. bersifat sebagai antioksidan dan ekstrak metanol mengandung tiga macam katekin (fiavanol) yaitu gallo katekin, epikatekin dan katekin gallat. Katekin merupakan hasil metabolit tanaman yang termasuk dalam famili flavonoid dan berfungsi sebagai antioksidan. Selanjutnya Matanjung (2009), bahwa rumput laut jenis *Caulerpa* sp. dapat menurunkan kolesterol karena mengandung serat yang tinggi, acid lemak omega-3 seperti acis eikosapentaenoik, dan sebagai antioksidan karena mengandung polifenol, vitamin C, α -tokoferol, karotenoid dan selenium.

Sampai saat ini masih sedikit sekali data dan informasi mengenai aspek komposisi nutrisi dari rumput laut *Caulerpa* sp. yang menunjang pemanfaatannya sebagai sumber makanan yang bernilai gizi. Sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui komposisi nilai gizi *Caulerpa* sp. hasil budidaya, diharapkan dapat memberikan wawasan tentang pemanfaatan rumput laut menjadi meluas, tidak hanya dinikmati masyarakat sekitar pantai tetapi juga oleh masyarakat umum, kemudian dikembangkan menjadi produk olahan yang bernilai ekonomis.

Tujuan dan Kegunaan

Mengkaji kualitas rumput laut *Caulerpa* sp. hasil budidaya pada kedalaman air dan jarak tanam berbeda. Sedangkan kegunaan dari penelitian ini adalah dengan sebagai bahan informasi mengenai kualitas (komposisi nutrisi) *Caulerpa* sp diharapkan dapat memberikan wawasan tentang pemanfaatan rumput laut hijau menjadi luas, tidak hanya dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai sayur laut, tetapi dapat dimanfaatkan menjadi produk pangan bergizi maupun pangan fungsional dengan inovasi deversifikasi produknya.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Kajian kualitas rumput laut *Caulerpa* sp dilaksanakan pada bulan April hingga Desember 2015 di Laboratorium Produktifitas dan Kualitas Perairan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan serta Laboratorium Nutrisi Ternak Fakultas Peternakan Universitas Hasanuddin.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan elektrik, *hotplate*, teflon, oven, nampan, tabung reaksi, inkubator, pipet ukur, *rubber bulb*, spektrofotometer, *aluminium foil*, erlenmeyer, tabung kuvet, tabung sentrifuge, sentrifugasi, spatula, vortex, labu lemak,blender, kasa, kompor gas, labu didih, gelas ukur cawan porselin, labu *kjeldahl*, tanur, cawan kaca masir dan desikator. Sedangkan bahan utama yang digunakan yaitu makroalga *Caulerpa* sp yang berasal dari perairan takalar, NaOH 0,3 M, HCl, n-Heksana, asam borat, alkohol 96%, larutan *bromcresol green*, larutan metil merah,dan aquades.

Pelaksanaan Penelitian

Penanaman *Caulerpa* sp menggunakan sistem rakit apung dengan metode tali tunggal apung (floating monoline method). Berat awal bibit 50 gram/rumpun, jarak tanam per titik rumpun sesuai faktor perlakuan yaitu 20, 30 dan 40 cm dengan kedalaman 50, 100 dan 150 cm dari permukaan air. Penelitian ini didesain dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial yang terdiri atas dua faktor. Faktor I: jarak tanam, faktor II : kedalaman tanam. Dengan demikian penelitian ini mempunyai 9 kombinasi perlakuan, dilakukan 3 kali pengulangan sehingga terdapat 27 satuan unit percobaan.

Analisis kualitas *Caulerpa* sp hasil budidaya menggunakan analisis proximat yang dilakukan setiap dua minggu sekali (hari 0 (awal tanam), 14, 28 dan 42 hari setelah tanam), yang meliputi: kadar protein, kadar air, kadar abu, kadar lemak, serat kasar, kadar karbohidrat dan kadar karotenoid.

Kadar Protein

Analisis kadar protein dilakukan dengan metode *kjeldahl* (AOAC, 2005/AOAC 1995). Prinsipnya adalah oksidasi bahan-bahan berkarbon dan konversi nitrogen menjadi amonia oleh asam sulfat, selanjutnya amonia bereaksi dengan kelebihan asam membentuk amonium sulfat. Amonium sulfat yang terbentuk diuraikan dan larutan dijadikan basa dengan NaOH. Amonia yang diuapkan akan diikat dengan asam borat. Nitrogen yang terkandung dalam larutan ditentukan jumlahnya dengan titrasi menggunakan larutan baku asam. Sampel ditimbang sebanyak 0,1-0,5 g, dimasukkan ke dalam labu *kjeldahl* 100 mL, ditambahkan dengan $\frac{1}{4}$ buah tablet, kemudian didekstruksi sampai larutan menjadi hijau jernih dan SO₂ hilang. Larutan dibiarkan dingin dan dipindahkan ke labu 50 mL dan diencerkan dengan akuades sampai tanda tera, dimasukkan ke

dalam alat destilasi, ditambahkan dengan 5-10 mL NaOH 30-33% dan dilakukan destilasi. Destilat ditampung dalam larutan 10 ml asam borat 3% dan beberapa tetes indikator (larutan *bromcresol green* 0,1% dan 29 larutan metil merah 0,1% dalam alkohol 95% secara terpisah dan dicampurkan antara 10 ml *bromcresol green* dengan 2 mL metil merah) kemudian dititrasi dengan larutan HCl 0,02 N sampai larutan berubah warnanya menjadi merah muda. Penentuan kadar protein dihitung dengan rumus sebagai berikut (AOAC, 2005/AOAC 1995).

$$\text{Protein (\%)} = \frac{(VA - VB) \text{HCL} \times N \text{HCL} \times 14,007 \times 6,25 \times 100\%}{W \times 1000}$$

Keterangan :

VA : mL HCl untuk titrasi sampel

VB : mL HCl untuk titrasi blangko

N : Normalitas HCl standar yang digunakan 14,007 : berat atom

Nitrogen 6,25 : faktor konversi protein untuk rumput laut

W : berat sampel (g) Kadar protein dinyatakan dalam satuan g/100 g sampel

Kadar Serat Kasar

Sampel segar dikeringkan dengan oven pada suhu 60 °C selama 21 jam. Sampel kering sebanyak 2 gram diekstrak lemaknya dengan pelarut *petroleum eter* pada suhu kamar selama 15 menit kemudian sampel dimasukkan ke dalam oven selama 12 jam pada suhu 105 °C. Sampel sebanyak 1gram dimasukkan ke dalam erlenmeyer 500 mL dan ditambah 100 mL H₂SO₄ 0,325 N. Campuran tersebut dihidrolisis dalam autoklaf selama 15 menit pada suhu 105 °C, kemudian ditambah 50 mL NaOH 1,25 N dan dihidrolisis dalam autoklaf selama 15 menit pada suhu 105°C. Larutan kemudian disaring dengan cawan kaca masir G3 yang telah diketahui bobotnya. Cawan kaca masir kemudian dicuci berturut-turut dengan air panas, 25 mL H₂SO₄ 0,325 N, air panas, dan 25 mL

etanol 78%. Cawan kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 1 jam dan dimasukkan ke dalam desikator dan ditimbang kadar serat kasar ditentukan dengan rumus (AOAC, 2005):

$$\text{Kadar serat kasar (\%)} = \frac{C - B}{A} \times 100\%$$

Keterangan :

A : berat sampel (g)

B : berat cawan kaca masir kosong (g)

C : berat cawan dan residu kering (g)

Kadar Air

Analisis kadar air dilakukan dengan menggunakan metode oven (AOAC, 2005). Prinsipnya dengan menguapkan molekul air bebas yang ada dalam sampel. Sampel ditimbang sampai didapat bobot konstan dengan asumsi semua air yang terkandung dalam sampel sudah diuapkan. Banyaknya air yang diuapkan merupakan selisih bobot sebelum dan sesudah pengeringan. Cawan yang akan digunakan dioven terlebih dahulu selama 30 menit pada suhu 100 – 105 °C. Cawan didinginkan dalam desikator untuk menghilangkan uap air dan ditimbang (A). Sampel ditimbang sebanyak 2 g dalam cawan yang sudah dikeringkan (B) kemudian dioven pada suhu 100–105 °C selama 6 jam. Sampel didinginkan dalam desikator selama 30 menit dan ditimbang (C). Tahap ini diulangi hingga dicapai bobot yang konstan. Penentuan kadar air dihitung dengan rumus sebagai berikut (AOAC, 2005).

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{B - C}{B - A} \times 100\%$$

Keterangan :

A : berat cawan kosong (g)

B : berat cawan + sampel awal (g)

C : berat cawan + sampel kering (g)

Kadar Lemak

Analisis kadar lemak dilakukan dengan metode sokhlet (AOAC, 2005). Prinsipnya adalah lemak yang terdapat dalam sampel diekstrak dengan menggunakan pelarut non polar. Labu lemak yang akan digunakan dioven selama 30 menit pada suhu 100-105 °C, lalu didinginkan dalam desikator untuk menghilangkan uap air dan ditimbang (A). Sampel ditimbang sebanyak 2 g (B) kemudian dibungkus dengan kertas saring, ditutup dengan kapas bebas lemak dan dimasukkan ke dalam sokhlet yang telah dihubungkan dengan labu lemak. Sampel sebelumnya telah dioven dan diketahui bobotnya. Pelarut heksan dituangkan sampai sampel terendam dan dilakukan refluks atau ekstraksi selama 5-6 jam atau sampai pelarut lemak yang turun ke labu lemak berwarna jernih. Pelarut lemak yang telah digunakan, disuling dan ditampung. Ekstrak lemak yang ada dalam labu lemak dikeringkan dalam oven bersuhu 100-105 °C selama 1 jam. Labu lemak didinginkan dalam desikator dan ditimbang (C). Tahap pengeringan lemak diulangi sampai diperoleh bobot yang konstan. Penentuan kadar lemak dihitung dengan rumus sebagai berikut (AOAC, 2005).

$$\text{Lemak Total (\%)} = \frac{(C - A) \times 100\%}{B}$$

Keterangan :

A : berat labu alas bulat kosong (g)

B : berat sampel (g)

C : berat labu alas bulat dan lemak hasil ekstraksi (g)

Kadar Abu

Analisis kadar abu dilakukan menggunakan metode oven (AOAC, 2005). Prinsipnya adalah pembakaran bahan-bahan organik yang diuraikan menjadi air dan karbondioksida tetapi zat anorganik tidak terbakar. Zat anorganik ini disebut abu. Cawan yang akan digunakan dioven terlebih dahulu selama 30 menit pada

suhu 100-105 °C, lalu didinginkan dalam desikator untuk menghilangkan uap air dan ditimbang (A). Sampel ditimbang sebanyak 2 g dalam cawan yang sudah dikeringkan (B) kemudian dibakar di atas nyala pembakar sampai tidak berasap dan dilanjutkan dengan pengabuan di dalam tanur bersuhu 550-600 °C sampai pengabuan sempurna. Sampel didinginkan dalam desikator dan ditimbang (C). Tahap pembakaran dalam tanur diulangi sampai didapat bobot yang konstan. Penentuan kadar abu dihitung dengan rumus sebagai berikut (AOAC, 2005).

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{C - A}{B - A} \times 100\%$$

Keterangan :

A : berat cawan kosong (g)

B : berat cawan + sampel awal (g)

C : berat cawan + sampel kering (g)

Kadar Karbohidrat

Penentuan kadar karbohidrat dihitung menggunakan by difference (Winarno, 1996) dengan rumus sebagai berikut:

Karbohidrat (%) = 100% - (kadar air+kadar protein+kadar abu+kadar lemak)%.

Kadar Karotenoid

Karoten diukur dengan menggunakan metode dari Slamet dkk. (1990). Rumput laut yang telah dihaluskan diambil 3 gram, lalu ditambah dengan 30 ml aseton-heksan (3:7), direfluks selama 1 jam. Ekstrak disaring dan diencerkan menjadi 50 ml dengan 9% aseton dalam heksan. Filtrat sebanyak 3 ml + 2 ml trifluoroasetat dalam kloroform (2:1). Larutan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 450 nm. Membuat standard β -karoten dengan konsentrasi 3, 6, 9, 12, dan 15 μg β -karoten perml. Dibuat kurva standard β -karoten sehingga diperoleh garis regresi hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi.

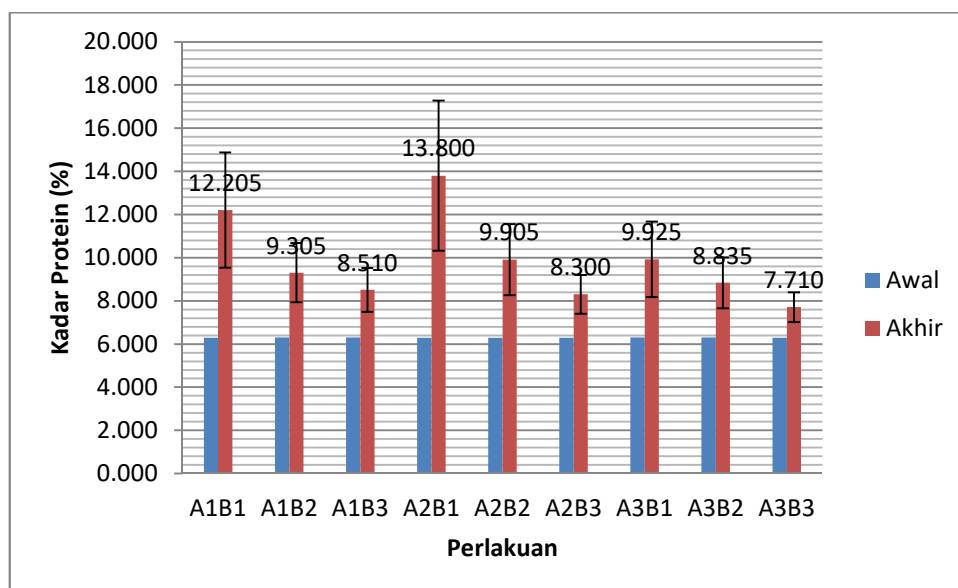
Analisis Data

Data kualitas rumput laut *Caulerpa* sp. untuk mengetahui pengaruh perlakuan (jarak tanam dan kedalaman) terhadap kualitas *Caulerpa* sp. dianalisis dengan menggunakan ANOVA. Untuk membandingkan rata-rata respon kualitas *Caulerpa* sp dilakukan uji lanjut HSD Tukey ($\alpha = 0,05$).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Protein Rumput Laut *Caulerpa* sp.

Kadar protein rumput laut *Caulerpa* sp., masing-masing perlakuan dapat dilihat pada Lampiran 3.1, dengan kadar protein rata-rata ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Kadar protein *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi perlakuan selama 6 minggu (A1B1= jarak tanam 20cm–kedalaman 50cm; A1B2= jarak tanam 20cm–kedalaman 100cm, A1B3= jarak tanam 20cm–kedalaman 150cm; A2B1= jarak tanam 30cm–kedalaman 50cm; A2B2= jarak tanam 30cm–kedalaman 100cm; A2B3= jarak tanam 30cm–kedalaman 150cm; A3B1= jarak tanam 40cm–kedalaman 50cm; A3B2= jarak tanam 40cm–kedalaman 100cm; A3B3= jarak tanam 40cm–kedalaman 150cm).

Berdasarkan Gambar 3.1, menunjukkan bahwa penambahan kadar protein rumput laut *Caulerpa* sp. menghasilkan respon penambahan kadar protein yang bervariasi pada berbagai kombinasi jarak tanam dan kedalaman selama 6 minggu antara 7,71-13,80%. Kadar protein tertinggi didapatkan pada perlakuan jarak tanam 30 cm, kedalaman 50 cm (A2B1) sebesar 13,80%. Sedang kadar protein terendah didapatkan pada perlakuan jarak tanam 40 cm, kedalaman 150 cm sebesar 7,71%. Tingginya kadar protein pada perlakuan jarak tanam 30 cm, kedalaman 50 cm (A2B1) disebabkan bahwa pada perlakuan ini kecukupan nutrisi dan proses fotosintesa berlangsung dengan baik yang mempengaruhi kadar protein *Caulerpa* sp. Sesuai dengan pendapat Patandjai (2007), bahwa peningkatan proses fotosintetis akan merangsang rumput laut untuk memanfaatkan atau menyerap unsur hara yang cukup seperti nitrat dan fosfat. yang diperlukan sebagai bahan dasar penyusunan protein. Selanjutnya Handayani, (2006), menyatakan bahwa peningkatan kadar protein rumput laut sejalan dengan meningkatnya laju pertumbuhan. Selanjutnya ditambahkan oleh Eidman (1991), bahwa pada periode pertumbuhan eksponensial alga lebih banyak mensintesis protein sehingga pembentukan dinding sel dan cadangan makanan lebih sedikit. Rendahnya kadar protein *Caulerpa* sp pada perlakuan jarak tanam 40 cm dengan kedalaman 150 cm, disebabkan oleh jarak tanam yang terlalu luas sehingga unsur hara yang terbawa arus air tidak dimanfaatkan dengan baik, penetrasi cahaya yang masuk keperairan lebih rendah sehingga laju proses fotosintesis juga berjalan lambat yang mempengaruhi rendahnya kadar protein rumput laut *Caulerpa* sp.

Data hasil perhitungan penambahan kadar protein rata-rata *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi jarak tanam dan kedalaman disajikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Pertambahan kadar protein rata-rata rumput laut *Caulerpa* sp. pada setiap kombinasi perlakuan jarak tanam dan kedalaman selama penelitian.

Kombinasi Perlakuan (jarak tanam–kedalaman)	Kadar Protein (%)
30–50 cm (A2B1)	7,510±0,014 ^a
20–50 cm (A1B1)	5,915±0,007 ^b
40–50 cm (A3B1)	3,620±0,014 ^c
30–100 cm (A2B2)	3,610±0,000 ^c
20–100 cm (A1B2)	2,995±0,021 ^d
40–100 cm (A3B2)	2,535±0,021 ^e
20–150 cm (A1B3)	2,200±0,014 ^f
30–150 cm (A2B3)	2,010±0,000 ^g
40–150 cm (A3B3)	1,415±0,007 ^h

Ket: Huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf 5 %.

Berdasarkan Tabel 3.1, menunjukkan bahwa pertambahan kadar protein rata-rata tertinggi pada kombinasi perlakuan jarak tanam 30 cm–kedalaman 50 cm sebesar 7,510%. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan jarak tanam 30 cm–kedalaman 50 cm (A2B1) merupakan perlakuan optimal untuk menghasilkan pertambahan kadar protein tertinggi dalam enam minggu pemeliharaan. Pertambahan kadar preotein rata-rata terendah terdapat pada kombinasi perlakuan jarak tanam 40 cm–kedalaman 150 cm. Hasil analisis ragam (Lampiran 3.2) menunjukkan bahwa perlakuan jarak tanam dan kedalaman serta interaksinya berpengaruh sangat nyata terhadap pertambahan kadar protein. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan jarak tanam, kedalaman dan interaksi jarak tanam dan kedalaman sangat mempengaruhi pertambahan kadar protein *Caulerpa* sp. Hasil uji lanjut Tukey (Lampiran 3.3) menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya, kecuali perlakuan jarak tanam 40 cm–kedalaman 50 cm tidak berbeda nyata dengan perlakuan jarak tanam 30 cm–kedalaman 100 cm.

Dennis, dkk., (2010); Dewi dan Eko (2011), menyatakan bahwa ketersediaan unsur hara di perairan khususnya ketersediaan Nitrogen mempengaruhi kadar protein rumput laut. Jarak tanam mempengaruhi lalu lintas air yang membawa unsur hara bagi kebutuhan nutrisi *Caulerpa* sp. Selain itu, jarak tanam akan mempengaruhi luasan thallus rumput laut yang terpapar sinar matahari, sehingga secara tidak langsung akan berpengaruh pula terhadap proses fotosintesis.

Kedalaman perairan mempengaruhi penetrasi cahaya matahari untuk proses fotosintesis yang berpengaruh terhadap kadar protein *Caulerpa* sp. Sebagaimana yang dikemukakan oleh Yuan (2008), bahwa sebagai organisme yang melakukan proses fotosintesis, komposisi kimia rumput laut dapat dipengaruhi tidak hanya oleh konsentrasi nutrisi perairan tetapi juga kedalaman perairan. Selanjutnya Hadie, dkk. (2011), menyatakan bahwa kualitas rumput laut yang memenuhi standar sangat ditentukan oleh proses budidayanya. Martone (2007), menyatakan bahwa perbedaan kadar protein pada rumput laut disebabkan oleh perbedaan spesies, musim, dan kondisi geografis. Perubahan-perubahan itu mungkin disebabkan oleh variasi kondisi lingkungan, seperti intensitas cahaya dan unsur hara perairan.

Pada penelitian ini didapatkan *Caulerpa* sp. mempunyai kandungan protein yang cukup tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa rumput laut ini sangat baik untuk dimanfaatkan sebagai sumber makanan karena kadar proteinnya yang tinggi dan merupakan faktor yang menentukan dalam pemanfaatannya sebagai makanan tambahan/suplemen. Kadar protein dalam bahan makanan sangat menentukan kualitas bahan makanan yang bersangkutan. Protein sangat penting bagi tubuh, karena zat ini mempunyai fungsi sebagai zat pembangun, zat

pengatur dan zat pembakar. Sebagai zat pembangun protein berfungsi membentuk berbagai jaringan baru untuk pertumbuhan, mengganti jaringan yang rusak, maupun bereproduksi. Sedangkan sebagai zat pengatur, protein berperan dalam pembentukan enzim dan hormon penjaga dan pengatur berbagai proses metabolisme di dalam tubuh dan sebagai zat pembakar, karena unsur karbon yang terkandung didalamnya dapat difungsikan sebagai sumber energi pada saat kebutuhan energi tidak terpenuhi oleh karbohidrat dan lemak.

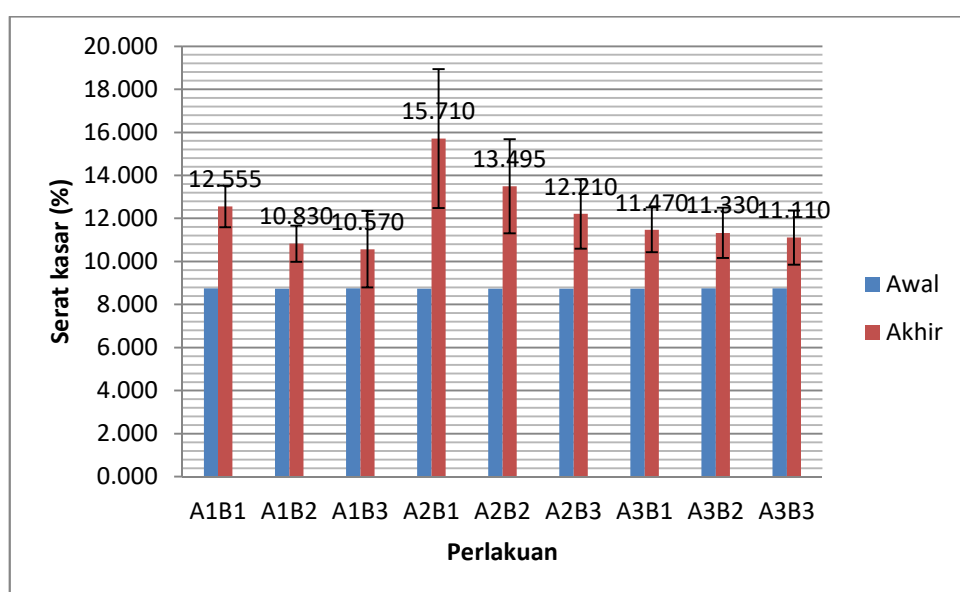
Protein tersusun atas beberapa asam amino dengan ikatan peptida. Menurut Ratana dan Chirapart (2006), tinggi rendahnya kadar protein dapat dihubungkan dengan asam amino yang terkandung dalam bahan, semakin tinggi kandungan asam amino, maka kadar protein yang terkandung juga semakin tinggi. Protein mempunyai kegunaan yang amat banyak dalam tubuh, diantaranya adalah pembongkaran molekul protein untuk mendapatkan energi atau unsur senyawa seperti nitrogen atau sulfur untuk reaksi metabolisme lainnya. Protein merupakan senyawa molekul kompleks, tersusun atas banyak asam amino yang mengandung unsur-unsur karbon, hidrogen, oksigen dan nitrogen yang tidak dimiliki oleh lemak atau karbohidrat.

Pada rumput laut terdapat nilai nutrisi yang tinggi yaitu protein, karbohidrat dan serat kasar. Zat-zat tersebut sangat baik untuk dikonsumsi sehari-hari karena mempunyai fungsi dan peran penting untuk menjaga dan mengatur metabolisme tubuh manusia. Holds dan Kran (2011), menyatakan bahwa rumput laut mengandung beberapa jenis asam amino antara lain: alanin, asam glutamat dan glisin. Molekul protein mengandung pula fosfor dan sulfur. Selanjutnya, Norziah dan Ching (2000) menyatakan bahwa komposisi asam amino esensial dari rumput laut hampir sama dengan asam amino esensial

yang terdapat pada telur. Setelah mengetahui kadar proteinnya yang tinggi dan komposisi asam aminonya, rumput laut menjadi potensi baru sebagai sumber protein makanan.

Kadar Serat Kasar Rumput Laut *Caulerpa* sp.

Kadar serat kasar rumput laut *Caulerpa* sp. Dapat dilihat pada Lampiran 3.4, dengan kadar serat kasar rata-rata disajikan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Kadar serat kasar *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi perlakuan selama 6 minggu (A1B1= jarak tanam 20 cm–kedalaman 50 cm; A1B2= jarak tanam 20 cm–kedalaman 100 cm, A1B3= jarak tanam 20 cm–kedalaman 150 cm; A2B1= jarak tanam 30 cm–kedalaman 50 cm; A2B2= jarak tanam 30 cm–kedalaman 100 cm; A2B3= jarak tanam 30 cm–kedalaman 150 cm; A3B1= jarak tanam 40 cm–kedalaman 50 cm; A3B2= jarak tanam 40 cm–kedalaman 100 cm; A3B3= jarak tanam 40 cm–kedalaman 150 cm).

Hasil pengamatan (Gambar 3.2), menunjukkan bahwa kadar serat kasar rumput laut *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi jarak tanam dan kedalaman selama 6 minggu bervariasi antara 10,57-15,71%. Kadar serat kasar *Caulerpa* sp. didapatkan pada perlakuan jarak tanam 30 cm–kedalaman tanam 50 cm (A2B1), sedang hasil yang terendah didapatkan pada perlakuan jarak tanam 20

cm–kedalaman 150 cm (A1B3). Data hasil perhitungan pertambahan kadar serat kasar rata-rata rumput laut *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi jarak tanam dan kedalaman disajikan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Pertambahan kadar serat kasar rata-rata rumput laut *Caulerpa* sp. pada setiap kombinasi perlakuan jarak tanam dan kedalaman selama penelitian.

Kombinasi Perlakuan (jarak tanam–kedalaman)	Kadar Serat Kasar (%)
30–50 cm (A2B1)	6,970±3,230 ^a
30–100 cm (A2B2)	4,755±2,181 ^b
20–50 cm (A1B1)	3,805±1,779 ^c
30–150 cm (A2B3)	2,370±1,610 ^d
40–50 cm (A3B1)	2,725±1,261 ^e
40–100 cm (A3B2)	2,580±1,168 ^f
40–150 cm (A3B3)	2,375±1,046 ^g
20–100 cm (A1B2)	2,080±0,965 ^h
20–150 cm (A1B3)	1,830±0,840 ⁱ

Ket: Huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf nyata 5 %.

Berdasarkan Tabel 3.2, menunjukkan bahwa perlakuan jarak tanam 30 cm–kedalaman 50 cm (A2B1) memberikan respon pertambahan kadar serat kasar yang optimal diantara semua perlakuan, dengan kadar serat kasar sebesar 6.970% dalam 6 minggu. Hasil analisis ragam (Lampiran 3.5) menunjukkan bahwa perlakuan jarak tanam dan kedalaman serta interaksinya berpengaruh sangat nyata terhadap pertambahan kadar serat kasar. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan jarak tanam, kedalaman dan interaksi jarak tanam dan kedalaman sangat mempengaruhi pertambahan kadar serat kasar *Caulerpa* sp. Hasil uji lanjut Tukey (Lampiran 3.6) menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

Peningkatan kedalaman cenderung menurunkan kadar serat kasar *Caulerpa* sp. Hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan intensitas cahaya yang

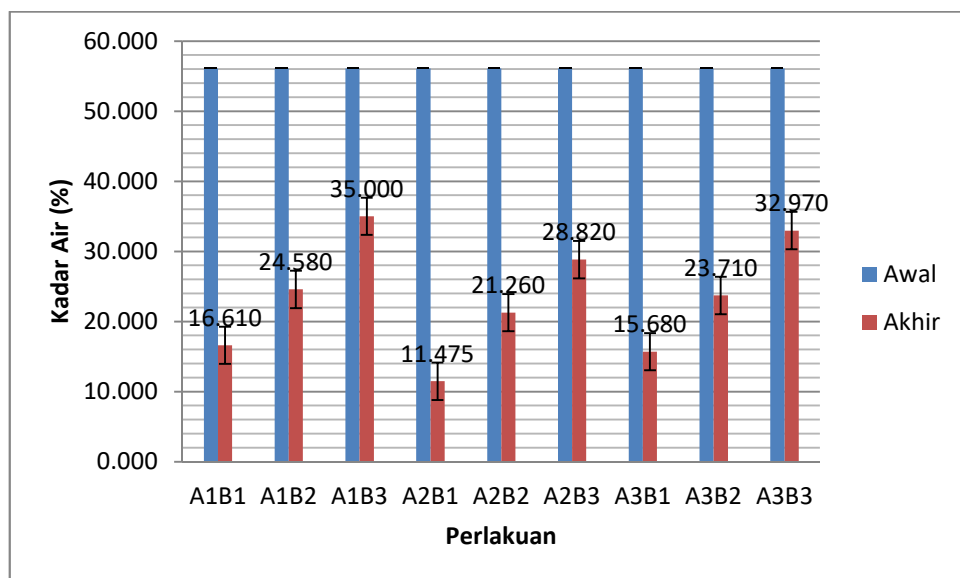
masuk ke perairan untuk digunakan dalam proses fotosintesis yang menghasilkan karbohidrat. Tingginya kandungan serat rumput laut tidak terlepas dari komponen karbohidratnya (Rupérez dan Saura-Calixto, 2001). Rumput laut pada umumnya menyimpan cadangan makanannya dalam bentuk karbohidrat terutama polisakarida yang umumnya berbentuk serat. Senyawa penyusun karbohidrat tersebut merupakan produk lanjut fotosintesis, yang kadarnya dipengaruhi oleh laju proses fotosintesis (Sanchez, *dkk.*, 2004).

Rumput laut, dengan kandungan polisakaridanya yang cukup besar merupakan bahan yang potensial sebagai sumber serat pangan. Serat merupakan komponen penting dalam bahan pangan, terutama dalam menjaga kesehatan dan keseimbangan fungsi sistem pencernaan. Kandungan serat rumput laut memiliki persentase lebih besar pada serat larut air. Kandungan serat larut air rumput laut jauh lebih tinggi dibanding dengan tumbuhan darat yang hanya mencapai sekitar 15% berat kering (Burtin, 2003).

Beberapa studi menunjukkan bahwa serat rumput laut memiliki nilai kesehatan yang penting, berperan dalam menurunkan kadar lipid di dalam darah terutama dalam mengurangi akumulasi kolesterol dalam darah serta memperlancar sistem pencernaan makanan. Serat juga mengatur asupan gula di dalam tubuh memperbaiki penyerapan glukosa bagi penderita diabetes, mencegah penyakit kanker usus dan membantu menurunkan berat badan (Ren, *dkk.*, 1994; Jones, *dkk.*, 2005; Wisten dan Messner, 2005). Jumlah serat kasar merupakan jumlah dietary fiber dan fungsional fiber. Sifat fisikokimia dari serat rumput laut sama dengan serat yang tersedia pada makanan komersial yang kaya akan serat (Venugopal, 2010). Serat dapat meningkatkan kenyamanan pencernaan karena dapat melancarkan pencernaan (Brownlee *dkk.*, 2005).

Kadar Air Rumput Laut *Caulerpa* sp.

Respon kadar air rumput laut *Caulerpa* sp. dapat dilihat pada lampiran 3.7, dengan kadar air rata-rata disajikan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Kadar air *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi perlakuan selama 6 minggu (A1B1= jarak tanam 20cm, kedalaman 50cm; A1B2= jarak tanam 20cm, kedalaman 100cm, A1B3= jarak tanam 20cm, kedalaman 150cm; A2B1= jarak tanam 30cm, kedalaman 50cm; A2B2= jarak tanam 30cm, kedalaman 100cm; A2B3= jarak tanam 30cm, kedalaman 150cm; A3B1= jarak tanam 40cm, kedalaman 50cm; A3B2= jarak tanam 40cm, kedalaman 100cm; A3B3= jarak tanam 40cm, kedalaman 150cm).

Berdasarkan Gambar (3.3) menunjukkan bahwa kadar air rumput laut *Caulerpa* sp cenderung menurun pada berbagai kombinasi perlakuan (jarak tanam–kedalaman), dan menghasilkan respon yang berbeda. Peningkatan kedalaman tanam cenderung meningkatkan kadar air *Caulerpa* sp. Kadar air *Caulerpa* sp. terendah didapatkan pada perlakuan jarak tanam 30 cm–kedalaman 50 cm. Data hasil perhitungan penurunan kadar air rata-rata *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi jarak tanam–kedalaman disajikan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Penurunan kadar air rata-rata rumput laut *Caulerpa* sp. pada setiap kombinasi perlakuan jarak tanam dan kedalaman selama penelitian.

Kombinasi Perlakuan (jarak tanam–kedalaman)	Penurunan kadar Air (%)
30–50 cm (A2B1)	44,610±20,775 ^a
40– 50 cm (A3B1)	40,400±18,666 ^b
20–50 cm (A1B1)	39,480±18,320 ^c
30–100 cm (A2B2)	34,820±16,232 ^d
40–100 cm (A3B2)	32,370±14,580 ^e
20–100 cm (A1B2)	31,505±14,159 ^f
30–150 cm (A2B3)	27,260±13,175 ^g
40–150 cm (A3B3)	23,110±10,869 ^g
20–150 cm (A1B3)	21,100±10,136 ^h

Ket: Huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf nyata 5 %.

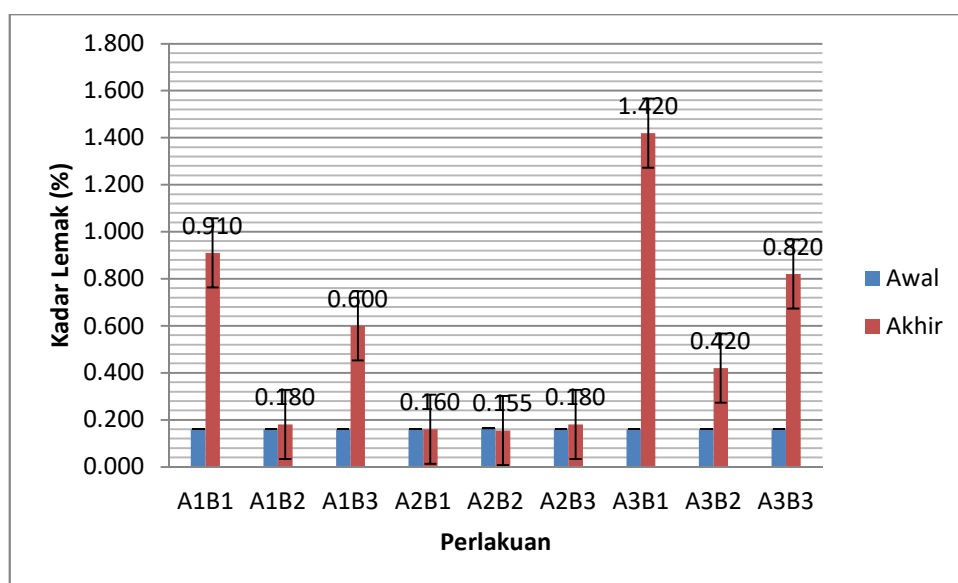
Berdasarkan Tabel 3.3, menunjukkan bahwa perlakuan jarak tanam 30 cm dengan kedalaman 50 cm (A2B1) merupakan perlakuan yang menghasilkan penurunan kadar air yang mencapai 44.610% dalam enam minggu, dan merupakan perlakuan yang menghasilkan kadar air terendah dari masing-masing perlakuan. Hasil analisis ragam (Lampiran 3.8) menunjukkan bahwa perlakuan jarak tanam dan kedalaman serta interaksinya berpengaruh sangat nyata terhadap kadar air *Caulerpa* sp. Hasil uji lanjut Tukey (Lampiran 3.9) menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya, kecuali perlakuan jarak tanam 30 cm–kedalaman 150 cm tidak berbeda nyata dengan perlakuan jarak tanam 40 cm–kedalaman 150 cm.

Kadar air *Caulerpa* sp dipengaruhi oleh kandungan polisakarida dalam sel rumput laut. Air digunakan untuk proses sintesis polisakarida. Semakin tinggi kandungan polisakarida dalam sel rumput laut maka kadar air akan menurun. Rumput laut mengandung kadar air yang lebih besar. Besarnya kandungan air ini

menjadikan tekstur rumput laut umumnya lunak. Oleh karena tekstur yang lunak maka rumput laut dapat dikonsumsi dalam keadaan mentah sebagai lalapan.

Kadar Lemak Rumput Laut *Caulerpa* sp.

Respon kadar lemak *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi jarak tanam dan kedalaman selama 6 minggu ditunjukkan pada Lampiran 3.10, Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Kadar lemak *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi perlakuan selama 6 minggu (A1B1=jarak tanam 20cm, kedalaman 50cm; A1B2=jarak tanam 20cm, kedalaman 100cm, A1B3=jarak tanam 20cm, kedalaman 150cm; A2B1=jarak tanam 30cm, kedalaman 50cm; A2B2=jarak tanam 30cm, kedalaman 100cm; A2B3=jarak tanam 30cm, kedalaman 150cm; A3B1=jarak tanam 40cm, kedalaman 50cm; A3B2=jarak tanam 40cm, kedalaman 100cm; A3B3=jarak tanam 40cm, kedalaman 150cm).

Kadar lemak rumput laut *Caulerpa* sp. cenderung fluktuatif pada masing-masing perlakuan. Hasil pengamatan menunjukkan kadar lemak *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi jarak tanam dan kedalaman selama 6 minggu bervariasi antara 0,16-1,42%. Berdasarkan Gambar (3.4) menunjukkan bahwa kadar lemak *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi jarak tanam dan kedalaman

menghasilkan respon pertambahan kadar lemak yang berbeda.. Santoso dkk., (2006) menyatakan bahwa kadar lemak rumput laut *Caulerpa sertularoides* sebesar $2,3 \pm 0,1\%$.

Data hasil perhitungan pertambahan kadar lemak rata-rata *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi jarak tanam dan kedalaman disajikan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4. Pertambahan kadar lemak rata-rata rumput laut *Caulerpa* sp. pada setiap kombinasi perlakuan jarak tanam dan kedalaman selama penelitian.

Kombinasi Perlakuan (jarak tanam–kedalaman)	Kadar Lemak (%)
40–50 cm (A3B1)	$1,260 \pm 0,577^a$
20–50 cm (A1B1)	$0,750 \pm 0,362^b$
40–150 cm (A3B3)	$0,660 \pm 0,302^c$
20–150 cm (A1B3)	$0,440 \pm 0,223^d$
40–100 cm (A3B2)	$0,260 \pm 0,194^e$
30–150 cm (A2B3)	$0,020 \pm 0,728^f$
20–100 cm (A1B2)	$0,020 \pm 0,686^f$
30–50 cm (A2B1)	$0,000 \pm 0,069^g$
30–100 cm (A2B2)	$-0,010 \pm 0,573^g$

Ket: Huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf nyata 5 %.

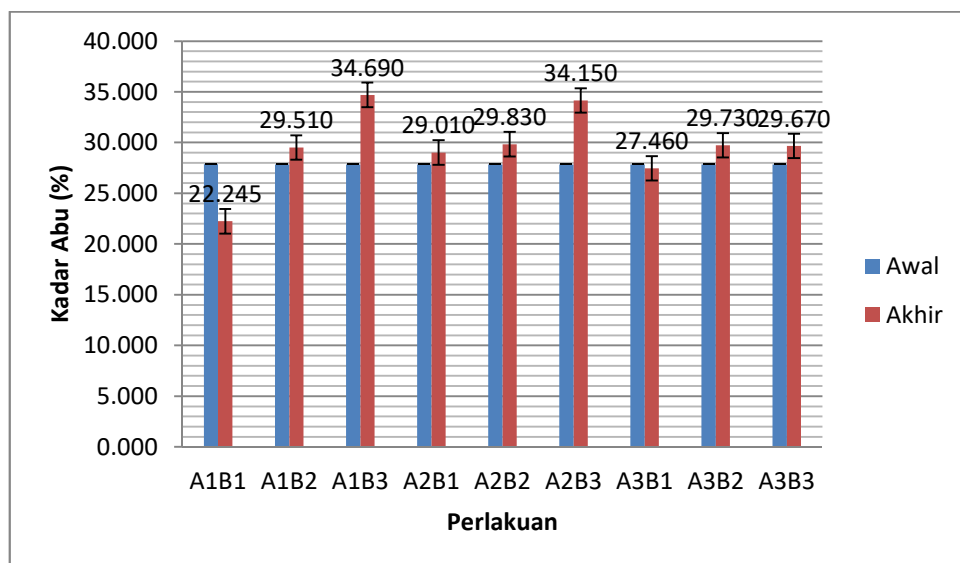
Berdasarkan Tabel 3.4, menunjukkan bahwa jarak tanam 40 cm–kedalaman tanam 50 cm (A3B1), memberikan respon pertambahan kadar lemak *Caulerpa* sp. yang tertinggi sebesar 1,26%. Pada perlakuan jarak tanam 30 cm–kedalaman 100 cm (A2B2), terjadi penurunan kadar lemak sebesar 0,01%. Hasil analisis ragam (Lampiran 3.11) menunjukkan bahwa perlakuan jarak tanam dan kedalaman serta interaksinya berpengaruh sangat nyata terhadap pertambahan kadar lemak. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan jarak tanam, kedalaman dan interaksi jarak tanam dan kedalaman sangat mempengaruhi kadar lemak *Caulerpa* sp. Hasil uji lanjut Tukey (Lampiran 3.12) menunjukkan bahwa masing-

masing perlakuan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya, kecuali perlakuan jarak tanam 30 cm–kedalaman 150 cm tidak berbeda nyata dengan perlakuan jarak tanam 20 cm–kedalaman 100 cm, dan perlakuan jarak tanam 30 cm–kedalaman 50 cm tidak berbeda nyata dengan perlakuan jarak tanam 30 cm–kedalaman 100 cm.

Venughopal (2010), menyatakan bahwa alga laut/ rumput laut tidak kaya akan lemak, ditambahkan oleh Wong dan Cheung (2001), kadar lemak pada rumput laut tergolong rendah. Kadar lemak yang rendah disebabkan oleh kadar air rumput laut yang tinggi. Kadar lemak rumput laut sangat rendah, tetapi susunan asam lemaknya sangat penting bagi kesehatan. Kadar lemak tersusun atas beberapa jenis asam lemak. Lemak rumput laut mengandung asam lemak omega-3 dan omega-6 dalam jumlah yang cukup tinggi. Kedua asam lemak ini merupakan asam lemak yang penting bagi tubuh terutama sebagai pembentuk membran jaringan otak. Selain itu, asam lemak omega-3 dan omega-6 berperan penting dalam mencegah berbagai penyakit seperti penyempitan pembuluh darah, penyakit tulang, dan diabetes. Asam alfa linoleat (omega-3) banyak terkandung dalam rumput laut hijau (Burtin, 2003). Rumput laut dengan kandungan lemaknya yang rendah menyebabkan rumput laut digunakan sebagai salah satu bahan penyusun utama pada makanan diet . Lemak berfungsi sebagai sumber energi yang paling besar diantara protein dan karbohidrat.

Kadar Abu Rumput Laut *Caulerpa* sp.

Abu merupakan komponen dalam bahan makanan yang penting untuk menentukan kadar mineral. Respon kadar abu rumput laut *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi jarak tanam dan kedalaman selama 6 minggu ditunjukkan pada Lampiran 3.13, dengan kadar abu rata-rata disajikan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Kadar abu *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi perlakuan selama 6 minggu (A1B1= jarak tanam 20 cm, kedalaman 50 cm; A1B2= jarak tanam 20 cm, kedalaman 100 cm, A1B3= jarak tanam 20 cm, kedalaman 150 cm; A2B1= jarak tanam 30 cm, kedalaman 50 cm; A2B2= jarak tanam 30 cm, kedalaman 100 cm; A2B3= jarak tanam 30 cm, kedalaman 150 cm; A3B1= jarak tanam 40 cm, kedalaman 50 cm; A3B2= jarak tanam 40 cm, kedalaman 100 cm; A3B3= jarak tanam 40 cm, kedalaman 150 cm).

Hasil pengamatan menunjukkan kadar abu *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi jarak tanam dan kedalaman selama 6 minggu bervariasi, bahkan pada perlakuan jarak tanam 20 cm–kedalaman 50 cm (A1B1) dan perlakuan jarak tanam 40 cm–kedalaman 50 cm (A3B1) cenderung mengalami penurunan. Peningkatan kedalaman tanam cenderung meningkatkan pertambahan kadar abu *Caulerpa* sp. Hal ini sesuai yang dinyatakan oleh Venugopal (2010), besarnya variasi jumlah mineral dan komponen organik pada dasar perairan dan sifat kedalaman perairan, jarak dari tanah dan lingkungan mempengaruhi jumlah mineral sebagai komponen dari kadar abu yang ada pada rumput laut. Data hasil perhitungan pertambahan kadar abu rata-rata *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi jarak tanam dan kedalaman disajikan pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5. Pertambahan kadar abu rata-rata rumput laut *Caulerpa* sp. pada setiap kombinasi perlakuan jarak tanam dan kedalaman selama penelitian.

Kombinasi Perlakuan (jarak tanam–kedalaman)	Kadar Abu (%)
20–150 cm (A1B3)	6,840±3,540 ^a
30–150 cm (A2B3)	6,300±2,820 ^b
30–100 cm (A2B2)	1,980±0,823 ^c
40–100 cm (A3B2)	1,880±0,773 ^d
40–150 cm (A3B3)	1,820±0,774 ^e
20–100 cm (A1B2)	1,660±0,720 ^f
30–50 cm (A2B1)	1,160±0,529 ^g
40–50 cm (A3B1)	-0,390±0,449 ^h
20–50 cm (A1B1)	-5,610±2,611 ⁱ

Ket: Huruf yang sama berarti berbeda tidak nyata pada taraf nyata 5 %.

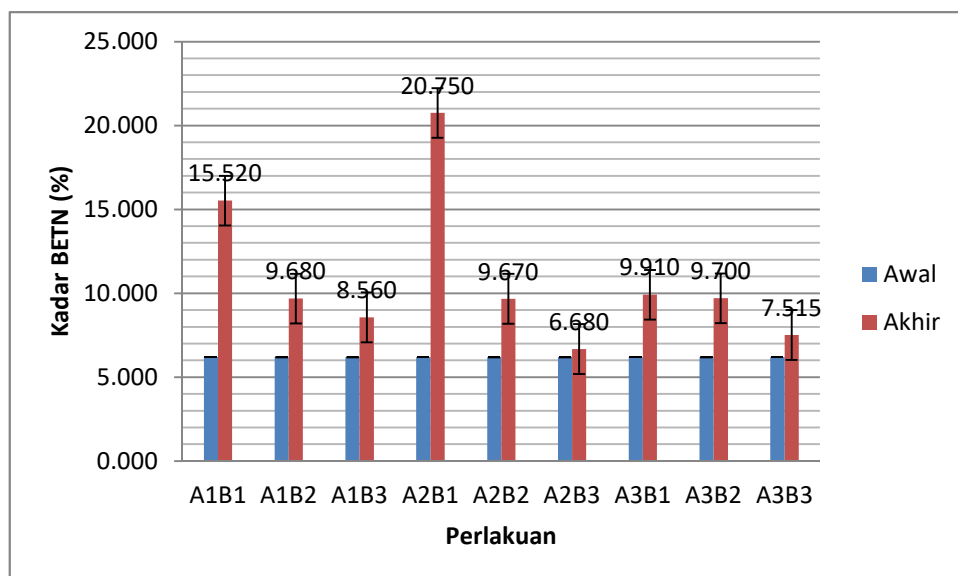
Tabel 3.5, menunjukkan bahwa perlakuan jarak tanam 20 cm–kedalaman 150 cm (A1B3) memberikan respon pertambahan kadar abu yang tinggi yang mencapai 6.8400%.. Hasil analisis ragam (Lampiran 3.14) menunjukkan bahwa interaksi jarak tanam dan kedalaman berpengaruh nyata terhadap pertambahan kadar abu. Hasil uji lanjut Tukey (Lampiran 3.15) menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

Menurut Ruperez (2002), bahwa kandungan mineral rumput laut dipengaruhi oleh spesies, faktor fisiologis, dan kondisi geografis. Kandungan abu yang tinggi pada rumput laut, berhubungan dengan cara penyerapan hara mineralnya, juga sebagai bentuk adaptasi terhadap kondisi lingkungan perairan laut yang mengandung berbagai mineral dengan konsentrasi tinggi. Penyerapan hara mineral pada rumput laut dilakukan melalui seluruh permukaan thalus. Banyaknya hara mineral yang diserap mempengaruhi kadar abu pada jaringan rumput laut. Kadar abu pada rumput laut terdiri dari makro-mineral dan trace element (Ruperez, 2002; Mayer, dkk., 2011). Santoso, dkk., (2006) menyatakan

bahwa kadar abu rumput laut *Caulerpa* sp dari alam berkisar antara 2,1–2,9%, sehingga rumput laut sangat potensial sebagai bahan makanan sumber mineral. Ratana dan Chirapart (2006), menyatakan bahwa tinggi rendahnya kadar abu dapat dihubungkan dengan jumlah mineral yang terkandung dalam bahan, semakin tinggi kandungan mineralnya, kadar abu yang terkandung semakin tinggi. Jenis dan komposisi mineral pada *Caulerpa* sp berturut-turut $Na > Ca > K$, *Caulerpa* sp dapat dijadikan sebagai sumber natrium (Ma'ruf, dkk., 2013).

Kadar BETN Rumput Laut *Caulerpa* sp.

Karbohidrat merupakan senyawa organik yang terdiri dari serat kasar dan bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN). Respon kadar BETN *Caulerpa* sp. selama penelitian ditunjukkan pada Lampiran 3.16, Gambar 3.6.



Gambar 3.6. Kadar BETN *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi perlakuan Selama 6 Minggu (A1B1= jarak tanam 20cm–kedalaman 50cm; A1B2= jarak tanam 20cm–kedalaman 100cm, A1B3= jarak tanam 20cm–kedalaman 150cm; A2B1= jarak tanam 30cm–kedalaman 50cm; A2B2= jarak tanam 30cm–kedalaman 100cm; A2B3= jarak tanam 30cm–kedalaman 150cm; A3B1= jarak tanam 40cm–kedalaman 50cm; A3B2= jarak tanam 40cm–kedalaman 100cm; A3B3= jarak tanam 40cm–kedalaman 150cm).

Hasil pengamatan (Gambar 3.6), menunjukkan kadar BETN *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi jarak tanam dan kedalaman selama 6 minggu bervariasi antara 7,52–20,75%. Kadar BETN tertinggi didapatkan pada perlakuan jarak tanam 30 cm–kedalaman 50 cm dari permukaan air sebesar 20.75%. Pada rumput laut hijau, karbohidrat dibentuk dari reaksi CO₂ dan H₂O dengan bantuan sinar matahari melalui proses fotosintesa. Data hasil perhitungan pertambahan kadar BETN rata-rata *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi jarak tanam dan kedalaman disajikan pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6. Pertambahan kadar BETN rata-rata rumput laut *Caulerpa* sp. pada setiap kombinasi perlakuan jarak tanam dan kedalaman selama penelitian.

Kombinasi Perlakuan (jarak tanam–kedalaman)	Kadar BETN (%)
30–50 cm (A2B1)	14,550±7,060 ^a
20–50 cm (A1B1)	9,320±4,373 ^b
40–50 cm (A3B1)	3,725±1,735 ^c
30–150 cm (A2B3)	3,710±0,229 ^c
40–100 cm (A3B2)	3,510±1,645 ^d
20–100 cm (A1B2)	3,490±1,786 ^e
30–100 cm (A2B2)	3,480±1,624 ^e
20–150 cm (A1B3)	2,370±1,320 ^f
40–150 cm (A3B3)	1,310±0,614 ^g

Ket: Huruf yang sama berarti berbeda tidak nyata pada taraf nyata 5 %.

Berdasarkan Tabel 3.6, menunjukkan bahwa pertambahan kadar BETN rumput laut *Caulerpa* sp. rata-rata tertinggi pada kombinasi perlakuan jarak tanam 30 cm, kedalaman 50 cm sebesar 14,550%. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan jarak tanam 30 cm–kedalaman 50 cm (A2B1) merupakan perlakuan yang menghasilkan pertambahan kadar BETN tertinggi dalam 6 minggu pemeliharaan. Pertambahan kadar BETN rata-rata terendah terdapat pada

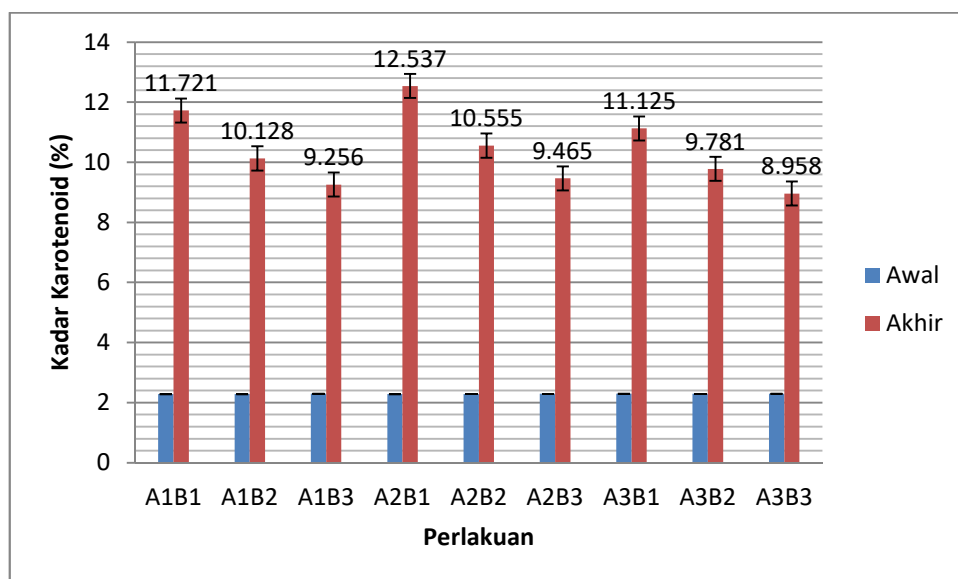
kombinasi perlakuan jarak tanam 40 cm–kedalaman 150 cm. Hasil analisis ragam (Lampiran 3.17) menunjukkan bahwa perlakuan jarak tanam dan kedalaman serta interaksinya berpengaruh sangat nyata terhadap penambahan kadar BETN. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan jarak tanam, kedalaman dan interaksi jarak tanam dan kedalaman sangat mempengaruhi penambahan kadar BETN rumput laut *Caulerpa* sp. Hasil uji lanjut Tukey (Lampiran 3.18) menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya, kecuali perlakuan jarak tanam 40 cm–kedalaman 50 cm tidak berbeda nyata dengan perlakuan jarak tanam 30 cm–kedalaman 150 cm, dan perlakuan jarak tanam 20 cm–kedalaman 100 cm tidak berbeda nyata dengan perlakuan jarak tanam 30 cm–kedalaman 100 cm.

Peningkatan kedalaman tanam cenderung menurunkan kadar BETN rumput laut *Caulerpa* sp. Hal ini berhubungan dengan intensitas cahaya matahari untuk proses fotosintesis. Intensitas cahaya matahari digunakan rumput laut untuk fotosintesis dan menghasilkan karbohidrat atau polisakarida. Wong dan Cheung (2001) menyatakan bahwa perbedaan kandungan polisakarida pada rumput laut disebabkan oleh perbedaan kadar sulfat pada struktur utama monosakarida penyusunnya dan jenis spesies rumput laut. Menurut Marinho-Soriano dkk. (2006), kandungan karbohidrat rumput laut dipengaruhi temperatur, salinitas, dan intensitas cahaya matahari. Chattopadhyay, dkk. (2006), bahwa penyinaran yang cukup bagi rumput laut akan membuat rumput laut bisa melakukan proses fotosintesis dengan maksimal sehingga produksi karbohidrat akan sangat baik bagi pertumbuhannya. Namun, pada kondisi kekurangan cahaya berakibat terganggunya metabolisme, sehingga menyebabkan menurunnya laju fotosintesis dan sintesis karbohidrat. Pada kondisi kekurangan

cahaya, tanaman berupaya untuk mempertahankan agar fotosintesis tetap berlangsung dalam kondisi intensitas cahaya rendah. Keadaan ini dapat dicapai apabila respirasi juga efisien. Kandungan karbohidrat pada rumput laut umumnya berbentuk serat yang tidak bisa dicerna oleh enzim pencernaan manusia, sehingga hanya memberikan sedikit asupan kalori dan cocok digunakan sebagai makanan diet (Sanchez, dkk., 2004). Karbohidrat pada rumput laut terdiri dari fruktosa, galaktosa, arabinosa, asam uronat, giserol dan asam eritronat.

Kadar Karotenoid Rumput Laut *Caulerpa* sp.

Kadar karotenoid rumput laut *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi jarak tanam dan kedalaman ditunjukkan pada Lampiran 3.19, Gambar 3.7.



Gambar 3.7. Kadar karotenoid *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi perlakuan selama 6 minggu (A1B1= jarak tanam 20 cm–kedalaman 50 cm; A1B2= jarak tanam 20 cm–kedalaman 100 cm, A1B3= jarak tanam 20 cm–kedalaman 150 cm; A2B1= jarak tanam 30 cm–kedalaman 50 cm; A2B2= jarak tanam 30 cm–kedalaman 100 cm; A2B3= jarak tanam 30 cm–kedalaman 150 cm; A3B1= jarak tanam 40 cm–kedalaman 50 cm; A3B2= jarak tanam 40 cm–kedalaman 100 cm; A3B3= jarak tanam 40 cm–kedalaman 150 cm).

Berdasarkan Gambar (3.7), bahwa kadar karotenoid rumput laut *Caulerpa* sp. cenderung mengalami peningkatan setiap minggu. Hasil pengamatan menunjukkan kadar karotenoid *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi jarak tanam dan kedalaman selama 6 minggu bervariasi antara 8,96-12,54%. Data hasil perhitungan pertambahan kadar karotenoid rata-rata *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi jarak tanam dan kedalaman disajikan pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7. Pertambahan kadar karotenoid rata-rata rumput laut *Caulerpa* sp. pada setiap kombinasi perlakuan jarak tanam dan kedalaman selama penelitian.

Kombinasi Perlakuan (jarak tanam–kedalaman)	Kadar karotenoid (%)
30–50 cm (A2B1)	10,255±4,861 ^a
20–50 cm (A1B1)	9,440±4,494 ^b
50–50 cm (A3B1)	8,830±4,218 ^c
30–150 cm (A2B3)	8,830±3,449 ^d
30–100 cm (A2B2)	8,265±4,015 ^e
20–100 cm (A1B2)	7,850±3,845 ^f
40–100 cm (A3B2)	7,480±3,678 ^g
20–150 cm (A1B3)	6,960±3,420 ^h
40–150 cm (A3B3)	6,670±3,289 ⁱ

Ket: Huruf yang sama berarti berbeda tidak nyata pada taraf nyata 5 %.

Tabel 3.7, menunjukkan bahwa pertambahan kadar karotenoid rata-rata tertinggi pada kombinasi perlakuan jarak tanam 30 cm–kedalaman 50 cm sebesar 10,255%. Pertambahan kadar karotenoid rata-rata terendah terdapat pada kombinasi perlakuan jarak tanam 40 cm–kedalaman 150 cm. Hasil analisis ragam (Lampiran 3.20) menunjukkan bahwa perlakuan jarak tanam dan kedalaman serta interaksinya berpengaruh sangat nyata terhadap pertambahan kadar karotenoid *Caulerpa* sp. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan jarak tanam dan kedalaman dan interaksi jarak tanam dan kedalaman sangat mempengaruhi

pertambahan kadar karotenoid *Caulerpa* sp. Hasil uji lanjut Tukey (Lampiran 3.21) menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

Peningkatan kedalaman tanam cenderung menurunkan kadar karotenoid *Caulerpa* sp. Kedalaman tanam 50 cm memberikan respon kadar karotenoid yang optimal. Peningkatan kedalaman tanam menjadi 100 cm cenderung menurunkan kadar karotenoid, demikian pula pada peningkatan kedalaman tanam 150 cm. Menurut Bischof, dkk. 2006, bahwa keberadaan karotenoid pada rumput laut sangat dipengaruhi tempat tumbuhnya, salah satu faktor yang berperan adalah kedalaman tempat tumbuh. Hal ini merupakan salah satu respon rumput laut terhadap lingkungan sebagai fungsi fotoproteksi karotenoid.

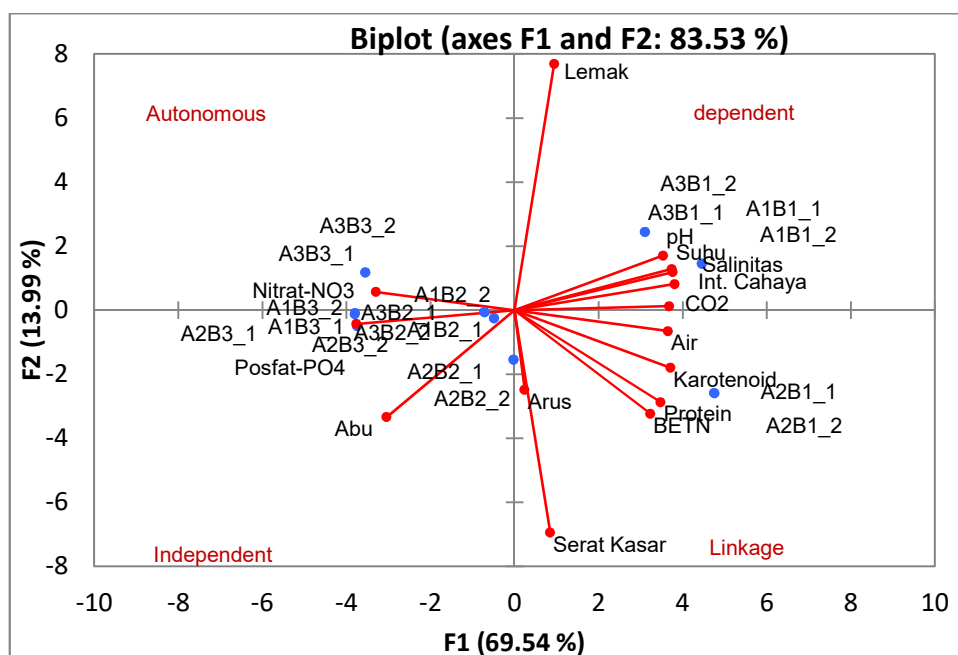
Makroalga hijau secara umum mengandung senyawa karoten yang dapat berfungsi sebagai antioksidan. Karotenoid yang terdapat dalam rumput laut hijau mirip dengan karotenoid yang terdapat pada tumbuhan daratan, yaitu β -karoten, lutein, violaxanthin, antheraxanthin, zeaxanthin, dan neoxanthin (Fitton, 2005). Senyawa kimia yang dihasilkan oleh makroalga hijau adalah senyawa terpenoid dan senyawa aromatik yang memiliki aktivitas sebagai antiinflamasi, antimikroba, antivirus, antimutagen dan insektisida (Tamat, dkk., 2007).

Karotenoid sangat berperan dalam menunjang kesehatan dan kelangsungan hidup manusia. Pigmen tersebut diasosiasikan dengan respon imun yang lebih baik, perlindungan terhadap kanker dan sebagai antioksidan yang potensial. Salah satu fungsi fisiologis utama dari karotenoid adalah sebagai prekursor vitamin A. Sebagai prekursor vitamin A, karotenoid merupakan nutrisi penting yang akan diubah menjadi vitamin A. Vitamin ini penting dalam meningkatkan fungsi penglihatan, melindungi sistem kekebalan tubuh, dan

meningkatkan ketahanan terhadap infeksi. Sebagai antioksidan, karotenoid mampu melindungi sel dari kerusakan oksidatif yang disebabkan oleh radikal bebas yang dihasilkan tubuh pada waktu metabolisme atau terjadi akibat asap rokok, cahaya matahari, radiasi, dan bahan tercemar. Perlindungan tersebut terjadi karena karotenoid mempunyai kemampuan dalam meniadakan aktivitas spesies radikal bebas. Penghambatan radikal bebas oleh karotenoid dilakukan oleh β -karoten (Limantara & Rahayu, 2008). Komposisi pigmen yang terdapat pada rumput laut hijau berasal dari golongan karotenoid yaitu β -karoten, di samping adanya pigmen fotosintesis seperti klorofil (Supardy, *dkk.*, 2011).

Hubungan Kualitas Air dengan Kualitas Rumput Laut *Caulerpa* sp.

Hasil analisis komponen utama hubungan kualitas air dengan kualitas *Caulerpa* sp, menggambarkan sejumlah parameter kualitas air yang berperan penting terhadap kandungan nutrisi *Caulerpa* sp., disajikan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8. Hubungan parameter kualitas air dengan kandungan nutrisi rumput laut *Caulerpa* sp. pada masing-masing perlakuan.

Dari gambar 3.8, dapat dijelaskan bahwa parameter kualitas air yaitu pH, suhu, salinitas, intensitas cahaya dan karbondioksida berpengaruh positif terhadap kandungan nutrisi *Caulerpa* sp yaitu: kadar air, kadar karotenoid, kadar protein serta kadar BETN, akan tetapi terhadap kadar lemak dan serat kasar pengaruhnya sangat kecil, dan tidak berpengaruh terhadap kadar abu *Caulerpa* sp. Kecepatan arus sangat berpengaruh terhadap serat kasar *Caulerpa* sp. Fosfat dan nitrat berpengaruh positif terhadap kadar abu *Caulerpa* sp. Fosfat dan nitrat berpengaruh negatif terhadap kadar air, kadar karotenoid, kadar protein serta kadar BETN, lemak dan serat kasar. Hal ini dikarenakan rendahnya konsentrasi fosfat dan nitrat yang didapatkan selama penelitian.

Parameter kualitas air yang berpengaruh terhadap kandungan nutrisi *Caulerpa* sp. pada perlakuan kedalaman 50 cm terdiri dari pH, salinitas, suhu, dan intensitas cahaya. Pada kedalaman 100 cm dan 150 cm kualitas air yang berpengaruh terhadap kualitas *Caulerpa* sp. adalah NO_3 dan PO_4 .

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Rumput laut *Caulerpa* sp. hasil budidaya didapatkan kadar protein, kadar serat kasar, kadar karbohidrat dan kadar karotenoid yang terbaik pada jarak tanam 30 cm dengan kedalaman 50 cm.
2. Kadar protein, kadar serat kasar, kadar karbohidrat dan kadar karotenoid menurun seiring dengan bertambahnya kedalaman tanam, kadar air dan kadar abu meningkat dengan bertambahnya kedalaman tanam, kadar lemak bersifat fluktuatif.

3. *Caulerpa* sp. hasil budidaya mengandung nilai nutrisi yang tinggi yaitu protein 23,8%, karbohidrat 20,75%, serat kasar 15,71% dan karotenoid 12,54%. Zat-zat tersebut sangat baik untuk menjaga dan mengatur metabolisme tubuh manusia.

Saran

Dari hasil penelitian disarankan bahwa untuk mendapatkan kualitas hasil budidaya rumput laut *Caulerpa* sp. yang baik, sebaiknya teknik budidaya menggunakan jarak tanam 30 cm dengan kedalaman tanam 50 cm dari permukaan air.

BAB IV

ANALISIS KUALITAS RUMPUT LAUT *Caulerpa* sp PADA UMUR PANEN BERBEDA DI PERAIRAN TAKALAR

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kualitas yang dihasilkan oleh suatu spesies rumput laut sangat tergantung pada kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan rumput laut tersebut. Daya dukung lingkungan yang optimum terhadap pertumbuhan rumput laut sangat dipengaruhi oleh lokasi dan waktu tanam rumput laut, hal ini terkait dengan ketersediaan nutrisi. Waktu merupakan salah satu parameter penting yang harus dipertimbangkan dalam pemeliharaan rumput laut. Lama tanam rumput laut mempengaruhi kandungan nutrisi, baik secara kuantitas maupun kualitas (Hurtado, *dkk.*, 2008). Hal ini dapat dipahami bahwa kandungan nutrisi rumput laut merupakan produk fotosintesis, yang kuantitas dan kualitasnya sangat tergantung pada lama proses tersebut berlangsung dan lama penimbunan pada sel thalus rumput laut. Oleh karena itu kandungan nutrisi dipengaruhi oleh waktu panen rumput laut. Dengan demikian untuk menjamin kualitas dari *Caulerpa* sp yang dibudidayakan, maka umur panen perlu diperhatikan dengan baik, sehingga kualitas yang dihasilkan dari budidaya *Caulerpa* sp dapat memberikan hasil yang maksimal. Billy, *dkk.*, (2014), menyatakan bahwa kualitas rumput laut yang dihasilkan tidak hanya dipengaruhi oleh teknik budidaya yang digunakan tetapi juga dipengaruhi oleh umur tanaman.

Salah satu langkah akhir dalam suatu kegiatan budidaya rumput laut adalah panen. Panen rumput laut sebelum waktunya akan menurunkan kualitas

rumput laut. Beberapa kendala yang masih dijumpai di lapangan antara lain kualitas hasil panen yang masih rendah akibat pemanenan rumput laut yang lebih awal dari waktu panen yang seharusnya, akibat permintaan rumput laut cukup tinggi. Dengan tingginya kebutuhan atau permintaan untuk memenuhi target produksi, dikhawatirkan banyak pembudidaya yang tidak memenuhi standar masa tanam rumput laut, yang hanya mengejar kuantitas tanpa memperhatikan kualitas. Menurut Hadie, *dkk.*, (2011), bahwa kualitas rumput laut yang memenuhi standar sangat ditentukan oleh proses budidayanya. Apabila panen dilakukan lebih awal dari waktu panen yang seharusnya, maka rumput laut yang dihasilkan akan berkualitas rendah. Pemanenan dini dan pemanenan tertunda akan menurunkan jumlah dan kualitas produksi rumput laut.

Secara umum, rumput laut mempunyai kandungan nutrisi cukup lengkap, yaitu air, protein, karbohidrat, lemak, serat kasar, dan abu. Selain itu, rumput laut juga mengandung enzim, asam nukleat, asam amino, vitamin A, B, C, D, E, dan K, dan makro mineral seperti nitrogen, oksigen, kalsium, dan selenium, serta mikro mineral seperti zat besi, magnesium dan natrium. Kandungan asam amino, vitamin, dan mineral rumput laut mencapai 10–20 kali lipat dibanding dengan tanaman darat (Holds and Kran, 2011), namun tidak dijelaskan jenis rumput laut tersebut dan lama budidayanya. Sehingga waktu yang diperlukan oleh tanaman dalam mencapai tingkat kandungan bahan utama maksimal merupakan patokan dalam menentukan waktu panen. Oleh karena itu, maka perlu dilakukan pengukuran kualitas dengan umur panen berbeda sehingga dapat ditentukan kapan *Caulerpa* harus dipanen dengan kualitas terbaik. Umur panen *Caulerpa* sp tidak menjadi perlakuan dalam penelitian ini, namun merupakan bagian yang diamati pada penelitian ini.

Tujuan dan Kegunaan

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kandungan kimia rumput laut sebagai parameter kualitas sehubungan dengan masa tanam rumput laut (umur panen). Sedangkan kegunaannya adalah untuk memperoleh data dan informasi tentang waktu panen yang tepat pada budidaya *Caulerpa* sp dengan kualitas yang baik.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Budidaya *Caulerpa* sp dilaksanakan pada bulan Maret hingga Desember 2015 di perairan Desa Laguruda Kabupaten Takalar, Propinsi Sulawesi Selatan dengan titik koordinat spot penelitian S: 05°26'07,9" dan E: 119°22'29,9". Lokasi ini merupakan ekosistem rumput laut yang cukup luas, yang dimanfaatkan oleh sebagian masyarakat. Kajian kualitas makroalga *Caulerpa* sp dilaksanakan pada bulan April hingga Desember 2015 di Laboratorium Produktifitas dan Kualitas Perairan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan serta Laboratorium Nutrisi Ternak Fakultas Peternakan Universitas Hasanuddin.

Alat dan Bahan

Perlengkapan budidaya *Caulerpa* sp dengan metode rakit apung: bambu, tali plastic PE (\emptyset 2 mm, 6 mm dan 10 mm), kayu patok dan jangkar. Alat yang digunakan dalam penelitian analisis kualitas *Caulerpa* sp adalah timbangan elektrik, *hotplate*, teflon, oven, nampan, tabung reaksi, inkubator, pipet ukur, *rubber bulb*, spektrofotometer, *aluminium foil*, erlenmeyer, tabung kuvet, tabung sentrifuge, sentrifugasi, spatula, vortex, labu lemak,blender, kasa, kompor gas,

labu didih, gelas ukur cawan porselin, labu *kjeldahl*, tanur, cawan kaca masir dan desikator. Sedangkan bahan utama yang digunakan yaitu makroalga *Caulerpa* sp yang berasal dari perairan takalar, NaOH 0,3 M, HCl, n-Heksana, asam borat, alkohol 96%, larutan *bromcresol green*, larutan metil merah, dan aquades.

Pelaksanaan Penelitian

Bibit Rumput Laut *Caulerpa* sp.

Bibit *Caulerpa* sp diperoleh dari perairan sekitar Kepulauan Spermonde, Kota Makassar. Bibit dipilih yang masih segar dengan ciri berwarna hijau, ramuli dan stolon masih segar. Hindari bibit masih dalam kondisi muda (warna putih/bening) (Putra, dkk., 2012).

Persiapan

Lahan budidaya terletak di perairan Desa Laguruda, Kabupaten Takalar dengan pertimbangan bahwa daerah ini banyak dilakukan budidaya rumput laut. Sebagai tahapan awal dilakukan persiapan peralatan dan wadah budidaya, yakni perlengkapan alat budidaya rakit apung dengan ukuran 3x3m, meliputi: balok, bambu, tali plastik PE (\emptyset 2, 7 dan 10mm), tali es, waring dan jangkar.

Penanaman Rumput Laut *Caulerpa* sp.

Sistem penanaman yang digunakan adalah metode tali tunggal apung (*floating monoline method*). Berat awal bibit adalah 50 gram, jarak tanam pertitik rumpun sesuai perlakuan 20, 30 dan 40 cm, ditanam pada kedalaman 50, 100 dan 150 cm dari permukaan air. Bibit rumput laut yang telah ditanam disampling setiap interval 14 hari selama periode masa tanam 42 hari, yaitu: awal tanam, 14, 28, dan 42 hari setelah tanam, dan dilakukan analisis proximat untuk mengetahui kandungan kimia *Caulerpa* sp tersebut sebagai parameter kualitas.

Analisis Kualitas Rumput Laut *Caulerpa* sp.

Analisis kualitas rumput laut *Caulerpa* sp. hasil budidaya menggunakan analisis proximat yang dilakukan setiap dua minggu sekali meliputi: kadar protein, kadar air, kadar abu, kadar lemak, serat kasar, kadar karbohidrat dan kadar karotenoid.

Kadar Protein Rumput Laut *Caulerpa* sp.

Analisis kadar protein dilakukan dengan metode *kjeldahl* (AOAC, 2005):

$$\text{Protein (\%)} = \frac{(VA - VB) \text{HCL} \times N \text{HCL} \times 14,007 \times 6,25 \times 100\%}{W \times 1000}$$

Keterangan :

VA : mL HCl untuk titrasi sampel

VB : mL HCl untuk titrasi blangko

N : Normalitas HCl standar yang digunakan 14,007 : berat atom Nitrogen 6,25 : faktor konversi protein untuk rumput laut

W : berat sampel (g) Kadar protein dinyatakan dalam satuan g/100 g sampel

Kadar Serat Kasar Rumput Laut *Caulerpa* sp.

Analisis kadar serat kasar dilakukan dengan metode oven (AOAC, 2005):

$$\text{Kadar serat kasar (\%)} = \frac{C - B}{A} \times 100\%$$

Keterangan :

A : berat sampel (g)

B : berat cawan kaca masih kosong (g)

C : berat cawan dan residu kering (g)

Kadar Air Rumput Laut *Caulerpa* sp.

Analisis kadar air dilakukan dengan metode oven (AOAC, 2005) :

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{B - C}{B - A} \times 100\%$$

Keterangan :

A : berat cawan kosong (g)

B : berat cawan + sampel awal (g)

C : berat cawan + sampel kering (g)

Kadar Lemak Rumput Laut *Caulerpa* sp.

Analisis kadar lemak dilakukan dengan metode sokhlet (AOAC, 2005):

$$\text{Lemak Total (\%)} = \frac{(C - A) \times 100\%}{B}$$

Keterangan :

A : berat labu alas bulat kosong (g)

B : berat sampel (g)

C : berat labu alas bulat dan lemak hasil ekstraksi (g)

Kadar Abu Rumput Laut *Caulerpa* sp.

Analisis kadar abu dilakukan menggunakan metode oven (AOAC, 2005).

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{C - A}{B - A} \times 100\%$$

Keterangan :

A : berat cawan kosong (g)

B : berat cawan + sampel awal (g)

C : berat cawan + sampel kering (g)

Kadar Karbohidrat Rumput Laut *Caulerpa* sp.

Penentuan kadar karbohidrat dihitung menggunakan by difference (Winarno, 1996) dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Karbohidrat (\%)} = 100\% - (\text{kadar air} + \text{kadar protein} + \text{kadar abu} + \text{kadar lemak})\%$$

Kadar Karotenoid Rumput Laut *Caulerpa* sp.

Karoten diukur dengan menggunakan metode dari Slamet dkk. (1990).

Analisis Data

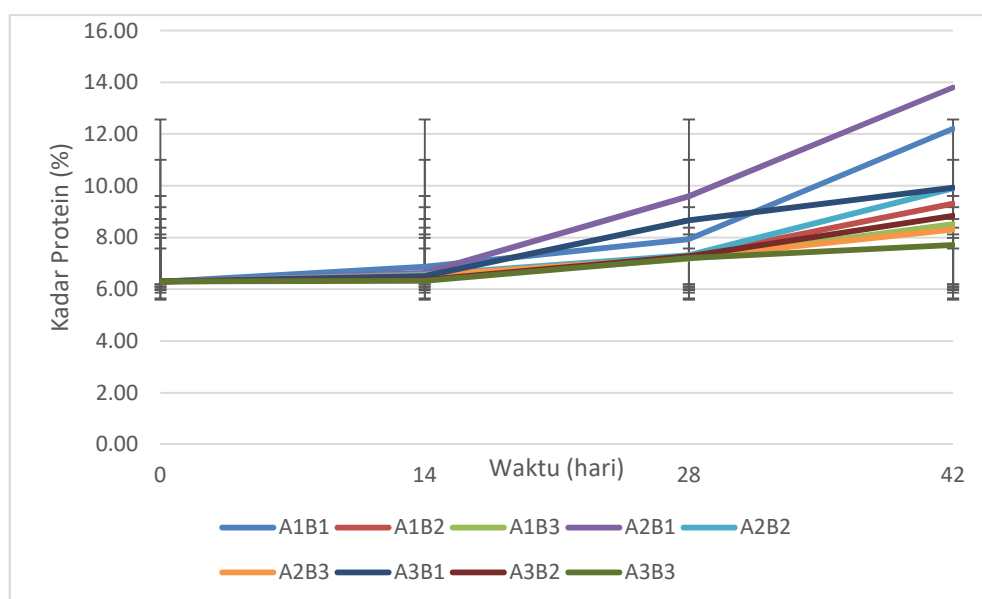
Data yang diperoleh dari hasil pengujian proksimat dan kadar karotenoid pada setiap umur panen, dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui kualitas rumput laut *Caulerpa* sp. hasil budidaya dengan umur panen berbeda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil analisis proximat terhadap kualitas rumput laut *Caulerpa* sp. yang dipanen pada umur berbeda menunjukkan bahwa umur panen mempengaruhi kualitas *Caulerpa* sp. Dennis, *dkk.*, (2010) ; Ortiz, *dkk.* (2006), mengemukakan bahwa kandungan kimia rumput laut sangat bervariasi, salah satu yang mempengaruhi adalah jenis species dan umur panen.

Kadar Protein Rumput Laut *Caulerpa* sp.

Hasil analisis kadar protein rumput laut *Caulerpa* sp. berdasarkan umur panen disajikan pada Lampiran 3.1, Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Kadar protein rumput laut *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi perlakuan selama 42 hari pemeliharaan (A1B1= jarak tanam 20 cm–kedalaman 50 cm; A1B2= jarak tanam 20 cm–kedalaman 100 cm, A1B3= jarak tanam 20 cm–kedalaman 150 cm; A2B1= jarak tanam 30 cm–kedalaman 50 cm; A2B2= jarak tanam 30 cm–kedalaman 100 cm; A2B3= jarak tanam 30 cm–kedalaman 150 cm; A3B1= jarak tanam 40 cm–kedalaman 50 cm; A3B2= jarak tanam 40 cm–kedalaman 100 cm; A3B3= jarak tanam 40 cm–kedalaman 150 cm).

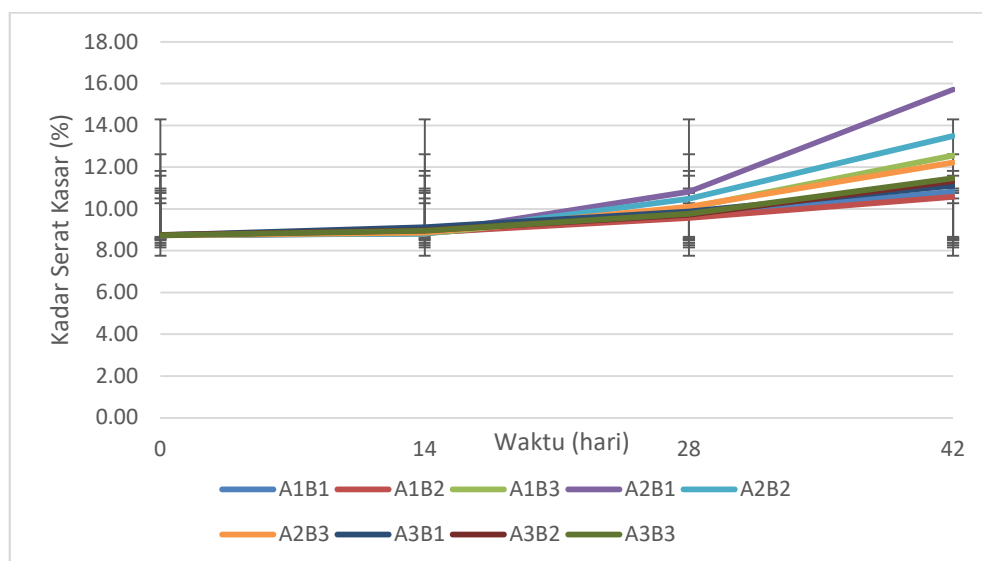
Dari Gambar 4.1. terlihat bahwa uji proximat dari rumput laut *Caulerpa* sp. yang dianalisis menunjukkan nilai kadar protein yang diperoleh semakin meningkat seiring dengan lamanya masa tanam pada semua kombinasi perlakuan jarak tanam dan kedalaman. Hal ini berarti bahwa meningkatnya kadar protein sejalan dengan bertambahnya umur pemeliharaan. Pada minggu ke-2, kadar protein *Caulerpa* sp. belum memperlihatkan peningkatan yang signifikan karena pada periode ini *Caulerpa* sp. masih dalam proses adaptasi dengan lingkungannya. Seiring dengan bertambahnya masa tanam, kadar protein meningkat signifikan pada minggu ke-4 sampai minggu ke-6, pada periode ini merupakan periode pertumbuhan eksponensial. Handayani, (2006), menyatakan bahwa dengan bertambahnya umur pemeliharaan, laju pertumbuhan juga meningkat sejalan dengan meningkatnya kadar protein rumput laut. Selanjutnya ditambahkan oleh Eidman (1991), menyatakan bahwa pada periode pertumbuhan eksponensial alga lebih banyak mensintesis protein sehingga pembentukan dinding sel dan cadangan makanan lebih sedikit, oleh karenanya dengan meningkatnya laju pertumbuhan, kadar protein juga meningkat.

Nilai kadar protein yang dihasilkan sebesar 7,71–13,80%, nilai ini lebih tinggi dari yang dilaporkan oleh Talakua, *dkk.*, (2011) sebesar 6,63%. Berdasarkan umur panen, kadar protein tertinggi didapatkan pada umur panen 42 hari setelah tanam (6 minggu) pada masing-masing kombinasi perlakuan jarak tanam dan kedalaman, dengan kadar protein tertinggi didapatkan pada kombinasi jarak tanam 30 cm dengan kedalaman 50 cm sebesar 13,80%. Kadar protein *Caulerpa* sp yang didapatkan sesuai dengan yang dikemukakan Burtin (2003), bahwa rumput laut hijau mengandung protein sebesar 6-20% dari berat basah. Selanjutnya Pereira (2011), menyatakan bahwa kandungan protein

Caulerpa berkisar antara 10-13%. Kandungan protein rumput laut hijau lebih tinggi dari rumput laut merah dan coklat (Astroga, dkk., 2016). Ditinjau dari kadar protein dan komposisinya yang tinggi, rumput laut hijau menjadi potensi baru sebagai sumber protein makanan. Di Eropa, perkembangan makanan sebagai makanan fungsional menjadikan peluang baru untuk menggunakan rumput laut dalam nutrisi manusia, khususnya untuk spesies yang kaya protein (Handayani, 2006).

Kadar Serat Kasar Rumput Laut *Caulerpa* sp

Hasil analisis kadar serat kasar *Caulerpa* sp berdasarkan umur panen disajikan pada Lampiran 3.3, Gambar 4.2.



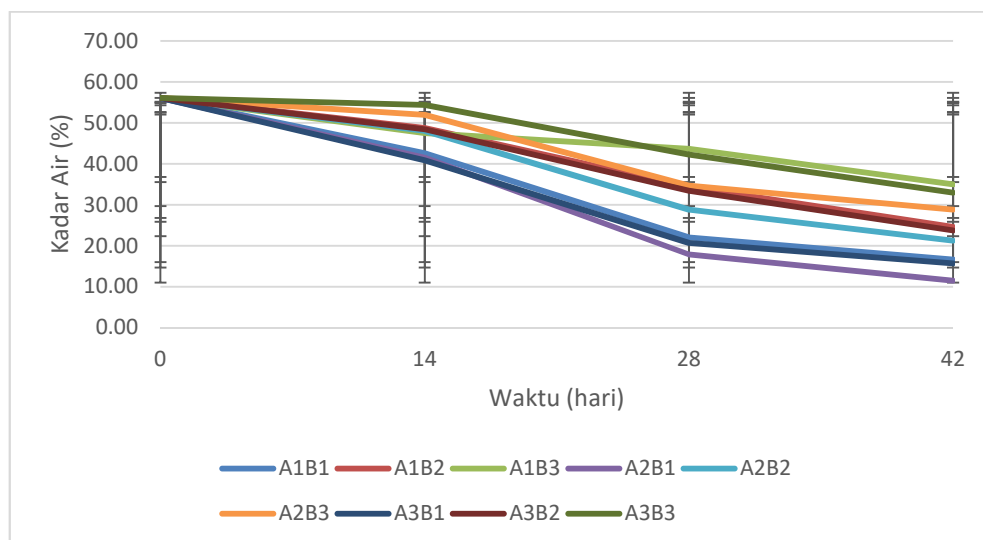
Gambar 4.2. Kadar serat kasar rumput laut *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi perlakuan selama 42 hari pemeliharaan (A1B1= jarak tanam 20 cm–kedalaman 50 cm; A1B2= jarak tanam 20 cm–kedalaman 100 cm, A1B3= jarak tanam 20 cm–kedalaman 150 cm; A2B1= jarak tanam 30 cm–kedalaman 50 cm; A2B2= jarak tanam 30 cm–kedalaman 100 cm; A2B3= jarak tanam 30 cm–kedalaman 150 cm; A3B1= jarak tanam 40 cm–kedalaman 50 cm; A3B2= jarak tanam 40 cm–kedalaman 100 cm; A3B3= jarak tanam 40 cm–kedalaman 150 cm).

Berdasarkan Gambar 4.2, dapat dijelaskan bahwa kadar serat kasar rumput laut *Caulerpa* sp. meningkat seiring dengan bertambahnya umur pemeliharaan. Kadar serat kasar tertinggi didapatkan setelah rumput laut *Caulerpa* sp. mencapai umur pemeliharaan 42 hari setelah tanam pada masing-masing kombinasi perlakuan. Kadar serat kasar tertinggi dicapai pada perlakuan kombinasi jarak tanam 30 cm dengan kedalaman 50 cm sebesar 15,71%. Kadar serat kasar *Caulerpa* sp. pada penelitian ini lebih tinggi dibanding kadar serat kasar *Caulerpa* yang didapatkan Talakua (2011) sebesar 9,94 %. Tingginya serat kasar tersebut pada umur panen 42 hari setelah tanam dikarenakan tingginya polisakarida pada sel rumput laut dengan bertambahnya umur panen. Rumput laut pada umumnya menyimpan cadangan makanannya dalam bentuk karbohidrat terutama polisakarida yang umumnya berbentuk serat. Senyawa penyusun karbohidrat tersebut merupakan produk lanjut fotosintesis, yang kadarnya dipengaruhi oleh laju proses fotosintesis (Sanchez, dkk., 2004).

Polisakarida rumput laut sulit dicerna oleh manusia, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber serat. Mengonsumsi rumput laut dapat meningkatkan asupan serat. Menurut Santoso (2004), bahwa alga yang dapat dikonsumsi mengandung *Insoluble Dietary Fiber* (IDF, serat makanan tak larut). Serat makanan tak larut ini umumnya terdiri dari selulosa dan hemiselulosa yang berperan penting dan dibutuhkan untuk tubuh. Jumlah serat kasar merupakan jumlah dietary fiber dan fungsional fiber (Burtin, 2003 ; Pereira, 2011)

Kadar Air Rumput Laut *Caulerpa* sp.

Kadar air pada rumput laut merupakan komponen yang penting karena berhubungan dengan mutu rumput laut. Hasil analisis proksimat kadar air rumput laut *Caulerpa* sp. berdasarkan umur panen disajikan Lampiran 3.5, Gambar 4.3.

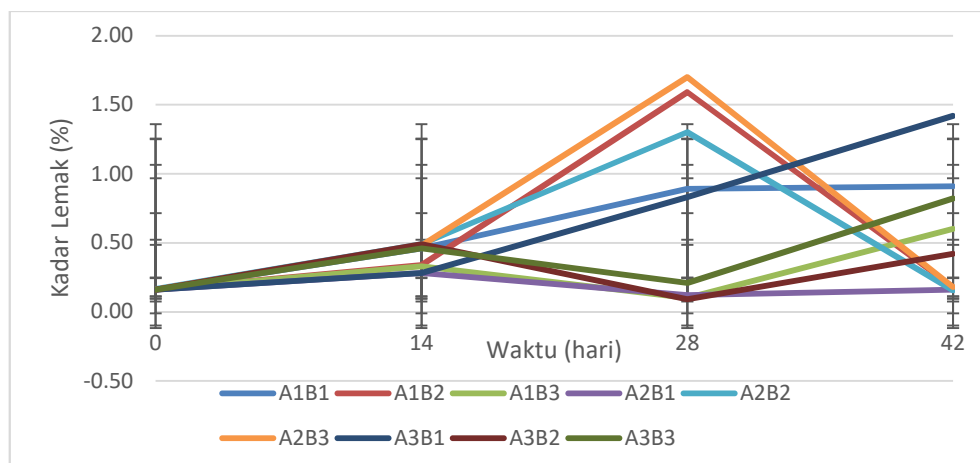


Gambar 4.3. Kadar air *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi perlakuan selama 42 hari pemeliharaan. (A1B1= jarak tanam 20 cm–kedalaman 50 cm; A1B2= jarak tanam 20 cm–kedalaman 100 cm, A1B3= jarak tanam 20 cm–kedalaman 150 cm; A2B1= jarak tanam 30 cm–kedalaman 50 cm; A2B2= jarak tanam 30 cm–kedalaman 100 cm; A2B3= jarak tanam 30 cm–kedalaman 150 cm; A3B1= jarak tanam 40 cm–kedalaman 50 cm; A3B2= jarak tanam 40 cm–kedalaman 100 cm; A3B3= jarak tanam 40 cm–kedalaman 150 cm).

Berdasarkan Gambar 4.3, menunjukkan bahwa kadar air rumput laut *Caulerpa* sp *Caulerpa* sp. menurun seiring dengan bertambahnya umur pemeliharaan pada masing-masing kombinasi perlakuan jarak tanam dan kedalaman. Rendahnya kadar air pada umur panen 42 hari setelah tanam, dikarenakan tingginya kandungan polisakarida. Semakin tinggi kandungan polisakarida pada rumput laut maka kadar air akan menurun. Hal ini disebabkan proses sintesis polisakarida dalam sel rumput laut yang memerlukan air. Semakin lama umur panen, air yang digunakan untuk proses sintesis polisakarida semakin banyak, sehingga kadar air rumput laut *Caulerpa* sp. sampai umur panen 42 hari relatif menurun. Besarnya kandungan air rumput laut menjadikan tekstur rumput laut umumnya lunak sehingga dapat dikonsumsi dalam keadaan mentah sebagai lalapan.

Kadar Lemak Rumput Laut *Caulerpa* sp.

Hasil analisis proksimat kadar lemak rumput laut *Caulerpa* sp. berdasarkan umur panen disajikan pada Lampiran 3.7, Gambar 4.4.



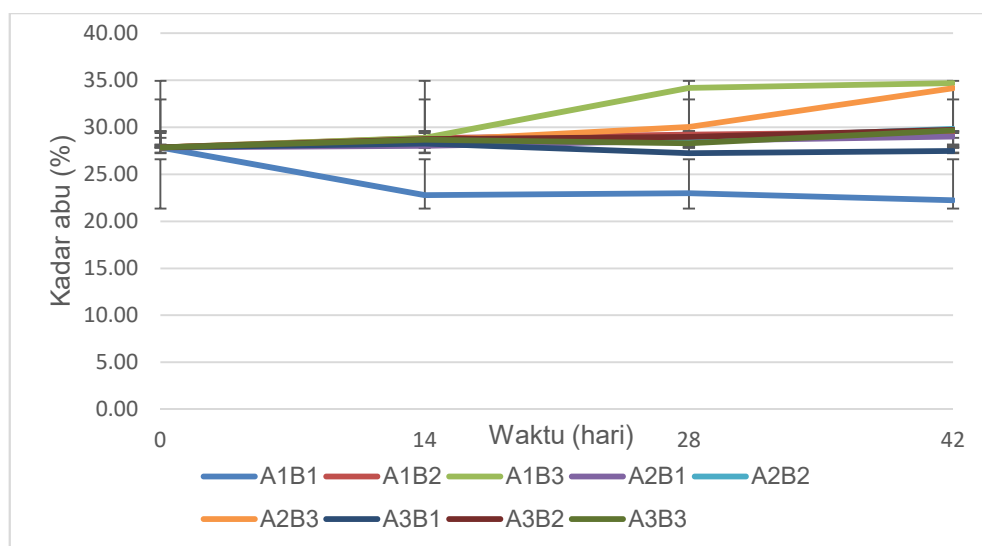
Gambar 4.4. Kadar lemak *Caulerpa* sp. pada kombinasi perlakuan selama 42 hari pemeliharaan (A1B1= jarak tanam 20 cm–kedalaman 50 cm; A1B2= jarak tanam 20 cm–kedalaman 100 cm, A1B3= jarak tanam 20 cm–kedalaman 150 cm; A2B1= jarak tanam 30 cm–kedalaman 50 cm; A2B2= jarak tanam 30 cm–kedalaman 100 cm; A2B3= jarak tanam 30 cm–kedalaman 150 cm; A3B1= jarak tanam 40 cm–kedalaman 50 cm; A3B2= jarak tanam 40 cm–kedalaman 100 cm; A3B3= jarak tanam 40 cm–kedalaman 150 cm).

Kadar lemak rumput laut *Caulerpa* sp. dalam penelitian ini berdasarkan umur panen bersifat fluktuatif. Hal ini juga dikemukakan oleh Kepel, (2001); Turangan, (2001); Charles (2000) dalam penelitiannya dengan pengambilan sampel secara acak dari alam yang dibagi atas tiga periode yaitu minggu ke-1, ke-4, dan ke-8, bahwa kandungan lemak *Caulerpa racemosa* bersifat fluktuatif. Pada umur panen 42 hari, kadar lemak rumput laut *Caulerpa* sp. berkisar 0,16-1,42% pada masing-masing kombinasi perlakuan jarak tanam dan kedalaman. Kadar lemak rumput laut dari hasil penelitian ini tergolong rendah, hal ini sesuai dengan pendapat (Burtin, 2003 ; Sanchez, dkk., 2004 ; Venugopal, 2010; Sanjaya, dkk., 2016), menyatakan bahwa rumput laut tidak kaya akan lemak,

nilai kadar lemak rumput laut pada umumnya kurang dari 4%. Pada rumput laut, lemak lebih banyak berfungsi sebagai komponen penyusun sel dari pada sebagai cadangan makanan. Lemak pada rumput laut lebih banyak tersusun oleh poli asam lemak tak jenuh (PUFA) khususnya PUFA C18 yang merupakan asam lemak tidak jenuh yang sangat dibutuhkan oleh manusia. (Ortiz, *dkk.*, 2006, Wong dan Cheung., 2000). Jumlah PUFA hampir separoh dari kandungan lemak dimana sebagian besar terdapat dalam bentuk omega-3 dan omega-6 (Sanches, *dkk.*, 2004)

Kadar Abu Rumput Laut *Caulerpa* sp.

Hasil analisis proksimat kadar abu rumput laut *Caulerpa* sp. berdasarkan umur panen selama penelitian disajikan pada Lampiran 3.9, Gambar 4.5.



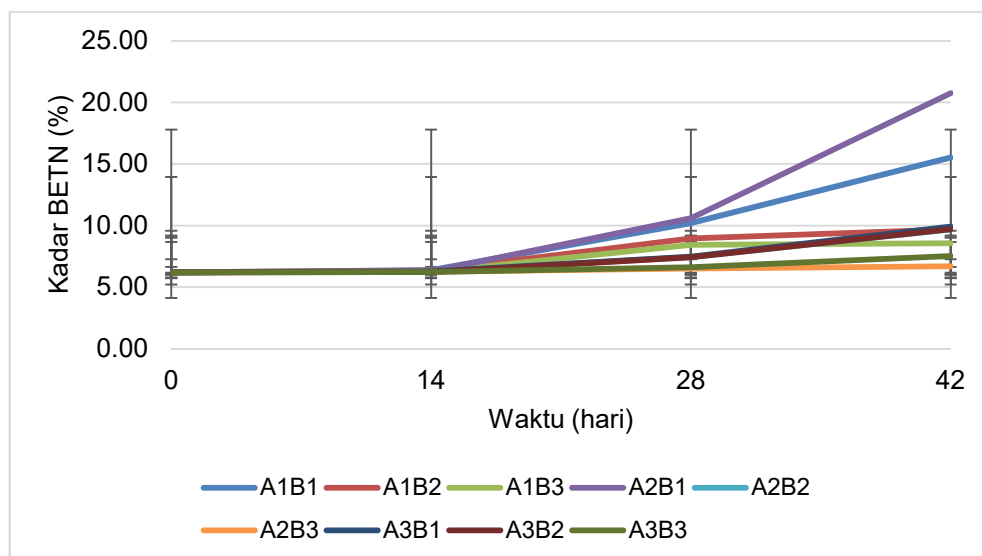
Gambar 4.5. Kadar abu *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi perlakuan selama 42 hari pemeliharaan (A1B1= jarak tanam 20 cm–kedalaman 50 cm; A1B2= jarak tanam 20 cm–kedalaman 100 cm, A1B3= jarak tanam 20 cm–kedalaman 150 cm; A2B1= jarak tanam 30 cm–kedalaman 50 cm; A2B2= jarak tanam 30 cm–kedalaman 100 cm; A2B3= jarak tanam 30 cm–kedalaman 150 cm; A3B1= jarak tanam 40 cm–kedalaman 50 cm; A3B2= jarak tanam 40 cm–kedalaman 100 cm; A3B3= jarak tanam 40 cm–kedalaman 150 cm).

Berdasarkan Gambar 4.5. kadar abu rumput laut *Caulerpa* sp. meningkat dengan bertambahnya umur panen namun peningkatannya tidak signifikan. Kadar abu *Caulerpa* sp. yang didapatkan pada penelitian ini sebesar 22,25-34,69%. Menurut Kumar, dkk. (2011), kandungan abu pada rumput laut berkisar antara 15–40%. Kandungan abu menunjukkan besarnya kandungan mineral pada rumput laut yang tidak terbakar selama pengabuan. Abu merupakan komponen dalam bahan makanan yang penting untuk menentukan kadar mineral. Kadar abu pada rumput laut terdiri dari makro-mineral dan trace element (Burtin (2003). Penyerapan hara mineral pada rumput laut dilakukan melalui seluruh permukaan talus sehingga penyerapan hara mineral lebih efektif. Kandungan mineral yang cukup besar diperlukan untuk keseimbangan osmosis dalam mempertahankan sistem biologinya (Astroga-Espana, 2014). Banyaknya hara mineral yang diserap mempengaruhi kadar abu pada jaringan rumput laut.

Analisis kadar abu dilakukan untuk mengetahui secara umum kandungan mineral pada rumput laut. bahwa nilai kadar abu suatu bahan pangan menunjukkan besarnya jumlah mineral yang terkandung dalam bahan pangan tersebut (Apriyantono, dkk., 1989). Rumput laut mengandung berbagai jenis mineral makro dan mikro dalam perbandingan yang baik untuk nutrisi. Rumput laut merupakan bahan industri yang kaya akan mineral, seperti Na, K, Ca dan Mg (Venugopal, 2010).

Kadar BETN *Caulerpa* sp

Chattopadhyay, dkk., (2006), menyatakan nilai makanan dari rumput laut sebagian besar terletak pada karbohidrat. Hasil analisis proksimat kadar BETN (Bahan ekstrak tanpa nitrogen) rumput laut *Caulerpa* sp berdasarkan umur panen selama penelitian disajikan pada Lampiran 3.11, Gambar 4.6.

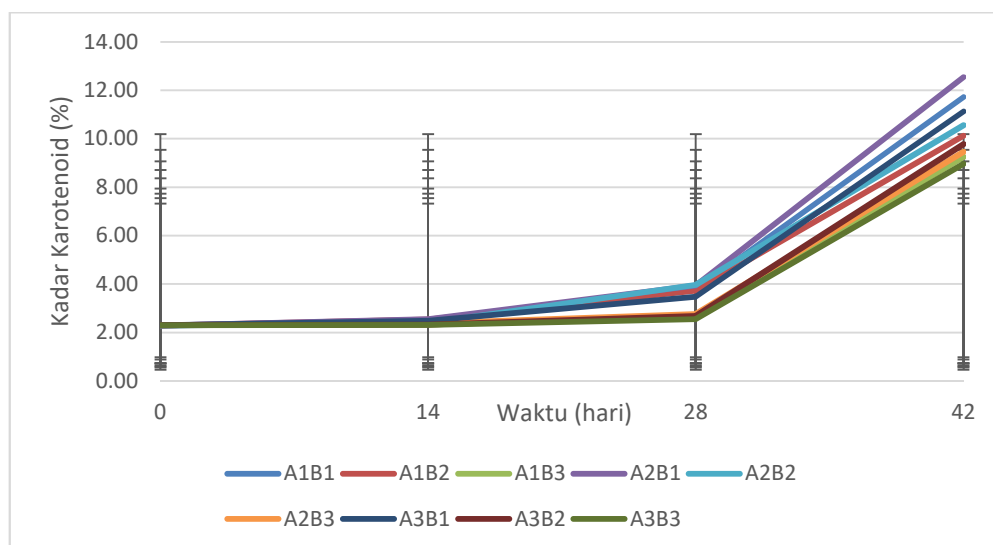


Gambar 4.6. Kadar BETN rumput laut *Caulerpa* sp pada berbagai kombinasi perlakuan selama 42 hari pemeliharaan. (A1B1= jarak tanam 20 cm–kedalaman 50 cm; A1B2= jarak tanam 20 cm–kedalaman 100 cm, A1B3= jarak tanam 20 cm–kedalaman 150 cm; A2B1= jarak tanam 30 cm–kedalaman 50 cm; A2B2= jarak tanam 30 cm–kedalaman 100 cm; A2B3= jarak tanam 30 cm–kedalaman 150 cm; A3B1= jarak tanam 40 cm–kedalaman 50 cm; A3B2= jarak tanam 40 cm–kedalaman 100 cm; A3B3= jarak tanam 40 cm–kedalaman 150 cm).

Gambar 4.6, menunjukkan bahwa kadar BETN (Bahan Ekstrak Tanpa Nitrogen) rumput laut *Caulerpa* sp. juga meningkat seiring dengan bertambahnya umur panen dan mengalami peningkatan yang signifikan pada umur 28 sampai 42 hari setelah tanam pada masing-masing kombinasi perlakuan. Rumput laut pada umumnya menyimpan cadangan makanannya dalam bentuk karbohidrat terutama polisakarida (Rodrigues, *dkk.*, 2015). Senyawa penyusun karbohidrat tersebut merupakan produk lanjut fotosintesis, yang kadarnya dipengaruhi oleh laju proses fotosintesis dan lama penimbunan asimilat di sel thalus. Kandungan karbohidrat pada rumput laut umumnya berbentuk serat yang tidak bisa dicerna oleh enzim pencernaan manusia, sehingga hanya memberikan sedikit asupan kalori dan cocok digunakan sebagai makanan diet (Sanchez, *dkk.*, 2004).

Kadar Karotenoid Rumput Laut *Caulerpa* sp.

Rumput laut hijau secara umum mengandung senyawa karoten yang dapat berfungsi sebagai antioksidan (Tamat, *dkk.*, 2007). Hasil analisis kadar karotenoid rumput laut *Caulerpa* sp. berdasarkan umur panen selama penelitian disajikan pada Lampiran 3.13, Gambar 4.7.



Gambar 4.7. Kadar karotenoid rumput laut *Caulerpa* sp. pada berbagai kombinasi perlakuan selama 42 hari pemeliharaan (A1B1= jarak tanam 20 cm–kedalaman 50 cm; A1B2= jarak tanam 20 cm–kedalaman 100 cm, A1B3= jarak tanam 20 cm–kedalaman 150 cm; A2B1= jarak tanam 30 cm–kedalaman 50 cm; A2B2= jarak tanam 30 cm–kedalaman 100 cm; A2B3= jarak tanam 30 cm–kedalaman 150 cm; A3B1= jarak tanam 40 cm–kedalaman 50 cm; A3B2= jarak tanam 40 cm–kedalaman 100 cm; A3B3= jarak tanam 40 cm–kedalaman 150 cm).

Gambar 4.7, menunjukkan bahwa kadar karotenoid rumput laut *Caulerpa* sp. cenderung mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya umur panen. Kadar karotenoid tertinggi didapatkan pada umur panen 42 hari setelah tanam. Kadar karotenoid tertinggi pada kombinasi jarak tanam 30 cm–kedalaman 50 cm. Pada panen 14 hari setelah tanam, kadar karotenoid belum

memperlihatkan peningkatan yang signifikan. Hal ini disebabkan pada periode masa tanam ini *Caulerpa* sp. masih dalam proses adaptasi dengan lingkungannya. Kadar karotenoid *Caulerpa* sp. meningkat signifikan mulai umur 28 hari dan tertinggi pada umur panen 42 hari setelah tanam. Hal ini disebabkan bahwa pada umur pemeliharaan 28 hari merupakan fase pertumbuhan yang optimal sehingga kandungan karotenoid meningkat.

Berdasarkan beberapa hasil penelitian, rumput laut merupakan salah satu penghasil karotenoid terbesar. Fajar dkk. (2014) menyatakan bahwa kandungan penting *Caulerpa* sp. adalah klorofil, beta karoten, dan caulerpin. Rumput laut hijau mengandung karotenoid yang utama adalah β -karoten, lutein, violaxanthin, antheraxanthin, zeaxanthin dan neoxanthin (Burtin, 2003). Kadar β -karoten menentukan aktivitas vitamin A, sehingga rumput laut ini mempunyai aktivitas vitamin A sedang. Karotenoid menunjukkan aktivitas biologis sebagai antioksidan, mempengaruhi regulasi pertumbuhan sel dan memodulasi ekspresi gen dan respon kekebalan tubuh (Rao dan Rao, 2007).

Proses fotosintesis mempengaruhi kualitas rumput laut. Oleh karena itu semakin lama umur panen maka proses tersebut semakin lama berlangsung, sehingga peningkatan kandungan nutrisi pada thalus rumput laut juga berlangsung lebih lama, yang pada akhirnya kualitas rumput laut menjadi lebih tinggi saat berumur 42 hari. Zalnika (2000), menyatakan bahwa kualitas rumput laut yang dihasilkan tidak hanya dipengaruhi oleh teknik budidaya yang digunakan tetapi juga dipengaruhi oleh umur tanaman. Umumnya umur panen rumput laut sekitar 1-2 bulan. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa kualitas rumput laut *Caulerpa* sp terus mengalami peningkatan sampai umur panen 42 hari. Namun demikian menurut Azizah (2006), bahwa laju pertumbuhan untuk

berbagai macam metode budidaya rumput laut *Caulerpa* sp. mulai menurun pada umur tanaman mulai mencapai 5 minggu (35 hari). Hasil penelitian ini dapat dijadikan dasar untuk menentukan waktu panen *Caulerpa* sp dengan kualitas terbaik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Umur panen mempengaruhi kualitas *Caulerpa* sp.
2. Kualitas rumput laut *Caulerpa* sp. (protein, serat kasar, karbohidrat, kadar abu dan karotenoid) didapatkan tertinggi pada umur panen 35 sampai 42 hari setelah tanam.
3. Kadar air menurun seiring dengan bertambahnya umur panen.
4. Kadar lemak bersifat fluktuatif.

Saran

Berdasarkan kajian dan pembahasan maka disarankan agar dalam budidaya *Caulerpa* sp sebaiknya panen dilakukan pada umur 35 hari setelah tanam. Penelitian mengenai eksplorasi dan pengolahan rumput laut *Caulerpa* sp. perlu dikembangkan mengingat rumput laut *Caulerpa* sp. memiliki kandungan nutrisi yang baik.

BAB V

ANALISIS KELAYAKAN PROSPEK BUDIDAYA RUMPUT LAUT *Caulerpa* sp. SECARA BIOEKOLOGIS DI PERAIRAN TAKALAR

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Rumput laut merupakan organisme laut yang memiliki syarat-syarat lingkungan tertentu agar dapat hidup dan tumbuh dengan baik. Semakin sesuai kondisi lingkungan perairan maka akan semakin baik pertumbuhannya dan juga akan semakin baik hasil yang diperoleh. Budidaya rumput laut *Caulerpa* sp. mempunyai daya toleransi yang tidak terlalu besar terhadap perubahan bioekologi suatu perairan laut. Tingkat keberhasilan budidaya rumput laut ini sangat dipengaruhi oleh faktor bioekologi, baik itu faktor fisik maupun faktor kimia dari perairan laut. Beberapa faktor bioekologi yang mempengaruhi budidaya *Caulerpa* sp. ini seperti parameter fisika dan kimia. Parameter fisika yang berpengaruh, meliputi: suhu, intensitas cahaya, arus, serta parameter kimia, seperti pH perairan, salinitas dan oksigen terlarut.

Keberhasilan budidaya rumput laut *Caulerpa* sp. dapat dicapai dengan mengoptimalkan faktor-faktor pendukung dalam budidaya laut, antara lain metode budidaya yang tepat. Pemilihan metode budidaya rumput laut yang tepat dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi bahkan terhadap kualitas rumput laut yang dihasilkan. Menurut Ilalqinsy, dkk., (2013), dijelaskan bahwa besar kecilnya pertumbuhan dikarenakan penggunaan sistem budidaya yang berkaitan dengan ruang tumbuh dan penyerapan sinar matahari sebagai

pengatur proses fotosintesis untuk tumbuh. Selanjutnya Hadie, dkk., (2011), menambahkan bahwa kualitas rumput laut yang memenuhi standar sangat ditentukan oleh proses budidayanya. Penentuan metode budidaya yang kurang tepat akan berakibat pada produksi dan dan kualitas rumput laut yang kurang maksimal. Oleh karena itu, dalam budidaya rumput laut perlu diatur jarak tanam bibit dan kedalaman tanam dari permukaan air.

Rumput laut akan tumbuh lebih baik pada kedalaman tertentu dengan intensitas cahaya matahari yang baik, karena cahaya matahari merupakan faktor penting untuk proses fotosintesis bagi pertumbuhan rumput laut. Jarak tanam bibit rumput laut saat penanaman akan mempengaruhi lalu lintas pergerakan air yang membawa unsur hara bagi nutrisi rumput laut. Pergerakan air juga dapat membersihkan rumput laut dari kotoran yang menempel sehingga tidak menghalangi proses fotosintesis, serta mencegah adanya fluktuasi yang besar terhadap salinitas maupun suhu air. Selain itu, jarak tanam rumput laut mempengaruhi luasan thallus rumput laut yang terpapar sinar matahari, sehingga secara tidak langsung akan berpengaruh pula terhadap proses fotosintesis yang mendukung pertumbuhan rumput laut. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian faktor-faktor bioekologis yang berpengaruh terhadap kuantitas maupun kualitas *Caulerpa* sp untuk dapat diketahui kelayakan prospek budidaya *Caulerpa* sp.

Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji kelayakan prospek budidaya rumput laut *Caulerpa* sp. secara bioekologis di lingkungan laut, sehingga dapat menjadi bahan informasi bagi masyarakat atau pemerintah daerah untuk pengembangan kegiatan budidaya rumput laut khususnya *Caulerpa* sp.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dimulai pada bulan Maret hingga Desember 2015. Lokasi penelitian adalah perairan Takalar dan analisa sampel selanjutnya di Laboratorium Produktifitas dan Kualitas Perairan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan di lapangan pada penelitian ini adalah perahu motor, *Global Positioning System* (GPS), *current meter*, *stopwatch*, *water quality checker* (WQC), Tiang skala, Botol sampel, *cool box*, timbangan elektrik, *lux meter*, kamera digital Canon P7700, alat tulis menulis. Alat yang digunakan di laboratorium adalah Spektrofotometer DREL 2800, kertas saring Whatman No. 42, tabung reaksi, rak tabung, corong, erlemeyer, pipet, labu ukur, karet bulb. Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah H₂SO₄ pekat, Indikator brucine, NaNO₃, ammonium molybdate, asam borat 1%, H₂SO₄ 2,5 M, asam ascorbic 1% dan air laut sebagai air sampel.

Metode Penelitian

1. Penanaman rumput laut *Caulerpa* sp.

Penanaman rumput laut *Caulerpa* sp. menggunakan sistem rakit apung dengan metode tali tunggal apung (floating monoline method). Berat awal bibit 50 gram/rumpun, jarak tanam per titik rumpun sesuai faktor perlakuan yaitu 20, 30 dan 40 cm dengan kedalaman 50, 100 dan 150 cm dari permukaan air. Penelitian ini didesain dengan menggunakan Rancangan

Acak Lengkap (RAL) pola faktorial yang terdiri atas dua faktor. Faktor I: jarak tanam, faktor II: kedalaman tanam. Dengan demikian penelitian ini mempunyai 9 kombinasi perlakuan, dilakukan 3 kali pengulangan sehingga terdapat 27 satuan unit percobaan.

2. Pengukuran dan Pengambilan data

Data-data diperoleh dengan cara mengukur parameter fisika kimia perairan. Pengukuran parameter kualitas air dimulai pada awal tanam dan dilanjutkan pengukuran setiap minggu hingga akhir masa pemeliharaan. Parameter yang diukur meliputi : pH, suhu, salinitas, intensitas cahaya, karbondioksida, kecepatan arus, nitrat dan fosfat. Pengukuran suhu dan pH dilakukan menggunakan Water quality Checker secara *insitu*. Pengambilan sampel air nitrat (NO_3) dan fosfat (PO_4) diambil dengan menggunakan botol sampel yang sama pada setiap kedalaman 50, 100 dan 150 cm. Pengambilan sampel dengan cara mencelupkan botol sampel di dalam air lalu menutupnya dengan rapat. Setelah botol sampel terisi semua, botol sampel tersebut dimasukkan ke dalam *cool box* lalu diawetkan dengan menggunakan es batu.

3. Analisis sampel di Laboratorium

Dalam penentuan nitrat-nitrogen digunakan metoda *Brucine* dengan pereaksi-pereaksi brucine dan asam sulfat pekat. Reaksi Brucine dengan nitrat membentuk senyawa yang berwarna kuning. Penentuan fosfat dengan metode *Stannous chloride*, dengan suatu pereaksi reduksi molybdenum dalam suatu senyawa kompleks yang dapat tereduksi menjadi senyawa yang berwarna biru. Intensitas warna biru akan semakin bertambah dengan semakin besarnya kadar fosfat terlarut yang ada.

Analisis Data

Data parameter kualitas air dianalisis secara deskriptif sesuai dengan kelayakan tumbuh rumput laut *Caulerpa* sp. Untuk mempertegas keterkaitan antara parameter lingkungan dengan pertumbuhan, produksi dan kualitas *Caulerpa* sp, maka data dianalisis dengan menggunakan PCA (Principal Component Analysis) dengan menggunakan XLSTAT 2017.02.44125. PCA (Principal Component Analysis) atau analisis komponen utama merupakan metode statistik deskriptif untuk memudahkan dan menginterpretasikan dalam bentuk grafik serta informasi maksimum yang terdapat dalam suatu matriks data. Tujuannya adalah untuk mempelajari keterkaitan antara parameter lingkungan dengan variabel yang diukur (Bengen, 2000).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan dan perkembangan rumput laut tidak terlepas dari persyaratan habitat untuk hidup dengan baik dan subur. Rumput laut merupakan organisme laut yang memiliki syarat-syarat lingkungan tertentu agar dapat hidup dan tumbuh dengan baik. Faktor fisika dan kimia laut selain mempengaruhi pertumbuhan rumput laut juga berpengaruh terhadap kualitas yang dihasilkan. Semakin sesuai kondisi lingkungan perairan maka akan semakin baik pertumbuhannya dan juga akan semakin baik hasil yang diperoleh. Pertumbuhan rumput laut dipengaruhi oleh kondisi lingkungan antara lain salinitas, suhu, cahaya matahari, nutrient berupa nitrat, ammonium dan ortofosfat. Rumput laut sebagai tanaman memerlukan nutrient dari air laut untuk tumbuh. Unsur utama yang banyak dibutuhkan adalah nitrogen dan fosfor. Selanjutnya dinyatakan

bahwa pertumbuhan dan penyerapan nutrisi dalam jaringan tumbuhan dipengaruhi oleh lingkungan (Sulistijo, 2002; Kadi, 2004).

Pengukuran kualitas air meliputi pH, suhu, salinitas, intensitas cahaya, CO₂, kecepatan arus, nitrat dan fosfat, disajikan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Kisaran parameter kualitas air selama penelitian.

Parameter	Kisaran/perlakuan (kedalaman air)			Kelayakan (referensi)
	50cm	100cm	150cm	
pH	7,3 – 8,3	7,4 – 7,69	7,32 - 7,63	7,7-8,3 (Ilustrisimo dkk., 2013)
Suhu (°C)	29,0 -33,0	28,0 – 30,0	28,0 - 30,0	25-30 (Putra dkk., 2012; Ukabi, dkk., 2013; Hui, dkk, 2014a)
Salinitas (ppt)	29,0 – 30,0	29,0 – 30,0	29,0 - 30,0	25–30 (Putra, dkk., 2012; Hui, dkk., 2014b; Yuliana, dkk. 2015)
Int. Cahaya (lux)	1.413 – 3.752	1.320 – 3.275	1.295- 3.130	400-7000 (Masyaharo dan Mappiratu, 2010)
CO ₂ (ppm)	17,38 – 28,38	15,98 – 20,78	17,58 – 19,98	30,0-1,140 (Sa'adah, 2012)
Kecepatan arus (cm/detik)	0,084 - 0,302	0,084 - 0,388	0,154 - 0,244	0,1-0,3 cm/detik (Sulistijo, 2002; Anggadereja, 2008)
Nitrat-NO ₃ (ppm)	0,11 – 0,97	0,1 – 0,8	0,11 – 2,6	0,1-3,5 ppm (Azizah, 2006; Hui, dkk., 2014b)
Posfat-PO ₄ (ppm)	0,16 – 0,60	0,16 – 0,40	0,25 – 0,62	0,02-1ppm (Efendi, 2003; Khasanah, 2013; Hui, dkk., 2014b; Hasan, dkk., 2015)

Berdasarkan Tabel 4.1, menunjukkan bahwa kisaran kualitas air yang diukur selama penelitian pada masing-masing perlakuan kedalaman memperlihatkan kisaran yang layak bagi pertumbuhan, produksi dan kualitas *Caulerpa* sp.

Derajat Keasaman (pH)

Berdasarkan tabel diatas terlihat bahwa derajat keasaman (pH) selama penelitian berkisar antara 7,3-8,3, kisaran tersebut memenuhi syarat pada proses budidaya rumput laut jenis *Caulerpa* sp. Menurut Ilustrisimo, dkk., (2013), kisaran pH yang sesuai untuk budidaya rumput laut *Caulerpa* sp adalah berkisar antara pH 7,7-8,3. Aslan (2003) mengemukakan kisaran pH untuk kehidupan rumput laut adalah 6-9 dengan kisaran optimum 6,8-8,2. pH merupakan salah satu faktor penting dalam kehidupan alga laut, sama halnya dengan faktor-faktor lainnya. pH erat hubungannya dengan aktifitas fotosintesis. Penyerapan CO₂ dari air pada proses fotosintesis akan meningkatkan pH menjadi lebih basa.

Suhu

Kisaran suhu pada penelitian 28-33°C. Kisaran tersebut memenuhi syarat bagi pertumbuhan *Caulerpa* sp. Menurut Putra, dkk., (2012), menyatakan bahwa rumput laut *Caulerpa* sp dapat hidup pada suhu 25-30 °C. Menurut Hui dkk., (2014), berkembang baik pada suhu 27,5 °C, pada suhu 18 °C memberikan pengaruh yang kurang baik yaitu tekstur menjadi lembut dan mulai membusuk. Suhu merupakan faktor yang sangat penting untuk pembentukan rhizoids dan stolons. Ukabi dkk., (2013) berpendapat bahwa suhu yang optimal untuk pertumbuhan *Caulerpa* sp. adalah 26 °C dengan penambahan panjang *thallus* antara 41–56%. Menurut Burfeind dan James (2009) suhu perairan berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan, *Caulerpa* tidak dapat hidup pada suhu 10°C dan tidak akan tumbuh hingga suhu perairan antara 15 – 17,5°C. Suhu perairan mempengaruhi laju fotosintesis. Perubahan suhu yang nyata bagi rumput laut dapat menghambat pertumbuhan baik berupa perubahan morfologi maupun

fisiologinya bahkan dapat mematikannya. Selanjutnya dikatakan pada kondisi intensitas cahaya yang berbeda, laju fotosintesis dipengaruhi juga oleh suhu perairan.

Suhu dipengaruhi oleh kedalaman, penetrasi cahaya matahari dan sirkulasi air laut. Suhu dapat mempengaruhi fotosintesa di laut baik secara langsung maupun tidak langsung. Pengaruh secara langsung yaitu suhu berperan untuk mengontrol reaksi enzimatik dalam proses fotosintesis.

Salinitas

Kisaran salinitas selama penelitian 29-30 ppt. Kisaran tersebut layak untuk pertumbuhan *Caulerpa* sp. Hal ini sesuai yang dikemukakan oleh Hui, *dkk.*, (2014), bahwa rumput laut *Caulerpa* sp dapat bertahan hidup pada salinitas berkisar antara 20-50 ppt, dan dapat berkembang pada kisaran 30-40 ppt. Pada salinitas 20 ppt dan 45 ppt hanya stolon diregenerasi dari cabang, sedang pada salinitas 30-40 ppt memiliki cabang baru dengan ramuli tumbuh dari stolon. Selanjutnya dinyatakan bahwa salinitas tinggi dapat berpengaruh terhadap fotosintesis makroalga, alga akan menonaktifkan pusat reaksi fotosistem dan menghambat transfer elektron. Klorofil meningkat dalam sampel ganggang di salinitas 30 ppt dan mencapai maksimum pada salinitas 35 ppt.

Menurut Choi *dkk.*, (2010), parameter kualitas air yang sangat berperan terhadap pertumbuhan, pembentukan 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). Selanjutnya Choi *dkk.*, (2010) menambahkan bahwa rumput laut akan mengalami pertumbuhan yang lambat apabila salinitas terlalu rendah (kurang 15 ppt) atau terlalu tinggi (lebih 35 ppt) dari kisaran salinitas yang sesuai dengan syarat hidupnya hingga jangka waktu tertentu. Perbedaan salinitas mempengaruhi mekanisme fisiologi dan biokimia, sebab proses perubahan tekanan osmosis berkaitan erat dengan peran membran sel dalam proses transpor nutrisi.

Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya selama penelitian berkisar antara 1.295-3.752 lux, kisaran tersebut layak untuk budidaya rumput laut. Masyahoro dan Mappiratu (2010), menyatakan bahwa intensitas cahaya 400 lux dapat merangsang perkembangan spora dengan baik, sedangkan pada intensitas cahaya 6500 – 7000 lux pertumbuhan alga dapat berlangsung dengan baik. Wang (2011), menyatakan bahwa bobot *C. lentillifera* tertinggi didapatkan pada intensitas cahaya >3000 lux. *Caulerpa* sp. sangat memerlukan cahaya di dalam proses fotosintesis yang dapat mempengaruhi pertumbuhannya. Proses fotosintesis terdiri dari dua tahap, yaitu reaksi terang dan reaksi gelap (siklus Calvin). Reaksi terang adalah proses reaksi yang membutuhkan cahaya matahari terjadi pada *grana*, sedangkan reaksi gelap adalah reaksi yang tidak membutuhkan cahaya matahari terjadi pada *stroma* (Utomo, 2007). Reaksi terang, cahaya matahari akan dikonversi menjadi energi kimia untuk memecah H₂O menjadi O₂ dan O₂ yang dihasilkan akan mengkonversi energi kimia menjadi adenosin trifosfat (ATP) dan nikotin adenine dinukleotida fosfat (NADP) sebagai hasil dari reaksi terang (Utomo, 2007). Reaksi gelap (siklus Calvin) terjadi pembentukan karbohidrat dari

bahan dasar CO₂ yang diperoleh dari perairan (tumbuhan air) dan hasil dari reaksi terang ATP dan NADP (Alamsjah, *dkk.*, 2010).

Karbondioksida (CO₂)

Pengukuran CO₂ selama penelitian 15,98-28,38 mg/l kisaran tersebut memenuhi syarat untuk budidaya rumput laut *Caulerpa* sp, menurut Diaz-pulindo *dkk.*, (2008) dalam Sa'adah (2012), menyatakan bahwa konsentrasi CO₂ untuk pertumbuhan rumput laut berkisar 1,140 - 30,0 mg/l masih layak untuk budidaya, kandungan 5mg/l CO₂ didalam air masih masih dapat ditoleransi untuk budidaya. Rumput laut mendapat sumber karbon diperoleh dari karbondioksida (CO₂).

Rumput laut menyerap CO₂ yang digunakan untuk pertumbuhan melalui proses fotosintesis. Zou and Gao (2010), bahwa rumput laut memiliki sifat fisiologis yaitu kemampuan untuk menggunakan zat karbon yang terlarut dalam air yang dapat diubah menjadi bahan organik dan diasimilasikan dalam tubuh tanaman (thallus). Selanjutnya ditambahkan bahwa peningkatan CO₂ dalam air laut akan mempengaruhi fisiologi rumput laut. Respon fisiologis rumput laut terhadap peningkatan konsentrasi CO₂ sangat bervariasi, tergantung pada spesies, lingkungan, dan ketersediaan CO₂.

Kecepatan Arus

Kecepatan arus berperan penting dalam pertumbuhan *Caulerpa* sp, karena arus laut membawa zat hara yang merupakan bahan makanan bagi thallus. Makin besar gerakan air, makin banyak difusi oksigen yang dapat dimanfaatkan untuk respirasi rumput laut. Selain itu arus berfungsi menghomogenkan masa air sehingga fluktuasi salinitas, suhu, pH dan zat-zat terlarut dapat dihindari.

Kecepatan arus pada perlakuan kedalaman 50 cm berkisar antara 0,084 – 0,302 m/detik merupakan kisaran yang layak untuk pertumbuhan *Caulerpa* sp. Hal sesuai yang dikemukakan oleh Anggadireja, dkk. (2008), bahwa untuk pertumbuhan rumput laut kecepatan arus berkisar 0,1 – 0,3 m/detik. Sedangkan kecepatan arus pada kedalaman 150 cm adalah 0,154 – 0,244m/detik. Kisaran tersebut masih cukup baik dalam budidaya rumput laut, sesuai dengan pendapat Aslan (1991), arus yang terlalu tenang akan menghambat pertumbuhan rumput laut karena kurangnya suplai nutrisi, dan tertutup oleh sedimen atau kotoran yang lain. Arus merupakan faktor yang dapat mengontrol dan mempengaruhi pertumbuhan rumput laut. Sulistijo (2002) mengemukakan bahwa arus suatu perairan mempengaruhi pertumbuhan rumput laut karena difusi nutrisi ke dalam sel thallus semakin banyak, sehingga metabolisme dipercepat. Pergerakan massa air mampu menjaga rumput laut bersih dari sedimen sehingga semua bagian thallus dapat berfungsi untuk melakukan fotosintesis. Akan tetapi arus yang lebih cepat dapat menimbulkan kerusakan rumput laut seperti dapat patah ataupun terlepas dari substratnya (Diaz-Pulido, dkk., 2008; Rusman, 2009).

Nitrat dan Fosfat

Tingkat kandungan fosfat yang terukur selama penelitian berkisar antara 0,116 - 0,62 ppm pada kisaran ini masih layak untuk budidaya. Efendi, (2003); Hui, dkk., (2014b); Khasanah (2013), menyatakan bahwa fosfat yang baik untuk budidaya rumput laut pada kisaran 0,02 – 1,00 ppm. Hasan, dkk. (2015) juga menambahkan, perairan yang subur memiliki kisaran zat hara fosfat di perairan laut yang normal antara 0,10–1,68 mg/l. Hui, dkk. (2014b) menyatakan bahwa nitrogen dan fosfor adalah dua nutrisi penting untuk pertumbuhan alga. Nutrisi sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan rumput laut sehingga nutrisi harus sesuai

dengan kebutuhan rumput laut. Kekurangan nutrisi akan menghambat pertumbuhan rumput laut sedangkan kelebihan nutrisi akan mempengaruhi pertumbuhan rumput laut. Nutrisi yang berlebih pada alga dapat menghambat pertumbuhannya. Fosfat merupakan salah satu unsur hara yang penting bagi metabolisme sel tanaman. Namun kandungan fosfat yang lebih tinggi dari batas toleransi dapat berakibat terhambatnya pertumbuhan. Masyahoro dan Mappiratu (2010) menjelaskan kandungan nutrisi utama yang diperlukan rumput laut, seperti nitrat dan fosfat, sangat berpengaruh terhadap stadium reproduksinya. Apabila kedua unsur hara tersebut tersedia, maka kesuburan rumput laut meningkat dengan cepat. Unsur N dan P adalah unsur hara yang sangat dibutuhkan oleh alga dalam pertumbuhannya. Unsur P yang sedikit jumlahnya serta dalam perbandingannya dengan unsur N yang tidak serasi seringkali merupakan faktor pembatas bagi pertumbuhan alga (Malta, dkk., 2002).

Epifit

Jenis organisme epifit yang dijumpai pada penelitian seperti lumut, tumbuhan mikro dan hewan-hewan kecil (Gambar 5.1). Organisme ini menempel pada thallus dan menjadi kompetitor bagi *Caulerpa* sp. Organisme ini hanya dijumpai pada jarak tanam 20 cm. Hal ini disebabkan bahwa pada jarak tanam 20 cm kerapatan jarak tanam antar rumpun lebih tinggi, kemudian pada minggu ke-4 pereliharaan secara morfologi terlihat bagian stolon dari *Caulerpa* sp saling terkait sehingga mengakibatkan rendahnya pergerakan air (arus). Akibat dari rendahnya pergerakan air dijumpai banyak tumbuhan mikro dan hewan-hewan yang menempel pada thallus sehingga terjadi persaingan unsur hara antara tumbuhan mikro dengan rumput laut, pengumpulan kotoran pada thallus yang menutupi thallus. Menurut Anggadiredja, dkk. (2006), bahwa tumbuhan disekitar

tanaman budidaya merupakan kompetitor, sehingga mengganggu pertumbuhan rumput laut. Selain menutup thallus rumput laut dari cahaya matahari, lumut juga menyerap nutrisi yang terdapat dalam rumput laut tersebut.



Gambar 5.1. Berbagai jenis organisme yang menempel pada rumput laut *Caulerpa* sp. (a=lumut, b=tumbuhan mikro, c=organisme penempel).

Pada jarak tanam 30 cm dan 40 cm tidak dijumpai adanya organisme penempel, hal ini disebabkan oleh pergerakan air yang normal sehingga rumput laut *Caulerpa* sp. bersih dari kotoran yang menempel. Sulistijo (2002); Diaz-Pulido, dkk., (2008); (Rusman, 2009), menyatakan bahwa lalu lintas pergerakan air normal dapat menghindari terkumpulnya kotoran pada thallus, membersihkan rumput laut dari kotoran yang menempel sehingga tidak menghalangi proses fotosintesis.

Kualitas rumput laut di pengaruhi oleh faktor lingkungan seperti cahaya, suhu, musim, kadar garam, gerakan air dan zat hara. Cahaya, suhu, pH dan unsur hara akan berpengaruh terhadap berlangsungnya fotosintesa. Fotosintesa merupakan proses perubahan zat anorganik menjadi zat organik, sehingga faktor-faktor tersebut di atas secara tidak langsung akan menentukan kandungan protein, lemak, serat kasar dan karbohidrat rumput laut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian analisis kelayakan prospek budidaya *Caulerpa* sp secara bioekologis di lingkungan laut, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Kisaran kualitas air selama penelitian layak bagi pertumbuhan, produksi dan kualitas *Caulerpa* sp.
2. Secara bioekologis *Caulerpa* sp layak dibudidayakan pada jarak tanam 30 cm dengan kedalaman tanam 50 cm dari permukaan air.
3. Karbondioksida (CO_2), intensitas cahaya, suhu, salinitas, pH dan kecepatan arus berpengaruh positif terhadap pertumbuhan dan produksi *Caulerpa* sp. pada kedalaman tanam 50 cm. Kedalaman tanam 100 cm tidak memperlihatkan parameter kualitas air yang menonjolkan pengaruh tertentu, sedang kedalaman 150 cm parameter kualitas air yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi *Caulerpa* sp adalah Nitrat (NO_3) dan Fosfat (PO_4).
4. Suhu, pH, Salinitas, Intensitas Cahaya dan CO_2 berpengaruh positif terhadap kadar protein, kadar BETN, kadar karotenoid dan kadar air *Caulerpa* sp, akan tetapi pengaruhnya kecil terhadap kadar lemak dan kadar serat kasar, nitrat dan fosfat berpengaruh terhadap kadar abu *Caulerpa* sp.

Saran

Perlu penelitian lanjutan tentang pengembangan potensi pemanfaatan rumput laut dalam melengkapi informasi bagi budidaya rumput laut khususnya *Caulerpa* sp.

BAB VI

PEMBAHASAN UMUM

Laju pertumbuhan, produksi dan kualitas rumput laut *Caulerpa* sp. hasil budidaya dapat dicapai yang terbaik dengan mengoptimalkan faktor-faktor pendukung dalam budidaya laut, antara lain penerapan metode budidaya yang tepat. Metode budidaya berhubungan dengan intensitas cahaya, arus, ketersediaan hara, salinitas, dan temperatur yang sesuai, akan mengakibatkan rumput laut dapat tumbuh dengan baik dan menghasilkan produksi yang tinggi. Rumput laut dapat tumbuh baik dan mencapai produksi tinggi apabila dibudidayakan pada lokasi kedalaman penanaman yang sesuai.

Laju pertumbuhan *Caulerpa* sp pada penelitian ini terlihat lebih baik dengan nilai pertumbuhan harian yang didapatkan sebesar 2,42–4,87%/hari. Pada kombinasi jarak tanam 30 cm dengan kedalaman 50 cm didapatkan laju pertumbuhan tertinggi sebesar 4,87%/hari. Ask dan Azanza, (2002); Anggadireja, dkk, (2006); Syahlun, dkk. (2013), menyatakan bahwa pertumbuhan rumput laut dikatakan baik bila laju pertumbuhan hariannya lebih dari 2%/hari.

Pertumbuhan rumput laut *Caulerpa* sp sepenuhnya tergantung pada ketersediaan nutrisi dan kondisi lingkungan. Ilalqisny, dkk., (2013), menyatakan bahwa besar kecilnya pertumbuhan dikarenakan penggunaan sistem budidaya yang berkaitan dengan ruang tumbuh, dan penyerapan sinar matahari sebagai pengatur proses fotosintesis. Pertumbuhannya rumput laut memerlukan cahaya matahari untuk melakukan proses fotosintesis, karena itu rumput laut hanya dapat tumbuh pada perairan yang memiliki kedalaman tertentu dengan cahaya matahari mencapai dasar perairan. Supaya kebutuhan sinar matahari tersedia

dalam jumlah yang optimal bagi rumput laut, maka harus diatur kedalaman dan jarak tanam dalam membudidayakannya. Menurut Kadi (2004), peranan kedalaman terhadap pertumbuhan rumput laut berhubungan dengan stratifikasi suhu secara vertical, penetrasi cahaya, densitas, kandungan oksigen dan unsur-unsur hara. Selanjutnya, ditambahkan oleh Kune (2007), bahwa kedalaman merupakan salah satu faktor penentu dalam laju pertumbuhan rumput laut dengan makin bertambahnya kedalaman penanaman maka penetrasi cahaya makin rendah, dan sirkulasi oksigen makin rendah..

Produksi *Caulerpa* sp pada yang didapatkan pada penelitian ini sebesar 270.66–1.123,57 g/m². Produksi tertinggi dicapai pada kombinasi perlakuan jarak tanam 30 cm dengan kedalaman tanam 50 cm sebesar 1.123,57 g/m². Produksi rumput laut dipengaruhi oleh metode dan lokasi budidaya, bibit serta umur panen. Teknik budidaya yang sesuai dalam perairan akan menghasilkan rumput laut dengan produktivitas tinggi (Dahuri, 2006). Penentuan metode budidaya yang kurang tepat akan berakibat pada produksi dan kualitas rumput laut yang kurang maksimal. Menurut Hadie, dkk. (2011), bahwa kuantitas dan kualitas rumput laut yang memenuhi standar sangat ditentukan oleh proses budidayanya. Penentuan metode budidaya yang kurang tepat akan berakibat pada produksi dan kualitas rumput laut yang kurang maksimal. Lokasi budidaya berhubungan dengan ketersediaan hara, arus, gelombang laut dan cahaya. Hara yang tersedia, arus, pergerakan massa air yang cukup, salinitas, temperatur dan pencahayaan yang sesuai, akan mengakibatkan rumput laut dapat tumbuh dengan baik dan menghasilkan produksi dan produktivitas yang tinggi.

Tingginya laju pertumbuhan dan produksi pada kombinasi jarak tanam 30 cm dengan kedalaman 50 cm menunjukkan bahwa jarak tanam dan kedalaman

tanam saat penanaman rumput laut merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan rumput laut. Ceccherelli, *dkk.*, (2002) menyatakan bahwa jarak tanam bibit merupakan salah satu faktor teknis yang berpengaruh terhadap pertumbuhan rumput laut karena hubungannya dengan penyerapan unsur hara sangat berkaitan. Selain itu, kepadatan bibit rumput laut saat penanaman akan mempengaruhi luasan thallus rumput laut yang terpapar sinar matahari, sehingga secara tidak langsung akan berpengaruh pula terhadap proses fotosintesis yang mendukung pertumbuhan rumput laut. Kerapatan jarak tanam bibit rumput laut yang tinggi menyebabkan ruang gerak menjadi sempit sehingga rumput laut sulit untuk menyerap unsur hara sebagai asupan makanannya akibatnya rumput laut sulit untuk berkembang. Oleh karena itu, jarak tanam bibit mempengaruhi pertumbuhan rumput laut (Haris, 2008). Jarak tanam rumput laut dapat mempengaruhi persaingan dalam mendapatkan unsur hara atau nutrien. West dan West (2007) menambahkan bahwa persaingan antara thalus dalam hal kebutuhan matahari, zat hara dan ruang gerak sangat mempengaruhi pertumbuhan rumput laut. Jarak tanam yang digunakan selain mempengaruhi lalu lintas pergerakan air juga akan menghindari terkumpulnya kotoran pada thalus yang akan membantu pengudaraan sehingga proses fotosintesis yang diperlukan untuk pertumbuhan rumput laut dapat berlangsung serta mencegah adanya fluktuasi yang besar terhadap salinitas maupun suhu air (Sudjiharno, 2001).

Pengaturan jarak tanam bibit dan kedalaman tanam juga mempengaruhi kualitas (kandungan nutrisi) *Caulerpa* sp. Kondisi kekurangan cahaya berakibat terganggunya metabolisme, sehingga menyebabkan menurunnya laju fotosintesis dan sintesis karbohidrat. Pada kondisi kekurangan cahaya, rumput

laut berupaya untuk mempertahankan agar fotosintesis tetap berlangsung dalam kondisi intensitas cahaya rendah. Keadaan ini dapat dicapai apabila respirasi juga efisien. Penyinaran yang cukup bagi *Caulerpa* sp akan membuat *Caulerpa* sp bisa melakukan proses fotosintesis dengan maksimal sehingga produksi karbohidrat akan sangat baik bagi pertumbuhannya.

Rumput laut *Caulerpa* sp. sebagai sumber gizi, memiliki kandungan karbohidrat, protein, sedikit lemak dan abu yang sebagian besar merupakan senyawa garam natrium dan kalium. Senyawa karbohidrat yang banyak terkandung pada rumput laut terdiri dari selulosa dan hemiselulosa yang tidak dapat dicerna seluruhnya oleh enzim dalam tubuh, sehingga dapat menjadi makanan diet dengan sedikit kalori. Nilai makanan dari rumput laut sebagian besar terletak pada karbohidrat. Kandungan karbohidrat pada rumput laut umumnya berbentuk serat yang tidak bisa dicerna oleh enzim pencernaan manusia, sehingga hanya memberikan sedikit asupan kalori dan cocok digunakan sebagai makanan diet (Sanchez, dkk., 2004; Ciancia, dkk., 2007).

Rumput laut *Caulerpa* sp. mengandung mineral dimana unsur mineral dikenal juga sebagai kadar abu. Sehingga bila kadar abu tepung rumput laut semakin tinggi maka kadar mineral yang terkandung didalamnya juga tinggi (Winarno (1997). Perbedaan jenis mineral tergantung dari habitat masing-masing rumput laut. Besarnya variasi jumlah mineral dan komponen organik pada dasar perairan dan sifat kedalaman perairan, jarak dari tanah dan lingkungan mempengaruhi jumlah mineral yang ada pada rumput laut (Venugopal, 2010).

Menurut Hadie, dkk. (2011), bahwa kualitas rumput laut yang memenuhi standar sangat ditentukan oleh proses budidayanya, di samping penanganan pasca panennya. Hui, dkk., (2014a) menyatakan bahwa sebagai organisme

yang melakukan proses fotosintesis, komposisi kimia rumput laut/alga laut dapat dipengaruhi tidak hanya oleh konsentrasi nutrisi perairan tetapi juga suhu perairan dan kedalaman perairan. Kualitas rumput laut yang dihasilkan tidak hanya dipengaruhi oleh teknik budidaya yang digunakan tetapi juga dipengaruhi oleh umur tanaman. Apabila panen dilakukan pada umur atau lama tanam lebih awal atau lebih lama dari waktu panen yang seharusnya, maka rumput laut yang dihasilkan akan berkualitas rendah. Umumnya umur panen rumput laut sekitar 1-2 bulan (Billy, *dkk.*, 2014).

Waktu merupakan salah satu parameter penting yang harus dipertimbangkan dalam pemeliharaan rumput laut. Efisiensi waktu berpengaruh terhadap kuantitas pertumbuhan. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Erpin, *dkk.* (2013) bahwa lama pemeliharaan rumput laut memberikan pengaruh terhadap laju pertumbuhan spesifik. Pada lama pemeliharaan yang optimum, menghasilkan laju pertumbuhan yang maksimum, sedangkan pada lama pemeliharaan yang lebih pendek atau lebih lama laju pertumbuhan rendah atau menurun. Selanjutnya ditambahkan oleh Yulianto dan Mira (2009), mengatakan bahwa waktu merupakan faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan rumput laut, hal ini dikarenakan bahwa batang thallus rumput laut memiliki kemampuan beregenerasi seiring dengan penambahan waktu pemeliharaan.

Faktor fisika dan kimia laut selain mempengaruhi pertumbuhan rumput laut juga berpengaruh terhadap kualitas rumput laut, dan semakin baik pertumbuhan rumput laut maka kualitas rumput laut semakin tinggi. Munoz, *dkk.*, 2004, menyatakan bahwa faktor lingkungan yang mempengaruhi kualitas rumput laut seperti cahaya, suhu, kadar garam, gerakan air dan zat hara. Cahaya, suhu, pH dan unsur hara akan berpengaruh terhadap berlangsungnya fotosintesa.

Fotosintesa merupakan proses perubahan zat anorganik menjadi zat organik, sehingga faktor- faktor tersebut di atas secara tidak langsung akan menentukan kandungan protein, lemak, serat kasar dan karbohidrat rumput laut. Selain itu lama tanam rumput laut juga mempengaruhi kandungan nutrisi, baik secara kuantitas maupun kualitas (Hurtado dkk., 2008)

Caulerpa sp. termasuk tumbuhan yang dalam proses metabolismenya memerlukan kesesuaian faktor-faktor fisika dan kimia perairan seperti gerakan air, suhu, salinitas, nutrisi atau zat hara (seperti nitrat dan fosfat) dan intensitas cahaya matahari. Semakin sesuai kondisi lingkungan perairan maka akan semakin baik pertumbuhannya dan juga akan semakin baik hasil yang diperoleh. Menurut Masyahoro dan Mappiratu (2009), bahwa kemampuan bioekologi bibit rumput laut yang dibudidayakan relatif sama untuk beradaptasi terhadap dinamika kondisi perairan, khususnya parameter oseanografi yang meliputi suhu, salinitas, oksigen terlarut, derajat keasaman, kecerahan dan kecepatan arus memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan rumput laut. Blenckner, (2005); Kartono, dkk. (2008), menyatakan bahwa rumput laut merupakan organisme laut yang memiliki syarat-syarat lingkungan tertentu agar dapat hidup dan tumbuh dengan baik.

pH perairan mempengaruhi proses fotosintesa bagi pertumbuhan *Caulerpa* sp. Ilustrisimo, dkk. (2013) menyatakan bahwa pada pH 7,7-8,3 pertumbuhan *C. lentillifera* mengalami peningkatan, sedangkan Susilowati, dkk. (2012) mengatakan bahwa perairan basa (7-9) merupakan perairan yang produktif dan berperan mendorong proses perubahan bahan organik dalam air menjadi mineral-mineral. Suhu berpengaruh langsung terhadap kehidupan rumput laut terutama dalam proses fotosintesis, proses metabolisme, dan siklus

reproduksi (Pong-Masak, *dkk*, 2008). Piazzi, *dkk.* (2002), kisaran suhu yang optimal untuk mendukung pertumbuhan *C. racemosa* berkisar antara 25°C–31°C. Temperatur air di permukaan dipengaruhi oleh kondisi meteorologi. Faktor-faktor meteorologi yang berperan disini adalah curah hujan, penguapan, kelembaban udara, temperatur udara, kecepatan angin dan intensitas radiasi matahari. Secara alami temperatur air permukaan merupakan lapisan hangat karena mendapat radiasi matahari pada siang hari. Temperatur lingkungan berperan penting dalam proses fotosintesis, dimana semakin tinggi intensitas matahari dan semakin optimum kondisi temperatur, maka akan semakin sistematis hasil fotosintesisnya (Lee, *dkk.*, 1999 dalam Amalia, 2013). Temperatur air juga mempengaruhi beberapa fungsi fisiologis rumput laut seperti fotosintesis, respirasi, metabolisme, pertumbuhan dan reproduksi. Puncak laju fotosintesis terjadi pada intensitas cahaya yang tinggi dengan temperatur antara 20-28°C, namun masih ditemukan rumput laut tumbuh pada temperatur 31°C.

Parameter kualitas air yang sangat berperan terhadap pertumbuhan, pembentukan callus dan perkembangan morfogenetik rumput laut adalah salinitas, karena terkait langsung dengan osmoregulasi yang terjadi di dalam sel. Perbedaan salinitas mempengaruhi mekanisme fisiologi dan biokimia, sebab proses perubahan tekanan osmosis berkaitan erat dengan peran membran sel dalam proses transpor nutrisi. 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). Menurut Hurtado, *dkk.*, (2008), bahwa pertumbuhan yang lambat bisa disebabkan oleh penyerapan

nutrien tidak optimal akibat kondisi lingkungan yang kurang sesuai untuk pertumbuhan rumput laut. Hal ini dipertegas oleh Rumampuk, *dkk.*, (2004) menyatakan kondisi lingkungan 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. Rumput laut akan mengalami pertumbuhan yang lambat apabila salinitas terlalu rendah (kurang 15 ppt) atau terlalu tinggi (lebih 35 ppt) dari kisaran salinitas yang sesuai dengan syarat hidupnya hingga jangka waktu tertentu (Choi, *dkk.*, 2010). Rumput laut *Caulerpa* sp dapat tumbuh dan berkembang pada salinitas 25-30‰ (Putra, *dkk.*, 2012; Hui, *dkk.*, 2014b).

Ismail dan Pratiwi (2002), menyatakan bahwa rumput laut memerlukan sinar matahari untuk proses fotosintesis, karena itu rumput laut hanya dapat tumbuh pada perairan dengan kedalaman tertentu di mana sinar matahari dapat sampai ke dasar perairan. Cahaya sangat berpengaruh terhadap proses fotosintesis. Umumnya fotosintesis bertambah sejalan dengan peningkatan intensitas cahaya sampai pada suatu nilai optimum tertentu (cahaya saturasi). Di atas nilai tersebut cahaya merupakan penghambat bagi fotosintesis (cahaya inhibisi), sedangkan di bawah nilai optimum merupakan cahaya pembatas sampai pada suatu kedalaman di mana cahaya tidak dapat menembus lagi (Neale, 1987; Sunarto, 2008). Loban (1997), menyatakan bahwa kebutuhan cahaya berbeda-beda pada setiap jenis makroalga. Intensitas cahaya 400 lux dapat merangsang perkembangan spora dengan baik, sedangkan pada intensitas cahaya 6500 – 7500 lux pertumbuhan *ectocarpus* dapat berlangsung dengan baik. Cahaya merupakan faktor lingkungan utama yang dapat menentukan hasil biomassa dan produktivitas sistem budidaya (Harrison and

Hurd, 2001; Masyaharo & Mappiratu, 2010). Wang (2011), menyatakan bahwa bobot *C. lentillifera* tertinggi didapatkan pada intensitas cahaya >3000 lux. Kualitas dan kuantitas cahaya penting dalam respon fotosintesis dan pola metabolisme. Fotosintesis dan pola metabolisme berubah oleh kedalaman tetapi perubahan tergantung pada kecerahan dan partikel alami yang terlarut.

Karbondioksida (CO₂), air, dan energi matahari merupakan komponen pokok yang dibutuhkan alga untuk melakukan fotosintesis. Fotosintesis akan menghasilkan biomassa dan oksigen. Biomassa dibangun oleh produsen dan digunakan oleh konsumen sebagai bahan makanan. Sebaliknya, dalam kegiatan respirasi, oksigen dibutuhkan alga pada malam hari dan menghasilkan karbondioksida (Kawaroe, dkk., 2012). kisaran konsentrasi CO₂ yang baik untuk *C. racemosa* pada penelitian Sa'adah (2012), yaitu 95,88 - 103,1 mg/L. Namun *C. lentillifera* masih dapat tumbuh pada konsentrasi CO₂ tersebut.

Arus merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan rumput laut. Sudino (2004), menyatakan bahwa arus berperan penting dalam pertumbuhan rumput laut, karena arus laut membawa zat hara yang merupakan bahan makanan bagi thallus. Selain itu, arus berfungsi menghomogenkan masa air sehingga fluktuasi salinitas, suhu, pH dan zat-zat terlarut dapat dihindari. Kecepatan arus merupakan faktor ekologi yang primer untuk memungkinkan terjadinya aerasi, tanaman dapat memperoleh unsur hara secara tetap. Arus sangat bermanfaat dalam menyuplai unsure hara ke dalam jaringan tanaman. Makin besar gerakan air, makin banyak difusi oksigen yang dapat dimanfaatkan untuk respirasi tanaman. Namun kecepatan arus yang besar dapat dapat menyebabkan kerusakan pada thalus rumput laut seperti patah atau terlepas dari substratnya (Mubarak, dkk., 1990). Selanjutnya, Rusman (2009) menyatakan

bahwa kelulushidupan rumput laut tergantung dari intensitas cahaya matahari dalam fotosintesis dan besarnya arus serta ombak yang dapat menyebabkan thalus rontok atau patah. Kecepatan arus yang ideal untuk budidaya rumput laut berkisar antara 0,1-0,3 m/dtk (Aslan, 1991).

Nutrien merupakan unsur yang diperlukan tanaman sebagai sumber energi yang digunakan untuk menyusun berbagai komponen sel selama proses pertumbuhan dan perkembangannya (Budiyani, *dkk.*, 2012). Kandungan nutrisi utama yang diperlukan rumput laut, seperti nitrat dan fosfat, sangat berpengaruh terhadap stadia reproduksinya (Masyahoro dan Mappiratu, 2010). Apabila kedua unsur hara tersebut tersedia, maka kesuburan rumput laut meningkat dengan cepat. Unsur N dan P adalah unsur hara yang sangat dibutuhkan oleh alga dalam pertumbuhannya. Unsur P yang sedikit jumlahnya serta dalam perbandingannya dengan unsur N yang tidak serasi seringkali merupakan faktor pembatas bagi pertumbuhan alga (Burtin, 2003). Nitrogen dalam air ditemukan dalam berbagai bentuk antara lain amonia, amonium, nitrit, dan nitrat. Fosfor merupakan unsur esensial bagi tumbuhan tingkat tinggi dan algae sehingga menjadi faktor pembatas bagi tumbuhan dan algae akuatik (Effendi, 2003). Sulistijo dan Atmadja (1996), menyatakan bahwa kandungan fosfat yang baik berkisar antara 0,02-1 mg/l. Hal ini mengakibatkan pertumbuhan yang maksimal pada rumput laut. Fosfat merupakan salah satu unsur hara yang penting bagi metabolisme sel tanaman. Nitrogen dan fosfat dalam bentuk senyawa anorganik dimanfaatkan oleh tumbuhan menjadi protein nabati (Effendi, 2003).

BAB VII

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Kesimpulan

1. Metode budidaya rumput laut *Caulerpa* sp. dengan menggunakan jarak tanam 30 cm dengan kedalaman tanam 50 cm memberikan pertumbuhan, produksi dan kualitas *Caulerpa* sp yang terbaik.
2. Umur panen juga berpengaruh terhadap pertumbuhan, produksi dan kualitas rumput laut *Caulerpa* sp. Pertumbuhan dan produksi *Caulerpa* sp tertinggi dicapai pada umur panen 35 hari, sedangkan kualitas *Caulerpa* sp terbaik dicapai pada umur panen 42 hari.
3. Walaupun kualitas *Caulerpa* sp yang dicapai pada pemeliharaan selama 42 hari lebih besar, namun jika diperhitungkan dengan laju pertumbuhan setiap hari, umur 35-42 hari memiliki laju pertumbuhan yang lebih rendah (mengalami penurunan), maka *Caulerpa* sp sebaiknya dipanen pada umur 35 hari.
4. Hasil analisis secara bioekologis, menunjukkan bahwa budidaya rumput laut *Caulerpa* sp. layak dibudidayakan di lingkungan laut.

Rekomendasi

1. Dalam upaya meningkatkan jumlah dan mutu produksi rumput laut *Caulerpa* sp. maka perlu diterapkan metode budidaya dengan jarak tanam bibit 30 cm dan kedalaman 50 cm dari permukaan air.
2. Dengan tersedianya informasi mengenai komposisi nutrisi rumput laut *Caulerpa* sp. diharapkan dapat memberikan wawasan tentang pemanfaatan rumput laut *Caulerpa* sp. menjadi luas.

3. Budidaya rumput laut *Caulerpa* sp. semakin dikembangkan, baik secara ekstensif maupun intensif, dengan menggunakan lahan yang ada dalam rangka pengembangan budidaya rumput laut secara terpadu.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdan, Abdul Rahman dan Ruslaini. 2013. Pengaruh Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Karagenan Rumput Laut (*Euचेuma spinosum*) Menggunakan Metode Long Line. Jurnal Mina Laut Indonesia, vol. 03 No. 12, hal 113 – 123.
- Alamsjah, A. M., Nurines O. A dan Sri Subekti. 2010. Pengaruh Lama Penyinaran terhadap Pertumbuhan dan Klorofil a *Gracilaria verrucosa* pada System Budidaya Indoor. Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan, 2(1):21-29.
- Anggadiredja, J. Jatnika, A. Purwoto, H. dan Istini, S. 2006. Rumput Laut. Pembudidayaan, Pengolahan, dan Pemasaran Komoditas Perikanan Potensial Seri Agribisnis. Penerbit Penebar Swadaya.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. 1995. Official Analysis of The Association of Official Analytical Chemist. Virginia: The Association of Official Analytical Chemist, Inc.
- [AOAC]. Association of Official Analytical Chemist. 2006. Edisi Revisi. Edisi 18 2005. Official Methods of Analysis. Washington DC
- Apriyantono A, Fardiaz D, Puspitasari NL, Sedarnawati, Budiyanto S. 1989. Petunjuk Laboratorium Analisis Pangan. Bogor: Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, IPB.
- Aslamyah S, Karim Y, Badraeni, Tahya AM. 2016. Seaweed as a source of carbohydrates in the feed of milk fish (*Chanos chanos* Forsskal). IJ Pharmtech Research. 9(11): 64-67.
- Astorga-Espana, M.S. , B. Rodrí'guez Galdon, E.M. Rodrí'guez Rodrí'guez. C. D'í'az Romero. 2014. Mineral and trace element concentrations in seaweeds from the sub-Antarctic ecoregion of Magallanes (Chile). Journal of Food Composition and Analysis.
- Astorga-Espana, M Soledad., Galdo'n, Beatriz Rodrí'guez., Rodrí'guez-Rodrí'guez, Elena M., & Romero, Carlos D'í'az., 2016. Amino acid content in seaweeds from the Magellan Straits (Chile). Journal of Food Composition and Analysis.09.004
- Aslan, L.M. 1991. Seri Budi Daya Rumput Laut. Kanisius.Yogyakarta, 97 hlm

- Atmadja, W.S. 1999. Sebaran Dan Beberapa Aspek Vegetasi Rumput Laut (Makroalga) Di Perairan Terumbu Karang Indonesia. Puslitbang Oseanologi-LIPI. Jakarta.
- Atmadja, W.S., Kadi, Sulistijo dan Rachmaniar. 2007. Pengenalan Jenis-Jenis Rumput Laut Indonesia. PUSLITBANG Oseanologi, LIPI Jakarta, 56-152 hlm
- Ask, E.I. & Azanza, R.V. 2002. Advances in cultivation technology of commercial *eucheumatoid* species: a review with suggestions for future research. *Aquaculture*, 206: 257-277.
- Azizah, R.T.N, 2006. Percobaan Berbagai Macam Metode Budidaya Lato (*Caulerpa racemosa*) Sebagai Upaya Menunjang Kontinuitas Produksi. *Jurnal Ilmu Kelautan*. Undip: 101 – 105.
- Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan (BBRP2BKP), 2010. Manfaat dan Kandungan Kimia *Caulerpa*.
- Bengen, D.G. 2000. Teknik Pengambilan Contoh dan Analisa Biofisik Sumberdaya Pesisir. Bogor: PKSPL IPB.
- Billy T. Wagey, B.T and Abner A. Bucol. 2014. A Brief Note of Lato (*Caulerpa racemosa*) Harvest at Solong-on, Siquijor, Philippines. *Jurnal Budidaya Perairan*. Vol. 2 No. 1: 46 – 51
- Bischof, K., Gomes, I., Molis, M., Hanelt, D., Karsten, U., Luder, U., Roleda, M.Y., Zacher, K., dan Wiencke, C. 2006. Ultraviolet radiation shapes seaweed communities. Review paper: *rev Environ Sci Biotechnol*.
- Boyd, C.E. 1990. *Water Quality in Ponds for Aquaculture*. Birmingham Publishing Co, Birmingham Alabama.
- Brownlee IA, Allen A, Pearson JP. 2005. Alginate as a source of dietary fiber. *Crit Rev Food Sci Nutr* 45:497-410.
- Budiyani, F.B., K. Suwartimah dan Sunaryo. 2012. Pengaruh Penambahan Nitrogen dengan Konsentrasi yang Berbeda terhadap Laju Pertumbuhan Rumput Laut *Caulerpa racemosa* var. *Urivera*. *Journal of Marine Research*. 1 (1) :10 – 18.
- Bulleri, F., Tommaso, A., Ceccherelli, G., Tamburello, L., Pinna, S., Sechi, N., Benedetti- Cecchi, L., 2011. Determinants of *Caulerpa racemosa* distribution in the north-western Mediterranean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 431, 55–67.

- Burfeind, D.D., and James W.U. 2009. The effect of Light and Nutrients on *Caulerpa taxofolia* and Growth. *Aquatic Botany*. 90(1):105-109
- Burtin, P. 2003. Nutritional value of seaweeds. *Elect J. of Enviromental . Agriculture and Food Chemistry*. 2(4), p.498-503
- Ceccherelli G, Piazzzi L, Balata D (2002). Spread of introduced *Caulerpa* species in macroalgal habitats. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 280, 1–11.
- Charles, R.K. (2000). Kandungan Nutrisi Alga Hijau *Claulerpa racemosa* (Forsskal) J.Agardh yang diambil dari Perairan Tongkeina, Manado *Jurnal Fakultas Perikanan Vol.II No.1, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Samratulangi, Manado*.
- Chapman, R.L. 2010. Algae: the world,s most important “plants” –an introduction. Mitig adapt strateg glob change. DOI 10. 1007/s 11027-010-9255-9. Springrt link. com.
- Chattopadhyay, K., Utpal Adhikari, Patrice Lerouge, and Bimalendu Ray. 2006. Polysaccharides from *Caulerpa racemosa*: Purification and structural features. Elseiver. *Carbohydrate Polymers* 407–415.
- 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.
- Ciancia, M., Quintana, I., Vizcarguenaga, M.I., Kasulin, L., Dios, A., Estevez, J.M., Cerezo, A.S., 2007. Polysaccharides from the green seaweeds *Codium fragile* and *C. vermilara* with controversial effects on hemostasis. *Int. J. Biol. Macromol.* 41, 641–649.
- Dahlia, I., Sri Rejeki dan Titik Susilowati. 2015. Pengaruh Dosis Pupuk Dan Substrat Yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan *Caulerpa lentillifera*. . *Journal of Aquaculture Management and Technology Volume 4, Nomor 4, Tahun 2015, Halaman 28-34*
- Dahuri, R., 2003, *Keanekaragaman Hayati Laut: Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Darmawati, 2011. Tingkat Serapan Karbon, Perubahan Sel, Pertumbuhan Dan Kadar Karaginan Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* Yang Dibudidayakan Pada Kedalaman Berbeda. Tesis. Program Studi Ilmu Perikanan, Program Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin Makassar.

- Dawes, C.J. 1987. The Biology of Commercial Important Tropical Marine Algae dalam Bird. K.T. dan P.H. Benson (ed.) Seaweed Cultivation For Renewable Resources. Elsevier. Amsterdam.
- Dennis. C., Michele Morancaisa, Min Li, Estelle Deniaud, Pierre Gaudin, Gaetane WielgsZ-Collin, Gilles Barnathan, Pascal Jaouen, Joel Fleurence. 2010. Study of The Chemical Composition of Edible Red Macroalgae *Grateloupia turuturu* from Brittany. Food Chem (119) 913-917).
- Dewi, E.N. dan Eko Susanto, 2011. Alga : Teknologi Pengolahan dan Produk Pengembangannya. BP Undip. Semarang..
- Diaz-Pulido, G., and Laurence J. McCook (2008). Environmental Status: Macroalgae (Seaweeds). Great Barrier Reef Marine Park Authority: Australia.
- Eidman, HM. 1991. Studi efektifitas bibit algae laut (rumput laut). Salah satu upaya peningkatan budidaya algae laut (*Eucheuma* spp). Laporan Penelitian , Fakultas Perikanan , Institut Pertanian, Bogor., 74 hal.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengolahan Sumberdaya Hayati Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta 52-55 Hal
- Erpin, Rahman A., Ruslaini. 2013. Pengaruh Umur Panen dan Bobot Bibit Terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Karaginan Rumput Laut (*Eucheuma spinosum*) Menggunakan Metode Long Line. Jurnal Mina Laut Indonesia. Vol 03 No. 12 Sep 2013 : 156-163.
- Hadie, W., Daud, R., & Pantjara, B. 2011. Pemasarakatan IPTEK budidaya rumput laut di Teluk Maumere Kabupaten Sikka, Nusa Tenggara Timur. Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan Budidaya. Jakarta.
- Handayani, T. 2006. Protein pada Rumput Laut. Oseana, 31(4):23-30.
- Haris. 2008. Teknik Produksi Anggur Laut (*Caulerpa racemosa*). Prosiding Simposium Nasional Hasil Riset Kelautan dan Perikanan. LIPI, Jakarta.
- Harrison, P.J. and C.L. Hurd. 2001. Nutrient Physiology of Seaweeds: Application of Concepts to Aquaculture. Cah. Biol. Mar. 42 : 71 - 82.

- Hayashi, L., de Paula, E. J., and Chow, F. 2007. Growth Rate and Carrageenan Analyses in Four Strains of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales) Farmed in the Subtropical Waters of Sao Paulo State, Brazil. *App. Phycology*. Volume 19, Number 5. P. 393-399. Springer Netherland.
- Hold, S.L., and Kraan, S. 2011. Bioactive Compounds in Seaweed: Functional Food Applications and Legislation. *Journal Application Phycology*. 23: 543-597.
- Hui, G., Zhongmin S., Delin D. 2014a. Effect of Temperature, Irradiance on the Growth of the Green Algae *Caulerpa lentillifera* (Bryopsidophyceae, Chlorophyta). *Chinese Journal of Applied Phycology*.
- Hui, G., Zhongmin S., Delin D. 2014b. Effect of Salinity and Nutrient on the Growth and Chlorophyll Fluorescence of *Caulerpa lentillifera*. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, and Springer- Verlag Berlin Heidelberg.
- Hurtado A.O., Richter P. and Roxas M.J., 2008. A review on the seaweed research development program in the Bimp-Eaga region. *Proceeding of the 1st Indonesia Seaweed Forum*. Makassar Indonesia.
- Hwang, E.K., Amano, H., and Park, C.S. 2008. Assessment of the nutritional value of *Capsosiphon fulvescens* (Chlorophyta): developing a new species of marine macroalgae for cultivation in Korea. *J. Appl. Phycol*. 20: 147–151.
- Ilalqinsy, I., Dwi, S.W., dan Sarwanto. 2013. Posisi Tanam Rumput Laut dengan Modifikasi Sistem Jaring Terhadap Pertumbuhan dan Produksi *Euchema cottonii* di Perairan Pantura Brebes. *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah*.
- Illustrimo, C., Isabel C.P., dan Rachelda D.S. 2013. Growth Performance Of *Caulerpa lentifera* (Lato) In Lowered Seawater pH. *Philippine Science High School – Central Visayas Campus Talaytay, Argao. Cebu*.
- Indriani, H dan E. Suminarsih. 2003. *Budidaya, Pengolahan dan Pemasaran Rumput Laut*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Iskandar, S.N., Sri Rejek dan Titik Susilowati. 2015. Pengaruh Bobot Awal Yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan *Caulerpa lentillifera* Yang Dibudidayakan Dengan Metode Longline Di Tambak Bandengan, Jepara. *Journal of Aquaculture Management and Technology* Volume 4, Nomor 4, Tahun 2015, Halaman 21-27

- Istini S, Zatnika A, Anggadireja J. 1985. Pengembangan Rumput Laut untuk Industri. Makalah Diskusi Panel Pengembangan Industri Pengolahan Rumput Laut, BPPT. Jakarta.
- Izzati, M, 2007. Skreening Potensi Anti Bakteri pada Beberapa Spesies Rumput Laut terhadap Bakteri Patogen pada Udang Windu. Jurnal Bioma. Vol. 9. No. 2
- Jones, P.J., Raeini-Sarjaz, M., Jenkins, D.J.A, Kendall, C.W.C., Vidgen, E., Trautwein, E.A, Lapsley, K.G., Marchie, A., Cunnane, S.C., and Connelly, P.W. 2005. Effects of a diet high in plant sterols, vegetable proteins, and viscous fibers (Dietary Portfolio) on circulating sterol levels and red cell fragility in hypercholesterolemic subjects. *Lipids*, 40 (2): 169–174.
- Kadi, A., Atmadja WS. 1988. Rumput Laut Jenis Algae. Reproduksi, Produksi, Budidaya dan Pasca Panen. Proyek Studi Potensi Sumberdaya Alam Indonesia. Jakarta: Pusat penelitian dan Pengembangan Oseanologi. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 101 hlm
- Kadi, A. 2004. Potensi Rumput Laut Dibeberapa Perairan Pantai Indonesia. *Jurnal. Oseana*, Volume XXIX, Nomor 4, Tahun 2004 : 25–36
- KLH. 1988. Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan. Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Kartono, Izzati, M., Sutimin dan Insani, D. 2008. Analsis Model Dinamik Pertumbuhan Biomass Rumput Laut *Gracillaria verrucosa*. *Jurnal Matematika*, 11 (1): 20-24.
- Kawaroe, M., D.G. Bengen dan W.O.B. Barat. 2012. Pemanfaatan Optimalisasi Pertumbuhan Rumput laut *Kappaphycus alvarezii*. *Omni-Akuatika*. 11(15): 78 - 90.
- Kepel, R. C. 2001. Kandungan nutrisi alga hijau *Caulerpa racemosa* (Forsskal) Jagardh yang diambil dari perairan Tongkeina, Manado. *Jurnal Fak . Perikanan. Jurusan MSP–UNSRAT*.
- Kumar, M., Vishal G., Puja, Reddy, C.R.K. and Jha, B. 2011. Assessment of nutrient composition and antioxidant potential of *Caulerpaceae* seaweeds. *Journal of food composition and analysis*. 24Pp. 270 –278.

- Kune, S. 2007. Pertumbuhan Rumput Laut Yang Dibudidayakan Bersama Ikan Beronang. *Jurnal Agribisnis*, Juni 2007, Vol. 3 No. 1. Hal 34-42
- Kushartono, E. W., Suryono dan E. Setyaningrum. 2009. Aplikasi Perbedaan Komposisi N, P, dan K pada Budidaya *Eucheuma cottonii* di Perairan Teluk Awur, Jepara. *Jurnal Ilmu Kelautan*. 14(3): 164–169.
- Limantara, L., & Rahayu, P. 2008. Sains dan Teknologi Pigmen Alami. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Pigmen Alami, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga, p: 2-42.
- Malta, E.-j., Ferreira, D.G., Vergara, J.J., Perez-Llorens, J.L., 2005. Nitrogen load and irradiance affect morphology, photosynthesis and growth of *Caulerpa prolifera* (Bryopsidales: Chlorophyta). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 298, 101–114.
- Martone, P. T. 2007. Kelp Versus Coralline ; cellular basis for mechanical strenght in the Wave-Swept Seaweed *Calliathron* (*Corallinaceae*, *Rhodophyta*). *Jurnal Phycology* (43): page 882-891.
- Ma'ruf, W.F., Ratna Ibrahim, Eko Nurcahya Dewi, Eko Susanto, Ulfah Amalia. 2013. Profil Rumput Laut *Caulerpa racemosa* dan *Gracilaria verrucosa* Sebagai Edible Food. *Jurnal Saintek Perikanan* Vol. 9, No. 1, 2013 : 68-74
- Masyahoro, A dan Mappiratu, 2009. Kajian Budidaya dan Teknologi Pengolahan Rumput Laut Di Perairan Teluk Palu. Laporan Pelaksanaan Penelitian. Kerjasama Badan Perencanaan Pembangunan Daerah dengan PKSPL-Tropis Fakultas Pertanian Untad.
- Masyahoro, A dan Mappiratu. 2010. Respon Pertumbuhan pada Berbagai Kedalaman Bibit dan Umur Panen Rumput Laut *Eucheuma cottonii* di Perairan Teluk Palu, *Media Litbang Sulteng*, 3(2):104-111. ISSN: 1978-5971.
- Mata, L, Marie Magnusson, Nicholas A. Paul, Rocky de Nys. 2015. The intensive land-based production of the green seaweeds *Derbesia tenuissima* and *Ulva ohnoi*: biomass and bioproducts. *Appl Phycol*. 28: 365.
- Matanjun P, Mohamed S, Mustapha NM, Muhammad K. 2009. Nutrient content of tropical edible seaweeds, *Eucheuma cottonii*, *Caulerpa lentillifera* and *Sargassum polycystum*. *J Appl Phycol*.21:75–80.

- Mayer, A.M.S., Rodriguez, A.D., Berlinck, R.G.S., Fusetani, N., 2011. Marine pharmacology Marine pharmacology in 2007–8: Marine compounds with antibacterial, anticoagulant, antifungal, anti-inflammatory, antimalarial, antiprotozoal, antituberculosis, and antiviral activities; affecting the immune and nervous system, and other miscellaneous mechanisms of action. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 191–222
- Mohr, H, dan P. Shopfer, 1955. *Plant Physiology*. Translated by Lawlor, G dan D.W. Lawlor. Berlin: Springer Verlag.
- Msuya, F.E., and Salum, D., 2007. The Effect of Cultivation, Duration, Seasonality and Nutrient Concentration of The Growth Rate and Biomasa Yield Of The Seaweeds *Kappaphycus alvarezii* and *Euclima 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., dan D. Robledo. 2004. Mariculture of *Kappaphycus alvarezii* (*Rhodophyta, Solieriaceae*) Color Strains in Tropical Waters of Yucatan. *Cinvestav-Ipn Yucatan. Mexico*.
- Murugaiyan, K. and S. Narasimman. 2013. Biochemical and Mineral Contents of Selected Green Seaweeds from Gulf of Mannar Coastal Region, Tamil Nadu, India. *International Journal of Research in Plant Science*, 3 (4): 96-100.
- Nagaraj, S.R. and J.W. Osborne. 2014. Bioactive Compound of *Caulerpa racemosa* as a Potent Larvicidal and Antibacterial Agent. *Frontiers in Biology*, 9 (4): 300-305.
- Neish, Ian C. , 2005. The Eucheuma. *Seaplant Handbook Volume I. Agronomics, Biology and Crop Systems*. SEApplantNet Technical Monograph No.0505-10A. Makassar.
- Norziah, M.H. and C.Y. Ching. 2000. Nutritional Composition of Edible Seeweed *Gracillaria changgi*. *Journal of Food Chemistry*, 68: 69-76.
- Novianti,D., Sri Rejeki dan Titik Susilowati. 2015. Pengaruh Bobot Awal Yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan Rumput Laut Latoh (*Caulerpa lentillifera*) Yang Dibudidaya Di Dasar Tambak, Jepara. *Journal of Aquaculture Management and Technology Vol. 4, No. 4, Hal. 67-73*.

- Ortiz J, Romero N, Robert P, Araya J, Lopez-Hernández J, Bozzo C, Navarrete E, Osorio A, Rios A. 2006. Dietary fiber, amino acid, fatty acid and tocopherol contents of the edible seaweeds *Ulva lactuca* and *Durvillaea antarctica*. *Food Chem.*;99:98–104.
- Patajai, R., S. 2007. Pertumbuhan Produksi dan Kualitas Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Pada Berbagai Habitat Budidaya Yang Berbeda. Program Pascasarjana. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Paul, N.A., S.A. Dworjanyn and R.D. Nys. 2013. Green Caviar and Sea Grapes: Targeted Cultivation of High-Value Seaweeds from the Genus *Caulerpa*. School of Marine and Tropical Biology, James Cook University, National Marine Science Centre, Southern Cross University. 1 - 42 pp.
- Pereira, L., 2011. A review of the nutrient composition of selected edible seaweeds. *Seaweed: Ecology, Nutrient Composition and Medicinal Uses*. Nova Science Publishers, Inc., New York, USA, pp. 15–47.
- Piazzzi, L., Balata, D., Cecchi, Enrico, and Cinelli, F. 2002. Threast Macroalgae Diversity: Effect of the Introduced Green Alga *C. racemosa* in the Mediterinean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 2(10):149-159.
- Poncomulyo, T. Maryani, H. dan Kristiani, L., 2006. Budidaya dan pengolahan rumput laut. Agro Media Pustaka. Jakarta.
- Pratiwi, E. dan W. Ismail. 2004. Perkembangan Budidaya Rumput Laut di Pulau Pari. *Akuakultur*, 10(2), pp.15-19.
- Prihaningrum A., M. Meiyana dan Evalawati. 2001. Biologi Rumput Laut; Teknologi Budidaya Rumput Laut (*Kappaphycus alvarezii*). Petunjuk Teknis. Departemen Kelautan dan Perikanan. Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. Balai Budidaya Lampung.
- Prud'homme van Reine, W.F. and G.C. Trono Jr. 2001. Plant Resources of Southeast Asia 15(1), *Cryptogams: Algae*. Backhuys Publishers. Leiden, The Netherlands.
- Putra, U.N.S.S, Jumriadi, Michael Rimmer, dan Sugeng Raharjo. 2012. Budidaya Lawi-Lawi (*Caulerpa* sp.) Di Tambak Sebagai Upaya Diversifikasi Budidaya Perikanan. Indonesian Aquaculture dan Forum Inovasi Teknologi Akuakultur. Center for Brackishwater Aquaculture Development Takalar.

- Rabia , M. D. S. 2016. Cultivation of *Caulerpa lentillifera* Using Tray and Sowing Methods in Brackishwater Pond. Environmental Sciences, Vol. 4, 2016, no. 1, 23 – 29
- Rasyid, A. 2003. Alga Coklat (Phaeophyta) sebagai Sumber Alginat. Oseana 28:33-38.
- Ratana-arporn, P. and Chirapart, A. 2006. Nutritional evaluation of tropical green seaweeds *Caulerpa lentillifera* and *Ulva reticulata*. Kasetsart Journal of Natural Science 40: 75-83.
- Rao, AV., dan Rao, L.G., 2007, Carotenoids and Human Health, Pharmaco Res, 55: 207-216.
- Ren, D., Noda, H., Amano, H., Nishino, T., and Nishizawa, K. 1994. Study on antihypertensive and hyperlipidemic effects of marine algae. J. Fisheries Sci. 60: 83–88.
- Rodrigues, D., Ana, C. F., Leonel, P., Teresa A. P., Rocha-Santos, Marta W. V., dkk., 2015. Chemical Composition of Red, Brown and Green Macroalgae from Buarcos Bay in Central West Coast of Portugal 183, 197–207.
- Romimohtarto, 1987. Rumput Laut (Jenis, reproduksi, Produksi, Budidaya dan Pasca Panen). Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi-LIPI, Jakarta
- Rupérez, P. and Saura-Calixto, F. 2001. Dietary fibre and physicochemical properties of edible Spanish Seaweeds. Eur. Food Res. Technol., 212: 349–354
- Ruperez P. 2002. Mineral content of edible marine seaweeds. Food Chemistry 79:23-26.
- Rusman. 2009. Teknis Deplot Budidaya Rumput Laut. DKP-Balai Budidaya. 67 Hal.
- Ruswahyuni, Ekowati, Titik Widyorini, Ninik Yudiarti, dan Turini. 1998. Pengaruh Tingkat Intensitas Cahaya dan Pemupukan Hyponex Hijau Yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan Rumput Laut Jenis *Gracilaria* sp (Suatu tinjauan Dalam Upaya Peningkatan Potensi Sumberdaya Laut). *Documentation*. Universitas Diponegoro.

- Sa'adah, N. 2012. Studi Pengaruh Lama Waktu Pemberian CO₂, pada Media Air Pemeliharaan terhadap Pertumbuhan *Caulerpa racemosa* var. uvifera. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang, 49 hlm.
- Sanchez-Machado DJ, Lopez-Cervantes, Lopez-Hernandez J, Paseiro-Losada P. 2004. Fatty Acids, Total Lipid, Protein and Ash Content of Processed Edible Seaweeds. *Food Chemistry* (85):439-444.
- Sánchez-Camargo, A. D. P., Montero, L., Stiger-Pouvreau, V., Tanniou, A., Cifuentes, A., Herrero, M., & Ibáñez, E. 2016. Considerations on the use of enzyme-assisted extraction in combination with pressurized liquids to recover bioactive compounds from algae. *Food Chemistry*, 192, 67-74
- Sanjaya, Y.A., Simon B. Widjanarko, Dwi Setijawati, Masruri., 2016. Phytochemicals Properties and Fatty Acid Profile of Green seaweed *Caulerpa racemosa* from Madura, Indonesia. *International Journal of ChemTech Research*. 9(5): 425-431.
- Santoso, J., Yumiko Yoshie dan Takeshi Suzuki. 2004. Mineral, Fatty Acid And Dietary Fiber Compositions In Several Indonesian Seaweeds. *Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*, Jilid 11, Nomor 1: 45-51
- Santoso, J., Yumiko Yoshie-Stark, Takeshi Suzuki. 2006. Comparative contents of minerals and dietary fibers in several tropical seaweeds. *Buletin Teknologi Hasil Perikanan*, 9 (1).Pp. 1-11p.
- Saptasari, Murni. 2010. variasi ciri morfologi dan potensi makroalga jenis *Caulerpa* di pantai Kondang Merak Kabupaten Malang. *Jurnal El-Hayah* .Vol. 1, No.2, Hal:19-34
- Sedjati, S. 1999. Kadar proksimat rumput laut *C. racemosa* dan *C. serrulata* di perairan Teluk Awur, Jepara. Makalah Ilmiah. FPIK-Undip. Semarang.
- Serdiati.N., dan Widiastuti.I.M, 2010. Pertumbuhan dan Produksi Rumput Laut *Euchema cottonii* pada Kedalaman yang Berbeda. *Media Litbang Sulteng* III (1)21-26.
- Setiaji, K., Gunawan W.S., dan Sunaryo, 2012. Pengaruh Penambahan NPK Dan Urea Pada Media Air Pemeliharaan Terhadap Pertumbuhan Rumput Laut *Caulerpa racemosa* var. uvifera. *Journal Of Marine Research*. Hal 45-50.

- Sharma, B.R., K.H. Jung and D.Y. Rhyu. 2015. *Caulerpa lentillifera* Extract Ameliorates Insulin Resistance Andregulates Glucose Metabolism in C57BL/KsJ-db/db Mice Via PI3K/Aktsignaling Pathway in Myocytes. *Journal of Translational Medicine*. 13(62) : 1 – 10.
- Slamet, D.S., M.K. Mahmud, Muhilal, D. Fardiaz, dan Simarmata. 1990. *Pedoman Analisis Zat Gizi*. Jakarta: Departemen Kesehatan RI, Dirjen Bina Gizi Masyarakat.
- Sormin, RBD., 2011. *Komposisi Kimia Dan Potensi Bioaktif Sayur Laut (Porphyra sp)*. Prosiding seminar nasional Pengembangan Pulau-Pulau Kecil 2011 - ISBN: 978-602-98439-2-7
- South, R. G. (1993). Edible seaweeds of Fiji: An ethnobotanical study. *Botanica Marina*, 36, 335-349
- South, G.R., dan Selvarej, R. 1997. Distribution and Diversity of Seaweed in Tiruchendur and Idinthakarai. *Seaweed-Res-Utilisation*, 19(1-2):115-123.
- Sudjiharno, 2001. *Teknologi Budidaya Rumput Laut*. Balai Budidaya Laut. Lampung. 35-46 Hal.
- Sulistidjo. 2002. *Penelitian Budidaya Rumput Laut (Algae Makro/Seaweed) di Indonesia*. Pidato Pengukuhan Ahli Penelitian Utama Bidang Akuakultur, Pusat Penelitian Oseanografi. LIPI.
- Sunarto. 2008. *Peranan Cahaya Dalam Proses Produksi di Laut*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Padjajaran. Bandung. Hal 17.
- Sunaryo, Raden Ario dan M. Fachrul AS. 2015. Studi Tentang Perbedaan Metode Budidaya Terhadap Pertumbuhan Rumput Laut *Caulerpa*. *Jurnal Kelautan Tropis* Juni 2015 Vol. 18(1):13–19
- Supardy, N.A., Ibrahim, D., Sulaiman, S.F., and Zakaria, N.A., 2011, Free Radical Scavenging Activity, Total Phenolic Content and Toxicity Level of *Halimeda discoidea* Extracts (Malaysia's Green Macroalgae), *International Journal of Pharmacy and Pharmacheutical Sciences*, 3 (5): 2-8.
- Suparjo, M.N. 2008. *Daya Dukung Lingkungan Perairan Tambak Desa Mororejo Kabupaten Kendal*. *Jurnal Saintek Perikanan*, 4 (1): 50–55.

- Susilowati, T., Rejeki, S., Dewi., N.E., Zulfitrani. 2012. Pengaruh Kedalaman terhadap Pertumbuhan Rumput Laut (*Euchema cottonii*) yang Dibudidayakan dengan Metode Longline di Pantai Mlonggo, Kabupaten Jepara. Jurnal Saintek Vol.8 No.1.
- Syahlun, Rahman, A., Ruslaini, 2013. Pertumbuhan Rumput Laut (*Kappaphycus alvarezii*) Strain Coklat dengan Metode Vertikultur. Jurnal Mina Laut Indonesia. Vol.1 N0.1. Hal 122-132..
- Talakua, S., Fanny F. C. Simatauw dan Marlina Nurhayati. 2011. Analisis Kandungan Gizi Makroalga *Caulerpa racemosa* Dari Pantai Arowi, Kabupaten Manokwari. Jurnal Perikanan dan Kelautan, Volume 7 Nomor 2. UNIPA.
- Tamat, S.R., Wikanta, T., dan Maulina, L.S., 2007, Aktivitas Antioksidan dan Toksisitas Senyawa Bioaktif dari Ekstrak Rumput Laut Hijau *Ulva reticulate* Forsskal, Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia, 5 (1):31-36.
- Tiar, S. 2012. Pengaruh Jarak Tanam Yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan Rumput Laut (*Kappaphycus alvarezii*) Strain Coklat melalui Seleksi Klon Menggunakan Metode Longline Periode I dan II. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Haluoleo. Kendari
- Thilaghavani, N and C.S. Vairappan. 2013. Nutritional and Bioactive Properties of Three Edible Species of Green Algae, Genus *Caulerpa* (*Caulerpaceae*). J Appl Phycol. 26: 1019 - 1027.
- Trono, Jr. C.c. And e.t. Ganzon-fortes.1988. Philippine Seaweeds. Technology and Livelihood Recourse Centre, Nat. Book Store Inc. Metro Manila,330 pp
- Turangan, F. A. C. 2001. Pertumbuhan, variasi intraspesifik, biomassa total dan kandungan nutrisi alga hijau *Caulerpa rasemosa* (Forsskal) J. Agardh di Perairan Tongkaine, Kota Manado Sulawesi Utara, Jurnal Perikanan-UNSRAT.
- Ukabi, S., Zvy D, Yosef S and Alvaro I. 2013. Temperature and Irradiance Effect on Growth and Photosynthesis of *Caulerpa* (Chlorophyta) Species from the Eastern Mediterranean. Aquatic Botany, 104(1):106-110.
- Utomo, B. 2007. Fotosintesis Pada Tumbuhan. Universitas Sumatera Utara, Medan, 21 hlm
- Venugopal, S. 2010. Food and Nutrition Departement, Faculty of family and Community

- Wang, L., Wang, X., Wu, H., Liu, R., 2014. Overview on biological activities and molecular characteristics of sulfated polysaccharides from marine green algae in recent years. *Mar. Drugs* 12, 4984–5020.
- Waryono, T. 2001. Biogeografi Alga Makro (Rumput Laut) dalam Kawasan Pesisir Indonesia. Seminar Ikatan Geografi Indonesia. Malang.
- West EJ, West RJ (2007). Growth and survival of the invasive alga, *Caulerpa taxifolia*, in different salinities and temperatures: implications for coastal lake management. *Hydrobiologia* 577, 87–94.
- Wisten, A. and Messner, T. 2005. Fruit and fibre (*Pajala porridge*) in the prevention of constipation. *Scand. J. Caring Sci.* 19: 71–76.
- Wong, KH dan Cheung Peter CK. 2001. Nutritional Evaluation of Some Subtropical Red and Green Seaweeds Part I – Proximate Composition, amino acid profiles and some physico-chemical properties. *Food Chemistry* : 475 -482
- Xiong, I & J.K. Zhu., 2002. Salt Tolerance in The Arabidopsis. American Society of Plant Biologists.
- Yangthong,M, Mutadilok dan Towatana. 2009. Antioxidant Activities of Four Edible Seaweeds from the Southern Coast of Thailand. *Jurnal Plant Food. Hom. Nutr.* 64 (3).du. *Jurnal Bioma.* Vol. 9. No. 2.
- Yuan, Yvonne V., 2008. Marine algal constituents. In:Colin Sharrow dan Fereidoon Shahidi, ed. 2008. *Marine nutraceutical and Functional Food.* Boca Raton: CRC Press. pp. 259 – 296.
- Yudasmara, G.A. 2014. Budidaya Anggur Laut (*Caulerpa racemosa*) Melalui Media Tanam Rigid Quadrant Nets Berbahan Bambu. *Jurnal Sains dan Teknologi.* 3(2): 468 – 473
- Yuliyana, A., Sri Rejeki dan Lestari Lakhsmi Widowati. 2015. Pengaruh Salinitas Yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan Rumput Laut Latoh (*Caulerpa lentillifera*) Di Laboratorium Pengembangan Wilayah Pantai (LPWP) Jepara. *Journal of Aquaculture Management and Technology* Volume 4, Nomor 4, Tahun 2015, Halaman 61-66
- Yuianto, K. dan Mira, S. 2009. Budidaya Makroalga *K. alvarezii* (Doty) Secara Vertikal Dengan Gejala Penyakit Ice-Ice Di Perairan Pulau Pari. UPT. Loka Pengembangan Kompetensi SDM Oseanografi Pulau Pari-LIPI. 334 Hal

- Yulianto, K., dan Mira S. 2009. Budidaya Makroalga *K. Alvarezii* (Doty) Secara Vertikal Dengan Gejala Penyakit Ice-ice di Perairan Pulau Pari. UPT. Loka Pengembangan Kompetensi SDM Oseanografi Pulau Pari-LIPI. 334 hal.
- Yusnaini, Ramli, U.K. Pangerang. 2000. Budidaya Intensif Teripang Pasir *Holothuria scabra* dengan Menggunakan Alga *Euclima cottonii* Sebagai Shelter. Laporan Hasil Penelitian Lembaga Penelitian. Universitas Haluoleo. Kendari.
- Zou, D.H. and Gao, K.S. 2010. Physiological Responses of Seaweeds to Elevated Atmospheric CO₂ Concentrations. In Seaweeds and their role in Globally Changing environments. Israel Oceanographic and Limnological Research, Ltd

Lampiran 2.1. Data pertumbuhan dan produksi rumput laut *Caulerpa* sp. selama penelitian

Perlakuan	Ulangan	Pertambahan berat (gram) / minggu							Pertumbuhan (%/hari)	Produksi
		Awal	1(19/4)	2(26/4)	3(3/5)	4(10/5)	5(17/5)	6(24/5)		
A1B1 (20-50)	1	50.00	72.20	106.32	154.44	192.00	216.23	217.10	3.496	835.50
	2	50.00	68.34	102.34	146.34	188.21	216.12	218.00	3.506	840.00
	3	50.00	72.00	108.22	148.28	188.11	214.65	218.00	3.506	840.00
	Rerata	50.00	70.85	105.63	149.69	189.44	215.67	217.70	3.503	838.50
A1B2 (20-100)	1	50.00	70.60	103.83	144.84	180.22	190.24	191.22	3.194	706.10
	2	50.00	66.74	99.86	136.94	176.21	190.26	190.68	3.187	703.40
	3	50.00	56.60	105.72	138.78	176.11	188.76	190.00	3.179	700.00
	Rerata	50.00	64.65	103.14	140.19	177.51	189.75	190.63	3.186	703.17
A1B3 (20-150)	1	50.00	67.24	86.22	114.24	136.00	138.33	138.63	2.428	443.15
	2	50.00	63.14	85.44	106.54	132.21	138.00	138.34	2.423	441.70
	3	50.00	67.00	88.22	108.28	132.11	136.35	137.00	2.400	435.00
	Rerata	50.00	65.79	86.63	109.69	133.44	137.56	137.99	2.417	439.95
A2B1 (30-50)	1	50.00	70.44	119.44	166.35	274.22	386.33	388.10	4.879	1,127.00
	2	50.00	73.00	117.44	175.34	277.30	392.46	393.22	4.910	1,144.07
	3	50.00	72.08	105.23	156.63	260.33	378.00	379.89	4.828	1,099.63
	Rerata	50.00	71.84	114.04	166.11	270.62	385.60	387.07	4.873	1,123.57
A2B2 (30-100)	1	50.00	68.84	116.94	151.35	242.22	330.33	331.00	4.500	936.67
	2	50.00	71.40	114.94	160.34	245.30	336.46	337.00	4.543	956.67
	3	50.00	70.48	102.73	141.63	228.33	322.00	322.34	4.437	907.80
	Rerata	50.00	70.24	111.54	151.11	238.62	329.60	330.11	4.493	933.71
A2B3 (30-150)	1	50.00	63.40	88.00	108,25	138.56	158.22	159.00	2.754	363.33
	2	50.00	64.00	86.04	113.34	153.24	172.67	173.01	2.956	410.03
	3	50.00	65.15	86.22	108.33	144.00	174.00	174.46	2.975	414.87
	Rerata	50.00	64.18	86.75	110.84	145.27	168.30	168.82	2.895	396.08
A3B1 (40-50)	1	50.00	68.87	114.46	156.22	234.17	296.25	296.46	4.238	616.15
	2	50.00	74.00	104.44	157.28	223.67	285.09	286.14	4.153	590.35
	3	50.00	68.66	100.23	144.31	234.31	290.16	293.00	4.210	607.50
	Rerata	50.00	70.51	106.38	152.60	230.72	290.50	291.87	4.200	604.67
A3B2 (40-100)	1	50.00	64.27	111.86	141.22	202.17	240.25	241.00	3.745	477.50
	2	50.00	72.40	101.84	142.28	191.67	229.09	230.00	3.633	450.00
	3	50.00	67.06	97.83	129.31	202.21	234.16	234.36	3.678	460.90
	Rerata	50.00	67.91	103.84	137.60	198.68	234.50	235.12	3.685	462.80
A3B3 (40-150)	1	50.00	63.87	87.46	104.22	129,88	168.48	169.00	2.900	297.50
	2	50.00	69.00	87.44	112.23	137.44	152.23	153.12	2.665	257.80
	3	50.00	63.66	83.23	104.31	138.00	152.00	152.67	2.658	256.68
	Rerata	50.00	65.51	86.04	106.92	137.72	157.57	158.26	2.741	270.66

Lampiran 2.2. Hasil Analisis Ragam pengaruh jarak tanam dan kedalaman terhadap laju pertumbuhan rumput laut *Caulerpa* sp.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: LPH

Jarak tanam	Kedalaman	Mean	Std. Deviation	N
20.000	50.000	3.50267	.005774	3
	100.000	3.18667	.007506	3
	150.000	2.41700	.014933	3
	Total	3.03544	.483676	9
30.000	50.000	4.87233	.041405	3
	100.000	4.49333	.053314	3
	150.000	2.89500	.122479	3
	Total	4.08689	.911542	9
40.000	50.000	4.20033	.043317	3
	100.000	3.68533	.056359	3
	150.000	2.74100	.137743	3
	Total	3.54222	.645629	9
Total	50.000	4.19178	.593881	9
	100.000	3.78844	.572392	9
	150.000	2.68433	.230643	9
Total	Total	3.55485	.804568	27

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: LPH

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	16.743 ^a	8	2.093	429.097	.000	.995
Intercept	341.198	1	341.198	69955.898	.000	1.000
Jaraktanam	4.977	2	2.489	510.224	.000	.983
Kedalaman	10.962	2	5.481	1123.809	.000	.992
Jaraktanam * Kedalaman	.803	4	.201	41.177	.000	.901
Error	.088	18	.005			
Total	358.029	27				
Corrected Total	16.831	26				

a. R Squared = .995 (Adjusted R Squared = .992)

Lampiran 2.3. Uji Tukey pengaruh interaksi jarak tanam dengan kedalaman terhadap pertumbuhan rumput laut *Caulerpa* sp.

Multiple Comparisons

Dependent Variable: LPH

Tukey HSD

(I) interaksi	(J) interaksi	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
A1B1	A1B2	.31600 [*]	.057022	.001	.11620	.51580
	A1B3	1.08567 [*]	.057022	.000	.88587	1.28547
	A2B1	-1.36967 [*]	.057022	.000	-1.56947	-1.16987
	A2B2	-.99067 [*]	.057022	.000	-1.19047	-.79087
	A2B3	.60767 [*]	.057022	.000	.40787	.80747
	A3B1	-.69767 [*]	.057022	.000	-.89747	-.49787
	A3B2	-.18267	.057022	.089	-.38247	.01713
	A3B3	.76167 [*]	.057022	.000	.56187	.96147
	A1B1	-.31600 [*]	.057022	.001	-.51580	-.11620
A1B2	A1B3	.76967 [*]	.057022	.000	.56987	.96947
	A2B1	-1.68567 [*]	.057022	.000	-1.88547	-1.48587
	A2B2	-1.30667 [*]	.057022	.000	-1.50647	-1.10687
	A2B3	.29167 [*]	.057022	.002	.09187	.49147
	A3B1	-1.01367 [*]	.057022	.000	-1.21347	-.81387
	A3B2	-.49867 [*]	.057022	.000	-.69847	-.29887
	A3B3	.44567 [*]	.057022	.000	.24587	.64547
	A1B1	-1.08567 [*]	.057022	.000	-1.28547	-.88587
	A1B2	-.76967 [*]	.057022	.000	-.96947	-.56987
A1B3	A2B1	-2.45533 [*]	.057022	.000	-2.65513	-2.25553
	A2B2	-2.07633 [*]	.057022	.000	-2.27613	-1.87653
	A2B3	-.47800 [*]	.057022	.000	-.67780	-.27820
	A3B1	-1.78333 [*]	.057022	.000	-1.98313	-1.58353
	A3B2	-1.26833 [*]	.057022	.000	-1.46813	-1.06853
	A3B3	-.32400 [*]	.057022	.001	-.52380	-.12420
	A1B1	1.36967 [*]	.057022	.000	1.16987	1.56947
	A1B2	1.68567 [*]	.057022	.000	1.48587	1.88547
	A1B3	2.45533 [*]	.057022	.000	2.25553	2.65513
A2B1	A2B2	.37900 [*]	.057022	.000	.17920	.57880
	A2B3	1.97733 [*]	.057022	.000	1.77753	2.17713
	A3B1	.67200 [*]	.057022	.000	.47220	.87180
	A3B2	1.18700 [*]	.057022	.000	.98720	1.38680
	A3B3	2.13133 [*]	.057022	.000	1.93153	2.33113
	A1B1	.99067 [*]	.057022	.000	.79087	1.19047
	A1B2	1.30667 [*]	.057022	.000	1.10687	1.50647
	A1B3	2.07633 [*]	.057022	.000	1.87653	2.27613
	A2B1	-.37900 [*]	.057022	.000	-.57880	-.17920
A2B2	A2B3	1.59833 [*]	.057022	.000	1.39853	1.79813
	A3B1	.29300 [*]	.057022	.002	.09320	.49280
	A3B2	.80800 [*]	.057022	.000	.60820	1.00780
	A3B3	1.75233 [*]	.057022	.000	1.55253	1.95213
	A1B1	-.60767 [*]	.057022	.000	-.80747	-.40787
	A1B2	-.29167 [*]	.057022	.002	-.49147	-.09187
	A1B3	.47800 [*]	.057022	.000	.27820	.67780
	A2B1	-1.97733 [*]	.057022	.000	-2.17713	-1.77753

A3B1	A2B2	-1.59833 [*]	.057022	.000	-1.79813	-1.39853
	A3B1	-1.30533 [*]	.057022	.000	-1.50513	-1.10553
	A3B2	-.79033 [*]	.057022	.000	-.99013	-.59053
	A3B3	.15400	.057022	.215	-.04580	.35380
	A1B1	.69767 [*]	.057022	.000	.49787	.89747
	A1B2	1.01367 [*]	.057022	.000	.81387	1.21347
	A1B3	1.78333 [*]	.057022	.000	1.58353	1.98313
	A2B1	-.67200 [*]	.057022	.000	-.87180	-.47220
	A2B2	-.29300 [*]	.057022	.002	-.49280	-.09320
A3B2	A2B3	1.30533 [*]	.057022	.000	1.10553	1.50513
	A3B2	.51500 [*]	.057022	.000	.31520	.71480
	A3B3	1.45933 [*]	.057022	.000	1.25953	1.65913
	A1B1	.18267	.057022	.089	-.01713	.38247
	A1B2	.49867 [*]	.057022	.000	.29887	.69847
	A1B3	1.26833 [*]	.057022	.000	1.06853	1.46813
	A2B1	-1.18700 [*]	.057022	.000	-1.38680	-.98720
	A2B2	-.80800 [*]	.057022	.000	-1.00780	-.60820
	A2B3	.79033 [*]	.057022	.000	.59053	.99013
A3B3	A3B1	-.51500 [*]	.057022	.000	-.71480	-.31520
	A3B3	.94433 [*]	.057022	.000	.74453	1.14413
	A1B1	-.76167 [*]	.057022	.000	-.96147	-.56187
	A1B2	-.44567 [*]	.057022	.000	-.64547	-.24587
	A1B3	.32400 [*]	.057022	.001	.12420	.52380
	A2B1	-2.13133 [*]	.057022	.000	-2.33113	-1.93153
	A2B2	-1.75233 [*]	.057022	.000	-1.95213	-1.55253
	A2B3	-.15400	.057022	.215	-.35380	.04580
	A3B1	-1.45933 [*]	.057022	.000	-1.65913	-1.25953
A3B2	-.94433 [*]	.057022	.000	-1.14413	-.74453	

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .005.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

LPH

Tukey HSD

Interaksi	N	Subset						
		1	2	3	4	5	6	7
A1B3	3	2.41700						
A3B3	3		2.74100					
A2B3	3		2.89500					
A1B2	3			3.18667				
A1B1	3				3.50267			
A3B2	3				3.68533			
A3B1	3					4.20033		
A2B2	3						4.49333	
A2B1	3							4.87233
Sig.		1.000	.215	1.000	.089	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .005.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

Lampiran 2.4. Hasil Analisis Ragam pengaruh jarak tanam dan kedalaman terhadap produksi rumput laut *Caulerpa* sp.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: produksi (gr/m²)

jarak tanam makro alga	kedalaman tumbuh makro alga	Mean	Std. Deviation	N
20 cm	50 cm	838.5000	2.59808	3
	100 cm	703.1667	3.05669	3
	150 cm	439.9500	4.34770	3
	Total	660.5389	175.53854	9
30 cm	50 cm	1123.5667	22.41806	3
	100 cm	933.7133	24.56879	3
	150 cm	396.0767	28.46251	3
	Total	817.7856	327.52324	9
40 cm	50 cm	604.6667	13.13129	3
	100 cm	462.8000	13.84810	3
	150 cm	270.6600	23.25087	3
	Total	446.0422	145.95119	9
Total	50 cm	855.5778	225.43340	9
	100 cm	699.8933	204.41892	9
	150 cm	368.8956	78.30434	9
Total		641.4556	270.46124	27

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: produksi (gr/m²)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1896169.105 ^a	8	237021.138	746.887	.000
Intercept	11109561.203	1	11109561.203	35007.787	.000
a	626785.320	2	313392.660	987.544	.000
b	1111970.282	2	555985.141	1751.987	.000
a * b	157413.503	4	39353.376	124.008	.000
Error	5712.218	18	317.345		
Total	13011442.526	27			
Corrected Total	1901881.323	26			

a. R Squared = .997 (Adjusted R Squared = .996)

Lampiran 2.5. Uji Tukey pengaruh interaksi jarak tanam dan kedalaman terhadap produksi rumput laut *Caulerpa* sp.

Multiple Comparisons

Dependent Variable: produksi (gr/m²)

Tukey HSD

(I) interaksi	(J) interaksi	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
a1b1	a1b2	135.3333*	14.54523	.000	84.3689	186.2978
	a1b3	398.5500*	14.54523	.000	347.5855	449.5145
	a2b1	-285.0667*	14.54523	.000	-336.0311	-234.1022
	a2b2	-95.2133*	14.54523	.000	-146.1778	-44.2489
	a2b3	442.4233*	14.54523	.000	391.4589	493.3878
	a3b1	233.8333*	14.54523	.000	182.8689	284.7978
	a3b2	375.7000*	14.54523	.000	324.7355	426.6645
	a3b3	567.8400*	14.54523	.000	516.8755	618.8045
	a1b2	a1b1	-135.3333*	14.54523	.000	-186.2978
a1b3		263.2167*	14.54523	.000	212.2522	314.1811
a2b1		-420.4000*	14.54523	.000	-471.3645	-369.4355
a2b2		-230.5467*	14.54523	.000	-281.5111	-179.5822
a2b3		307.0900*	14.54523	.000	256.1255	358.0545
a3b1		98.5000*	14.54523	.000	47.5355	149.4645
a3b2		240.3667*	14.54523	.000	189.4022	291.3311
a3b3		432.5067*	14.54523	.000	381.5422	483.4711
a1b3		a1b1	-398.5500*	14.54523	.000	-449.5145
	a1b2	-263.2167*	14.54523	.000	-314.1811	-212.2522
	a2b1	-683.6167*	14.54523	.000	-734.5811	-632.6522
	a2b2	-493.7633*	14.54523	.000	-544.7278	-442.7989
	a2b3	43.8733	14.54523	.125	-7.0911	94.8378
	a3b1	-164.7167*	14.54523	.000	-215.6811	-113.7522
	a3b2	-22.8500	14.54523	.808	-73.8145	28.1145
	a3b3	169.2900*	14.54523	.000	118.3255	220.2545
	a2b1	a1b1	285.0667*	14.54523	.000	234.1022
a1b2		420.4000*	14.54523	.000	369.4355	471.3645
a1b3		683.6167*	14.54523	.000	632.6522	734.5811
a2b2		189.8533*	14.54523	.000	138.8889	240.8178
a2b3		727.4900*	14.54523	.000	676.5255	778.4545
a3b1		518.9000*	14.54523	.000	467.9355	569.8645
a3b2		660.7667*	14.54523	.000	609.8022	711.7311
a3b3		852.9067*	14.54523	.000	801.9422	903.8711
a2b2		a1b1	95.2133*	14.54523	.000	44.2489
	a1b2	230.5467*	14.54523	.000	179.5822	281.5111
	a1b3	493.7633*	14.54523	.000	442.7989	544.7278
	a2b1	-189.8533*	14.54523	.000	-240.8178	-138.8889
	a2b3	537.6367*	14.54523	.000	486.6722	588.6011
	a3b1	329.0467*	14.54523	.000	278.0822	380.0111
	a3b2	470.9133*	14.54523	.000	419.9489	521.8778
	a3b3	663.0533*	14.54523	.000	612.0889	714.0178
	a2b3	a1b1	-442.4233*	14.54523	.000	-493.3878
a1b2		-307.0900*	14.54523	.000	-358.0545	-256.1255
a1b3		-43.8733	14.54523	.125	-94.8378	7.0911
a2b1		-727.4900*	14.54523	.000	-778.4545	-676.5255
a2b2		-537.6367*	14.54523	.000	-588.6011	-486.6722
a3b1		-208.5900*	14.54523	.000	-259.5545	-157.6255
a3b2		-66.7233*	14.54523	.006	-117.6878	-15.7589
a3b3		125.4167*	14.54523	.000	74.4522	176.3811
a3b1		a1b1	-233.8333*	14.54523	.000	-284.7978
	a1b2	-98.5000*	14.54523	.000	-149.4645	-47.5355
	a1b3	164.7167*	14.54523	.000	113.7522	215.6811

	a2b1	-518.9000*	14.54523	.000	-569.8645	-467.9355
	a2b2	-329.0467*	14.54523	.000	-380.0111	-278.0822
	a2b3	208.5900*	14.54523	.000	157.6255	259.5545
	a3b2	141.8667*	14.54523	.000	90.9022	192.8311
	a3b3	334.0067*	14.54523	.000	283.0422	384.9711
	a1b1	-375.7000*	14.54523	.000	-426.6645	-324.7355
	a1b2	-240.3667*	14.54523	.000	-291.3311	-189.4022
	a1b3	22.8500	14.54523	.808	-28.1145	73.8145
a3b2	a2b1	-660.7667*	14.54523	.000	-711.7311	-609.8022
	a2b2	-470.9133*	14.54523	.000	-521.8778	-419.9489
	a2b3	66.7233*	14.54523	.006	15.7589	117.6878
	a3b1	-141.8667*	14.54523	.000	-192.8311	-90.9022
	a3b3	192.1400*	14.54523	.000	141.1755	243.1045
	a1b1	-567.8400*	14.54523	.000	-618.8045	-516.8755
	a1b2	-432.5067*	14.54523	.000	-483.4711	-381.5422
	a1b3	-169.2900	14.54523	.000	-220.2545	-118.3255
a3b3	a2b1	-852.9067*	14.54523	.000	-903.8711	-801.9422
	a2b2	-663.0533*	14.54523	.000	-714.0178	-612.0889
	a2b3	-125.4167*	14.54523	.000	-176.3811	-74.4522
	a3b1	-334.0067*	14.54523	.000	-384.9711	-283.0422
	a3b2	-192.1400	14.54523	.000	-243.1045	-141.1755

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 317.345.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

produksi (gr/m2)

Tukey HSD

interaksi	N	Subset							
		1	2	3	4	5	6	7	8
a3b3	3	270.6600							
a2b3	3		396.0767						
a1b3	3		439.9500	439.9500					
a3b2	3			462.8000					
a3b1	3				604.6667				
a1b2	3					703.1667			
a1b1	3						838.5000		
a2b2	3							933.7133	
a2b1	3								1123.5667
Sig.		1.000	.125	.808	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 317.345.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

Filename: Disertasi Darmawati
Directory: D:\darma\Kuliah S3\Penelitian S3\Hasil\Disertasi
Template: C:\Users\VIO\AppData\Roaming\Microsoft\Templates\Normal.dotm
Title:
Subject:
Author: SONY
Keywords:
Comments:
Creation Date: 5/24/2017 12:38:00 AM
Change Number: 43
Last Saved On: 8/14/2017 7:35:00 AM
Last Saved By: windows8
Total Editing Time: 710 Minutes
Last Printed On: 1/2/2019 5:07:00 PM
As of Last Complete Printing
Number of Pages: 149
Number of Words: 31,086 (approx.)
Number of Characters: 191,806 (approx.)