

**ANALISIS KEDALAMAN PENANAMAN BERBEDA TERHADAP  
PERFORMA RUMPUT LAUT (*Kappaphycus alvarezii*) STRAIN  
HIJAU YANG DIBUDIDAYAKAN DI PERAIRAN TADUI  
KABUPATEN MAMUJU**

**Analysis of Different Planting Depth on The Performance of Green  
Strain Seaweed (*Kappaphycus alvarezii*) Cultivated in Tadui Waters,  
Mamuju District**

**WIDYA UTAMI**



**PROGRAM STUDI ILMU PERIKANAN  
PASCASARJANA  
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

**ANALYSIS OF DIFFERENT PLANTING DEPTH ON THE  
PERFORMANCE OF GREEN STRAIN SEAWEED (*Kappaphycus  
alvarezii*) CULTIVATED IN TADUI WATERS, MAMUJU DISTRICT**

**Analisis Kedalaman Penanaman Berbeda Terhadap Performa Rumput  
Laut (*Kappaphycus alvarezii*) Strain Hijau Yang Dibudidayakan Di Perairan  
Tadui Kabupaten Mamuju**

**WIDYA UTAMI**

**L012202016**

**THESIS**

Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of  
Magister of Science (M.Si)

**MAGISTER PROGRAM IN FISHERIES SCIENCE  
FACULTY OF MARINE SCIENCE AND FISHERIES  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

HALAMAN PENGESAHAN TESIS

Judul Thesis : Analisis Kedalaman Penanaman Berbeda Terhadap Performa Rumput Laut (*Kappaphycus alvarezii*) Strain Hijau yang Dibudidayakan di Perairan Tadui Kabupaten Mamuju

Nama : Widya Utami

Nomer Induk Mahasiswa : L012202016

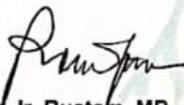
Program Studi : Ilmu Perikanan

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Ilmu Perikanan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin.

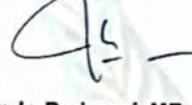
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama

  
Dr. Ir. Rustam, MP.  
NIP. 195912311987021010

Pembimbing Anggota

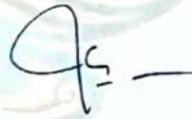
  
Dr. Ir. Badraeni, MP.  
NIP. 196510231991032001

Mengetahui

Dekan  
Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan

  
Safruddin, S.P., M.P., Ph.D  
NIP. 197506112003121003

Ketua Program Studi S2  
Ilmu Perikanan

  
Dr. Ir. Badraeni, MP.  
NIP. 196510231991032001

Tanggal Lulus: 03 Maret 2023

### PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Widya Utami  
NIM : L012202016  
Program Studi : Ilmu Perikanan  
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

Menyatakan bahwa thesis dengan Judul "Analisis Kedalaman Penanaman Berbeda Terhadap Performa Rumput Laut (*Kappaphycus alvarezii*) Strain Hijau yang Dibudidayakan di Perairan Tadui Kabupaten Mamuju" ini adalah karya penelitian saya sendiri dan bebas dari plagiasi. Di dalamnya tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik, juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali digunakan sebagai acuan dalam naskah ini, yang artinya sumber yang disebutkan sebagai referensi dan dituliskan pula di Daftar Pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiasi dalam karya ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan terkait (Permendiknas No. 17, tahun 2007).

Makassar, , Maret 2023.



Widya Utami  
NIM. L012202016

## PERNYATAAN KEPEMILIKAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Widya Utami  
NIM : L012202016  
Program Studi : Ilmu Perikanan  
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

menyatakan bahwa publikasi sebagian atau keseluruhan isi thesis pada jurnal atau forum ilmiah lain harus seizin dan menyertakan tim pembimbing sebagai pemilik tulisan (author) dan Universitas Hasanuddin sebagai institusinya. Apabila dalam waktu sekurang-kurangnya dua semester (satu tahun sejak pengesahan skripsi) saya tidak melakukan publikasi dari sebagian atau keseluruhan thesis/disertasi ini, maka pembimbing sebagai salah seorang dari penulis berhak mempublikasikannya pada jurnal ilmiah yang ditentukan kemudian, sepanjang nama mahasiswa tetap diikutkan.

Makassar, , Maret 2023.

Mengetahui



**Dr. Ir. Badraeni, MP.**  
NIP. 196510231991032001

Penulis



**Widya Utami**  
NIM. L012202016

## ABSTRAK

**Widya Utami.** L012202016. "Analisis Beberapa Parameter Performa Rumput Laut (*Kappaphycus alvarezii*) Strain Hijau Yang Dibudidayakan Pada Berbagai Kedalaman Berbeda Di Perairan Tadui, Kabupaten Mamuju" dibimbing oleh **Rustam** sebagai Pembimbing Utama dan **Badraeni** sebagai Pembimbing Anggota.

---

*Kappaphycus alvarezii* merupakan salah satu jenis rumput laut merah (Rhodophyta) yang paling banyak dibudidayakan dengan tingkat pertumbuhan yang relatif lebih tinggi diantara genus *Kappaphycus*. Salah satu faktor keberhasilan dalam budidaya rumput laut adalah penempatan tali bentangan pada kedalaman yang optimal untuk pertumbuhan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performa rumput laut *K. alvarezii* strain hijau yang dibudidayakan pada berbagai kedalaman perairan. Penelitian dilaksanakan di Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat dengan menggunakan metode rancangan acak kelompok (RAK) yang terdiri dari 3 kelompok percobaan dengan 3 kali ulangan sebagai perlakuan, yaitu kedalaman 20 cm, 50 cm, dan 80 cm, adapun parameter penelitian meliputi pertumbuhan mutlak, laju pertumbuhan harian, produksi, kandungan karaginan, viskositas, kekuatan gel, klorofil-a, karotenoid dan kualitas air. Hasil menunjukkan bahwa perbedaan kedalaman berpengaruh signifikan ( $P < 0.05$ ) terhadap pertumbuhan rumput laut *K. alvarezii* strain hijau, tetapi tidak berpengaruh ( $P > 0.05$ ) terhadap kandungan karaginan yang diperoleh. Hasil menunjukkan pertumbuhan mutlak, laju pertumbuhan harian dan kandungan karaginan terbaik diperoleh pada kedalaman 50 cm dengan nilai masing-masing 157,22 g, 3,44%, dan 49,34%. Nilai viskositas dan kekuatan gel tertinggi diperoleh pada kedalaman 20 cm (94,07 cP) dan 50 cm (837,96 g/cm<sup>2</sup>), nilai klorofil-a dan karotenoid tertinggi diperoleh pada kedalaman 80 cm dengan nilai masing-masing 0,73 mg/g dan 0,029 µg/gr.

Kata kunci: *K. alvarezii*, Kedalaman, Pertumbuhan, Kualitas, Pigmen.

## ABSTRACT

**Widya Utami.** L012202016. "ANALYSIS OF DIFFERENT PLANTING DEPTH ON THE PERFORMANCE OF GREEN STRAIN SEAWEED (*Kappaphycus alvarezii*) CULTIVATED IN TADUI WATERS, MAMUJU Regency" supervised by **Rustam** as the Principle Supervisor dan **Badraeni** as the co-supervisor.

---

*Kappaphycus alvarezii* is one of the most widely cultivated types of red seaweed (Rhodophyta) that has a relatively higher growth rate among the genus *kappaphycus*. One of the success factors in seaweed cultivation is the placement of stretch ropes at optimal depths for growth. This research aimed to analyze the growth and carrageenan content of the seaweed *K. alvarezii* green strain cultivated at various depths. The study conducted in Mamuju Regency West Sulawesi used a randomized block design (RBD) method consisting of three experimental groups with three replication as a treatment, namely 20 cm, 50 cm, and 80 cm depth. The research parameters included absolute growth, daily growth rate, production, carrageenan content, viscosity, gel strength, chlorophyll-a, carotenoids and water quality. The result showed that different depths influenced the significant effect ( $p < 0,05$ ) on the growth and seaweed production of *K. alvarezii* but not influence on carrageenan content ( $p > 0,05$ ). The best result from absolute growth, daily growth rate, carrageenan content, and seaweed production were obtained at a depth of 50 cm with values of 157,22 g, 3,44%, 49,34%, and  $786,10 \pm 13,22$  g/m. The highest viscosity and gel strength values were obtained at a depth of 20 cm (94.07 cP) and 50 cm (837.96 g/cm<sup>2</sup>), the highest chlorophyll-a and carotenoid values were obtained at a depth of 80 cm with a value of 0.73 mg each /g and 0.029  $\mu$ g/gr.

Keywords : *K. alvarezii*, Depth, Growth, Quality, Pigment.

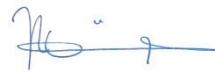
## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang Maha segalanya yang telah memberikan setitik ilmuNya serta nikmat yang tak berujung sehingga penulis berkesempatan menyelesaikan tesis yang berjudul “Analisis Kedalaman Penanaman Berbeda Terhadap Performa Rumput Laut (*Kappaphycus alvarezii*) Strain Hijau yang Dibudidayakan di Perairan Tadui Kabupaten Mamuju”. Shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada baginda Nabi Muhammad SAW atas segala perjuangan dan amanah yang tak pernah padam sampai akhir zaman. Selama penulisan tesis ini, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu, penulis yakin bahwa tesis ini tidak akan terwujud tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak yang selalu mendukung dan membimbing penulis, khususnya kepada :

1. Keluarga tercinta, Ayahanda Kuadianto S.P dan Ibunda Nurbiah serta kakakku Abd. Rahim Harianto S.Pt atas doa, cinta, kasih sayang dan dukungannya baik moril maupun materi yang diberikan kepada penulis.
2. Bapak Dr. Ir. Rustam, MP. Selaku dosen pembimbing I dan Ibu Dr. Ir. Badraeni, MP. selaku dosen pembimbing anggota. Terima kasih atas waktu, ilmu, nasehat, serta bimbingannya selama proses penelitian sampai proses penyusunan berlangsung sehingga penulis bisa menyelesaikan tesis ini.
3. Bapak Dr. Ir. Gunarto Latama, M.Sc., Ibu Dr. Ir. Hasni Yulianti Aziz, M. P., dan Ibu Dr. Ir. Marlina Achmad, S.Pi, M.Si., selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak saran dan arahan.
4. Seluruh dosen pengajar Fakultas Kelautan dan Ilmu Perikanan Universitas Hasanuddin yang telah memberikan bekal ilmu dan pengetahuan yang bermanfaat.
5. Rekan-rekan Fakultas Kelautan dan Ilmu Perikanan Universitas Hasanuddin yang sama-sama berjuang hingga telah sampai ketahap ini.
6. Semua pihak yang tidak dapat penulis cantumkan satu persatu, semoga Allah subuhana wa ta'ala memberikan balasan yang lebih baik dan indah atas semua keiklasan yang diberikan.

Harapan penulis, tesis ini dapat bermanfaat sebagai acuan dimasa yang akan datang. Demikianlah tesis ini disusun untuk menambah ilmu pengetahuan dalam bidang Budidaya Perairan. Semoga Allah SWT senantiasa menilai aktivitas kita sebagai amalan yang bernilai ibadah. Amin

Makassar, 13 Maret 2023



**Widya Utami**

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Widya Utami, lahir di Tasiu pada tanggal 10 Januari 1997, dari pasangan Bapak Kuadianto dan Ibu Nurbiah, anak kedua dari dua bersaudara. Jenjang pendidikan yang dilalui adalah pada tahun 2008 lulus dari Sekolah Dasar Madrasah Ibtidaiyyah Sumberdjo. Kemudian melanjutkan di Sekolah Lanjutan Tingkat Sekolah Menengah Pertama (SMP) dan lulus tahun 2011. Penulis kemudian melanjutkan ke Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri Satu Kalukku dan lulus pada tahun 2014. Pada tahun 2015, penulis terdaftar di Universitas Muslim Indonesia (UMI) Makassar pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan (FPIK) Jurusan Budidaya perairan. Pada tahun 2016 penulis mengambil Double Degree pada Jurusan Akademi Bahasa Asing di Universitas Muslim Indonesia. Pada tahun 2019 meraih gelar Sarjana Perikanan (S.Pi) dan Ahli Madya Bahasa Inggris (A.Md) dengan sangat memuaskan. Setelah itu, penulis melanjutkan pendidikan ke Program Magister Ilmu Perikanan dengan jurusan Ilmu Perikanan pada tahun 2020.

## DAFTAR ISI

|  |      |
|--|------|
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                                       | xiii |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....  | xiv  |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....                                     | xv   |
| <b>I. PENDAHULUAN</b> .....                                      | 1    |
| A. Latar Belakang.....   | 1    |
| B. Rumusan Masalah .....   | 3    |
| C. Tujuan Penelitian .....                                       | 3    |
| D. Kegunaan Penelitian.....                                      | 3    |
| <b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....                                | 8    |
| A. Taksonomi dan Morfologi Rumput Laut <i>K. alvarezii</i> ..... | 4    |
| B. Habitat dan Penyebaran Rumput Laut .....                      | 5    |
| C. Metode budidaya <i>K. alvarezii</i> .....                     | 6    |
| D. Pertumbuhan .....   | 7    |
| E. Produksi .....  | 8    |
| F. Kualitas Rumput Laut .....                                    | 8    |
| G. Pigmen Rumput Laut .....                                      | 13   |
| H. Kualitas Air .....  | 15   |
| I. Kerangka Pikir Penelitian.....                                | 19   |
| J. Hipotesis.....  | 20   |
| <b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....                          | 21   |
| A. Waktu dan Tempat Penelitian .....                             | 21   |
| B. Sarana Penelitian .....                                       | 21   |
| C. Prosedur Penelitian .....                                     | 22   |
| D. Rancangan Percobaan .....                                     | 23   |
| E. Parameter Penelitian .....                                    | 24   |
| F. Analisis Data.....  | 27   |
| <b>IV. HASIL</b> .....   | 28   |
| 1. Parameter Utama .....   | 28   |
| A. Pertumbuhan Mutlak.....                                       | 28   |
| B. Laju Pertumbuhan Harian .....                                 | 28   |
| C. Produksi.....   | 29   |
| D. Kandungan Karaginan .....                                     | 29   |
| 2. Parameter Pendukung .....                                     | 30   |
| A. Viskositas .....  | 30   |

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| B. Kekuatan Gel.....                  | 30        |
| C. Klorofil-a .....                   | 30        |
| D. Karotenoid .....                   | 31        |
| E. Kualitas Air .....                 | 31        |
| <b>V. PEMBAHASAN .....</b>            | <b>32</b> |
| A. Pertumbuhan .....                  | 32        |
| B. Produksi.....                      | 34        |
| C. Karaginan .....                    | 34        |
| D. Viskositas dan Kekuatan Gel .....  | 35        |
| E. Klorofil-a dan Karotenoid.....     | 38        |
| F. Kualitas Air .....                 | 39        |
| <b>VI. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b> | <b>41</b> |
| A. Kesimpulan.....                    | 41        |
| B. Saran.....                         | 41        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>           | <b>42</b> |
| <b>LAMPIRAN .....</b>                 | <b>49</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| 1. Rumput Laut <i>K. alvarezii</i> .....         | 8  |
| 2. Struktur kimia <i>Kappa</i> - karaginan ..... | 9  |
| 3. Struktur kimia <i>Iota</i> - karaginan.....   | 9  |
| 4. Struktur kimia <i>Lamda</i> - karaginan.....  | 9  |
| 5. Peta lokasi penelitian desa Tadui .....       | 21 |
| 6. Sketsa konstruksi wadah penelitian.....       | 22 |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| 1. Standar Mutu Karaginan di Pasar Dunia ..... | 11 |
| 2. Rata-rata Pertumbuhan Mutlak.....           | 28 |
| 3. Rata-rata Laju Pertumbuhan Harian .....     | 28 |
| 4. Produksi .....                              | 29 |
| 5. Kandungan Karaginan .....                   | 29 |
| 6. Viskositas .....                            | 30 |
| 7. Kekuatan Gel.....                           | 30 |
| 8. Klorofil-a .....                            | 30 |
| 9. Karotenoid .....                            | 31 |
| 10. Kualitas Air .....                         | 31 |

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Rumput laut merupakan satu dari tiga komoditas utama program revitalisasi perikanan yang berpotensi dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat pesisir (KKP, 2014). Budidaya rumput laut saat ini menyumbang hampir 30 persen (berat basah) dari 120 juta ton total produksi perikanan budidaya di dunia (FAO, 2021). Dalam perdagangan rumput laut dunia, Indonesia telah menjadi bagian dari produsen utama rumput laut *Eucheuma* spp. dan *Gracilaria* spp dengan total produksi basah pada tahun 2018 mencapai 10,32 juta ton (KKP, 2019). Penggunaan rumput laut saat ini semakin meningkat, mulai dari bahan olahan makanan hingga bahan baku industri farmasi, produk kecantikan dan industri lainnya. Budidaya rumput laut di Indonesia umumnya menggunakan jenis *Kappaphycus alvarezii*, jenis rumput laut ini sebelumnya dikenal dengan nama *Eucheuma cottonii* (nama perdagangan sebagai penghasil karaginan fraksi kappa yang menjadi sumber utama industri hidrokoloid rumput laut (Wijayanto *et al.*, 2011). Industri hidrokoloid dunia khususnya karaginan pada tahun 2015 memerlukan bahan baku rumput laut hasil budidaya yang berasal dari daerah tropis yang meliputi 73% dari *K. alvarezii* dan 20% dari *Eucheuma spinosum* (Porse and Brian, 2017) dan pada tahun 2019 Indonesia adalah penghasil utama *K. alvarezii* untuk industri hidrokoloid dunia dengan total produksi 9.795.400 ton atau 84,28% dari total produksi yaitu 11.491.956 ton (Cai *et al.*, 2021).

Kabupaten Mamuju dengan panjang pantai 415 km memiliki sumberdaya kelautan dan perikanan yang cukup potensial untuk dikembangkan, diantaranya ialah budidaya rumput laut. Desa Tadui, yang terletak di Kecamatan Mamuju Kabupaten Mamuju Provinsi Sulawesi Barat, merupakan salah satu lokasi potensial untuk pengembangan budidaya rumput laut *K. alvarezii* yang merupakan komoditas prioritas yang dapat meningkatkan perekonomian para pembudidaya maupun masyarakat pesisir.

Kegiatan budidaya rumput laut *K. alvarezii* di perairan Desa Tadui saat ini telah menjadi mata pencaharian utama bagi masyarakat sekitarnya. Umumnya, aktivitas budidaya yang dilakukan di lokasi tersebut menggunakan metode apung sistem tali bentang (*longline system*), dimana penggunaan metode ini sangat dipengaruhi oleh kondisi lokasi budidaya dan kebiasaan para petani atau pembudidaya dalam melakukan budidaya rumput laut, serta penanaman biasanya dilakukan hanya pada permukaan perairan saja. Prospek budidaya rumput laut di lokasi tersebut dapat meningkat apabila didukung dengan teknik budidaya lainnya, seperti menggunakan

kedalaman sebagai faktor pendukung keberhasilan. Saat ini pembudidaya rumput laut di sekitar lokasi tersebut belum menerapkan pengaruh kedalaman perairan terhadap peningkatan produksi, sehingga perlu adanya upaya untuk meningkatkan pertumbuhan rumput laut *K. alvarezii* dengan pemilihan kedalaman yang optimal khususnya pada strain hijau.

Budidaya rumput laut *K. alvarezii* sangat memerlukan biasan intensitas cahaya matahari yang masuk kedalam air. Pada suatu perairan, umumnya cahaya berkurang secara kuantitas dan kualitas sejalan dengan bertambahnya kedalaman. Agustina (2001) menjelaskan bahwa pertumbuhan rumput laut dipengaruhi oleh salinitas dan penyerapan cahaya matahari yang masuk sehingga dapat mempengaruhi suhu air laut. Intensitas cahaya pada suatu ekosistem perairan berhubungan dengan panjang gelombang spektrum biru-hijau, karena pigmen aksesoris seperti fikoeritrin, fikosianin, dan karotenoid mampu menyerap cahaya biru-hijau meskipun dengan intensitas rendah. Pigmen utama bagi alga untuk mengabsorpsi cahaya bagi fotosintesis adalah klorofil-a. Sebagai bentuk adaptasi terhadap keterbatasan cahaya dan adaptasi lainnya, alga merah (*K. alvarezii*) membentuk pigmen lain yang disebut fikoeritrin sebagai pigmen pelengkap yang membantu menangkap cahaya matahari (Gallardo, 2015).

Salah satu penelitian yang mengkaji tentang kedalaman, diantaranya adalah kajian dari Harahap (2010) yang mengatakan bahwa budidaya rumput laut pada kedalaman perairan 30 cm dengan kondisi perairan relatif berarus memberikan pertumbuhan yang baik. Berbeda dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Rusdani (2015) bahwa laju pertumbuhan terbaik berada pada kedalaman 100 cm.

Berdasarkan uraian diatas maka perlu dilakukan penelitian untuk menganalisis beberapa kedalaman perairan yang berbeda terhadap pertumbuhan, produksi, kualitas, serta pigmen sebagai upaya dalam peningkatan mutu dan hasil produksi pada budidaya rumput laut *K. alvarezii*.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian tersebut, maka rumusan masalah yang dapat diangkat dari penelitian ini adalah:

- Apakah perbedaan kedalaman perairan berpengaruh terhadap pertumbuhan rumput laut *K. alvarezii*?
- Apakah perbedaan kedalaman perairan berpengaruh terhadap produksi rumput laut *K. alvarezii*?
- Apakah perbedaan kedalaman perairan berpengaruh terhadap kualitas rumput laut (karaginan, viscositas, kekuatan gel) dan pigmen (klorofil-a, dan karotenoid)?

## **C. Tujuan Penelitian**

1. Untuk menganalisis pengaruh perbedaan kedalaman perairan terhadap pertumbuhan rumput laut *K. alvarezii*.
2. Untuk menganalisis pengaruh perbedaan kedalaman perairan terhadap produksi rumput laut *K. alvarezii*.
3. Untuk menganalisis pengaruh perbedaan kedalaman perairan terhadap kualitas rumput laut (karaginan, viscositas, kekuatan gel) dan pigmen (klorofil-a, dan karotenoid).

## **D. Kegunaan**

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kedalaman optimal dalam budidaya rumput laut *K. alvarezii* terhadap pertumbuhan, produksi, kualitas, dan pigmen rumput laut (*K. alvarezii*) strain hijau serta dapat menjadi acuan ataupun perbandingan untuk penelitian selanjutnya.

## II. TINJUAN PUSTAKA

### A. Taksonomi dan Morfologi Rumput Laut *K. alvarezii*

Rumput laut (*seaweed*) merupakan jenis alga yang berukuran besar (*macroalga*) yang termasuk tanaman tingkat rendah yang berasal dari divisi thallophyta. Di Indonesia, rumput laut yang banyak dibudidayakan adalah dari kelompok (genus) *Gracilaria spp.* dan *Eucheuma spp.* Rumput laut *Eucheuma cottoni* merupakan sinonim dari *K. alvarezii*, nama tersebut secara taksonomi telah menggantikannya atas dasar tipe kandungan karaginan yang dihasilkan yakni kappa-karaginan (Doty, 1973).

Klasifikasi rumput laut *K. alvarezii* berdasarkan (Doty) ex P.C. Silva, 1996 (WoRMS) adalah sebagai berikut:

Kingdom: Plantae  
Subkingdom : Biliphyta  
Phylum: Rhodophyta  
Subphylum: Eurhodophytina  
Class: Florideophyceae  
Subclass: Rhodymeniophycidae  
Order: Gigartinales  
Family: Solieriaceae  
Genus: Kappaphycus  
Species: *Kappaphycus. alvarezii*.



Gambar 1. Rumput laut *K. alvarezii*

Rumput laut memiliki sifat morfologi yang mirip karena memiliki sifat tidak bisa dibedakan antara akar, batang, dan daun, sehingga keseluruhan bagian dari rumput laut disebut tallus (Aslan, 2008). Percabangan tallus memiliki beberapa tipe, yakni dichotomous atau bercabang terus, pectinate atau berderet searah pada sisi tallus

utama, pinnate atau bercabang dua-dua pada sepanjang tallus utama dan berselang-seling, ferticillate atau cabang berpusat melingkari sumbu utama, serta trichotomus (sistem percabangan tiga-tiga) (Anggadiredja *et al.*, 2010).

Ciri-ciri fisik *K. alvarezii* yaitu tallus berbentuk silindris, permukaan yang licin, cartilagineus (menyerupai tulang rawan), serta berwarna hijau terang, hijau olive, dan coklat kemerahan. Menurut Doty (1985), perubahan warna sering terjadi pada rumput laut *K. alvarezii* karena adanya suatu proses adaptasi kromatik yakni penyesuaian antara proporsi pigmen dengan berbagai kualitas pencahayaan.

## **B. Habitat dan Penyebaran Rumput Laut**

Rumput laut memerlukan sinar matahari untuk pertumbuhannya, sehingga hanya dapat hidup pada kedalaman sejauh sinar matahari masih dapat mencapainya (lapisan fotik). Rumput laut ada yang hidup di perairan tropis, subtropis, dan di perairan dingin. Daerah sebaran rumput laut di Indonesia sangat luas, baik yang tumbuh secara alami maupun yang telah dibudidayakan. Pada awalnya, rumput laut yang tumbuh secara alami (*wild stock*) terdapat pada hampir seluruh perairan dangkal laut Indonesia, tetapi dengan pemanfaatan atau pengambilan rumput laut dari alam yang dilakukan secara terus-menerus menyebabkan stok di alam semakin terbatas khususnya pada kelompok karaginofit. Pertumbuhan dan penyebaran rumput laut seperti halnya biota perairan lainnya, yakni sangat dipengaruhi oleh toleransi fisiologi dari biota tersebut terhadap faktor-faktor lingkungan (eksternal), seperti : substrat, salinitas, temperatur, intensitas cahaya, tekanan, dan nutrisi (Parenrengi *et al.*, 2011).

Faktor utama yang menentukan keberhasilan pembudidayaan rumput laut adalah pemilihan lokasi. Pemilihan lokasi harus memperhatikan daya dukung perairan yang disesuaikan dengan metode budidaya yang akan digunakan. Penentuan lokasi yang tepat dan cocok untuk budidaya rumput laut harus memenuhi persyaratan diantaranya kondisi lingkungan fisik, lingkungan kimia dan lingkungan biologi (Sudrajat, 2008). Persyaratan kondisi lingkungan fisik antara lain: Perairannya cukup tenang dan terlindungi dari angin dan gelombang besar, air jernih dan tidak mengandung lumpur, dengan kecerahan yang optimal untuk pertumbuhan rumput laut 2-5 meter (Anggadiredja *et al.*, 2006), Lokasi perairan harus mempunyai gerakan air (arus) yang cukup untuk pertumbuhan rumput laut, kedalaman lokasi 2-15 meter ketika surut terendah dan lokasi masih tergenang air dengan kedalaman 1-1,5 meter, hal ini agar menjaga tanaman selalu terendam oleh air, sehingga terhindar dari kerusakan tanaman akibat sengatan matahari, substrat berupa pecahan karang dan pasir kasar, suhu antara 27-30 °C tidak mengalami perubahan yang tajam. Untuk kegiatan budidaya rumput laut, perubahan suhu masih dapat di tolerir jika tidak lebih dari 4 °C.

Persyaratan kondisi lingkungan kimia untuk pertumbuhan rumput laut yakni terlindungi dari pencemaran seperti dekat dengan muara sungai, buangan limbah industri, aktifitas pertanian, dan limbah rumah tangga, salinitas berkisar antara 28-34 ppt dengan nilai optimum 33 ppt, derajat keasaman air (pH) air antara 7,0-8,5, dan perairan tersebut harus subur, kaya akan unsur-unsur hara untuk kebutuhan nutrisi bagi pertumbuhan rumput laut, sedangkan untuk persyaratan kondisi lingkungan biologi yakni ditempat tersebut secara alami sudah tumbuh rumput laut yang sejenis dengan yang di budidayakan, walaupun jumlahnya sangat sedikit, daerah tersebut bebas dari predator, seperti ikan herbivor, bulu babi, landak laut, dan penyu, serta terdapat hewan-hewan lunak lainnya seperti teripang, kerang-kerangan, dan lain-lain yang tumbuh dengan baik.

### **C. Metode Budidaya *K. alvarezii***

Penggunaan metode sangat dipengaruhi oleh kondisi lokasi budidaya dan kebiasaan para pelaku utama dalam melakukan budidaya rumput laut. Dalam membudidayakan rumput laut di lapangan (*field culture*) dilakukan berdasarkan posisi tanaman terhadap dasar perairan.

Pada prinsipnya ada tiga metode yang digunakan untuk membudidayakan rumput laut yang dapat dilakukan berdasarkan posisi tanaman terhadap perairan yaitu dengan metode lepas dasar, metode apung, metode dasar (Aslan, 1995).

#### **1. Metode lepas dasar (*off-bottom method*)**

Metode lepas dasar merupakan metode yang dilakukan dengan menanam rumput laut diatas dasar perairan dengan menggunakan pancang-pancang kayu serta terlindung dari hampasan gelombang yang besar. Metode ini diterapkan pada lokasi yang dikelilingi oleh karang pemecah gelombang (*barrier reef*). Metode lepas dasar terbagi atas metode tunggal lepas dasar (*off-bottom monoline method*), metode jaring lepas dasar (*off-bottom-net method*), dan metode jaring lepas dasar berbentuk tabung (*off-bottom-tabular-net method*) (Priono, 2013). Lokasi untuk metode ini sebaiknya memiliki kedalaman air tidak kurang dari 50 cm pada surut terendah dan 3 m pada saat pasang tertinggi sehingga penerapan metode lepas dasar hanya terbatas pada daerah yang memiliki kedalaman tertentu dengan dasar berpasir atau pasir berlumpur (Parenrengi *et al.*, 2011). Metode penanaman lepas dasar memiliki kelemahan yaitu membutuhkan waktu dan biaya yang relatif besar, banyak mendapat serangan hama berupa algae yang menempel pada rumput laut seperti *ulva* sp., lumut sutra (*Chaetomorpha crassa*) dan hewan predator atau pemangsa seperti ikan baronang (*Siganus* sp.) sehingga mengakibatkan kerugian pada petani rumput laut (Togatorop *et al.*, 2017).

## 2. Metode apung (*floating method*)

Metode apung merupakan rekayasa dari bentuk metode lepas dasar. Pada metode ini tidak lagi menggunakan kayu pancang, tetapi telah diganti dengan pelampung. Metode ini terbagi atas metode tali (*longline method*), metode rakit (*raft method*), dan metode kantong (*tubular method*). Metode apung baik diterapkan pada perairan yang berkarang dan pergerakan airnya di dominasi oleh ombak. Untuk memudahkan pemeliharaan, metode ini menempatkan posisi tanaman secara terapung di permukaan air mengikuti gerakan pasang surut. Penggunaan metode long line memiliki kelemahan yakni mudahnya serangan predator dalam memakan rumput laut seperti ikan baronang (*Siganus spp.*), penyu hijau (*Chelonia midas*), bulu babi (*Diadema sp.*), dan bintang laut (*Protoneostes sp.*) yang menyebabkan terjadinya luka pada tallus (Failu *et al.*, 2016).

## 3. Metode dasar (*bottom method*)

Metode dasar merupakan metode pembudidayaan rumput laut menggunakan benih bibit tertentu yang telah diikat kemudian ditebarkan ke dasar perairan, atau sebelum ditebarkan benih diikat dengan batu karang. Metode ini terbagi atas dua yakni metode sebaran (*broadcast*), dan metode budidaya laut (*bottom farm method*) (Parenrengi *et al.*, 2011). Penggunaan metode dasar memiliki kelemahan yakni banyak bibit yang hilang terbawa oleh ombak, dan adanya serangan predator dari bulu babi (*Diadema sp.*).

## D. Pertumbuhan

Pertumbuhan merupakan perubahan ukuran suatu organisme berupa berat atau panjang dalam waktu tertentu. Pertumbuhan rumput laut dapat dipengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal yang berpengaruh antara lain adalah jenis, bibit, dan umur, sedangkan faktor eksternal yang berpengaruh antara lain lingkungan, jarak tanam, berat bibit awal, dan teknik penanaman. Pertumbuhan rumput laut dapat dikategorikan sebagai pertumbuhan somatik dan pertumbuhan fisiologi. Pertumbuhan somatik merupakan pertumbuhan yang diukur berdasarkan penambahan berat atau panjang tallus, sedangkan pertumbuhan fisiologi dapat dilihat dari reproduksi dan kandungan koloidnya (Kamlasi, 2008).

Faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan rumput laut adalah intensitas cahaya, suhu, salinitas, arus, dan ketersediaan nutrisi. Ketersediaan nutrisi yang cukup seperti nitrat dan fosfat yang dibutuhkan oleh rumput laut sangat berperan dalam peningkatan laju pertumbuhan rumput laut. Nitrat ( $\text{NO}_3$ ) merupakan bentuk utama nitrogen di perairan dan merupakan nutrisi utama bagi makroalga (Lobban dan

Harison, 1997). Lama pemeliharaan selama 45 hari menunjukkan rata-rata pertumbuhan maksimal 5,43% dan pembesaran sel sudah sampai batas tertinggi pada kondisi optimumnya sehingga jika lama pemeliharaan kurang ataupun lebih dari 45 hari maka laju pertumbuhan rumput laut akan menurun (Thirumaran, 2009).

Untuk mengetahui pertumbuhan rumput laut perlu dilakukan monitoring secara rutin. Pertumbuhan tanaman dapat dipantau dengan cara sampling untuk mengukur laju pertumbuhannya, sehingga produksi dapat diprediksi. Pemantauan dapat dilakukan satu kali seminggu, dan pertumbuhan harian tanaman dikatakan bagus bila laju pertumbuhannya tidak kurang dari 3% (Anggadiredja *et al.*, 2006). Parameter yang diamati dalam melakukan monitoring pertumbuhan yaitu dengan melihat laju pertumbuhan harian (DGR), dan pertumbuhan mutlak (GR). Menurut Thirumaran (2009), lama pemeliharaan budidaya rumput laut terbaik yakni 45 hari dengan laju pertumbuhan harian maksimum 5,43% selama budidaya.

## **E. Produksi**

Keberhasilan produksi rumput laut dapat dicapai dengan mengoptimalkan faktor-faktor pendukung dalam budidaya rumput laut. Faktor pendukung tersebut seperti pemilihan lokasi budidaya, penggunaan bibit yang bermutu, dan metode budidaya. Menurut Rukisah *et al.*, (2020), kedalaman perairan juga dapat mempengaruhi produksi rumput laut. Penanaman rumput laut yang terlalu dalam akan menyebabkan rendahnya produksi rumput laut *K. alvarezii*, sehingga penurunan rata-rata produksi berbanding lurus dengan tingginya kedalaman penanaman rumput laut.

Menurut Serdiati dan Widiastuti (2010), kedalaman penanaman yang dilakukan di perairan kabupaten Banggai Kepulauan dengan kedalaman 30 cm, 45 cm, dan 50, memperoleh produksi tertinggi pada penanaman rumput laut dengan kedalaman 30 cm, kemudian kedalaman 45 cm dan yang terendah pada kedalaman 50 cm.

## **F. Kualitas rumput laut**

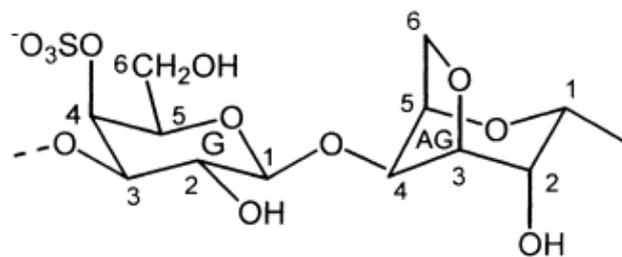
### **1. Karaginan rumput laut**

Karaginan merupakan senyawa hidrokoloid yang terdiri atas natrium, ester kalium, magnesium, dan kalium sulfat dengan galaktosa 3,6-anhidrogalaktosa kopolimer yang diambil dari ekstraksi yang merupakan getah makroalga dari spesies tertentu dari kelas Rhodophyceae atau rumput laut merah (Campo *et al.*, 2009). Pada umumnya, rumput laut tidak menghasilkan karaginan murni, tetapi seperti rangkaian struktur hibrida. Adanya prekursor (mu dan nu) pada saat kondisi alkali, masing-masing

dimodifikasi menjadi kappa dan iota melalui pembentukan 3,6-anhidrogalaktosa (Bixler dan Porse, 2011).

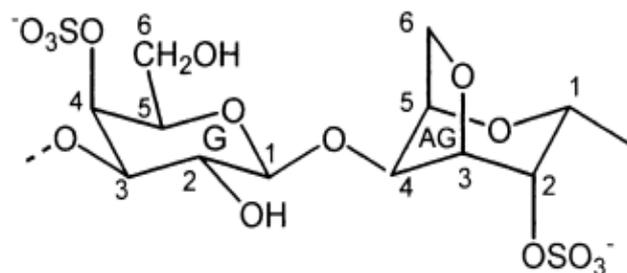
Karaginan terdiri dari tiga jenis yaitu iota karaginan, kappa karaginan, dan lamda karaginan. Karaginan jenis iota diperoleh dari jenis *E. denticultum* (*E. spinosum*), karaginan jenis kappa diperoleh dari jenis *K. alvarezii* (*E. cottonii*), dan karaginan jenis lamda diperoleh dari jenis *Gigartina* dan *Chondrus* (Pereira, 2013).

Kappa-karaginan tersusun dari  $\alpha(1,3)$ -D-galaktosa-4-sulfat dan  $\beta(1,4)$ -3,6-anhidro-D-galaktosa. Kappa-karaginan juga mengandung ester D-galaktosa-6-sulfat dan ester 3,6-anhidro-D-galaktosa-2-sulfat ester. Adanya gugusan 6-sulfat dapat menurunkan daya gelatinasi dari kappa-karaginan, tetapi dengan pemberian alkali mampu menyebabkan terjadinya transeliminasi gugusan 6-sulfat yang menghasilkan 3,6-anhidro-D-galaktosa. Dengan demikian derajat keseragaman molekul meningkat dan daya gelatinasinya juga bertambah (Winarno, 1996). Struktur kimia kappa-karaginan dapat dilihat pada Gambar 2.



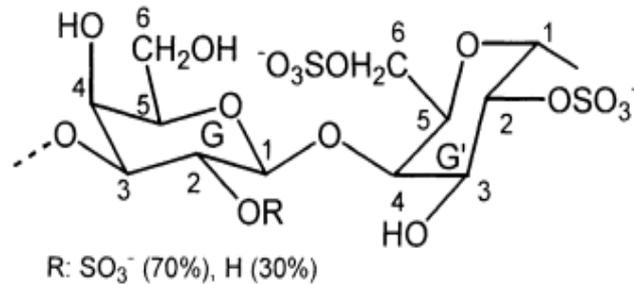
Gambar 2. Struktur kimia *Kappa*- karaginan (Tojo dan Prodo, 2003).

Iota-karaginan ditandai dengan adanya ester 4-sulfat pada setiap residu D-glukosa dan gugusan ester 2-sulfat pada setiap gugusan 3,6-anhidro-D-galaktosa. Gugusan ester 2-sulfat tidak dapat dihilangkan oleh proses pemberian alkali seperti kappa-karaginan. Iota-karaginan sering mengandung beberapa gugusan ester 6-sulfat yang menyebabkan kurangnya keseragaman molekul dan ini dapat dihilangkan dengan pemberian pelarut alkali (Winarno, 1996). Struktur kimia iota-karaginan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur kimia *Iota*- karaginan (Tojo dan Prodo, 2003).

Lambda-karaginan berbeda dengan kappa-karaginan dan iota-karaginan, karena memiliki residu disulfat  $\alpha$  (1-4) D-galaktosa, sedangkan kappa dan iota-karaginan selalu memiliki ester gugus 4-fosfat (Winarno, 1996). Struktur kimia lambda-karaginan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur kimia *Lambda*- karaginan (Tojo dan Prodo, 2003).

Ciri-ciri karaginan pembentuk gel mempunyai sifat yang berbeda-beda, sifat kappa-karaginan dapat larut dalam air panas tetapi tidak dapat larut dalam air dingin dan pelarut organik. Kekuatan gel pada kappa-karaginan dibentuk oleh ion kalium dalam struktur heliks, tetapi ketika ion  $\text{K}^+$  berikatan dengan  $\text{Ca}^+$  menyebabkan bentuk heliks terkumpul, sehingga melemahkan dan mengurangi kekuatan gel, sebab iota-karaginan memiliki kekuatan gel yang lemah dan tidak tahan lama karena dapat larut dalam air dingin. Lambda-karaginan dan prekursor mu- dan nu- karaginan tidak mengandung 3,6-anhidrogalaktosa, dengan demikian, lambda-karaginan tidak dapat membentuk gel (*gel strength*) (Van de velde *et al.*, 2002).

Tingkatan karaginan berdasarkan tingkat kemurniannya meliputi *alkali treated carrageenan* (ATC), *semi refined carrageenan* (SRC) dan *refined carrageenan* (RC). perbedaan jenis karaginan tersebut terletak pada kadar selulosa, garam, dan kation logam. Pada SRC kadar selulosanya lebih tinggi sedangkan kadar garamnya lebih rendah dibandingkan dengan RC. Standar mutu karaginan yang telah diakui dikeluarkan oleh *Food Agriculture Organization* (FAO), dan *Food Chemicals Codex* (FCC), dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Standar mutu karagginan di pasar dunia

| Spesifikasi                          | Karaginan Komersial | Karaginan Standar FAO | Karaginan Standar FCC |
|--------------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Kadar Air (%)                        | 14,34±0,25          | Maks 12               | Maks 12               |
| Kadar Abu (%)                        | 18,60±0,22          | 15-40                 | 18-40                 |
| Kadar Protein (%)                    | 2,80                | -                     | -                     |
| Kadar Lemak (%)                      | 1,78                | -                     | -                     |
| Serat Kasar (%)                      | Maks 7,02           | -                     | -                     |
| Karbohidrat (%)                      | Maks 68,48          | -                     | -                     |
| Titik Leleh (°C)                     | 50,21±1,05          | -                     | -                     |
| Titik Jedal (°C)                     | 34,10±1,86          | -                     | -                     |
| Viskositas (cP)                      | 5                   | -                     | -                     |
| Kekuatan Gel (dyne/cm <sup>2</sup> ) | 685,50±13,43        | -                     | -                     |

Sumber: A/S Kobenhvsn Pektifabrik dalam Ega L *et al.*, (2016)

Karaginan dapat dimanfaatkan dalam berbagai industri dimana dapat diklasifikasikan dalam industri pangan, non pangan, farmasi (kosmetik) dan bioteknologi. Untuk industri makanan karaginan biasanya digunakan pada crackers, wafer, kue dan jenis-jenis biskuit lainnya untuk mendapatkan tekstur yang renyah maka ditambahkan karaginan. Pada industri farmasi pemanfaatan karaginan sebagai gelling agent pada produk pewangi, binder pada pasta gigi, bodying agent pada lotion, dan cream, stabilizer, pengstabil dan pengemulsi pada vitamin, sedangkan pada bidang bioteknologi karaginan digunakan dalam immobilisasi biokatalis. Sedangkan pada industri non pangan karaginan digunakan untuk menstabilkan dan mempertahankan komposisi senyawa hidrokoloid agar tidak mudah terurai (Prasetyowati *et al.*, 2008).

## 2. Viskositas

Viskositas adalah daya aliran molekul dalam sistem larutan. Viskositas suatu hidrokoloid dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu suhu, konsentrasi karaginan, jenis karaginan, berat molekul karaginan, dan kehadiran molekul-molekul lain (Towle 1973; FAO 1990). Towle (1973) mengemukakan bahwa tipe dan bobot molekul suatu karaginan juga merupakan faktor yang dapat mempengaruhi viskositas suatu cairan. Berat rata-rata molekul viskositas dengan metode pengukuran lain seperti ultrasentrifugasi, gel elektroforesis, dll. berkisar antara 74.500 hingga 900.000 wm. Berat optimum molekul karaginan pada penggunaan industri makanan harus berkisar antara 100.000 hingga 500.000 wm. Umumnya produk karaginan memiliki berat molekul sekitar 250.000 wm. Semakin besar bobot molekul karaginan, semakin besar viskositasnya, ini disebabkan karena tekanan permukaan semakin besar. Pengujian viskositas dilakukan untuk mengetahui tingkat kekentalan karaginan sebagai konsentrasi pada konsentrasi dan suhu tertentu (Wenno, 2009). Jika konsentrasi

karaginan meningkat maka viskositasnya akan meningkat secara logaritmik. Penurunan viskositas secara progresif dikarenakan adanya peningkatan suhu, pada konsentrasi karaginan 1,5%, dan suhu 75 °C, sedangkan viskositas pada larutan agar dengan konsentrasi 1% pada suhu 60-90 °C umumnya viskositas lebih rendah karena kekuatan gel lebih besar untuk larutan agar. Berat molekul agar berkisar antara 8.000 hingga 100.000 w<sub>m</sub> (FAO 1990).

Viskositas larutan karaginan bersifat *polielektrolit*, karena adanya gaya tolakan antara muatan negatif sepanjang rantai polimer yaitu gugus sulfat yang mengakibatkan sulfat akan menarik kalsium (Ca<sup>+</sup>) sehingga rantai molekul menegang. Karena sifat hidrofilitiknya, polimer tersebut dikelilingi oleh molekul - molekul air yang terimobilisasi, sehingga menyebabkan larutan karaginan bersifat kental (Guiseley *et al.*, 1980). Dalam penelitian Priastami (2011) juga mengemukakan bahwa larutan karaginan akan menurun seiring dengan peningkatan suhu, sehingga terjadi depolimerisasi yang kemudian dilanjutkan dengan degradasi karaginan. Adanya garam-garam yang terlarut dalam karaginan akan menurunkan muatan bersih sepanjang rantai polimer, penurunan muatan ini menyebabkan penurunan gaya tolakan (*repulsion*) antar gugus - gugus sulfat, sehingga sifat hidrofilik polimer semakin lemah dan menyebabkan viskositas larutan menurun.

Viskositas juga dapat dikatakan sebagai ukuran gaya yang diperlukan untuk menggeser suatu cairan pada suatu kecepatan dan di ukur pada suhu tertentu atau tahanan dari suatu cairan untuk mengalir dengan satuan poise (1 poise = 100 centipoise/cP) yang di ukur dengan menggunakan alat viscometer.

### 3. Kekuatan Gel.

Kekuatan gel (*gel strength*) merupakan parameter utama karaginan, berfungsi untuk mengubah bentuk cair menjadi padat atau mengubah bentuk sol menjadi bentuk gel yang bersifat *irreversible* (Wenno *et al.*, 2012). Kemampuan ini yang menyebabkan karaginan banyak digunakan baik dalam bidang pangan maupun non pangan (Faridah, 2001).

Kekuatan gel juga dipengaruhi oleh kadar air, semakin meningkat kadar air maka kekuatan gel akan semakin berkurang. Suryaningrum (1988) mengatakan bahwa pembentukan gel pada karaginan merupakan pengendapan yang melibatkan ikatan ionik antara kation logam tertentu dengan muatan negatif dari gugus ester sulfat. Apabila jumlah gugus ester sulfat lebih banyak, maka sulfat tersebut akan berikatan dengan air. Oleh karena itu, jika kandungan sulfat pada karaginan tinggi maka kerangka tiga tiga dimensi akan banyak menyerap air. Hal ini Karena sifat hidrofilik dari rumput laut tersebut maka air akan berikatan dengan komponen-komponen lain selain

karaginan dalam bentuk air terikat. Gel karaginan yang demikian ini apabila diberi tekanan akan sulit untuk mempertahankan bentuknya sehingga nilai kekuatan gelnya rendah.

Menurut Campo *et al.*, (2009), mekanisme pembentukan gel terdiri dari dua tahap yaitu dimana dengan perubahan konformasi intramolekuler yang tidak berhubungan dengan ion-ion, kemudian diikuti oleh pembentukan ikatan silang yang tergantung pada adanya ion-ion spesifik (kation) yang menyebabkan struktur gel terbentuk. Peningkatan kadar 3,6-anhidrogalaktosa sangat berpengaruh terhadap peningkatan kekuatan gel, ini disebabkan karena kekuatan gel berbanding lurus dengan kadar 3,6-anhidrogalaktosa dan berbanding terbalik dengan kandungan sulfatnya. Semakin kecil gugus 3,6-anhidrogalaktosa pada karaginan rumput laut maka semakin kecil pula nilai kekuatan gelnya.

## **G. Pigmen rumput laut**

### **1. Klorofil-a**

Klorofil adalah zat hijau daun yang dimiliki berbagai organisme tumbuhan dan menjadi salah satu molekul yang berperan sangat penting dalam proses fotosintesis. Perbedaan kedalaman perairan menyebabkan intensitas cahaya matahari bervariasi pada setiap zona perairan sehingga menyebabkan perbedaan pada pertumbuhan tallus yang merupakan ukuran pertumbuhan rumput laut (Akmal *et al.*, 2017).

Semua klorofil mengandung jalur delokalisasi  $\pi$ -elektron yang sama, yakni  $18\pi$ -elektron aromatik-diazanulene sistem. Sistem elektron tersebut sangat penting terhadap fungsi klorofil, baik sebagai pigmen penghasil cahaya atau sebagai pigmen redoks-aktif dipusat reaksi.  $\pi$ -sistem dalam molekul klorofil yang menentukan penyerapan cahaya dan reaksi redoks.  $\pi$ -sistem klorofil yang terdelokalisasi dapat dengan mudah melepaskan ataupun mengambil elektron, sehingga membentuk  $\pi$ -kation radikal atau  $\pi$ -anion radikal. Dalam setiap kasus, ada elektron yang tidak berpasangan terdelokalisasi di sistem makrosiklik, sehingga sifat tersebut berhubungan dengan fungsi klorofil sebagai pigmen redoks-aktif pada reaksi fotosintesis (Hynninen dan Leppäkases, 2001).

Henley *et al.*, (2012) menjelaskan bahwa ada beberapa tipe klorofil, yakni klorofil *a*, *b*, *c*, *d*, dan *e*, tetapi pada alga laut hanya klorofil *a*, *b*, dan *c* yang dapat diisolasi. Klorofil-a terdapat pada semua jenis alga, sedangkan pada klorofil-b dan klorofil-c hanya terdapat pada jenis alga tertentu saja. Pada *K. alvarezzi* ditemukan dua jenis klorofil yaitu klorofil-a dan klorofil-d (Hynninen and Tuomo, 2010). Klorofil-a merupakan salah satu bagian terpenting dalam proses fotosintesis dan jumlah klorofil-a juga lebih dominan dibandingkan dengan klorofil-b dan klorofil-c, sehingga klorofil-a

lebih berpengaruh terhadap proses pertumbuhan rumput laut *K. alvarezii* di perairan. Jika penyerapan cahaya yang dilakukan oleh klorofil-a mencukupi, maka proses fotosintesis akan berlangsung secara optimal sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan rumput laut. *K. alvarezii* dapat membentuk pigmen lain yaitu fikoeritrin yang berfungsi sebagai bentuk adaptasi untukantisipasi penangkapan cahaya dalam perairan (Cokrowati *et al.*, 2020). Menurut Dawes (1981), fikoeritrin berperan membantu rumput laut untuk menangkap cahaya yang digunakan klorofil-a dalam proses fotosintesis. Pada kondisi rumput laut kesulitan dalam membentuk pigmen klorofil-a, maka rumput laut akan membentuk pigmen fikoeritrin sebagai respon terhadap kondisi tersebut, sehingga energi cahaya yang diserap oleh fikoeritrin selanjutnya akan diteruskan ke klorofil-a untuk dapat melakukan kegiatan fotosintesis secara optimum. Nilai suhu yang baik untuk proses fotosintesis berkisar antara 27-30 °C, jika suhu diatas 32 °C maka dapat menghambat proses fotosintesis. Pengaruh suhu menyebabkan klorofil tumbuh bersifat tidak tetap, sehingga klorofil mudah terdegradasi menjadi molekul turunannya. Suhu yang tinggi menyebabkan kandungan klorofil-a menurun dan menjadi tidak optimal.

## 2. Karotenoid

Karotenoid tersusun atas  $\beta$ -karoten, likopen, lutein, zeaxanthin, cryptoxanthin, violaxanthin, dan xanthophyll.  $\beta$ -karoten merupakan salah satu dari 600 komponen karotenoid yang banyak ditemukan pada rumput laut. Karotenoid merupakan senyawa  $C_{40}$  dan tetrapenoid yang terdapat dalam plastisida jaringan rumput laut yang melakukan fotosintesis (Anderson *et al.*, 2006). Kandungan klorofil-a *K. alvarezii* seiring dengan kandungan karotenoidnya, hal ini disebabkan kandungan karotenoid merupakan pigmen asesoris yang dapat melindungi kerusakan klorofil-a khususnya di perairan dalam dan berfungsi melindungi tanaman dari radiasi ultraviolet- $\beta$  yang berlebihan.

Karotenoid umumnya terletak didalam kloroplas yang berfungsi sebagai pigmen asesoris dalam pengambilan cahaya (Winarsih, 2007). Karotenoid merupakan salah satu kelompok pigmen utama selain klorofil yang memiliki warna kuning, orange, dan merah. Karotenoid diproduksi oleh berbagai jenis organisme, mulai dari non fototropik prokariot sampai tumbuhan tingkat tinggi, dengan lebih dari 700 struktur berbeda yang telah teridentifikasi (Stafsnes *et al.*, 2010).

Fungsi karotenoid adalah untuk melindungi klorofil dari reaksi foto-oksidasi dengan mengikat molekul oksigen bebas yang dihasilkan dalam proses hidrolisis (Kabinawa, 2006). Pada lapisan permukaan perairan terjadi kerusakan klorofil-a dan karotenoid oleh kelebihan intensitas cahaya dan pengaruh radiasi ultraviolet yang

dikenal dengan *photoinhibition* (hambatan oleh cahaya), *photodamage* (kerusakan oleh cahaya) dan *photooxidation* (oksidasi oleh cahaya) yang disebabkan oleh intensitas cahaya yang berlebih (Gleen and Doty, 1981). Laju fotosintesis yang optimum untuk pertumbuhan rumput laut *E. denticulatum* terjadi pada intensitas cahaya antara 531.2-616.9  $\mu\text{mol photon m}^{-2} \text{s}^{-1}$  dengan suhu berkisar antara 23-32 °C, sedangkan untuk rumput laut *Kappaphycus* sp. terjadi pada intensitas cahaya antara 585.5 - 648.8  $\mu\text{mol photon m}^{-2} \text{s}^{-1}$  dengan suhu berkisar antara 22-33 °C (Lideman *et al.*, 2013).

Semakin dalam suatu perairan, maka klorofil-a semakin berkurang, dan pigmen aksesoris fotosintesis seperti karotenoid dan fikoeritrin akan meningkat, pigmen tersebut akan menangkap energi cahaya matahari untuk ditransfer ke klorofil-a sehingga kegiatan fotosintesis dapat berjalan dengan optimal (Wenno, 2014).

## H. Kualitas Air

### 1. Kecerahan

Menurut Anggadiredja *et al.*, (2006), kecerahan adalah ukuran besarnya penetrasi cahaya yang menembus kedalaman perairan. Kondisi seperti ini dibutuhkan agar cahaya matahari dapat mencapai tanaman untuk proses fotosintesis. Untuk budidaya rumput laut *K. alvarezii*, keadaan perairan sebaiknya relatif jernih dengan tingkat kecerahan tinggi dan jarak pandang kedalaman dengan alat sechi disk mencapai 2-5 m.

### 2. Arus

Menurut Mason (1981) dalam Yusuf (2004) mengatakan bahwa berdasarkan kecepatan arusnya, perairan dikelompokkan menjadi lima yaitu arus sangat cepat ( $>100 \text{ cm/s}$ ), cepat (50 - 100 cm/s), sedang (25 – 50 cm/s), lambat (10 - 25 cm/s) dan sangat lambat ( $<10 \text{ cm/s}$ ). Namun kecepatan arus 0,21 – 0,51 m/s ternyata dapat meningkatkan produktifitas rumput laut. Semakin kuat arus perairan maka pertumbuhan alga laut akan semakin cepat karena difusi nutrisi ke dalam sel talus semakin banyak dan metabolisme cepat. Arus yang ideal untuk pertumbuhan rumput laut *K. alvarezii* berkisar 20-40 cm/detik (Anggadiredja *et al.*, 2006).

### 3. Suhu

Pengaruh suhu terhadap sifat fisiologi organisme perairan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi fotosintesis disamping cahaya dan konsentrasi fosfat. Perbedaan suhu terjadi karena adanya perbedaan energi matahari yang diterima oleh perairan. Suhu akan naik dengan meningkatkan kecepatan fotosintesis sampai pada radiasi tertentu. Kecepatan fotosintesis akan konstan pada produksi maksimal, tidak tergantung pada energi matahari lagi sampai pada reaksi mengenzim (Nontji, 2002).

Temperatur suhu yang optimal untuk pertumbuhan rumput laut *K. alvarezii* berkisar 24-31°C (Reddy *et al.*, 2018).

#### 4. Salinitas

Salinitas adalah jumlah (gram) zat-zat yang larut dalam kilogram air laut dimana dianggap semua karbonat-karbonat telah diubah menjadi oksida, brom dan ion diganti oleh klor dan semua bahan-bahan organik telah dioksidasi secara sempurna. Makroalgae umumnya hidup di laut dengan salinitas antara 30‰–32‰. Namun banyak jenis makroalgae mampu hidup pada kisaran salinitas yang besar. Salinitas berperan penting dalam kehidupan makroalgae. Salinitas yang terlalu tinggi atau terlalu rendah akan menyebabkan gangguan pada proses fisiologis (Luning, 1990 *dalam* Alam, 2011). Salinitas (kandungan garam NaCl dalam air) untuk pertumbuhan budidaya rumput laut *K. alvarezii* yang optimal berkisar 24-35 ppt (Reddy *et al.*, 2018).

#### 5. Dasar Perairan

Anggadiredja *et al.*, (2006) menyatakan bahwa, umumnya dasar perairan berupa pasir kasar yang bercampur dengan pecahan karang menunjukkan adanya pergerakan air yang baik sehingga cocok untuk budidaya rumput laut.

#### 6. Derajat Keasaman (pH)

pH adalah salah satu faktor lingkungan kimia air yang turut menentukan baik buruknya pertumbuhan rumput laut. Fluktuasi pH dalam air biasanya berkaitan erat dengan aktivitas fitoplankton dan tanaman air lainnya dalam menggunakan CO<sub>2</sub> dalam air selama berlangsungnya proses fotosintesis. pH yang optimum untuk pertumbuhan rumput laut *K. alvarezii* berkisar antara 7,9-8,5 (Reddy *et al.*, 2018).

#### 7. Nitrat (NO<sub>3</sub>)

Nitrogen (N) adalah salah satu unsur utama penyusun sel organisme, khususnya dalam proses pembentukan protoplasma. Keberadaannya dalam perairan merupakan faktor utama untuk menunjang segala bentuk kehidupan dalam perairan. Rumput laut yang termasuk sebagai alga bentos membutuhkan nitrogen untuk pertumbuhan dan reproduksinya. (Patadjai, 2007).

Rumput laut memerlukan berbagai ion mineral untuk pertumbuhan, dan nitrogen merupakan salah satu sumber nutrisi utama bagi rumput laut. Pada perairan, terdapat nitrogen dalam bentuk nitrogen organik, amonia (NH<sub>3</sub>), amonium (NH<sub>4</sub>), nitrat (NO<sub>3</sub>), dan nitrit (NO<sub>2</sub>). Nitrogen organik merupakan bentuk nitrogen yang terikat senyawa organik yang mencakup protein, polipeptida, asam amino, urea, dan senyawa lainnya. Sumber nitrogen organik di perairan berasal dari fiksasi nitrogen dan proses pembusukan organisme yang telah mati. Amonia merupakan salah satu senyawa nitrogen yang bersumber dari oksidasi zat organik dan mikrobiologis yang berasal dari alam, air buangan, industry, dan penduduk. Amonia dan gram-gramnya bersifat mudah

larut dalam air, serta konsentrasi ammonia bebas di perairan dengan jumlah di atas 0,2 mg/L dapat menyebabkan kematian pada beberapa spesies ikan (Effendi, 2003). Nitrit merupakan keadaan sementara proses oksidasi antara ammonia dan nitrat. Di perairan jumlah kandungan nitrit sekitar 0,001 mg/L dan tidak boleh melebihi 0,06 mg/L. Nitrat merupakan bentuk akhir dari siklus nitrogen dalam air dan merupakan nutrient utama bagi pertumbuhan tanaman dan alga. Konsentrasi nitrat yang optimum untuk budidaya rumput laut *K. alvarezii* berkisar antara 1,2-3,0 ppm (Reddy *et al.*, 2018). Konsentrasi nitrat di perairan juga dipengaruhi oleh proses nitrifikasi, reduksi nitrat baik secara kimiawi maupun biologis dan laju pengambilan nitrat oleh organisme serta suplai nitrat ke perairan, dan fiksasi nitrogen bebas. Proses nitrifikasi merupakan proses oksidasi ammonia ( $\text{NH}_3$ ) menjadi nitrit ( $\text{NO}_2$ ) dan nitrat ( $\text{NO}_3$ ) oleh organisme. Senyawa-senyawa nitrogen sangat dipengaruhi oleh kandungan oksigen dalam air, saat kandungan oksigen tinggi nitrogen berubah menjadi nitrat, maka senyawa-senyawa tersebut dimanfaatkan oleh rumput laut sebagai unsur hara (Mulatsih *et al.*, 2012).

#### 8. Fosfat ( $\text{PO}_4$ )

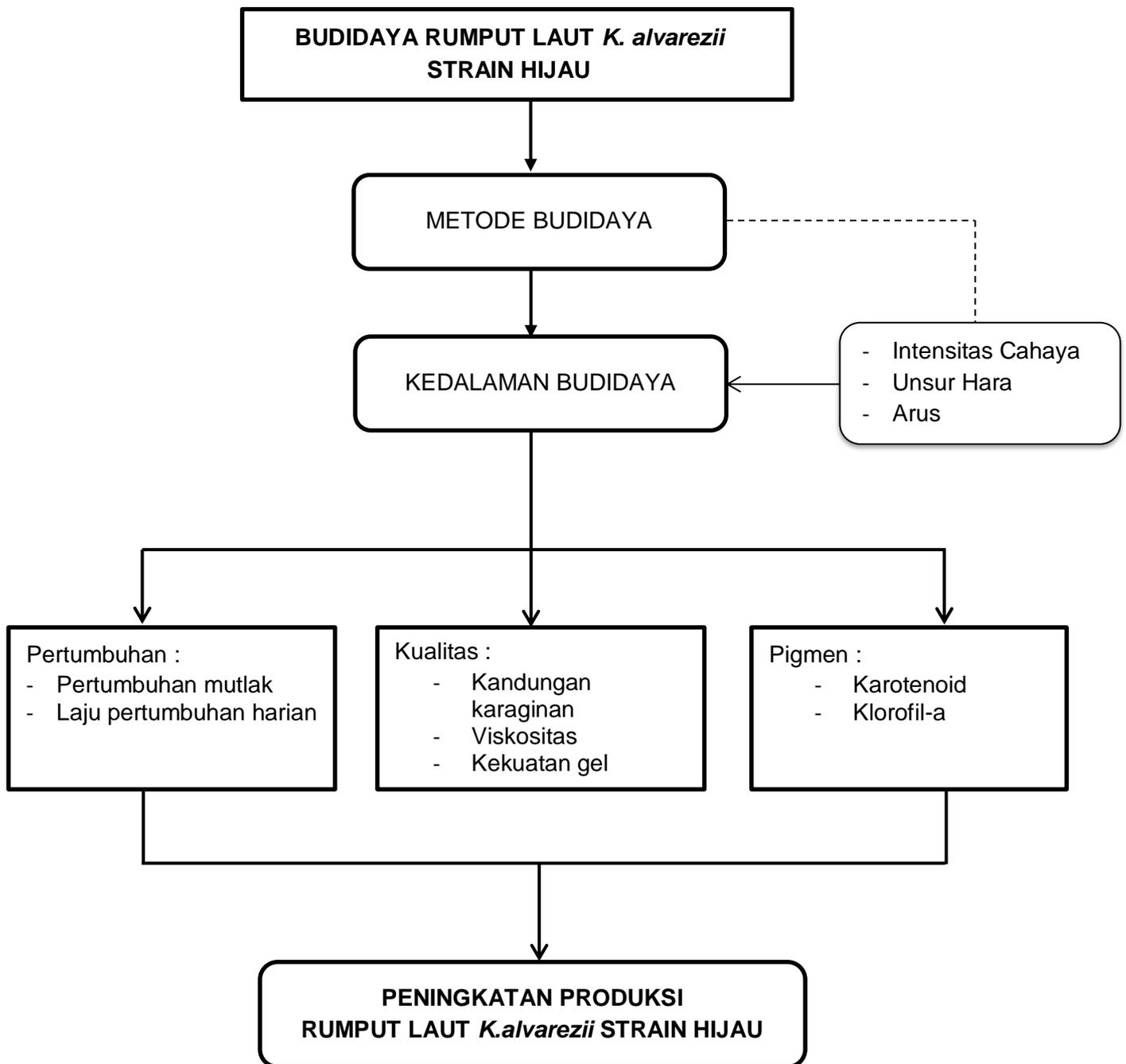
Fosfor (P) merupakan faktor pembatas produktivitas perairan jika dibandingkan dengan N, terutama pada lingkungan dengan konsentrasi kalium tinggi. Fungsi fosfor bagi biota akuatik salah satunya adalah berperan dalam proses respirasi, dimana P dapat diserap oleh tumbuhan akuatik (Ulqodri, 2010). Karakteristik fosfor sangat berbeda dengan unsur utama lain yang merupakan penyusun biosfer karena unsur fosfor tidak terdapat di atmosfer (Ruslaini, 2017).

Fosfor yang terdapat dalam air laut umumnya berasal dari dekomposisi organisme yang sudah mati. Fosfor merupakan salah satu senyawa nutrient yang penting karena akan diabsorbs oleh fitoplankton dan masuk ke dalam rantai makanan (Hutagalung *et al.*, 1997). Orto fosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat langsung dimanfaatkan oleh tumbuhan akuatik, sedangkan poli fosfat harus direduksi terlebih dahulu menjadi orto fosfat sebelum dimanfaatkan. Fosfor dalam bentuk fosfat merupakan mikro nutrient bagi organisme akuatik. Fosfat merupakan unsur yang esensial bagi tumbuhan dan alga akuatik serta sangat berpengaruh terhadap tingkat produktivitas pada suatu perairan (Effendi, 2003). Konsentrasi fosfat yang optimum untuk budidaya rumput laut *K. alvarezii* berkisar antara 0,5-3,0 ppm (Reddy *et al.*, 2018). Keberadaan berbagai bentuk fosfat di laut dikendalikan oleh proses biologi dan fisik, diantaranya adalah penyerapan fitoplankton pada proses fotosintesis, penggunaan oleh bakteri, serta adanya absorpsi oleh lumpur dasar akibat kelebihan  $\text{Ca}^{2+}$  pada pH tinggi. Fosfat tidak bersifat toksik, namun jika diiringi dengan kelebihan

kadar nitrogen, dapat menstimulir ledakan algae (algae bloom), sehingga menghambat penyerapan oksigen dan penetrasi cahaya matahari yang masuk.

Menurut Ariyati *et al.*, (2007) bila dalam air laut terdapat fosfat minimal 0,01 mg/L, maka laju pertumbuhan sebagian besar biota air tidak akan mengalami hambatan. Namun, bila kadar fosfat berada dibawah kadar kritis tersebut (0,01 mg/L), maka laju pertumbuhan biota air akan semakin menurun. Berkurangnya kandungan fosfat diperairan diperkirakan karena rumput laut telah memanfaatkannya sebagai unsur hara esensial yang berperan dalam proses fotosintesis.

## I. Kerangka Pikir Penelitian



## **J. Hipotesis**

1. H<sub>0</sub> : Perbedaan kedalaman tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan, produksi, dan kualitas rumput laut *K. alvarezii*.
2. H<sub>1</sub> : Perbedaan kedalaman berpengaruh terhadap pertumbuhan, produksi, dan kualitas rumput laut *K. alvarezii*.