

Penerbit
TOHAR MEDIA

Editor

Alexander Burhani Marda
Firmansyah Bin Abd Jabbar

POTENSI BUDIDAYA & OLAHAN RUMPUT LAUT di INDONESIA

Waode Munaeni, La Ode Muhammad Junaidin Sirza,
Dudi Lesmana, Henky Irawan, Muhammad Subhan Hamka,
Ikromatun Nafsiyah

POTENSI BUDIDAYA DAN OLAHAN RUMPUT LAUT DI INDONESIA

Penulis

Waode Munaeni, La Ode Muhammad Junaidin Sirza,
Dudi Lesmana, Henky Irawan, Muhammad Subhan Hamka,
Ikromatun Nafsiyah

Editor

Alexander Burhani Marda
Firmansyah Bin Abd Jabbar

Penerbit

TOHAR MEDIA

Potensi Budidaya dan Olahan Rumput Laut di Indonesia

Penulis : Waode Munaeni, La Ode Muhammad Junaidin Sirza,
Dudi Lesmana, Henky Irawan, Muhammad Subhan
Hamka, Ikromatun Nafsiyah

Editor : Alexander Burhani Marda, Firmansyah Bin Abd Jabbar

ISBN : 978-623-8148-52-3

Desain Sampul dan Tata Letak

Ai Siti Khairunisa

Penerbit

CV. Tohar Media

Anggota IKAPI No. 022/SSL/2019

Redaksi :

JL. Rappocini Raya Lr 11 No 13 Makassar

JL. Hamzah dg. Tompo. Perumahan Nayla Regency Blok D

No.25 Gowa

Telp. 0852-9999-3635/0852-4352-7215

Email : toharmedia@yahoo.com

Website : <https://toharmedia.co.id>

Cetakan Pertama Mei 2023

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanik termasuk memfotocopy, merekam atau dengan menggunakan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari penerbit.

Undang-undang Nomor 19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling lama 7 (Tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak **Rp. 5.000.000.000,00 (Lima Miliar Rupiah)**
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta atau hak terkait sebagaimana dimaksud pada ayat 1, dipidana paling lama **5 (lima tahun)** dan/atau denda paling banyak **Rp. 500.000.000,00 (Lima Ratus Juta Rupiah)**

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan yang maha esa akhirnya buku yang berjudul **“Potensi Budidaya dan Olahan Rumput Laut di Indonesia”** dapat kami selesaikan. Buku ini terdiri dari 6 BAB yang meliputi Potensi Pemanfaatan dan Pengembangan Rumput Laut, Pemilihan Lokasi Budidaya di Laut dan di Tambak, Penanaman dan Pemeliharaan Rumput laut, Manajemen Monitoring Budidaya Rumput laut, Budidaya Rumput laut sistem IMTA, Produk-Produk Olahan Rumput Laut. Penulis berharap buku ini dapat menjadi salah satu bacaan dan sumber rujukan bagi akademisi dan pembudidaya terkait Potensi Budidaya dan Olahan Rumput Laut di Indonesia.

Besar harapan kami kiranya buku ini dapat bermanfaat bagi segenap pembaca. Namun, kami menyadari buku ini tak lepas dari kekurangan. Oleh karena itu, penulis terbuka untuk kritik dan saran demi perbaikan di masa mendatang. Tak lupa pula kami mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan buku ini.

Ternate, Februari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Depan	_i
Halaman Penerbit	_ii
Kata Pengantar	_iii
Daftar Isi	_iv
Bab 1. Potensi dan Pemanfaatan Budidaya Rumput Laut	_1
1.1. Potensi Budidaya Rumput Laut	_1
1.2. Pemanfaatan Rumput Laut	_5
1.3. Tantangan Budidaya Rumput Laut	_9
Bab 2. Pemilihan Lokasi Budidaya di Laut dan di Tambak	_11
2.1. Penilaian Lokasi Budidaya Rumput Laut	_11
2.2. Pemilihan Lokasi Budidaya di Tambak	_13
Bab 3. Penanaman dan Pemeliharaan Rumput Laut	_19
3.1. Penanaman Rumput Laut	_19
3.2. Pengaruh Jarak Tanam pada Tumbuhan	_23
3.3. Pengaruh Kedalaman pada Pertumbuhan Rumput Laut	_24
Bab 4. Manajemen Monitoring Budidaya Rumput Laut	_31
4.1. Teknik Budidaya Rumput	_31
4.2. Penyediaan dan Penyiapan Bibit	_33
4.3. Evaluasi dan Monitoring	_34
Bab 5. Budidaya Rumput Laut Sistem IMTA	_39
5.1. Intergrated Multi Trophic Aquaculture (IMTA) dan Konsep Penerapannya	_39
5.2. Potensi Pengembangan IMTA	_41
5.3. Laut sebagai Komoditas Ekstraktif Anorganik pada IMTA	_53
5.4. Manfaat dan Kelebihan Imta	_56

Bab 6. Produk-produk Olahan Rumput Laut _59

6.1. Pengan/Makanan _61

6.2. Bahan Baku Masker Wajah Alami _69

6.3. Bahan Baku Kosmetik Krim Pencrah Kulit _77

Daftar Pustaka _80

Biografi_ 95

POTENSI BUDIDAYA DAN OLAHAH RUMPUT LAUT DI INDONESIA

Penulis

Waode Munaeni, La Ode Muhammad Junaidin Sirza,
Dudi Lesmana, Henky Irawan, Muhammad Subhan Hamka,
Ikromatun Nafsiyah

Editor

Alexander Burhani Marda
Firmansyah Bin Abd Jabbar

Bab 1

Potensi Dan Pemanfaatan Budidaya Rumput Laut

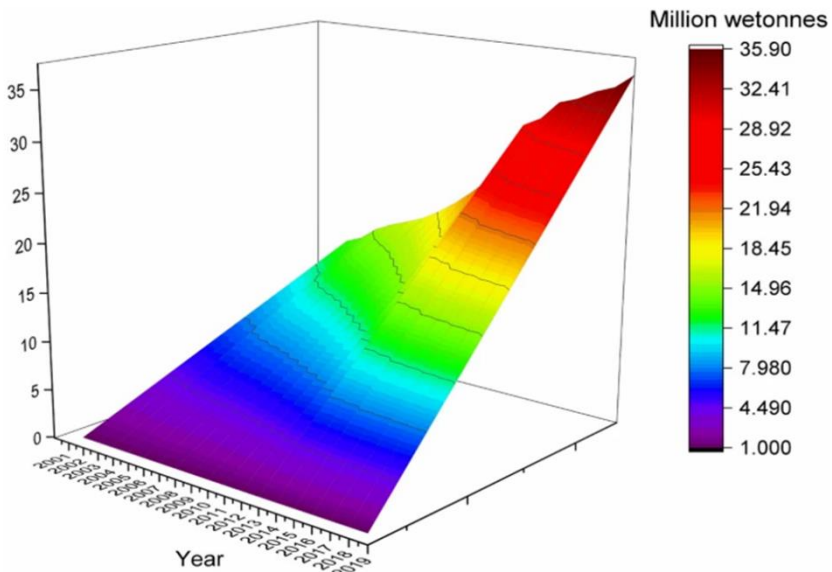
1.1 Potensi Budidaya Rumput Laut

Rumput laut merupakan makro alga yang banyak ditemukan di daerah pasang surut. Rumput laut hijau, coklat dan merah terdistribusi di daerah intertidal, pasang surut dan subtidal. Rumput laut hijau seperti *Ulva*, *Enteromorpha*, *Codium*, *Chaetomorpha* dan *Caulerpa*. Rumput laut coklat seperti *Sargassum*, *Turbinaria*, *Laminaria* dan *Dictyota*. Rumput laut merah antara lain *Gracilaria*, *Euचेuma*, *Gelidiella*, *Ceramium*, dan *Acanthophora*.

Rumput laut telah dibudidayakan oleh banyak negara di Asia, baik di perairan laut maupun payau. Produksi *phycocolloids* dari rumput laut tersebar luas di seluruh dunia. Rumput laut sangat potensial sebagai sumber protein dan senyawa bioaktif yang baik untuk dikonsumsi manusia dan hewan. Rumput laut juga berpotensi menjadi sumber energi masa depan terbarukan. Selain berperan penting untuk ekosistem pesisir, rumput laut juga dapat menjadi sumber pendapatan pilihan yang layak secara bioekonomi untuk masyarakat di daerah-daerah pesisir terutama yang beriklim tropis. Industri rumput laut memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pembangunan berkelanjutan. Teknik budidaya rumput laut relatif sederhana. Rumput laut memiliki daya adaptasi yang tinggi, waktu

pemeliharaan singkat, pertumbuhan cepat, mengurangi eutrofikasi, menyerap karbon, mudah dipanen, serta peralatan budidaya yang murah dan sederhana.

Rumput laut telah menjadi salah satu sumber daya yang paling menjanjikan saat ini. Terlihat dari peningkatan produksi dan permintaan rumput laut di seluruh dunia. Produksi rumput laut telah meningkat secara signifikan dalam 20 tahun terakhir, dan juga memegang peran penting dalam industri perikanan di setiap negara. Berdasarkan data *Food and Agriculture Organization* (FAO, 2021), produksi rumput laut global telah meningkat hampir tiga kali lipat dari 118.000 ton pada tahun 2000 menjadi 358.200 ton pada tahun 2019 (Gambar 1.1).



Gambar 1. 1 Peningkatan produksi rumput laut dari tahun 2001 - 2019

(Sumber : FAO, 2021 dalam Zhang *et al.* 2022)

Sumber produksi rumput laut yang diperoleh berasal dari hasil budidaya dan dari alam. Persentase produksi rumput laut

global terbesar berasal dari Asia (97,38%), kemudian Amerika (1,36%), Eropa (0,80%), Afrika (0,41%) dan Oseania (0,05%). Di Asia, China menempati urutan pertama dengan persentase sebesar 56,82%, sedangkan Indonesia menempati urutan kedua sebesar 27,81%. Negara penghasil rumput laut lainnya seperti Jepang, Filipina, Korea Selatan dan Malaysia (Gambar 1.2).

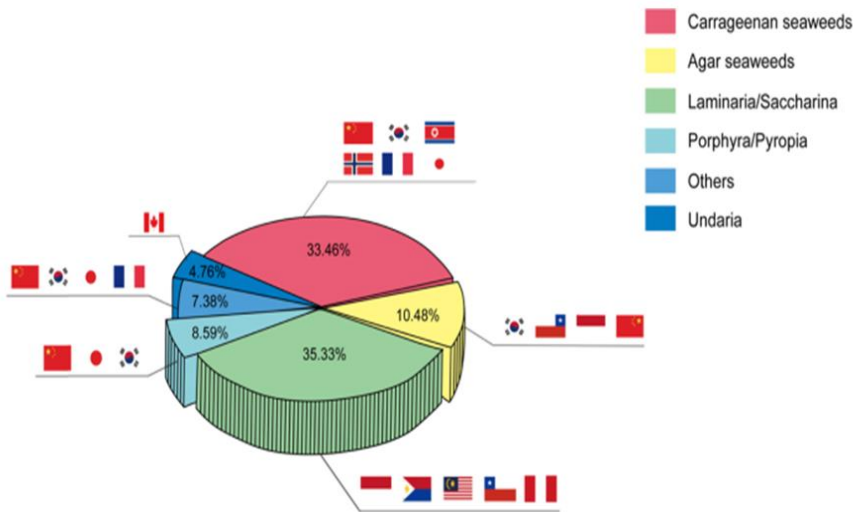


Gambar 1. 2 Sumber produksi rumput laut global pada tahun 2019

(Sumber : FAO, 2021 dalam Zhang *et al.*, 2022)

Secara umum, terdapat lima jenis rumput laut yang menyumbang lebih dari 95% dari produksi budidaya rumput laut dunia pada tahun 2019. *Laminaria* dan *Saccharina* menyumbang 34,65% dari budidaya global untuk konsumsi manusia, terutama sebagai salad, bumbu, dan saus. Karagenan dari alga tropis *Kappaphycus* dan *Eucheuma* menyumbang 32,62% dan paling banyak digunakan untuk ekstraksi karaginan.

Gracilaria, *Porphyra*, dan *Undaria* masing-masing menyumbang 10,32%, 8,33%, dan 7,16%. Di negara-negara Asia dan Afrika Selatan, rumput laut sering digunakan sebagai pakan ikan seperti *Laminaria* dan *Sargassum* di Cina, *Kappaphycus* digunakan sebagai pupuk rumput laut di India, dan dibuat menjadi pakan ternak di sebagian besar negara Eropa (Gambar 1.3).



Gambar 1. 3 Persentase jenis rumput laut global pada tahun 2019

(Sumber : FAO, 2021 dalam Zhang *et al.*, 2022)

Pengembangan jenis rumput laut yang budidayakan disetiap negara berbeda-beda. Di Jepang, produksi rumput laut utama adalah *Laminaria japonica*, kemudian *Gracilaria* spp. dan *Porphyra* spp. Produksi rumput laut di Indonesia di dominasi oleh jenis *Euचेuma* spp. dan *Gracilaria* spp. Korea Selatan memiliki industri budidaya rumput laut yang maju. Beberapa jenis rumput laut yang dikembangkan meliputi: rumput laut cokelat, merah, dan hijau seperti *Laminaria japonica*, kemudian jenis *Porphyra tenera* dan *Undaria pinnatifida*. *L. japonica*

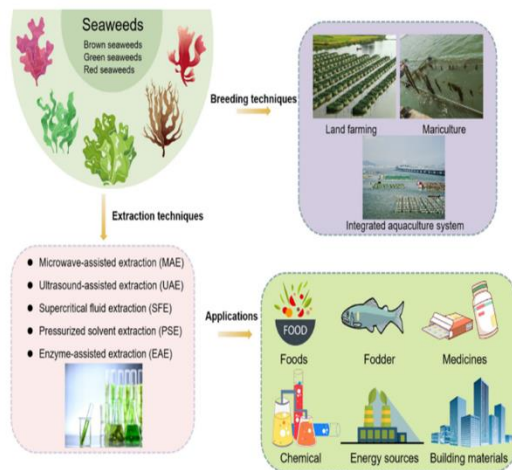
merupakan spesies yang paling banyak dibudidayakan (Zhang *et al.*, 2022).

Jenis rumput laut yang banyak ditemukan dan tersebar di perairan laut Indonesia adalah jenis *Euचेuma*, *Sargasum Gracilaria*, *Tubrinaria*, *Gelidium*, dan *Hypnea*. Beberapa jenis rumput laut yang telah dikembangkan dan diperdagangkan merupakan penghasil karaginofit, agarofit, dan alginofit. Jenis *Euचेuma Cottonii*, *Euचेuma Edule*, *Euचेuma Serra*, *Euचेuma Spiniosium*, dan *Euचेuma spp.* Merupakan rumput laut penghasil karaginofit. Sedangkan rumput laut penghasil agarofit seperti *Gracilaria spp.*, *Gelidium spp.* dan *Gelidiella spp.* Rumput laut penghasil alginofit seperti *Sargassum spp.*, *Ascophyllum spp.*, *Laminaria spp.*, dan *Macrocystis spp.*

1.2 Pemanfaatan Rumput Laut

Rumput laut mengandung berbagai macam senyawa bioaktif serta manfaatnya sebagai sumber nutrisi. Produk olahan rumput laut dapat bernilai tinggi, seperti produk makanan dan pakan, suplemen, *phycocolloids*, pupuk, biostimulan, obat-obatan, kosmetik, *nutraceuticals*, tumbuhan, pigmen dan biomaterial. Rumput laut dapat pula dimanfaatkan sebagai pengganti protein untuk pakan pada akuakultur. Ekstraksi rumput laut seperti karagenan, alginat, dan agar-agar telah banyak digunakan dalam beragam makanan olahan. Selain itu, rumput laut juga merupakan komoditas bernilai rendah sebagai sumber energi, seperti biofuel, biogas, biodiesel, bioalkohol, olefin, dan lilin. Produk primer, ekstraksi dan aplikasi, atau pemanfaatan limbah rumput laut dapat membawa manfaat yang lebih besar dengan terus dikembangkan dan ditingkatkan aplikasinya diberbagai bidang. Perkembangan produksi dan pengolahan budidaya rumput laut, serta teknologi pengolahan dan ekstraksi rumput laut global dalam 20 tahun dapat dilihat pada Gambar 1.4. (Zhang *et al.*, 2022).

Rumput laut telah menjadi sumber zat bioaktif berkelanjutan dan menguntungkan pada industri kimia saat ini untuk memenuhi meningkatnya permintaan kosmetik dan bahan kosmetik. Zat bioaktif dari rumput laut telah banyak digunakan di industri kosmetik. Dibandingkan dengan tumbuhan darat, rumput laut mengandung banyak bahan bioaktif yang unik dan baru seperti senyawa polifenol, halogen, terpenoid, senyawa sterol, asam lemak tak jenuh, dan polisakarida selain vitamin, protein, dan mineral (López-Hortas *et al.*, 2021). Berbagai komposisi alga sebagai pengental, pengikat air, antioksidan, dan penghambat UV, terdapat dalam berbagai produk perawatan wajah dan kulit, seperti masker, krim mata, dan bedak tabir surya yang berfungsi untuk meningkatkan keseimbangan kelembapan, mengurangi kerutan dan memperbaiki warna kulit (Wijesinghe & Jeon, 2012).



Gambar 1. 4 Tinjauan budidaya, ekstraksi, dan aplikasi rumput laut secara global

(Sumber : Zhang *et al.*, 2022)

1.2.1 Rumpun Laut Cokelat

Rumput laut coklat hidup di zona subtidal atas atau zona pasang surut. Jenis rumput laut coklat seperti *Laminaria digitata*, *Dictyota*, *Sargassum*, *Ascophyllum*, *Turbinaria*, *Undaria* dan *Laminaria*. Jenis rumput laut ini mengandung polisakarida, protein, lipid, sterol, polifenol, karotenoid, dan senyawa aktif lainnya. Kandungan bioaktif dari rumput laut coklat memiliki aktivitas sebagai imunostimulan, antiinflamasi, antitumor, hipoglikemik, antitumor, anti obesitas, antioksidan, antibakteri, antikanker, dan lain sebagainya.

Zat bioaktif lainnya dalam lipid dari rumput laut coklat seperti PUFA omega-3, asam arakidonat omega-6 (ARA), dan fucoxanthin (Miyashita *et al* 2013). Bentuk aktif PUFA omega-3 termasuk asam eicosapentaenoic (EPA) dan asam docosahexaenoic (DHA), yang mampu menurunkan risiko penyakit kardiovaskular (Yanai *et al.*, 2018), sedangkan ARA sangat penting untuk sistem kekebalan tubuh (Miyashita & Hosokawa, 2013).

Rumput laut coklat juga memiliki kandungan protein yang kecil berkisar antara 5 - 15% dari berat keringnya. Senyawa peptida diisolasi dari *Undaria pinnatifida* memiliki efek hipotensi pada tekanan darah (Suetsuna *et al.*, 2004). Selain itu, lektin, protein aktif fungsional yang diisolasi dari rumput laut coklat *Hizikia fusiformis*, mampu berperan sebagai antioksidan tinggi (Wu *et al.*, 2016).

1.2.2 Rumpun Laut Merah

Rumput laut merah kebanyakan tumbuh di perairan subtidal, antara lain *Gracilaria*, *Gelidiella*, *Ceramium*, *Eucheuma*, dan *Acanthophora*. Rumput laut merah mengandung polisakarida (karagenan atau agar), protein, asam amino, sterol, karotenoid, bromofenol. Senyawa bioaktif rumput laut merah seperti fenolik flavonoid, terpenoid dan alkaloid. Asam lemak dari jenis rumput

laut ini seperti, asam palmitat, asam arakidonat, asam oleat, asam linoleat, dan asam alfa-linolenat. Kandungan rumput laut ini dapat berperan sebagai antitumor, antiproliferasi, antivirus, antidiabetes, antikanker dan antiinflamasi.

Kandungan protein rumput laut merah berkisar antara 35 - 47%. Nilai ini sebanding atau lebih tinggi dari kacang-kacangan dan juga kedelai (Murata & Nakazoe, 2001). Sebagian besar protein total yang ditemukan dalam rumput laut merah adalah phycobiliprotein. Jenis protein ini yang memberi warna merah khas pada jenis rumput laut merah dan telah banyak digunakan sebagai pewarna alami dalam makanan dan kosmetik (Francavilla *et al.*, 2013). Jumlah protein pada rumput laut merah bervariasi tergantung spesies dan kondisi lain seperti musim, suhu, dan cahaya (Cotas *et al.*, 2020). Selain itu, rumput laut merah mengandung banyak glisin, arginin, alanin, dan asam glutamat, termasuk asam amino mirip mikosporin, yang telah terbukti memberikan perlindungan UV dan bersifat sebagai antioksidan (Sun *et al.*, 2015).

1.2.3 Rumput Laut Hijau

Rumput laut hijau lebih umum ditemukan di zona intertidal. Beberapa jenis rumput laut hijau seperti *Ulva*, *Enteromorpha*, *Codium*, *Chaetomorpha* dan *Caulerpa*. *Enteromorpha* dan *Ulva* memiliki kandungan polisakarida. Polisakarida dari rumput laut *Ulva* dapat mencapai 65% berat kering. Polisakarida rumput laut hijau adalah sejenis polisakarida asam (seperti polisakarida sulfat, galaktan sulfat, dan xilan) yang terletak di dinding sel rumput laut hijau. Kandungan jenis rumput laut ini dapat berfungsi sebagai transduksi sinyal sel, anti-hiperurisemia, anti-oksidasi, anti-koagulasi, anti-virus, dan regulasi glukosa darah (Zhang *et al.*, 2022).

Rumput laut hijau mengandung 5% lemak dan sangat sedikit kolesterol (kebanyakan dalam bentuk sitosterol). Lemak dalam rumput laut hijau sebagian besar adalah asam lemak tak jenuh, seperti EPA dan DHA yang merupakan asam lemak tak jenuh penting dalam lipid laut, terutama diproduksi oleh spesies *Eustigmatophyte*. Senyawa ini memiliki efek terapeutik potensial pada penyakit kardiovaskular, penyakit Alzheimer, hipertensi, penyakit arteri koroner, artritis, dan kanker (Van Ginneken *et al.*, 2011).

1.3 Tantangan Budidaya Rumput Laut

Tantangan yang pada budidaya rumput laut adalah adanya serangan hama dan penyakit. Prevalensi penyakit dan juga hama sangat mempengaruhi produksi akuakultur. Prevalensi penyakit dapat dipegaruhi oleh kualitas perairan dan musim. Misalnya, perubahan suhu air laut dapat menyebabkan pemutihan thallus atau dikenal dengan penyakit ice-ice (Gambar 1.5).



Gambar 1. 5 Rumput laut yang terserang penyakit ice-ice (ditandai pada tanda panah)

(Sumber : KKP, 2021)

Perubahan lingkungan menyebabkan rumput laut yang dibudidayakan lebih rentan terhadap infeksi patogen terutama

oleh infeksi bakteri. Faktor lainnya juga dapat disebabkan oleh kurangnya nutrisi di perairan lokasi budidaya seperti unsur nitrogen (N), fosfor (F) dan juga kalium (K). Upaya yang dapat dilakukan dengan memperkaya nutrisi melalui aplikasi pemberian pupuk organik.

Hama epifit yang menempel pada talus rumput laut terlihat seperti “bulu”, dapat menjadi penyebab lambatnya pertumbuhan rumput laut (Gambar 1.6a). Jenis epifit ini dapat mengambil nutrisi dari rumput laut. Hama lainnya adalah *Membranipora* spp. atau dikenal dengan “kerak bryozoan”



(Gambar 1.6b) dan ikan baronang.

Gambar 1. 6 Rumput laut yang terserang hama epifit (a) dan hama *Membranipora* spp. (b)

(Sumber : KKP,
2021)

Bab 2

Pemilihan Lokasi Budidaya di Laut dan di Tambak

2.1. Pemilihan Lokasi Budidaya di Laut

Aspek bioteknis budidaya, yang meliputi faktor kualitas air dan daya tampung, dan aspek nonteknis, seperti aksesibilitas dan dukungan sosial-ekonomi bagi masyarakat, tidak dapat dipisahkan ketika memutuskan di mana akan membangun budidaya laut. Lokasi yang tepat akan meningkatkan kesinambungan perusahaan dan membantu mencapai tujuan produksi. Faktor teknis merupakan prasyarat yang harus dipenuhi dalam kegiatan budidaya yang meliputi proses pemilihan lokasi budidaya (Murjani, 2003).

Aksesibilitas transportasi dan hal-hal lain yang terkait langsung dengan proses operasi pertanian angin, gelombang, kedalaman, dan substrat dasar merupakan elemen kualitas air yang harus diperhitungkan, namun kriteria yang diprioritaskan saat memilih lokasi budidaya di perairan laut adalah :

- a. **Kecerahan** : Mengingat konsentrasi partikel terlarut seringkali rendah, saluran air yang jernih secara visual menyiratkan kualitas air yang tinggi. Perairan dengan kecerahan tinggi mengandung lebih sedikit bahan organik, seperti NO_2 , H_2S , dan NH_3 , daripada perairan dengan kecerahan rendah. Mekarnya plankton dan partikel-partikel tersuspensi di dasar

air, keduanya memperlambat masuknya sinar matahari ke dalam air, adalah dua penyebab utama kekeruhan dalam air.

- b. Salinitas** : Tingkat salinitas di perairan terumbu karang biasanya berkisar antara 30 hingga 35 ppt. Karena salinitas cenderung berfluktuasi di daerah muara, lokasi budidaya tidak boleh dekat dengan muara sungai. Salinitas yang tidak sesuai untuk budidaya dapat membahayakan biota yang dibudidayakan, menghambat pertumbuhannya, dan mempersulit penyerapan nutrisi (Tiskiantoro, 2006).
- c. pH Air Laut** : Jumlah keasaman, yang didefinisikan sebagai konsentrasi ion hidrogen (mol/L) pada suhu tertentu, atau $\text{pH} = -\log (\text{H}^+)$, mencerminkan aktivitas ion hidrogen dalam larutan. Buffer, yang dibuat ketika karbon dioksida, asam karbonat, karbonat, dan bikarbonat seimbang, menjaga pH air laut pada tingkat yang relatif konstan. Laju fotosintesis, limbah industri, dan sampah rumah biasanya merupakan faktor yang mempengaruhi tingkat pH. pH biasanya naik pada siang hari dan turun pada malam hari karena fitoplankton dan vegetasi air lainnya mengambil karbon dioksida dari air selama proses fotosintesis.
- d. Suhu air** : Berbeda dengan daerah subtropis atau tempat dengan empat musim, sebagian besar iklim tropis dicirikan oleh kisaran suhu yang relatif sempit dan stabil. Variasi suhu harian selama fase pembesaran harus diperhitungkan dalam prosedur budidaya laut. Salah satu faktor oseanografi utama yang digunakan untuk menilai keadaan perairan yang terlihat saat menentukan lokasi budidaya adalah suhu.
- e. Amoniak** : Salah satu produk sampingan dari penguraian bahan organik adalah amonia (NH_3), yang ditemukan dalam air. Ada dua jenis amonia: amonia terionisasi dan amonia tidak terionisasi (NH_3) (NH_4). Amonia yang tidak terionisasi beracun, sedangkan amonia yang telah terionisasi tidak. Menurut Boyd (1982), tingkat keparahan keracunan NH_3

bervariasi tergantung pada spesiesnya, meskipun dapat merugikan organisme pada konsentrasi serendah 0,5 mg/L. Antara 0,25 hingga 0,45 mg/L amonia dalam air dianggap optimal.

- f. **Oksigen Terlarut** : Untuk ikan budidaya, konsentrasi dan aksesibilitas oksigen terlarut merupakan variabel pembatas. Ikan dan spesies air lainnya bergantung pada oksigen terlarut untuk kelangsungan hidup mereka. Pertumbuhan, konversi pakan, dan daya dukung air semuanya dapat dipengaruhi oleh kandungan oksigen dalam air. Selain itu, semua spesies akuatik membutuhkan oksigen terlarut dalam air untuk respirasi agar dapat melakukan metabolisme fisiologis. Ikan dapat bertahan hidup pada konsentrasi oksigen 5-8 ppm (BBL Lampung, 2001).
- g. **Bahan Organik** : Berbagai bentuk karbon dan hidrogen yang berinteraksi secara kimiawi dengan unsur lain dan membentuk ikatan dengan atom karbon membentuk bahan organik. Biasanya sisa-sisa organisme mati atau tanah yang terbawa sungai merupakan sumber bahan organik dalam air. Bahan organik dapat merusak sistem pernapasan organisme yang dipelihara, yang merupakan akibat langsungnya.
- h. **Sumber Polutan** : Dua kategori utama sumber pencemar di lingkungan perairan adalah sumber pencemar tetap dan sumber pencemar tersebar. Meskipun pencemar yang didistribusikan berasal dari rumah, peternakan, tempat pembuangan sampah, dan limpasan dari daerah pertanian, sumber pencemar aslinya masih industri. Selain itu, pakan ikan bisa menjadi penyebab pencemaran; jika jumlahnya berlebihan akan tenggelam ke dasar perairan dan secara signifikan mengubah ekologi perairan (Prihadi *et al.*, 2008). Disarankan untuk memilih lokasi kegiatan budidaya yang jauh dari sumber pencemaran.

2.2. Pemilihan Lokasi Budidaya di Tambak

Pangan merupakan kebutuhan dasar manusia, menurut Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2012, yang menekankan kepuasannya pada tingkat individu dengan memanfaatkan sumber daya alam, manusia, sosial, ekonomi, dan kearifan lokal untuk mencapai ketahanan dan kemandirian pangan.

Sungai, danau, waduk, sawah, saluran irigasi, mata air, dan air tanah merupakan contoh potensi sumberdaya air tawar yang dapat dimanfaatkan untuk kegiatan yang berkaitan dengan penyediaan pakan ternak. Inisiatif pengembangan budidaya tambak harus dilakukan untuk mencapai ketahanan pangan, kesehatan, pengurangan pengangguran, peningkatan kesejahteraan dan pengembangan wilayah.

Persiapan untuk kegiatan budidaya tambak, berikut faktor-faktor yang harus diperhitungkan:

1. Mempersiapkan lokasi dengan cara memilih tempat yang ideal untuk membuat kolam dan bebas dari banjir. Lokasi strategis mengacu pada kedekatan tambak dengan sumber air dengan kuantitas dan kualitas air yang cukup.
2. Desain tambak yang menerapkan *biosecurity*, misalnya: tambak budidaya udang vaname dan rumput laut harus terdiri dari banyak plot, masing-masing memiliki tujuan yang berbeda. Pembuatan kolam harus mencakup:
 - a. Tata letak *biofilter reservoir*. Petak ini berfungsi sebagai tempat penyimpanan air bersih yang akan digunakan untuk petak pembesaran udang dan rumput laut di masa mendatang.
 - b. Petak Sterilisasi Kompartemen ini berfungsi sebagai tempat sterilisasi yaitu pemusnahan kuman dan penyakit sebelum dilakukan penambahan atau penggantian air pada petak-petak pemeliharaan.

- c. Petak ekspansi udang dan rumput laut. Lahan ini digunakan untuk pembesaran udang. Plot ini harus memiliki *inlet* dan *intake* untuk air (*outlet*). Plot ini harus memiliki guludan kedap air dan tertutup dalam kompartemen *biofilter*. Plot pembesaran memiliki kedalaman air minimal 80 cm.
 - d. Selokan umum, air harus diolah terlebih dahulu dengan *biofilter* sebelum dialirkan ke bawah. Hal ini dilakukan agar bahan organik tidak mencemari lingkungan.
3. Persiapan Kolam. Tindakan berikut diperlukan untuk persiapan kolam:
- a. Tanggul utama yang berfungsi sebagai dinding luar kolam. Luas satu kolam dalam hubungannya dengan yang lain ditentukan oleh pematang utama. Pengeringan, pengendapan, dan pengangkatan adalah langkah-langkah untuk menghindari tambak terkena dampak banjir atau luapan air pasang, ketinggian tanggul utama harus disesuaikan dengan keadaan tanah.
 - b. Tempatkan pematang di antara plot kolam; mereka juga harus diisi dengan *bund* yang cukup. Agar petak dapat menampung air hingga 80 cm, ketinggian guludan diubah.
 - c. Membangun penghalang *biosecurity* di sekitar pematang tengah. Tujuannya adalah untuk menjauhkan hewan dari tambak untuk menghindari penyebaran penyakit dan hama yang akan menghambat budidaya udang. *Mesh* atau plastik dapat digunakan untuk pagar *biosecurity*. Pagar ini memiliki tinggi sekitar 30 cm dan dipasang secara vertikal.
 - d. Pengeringan kolam untuk meningkatkan kualitas tanah, semua petak kolam harus dikeringkan sebelum digunakan. Tambak rumput laut dan udang vaname

- cocok digunakan jika tanahnya kering. Jika dasar kolam masih lembab, mungkin perlu dilakukan pengapuran hingga 200 g/m². Selain itu, periksa pH tanah. Pengapuran 1-2 ton/ha harus diterapkan jika pH tanah kurang dari 6.
- e. Meletakkan jerami dan plastik di atas kolam ketika tanah benar-benar siap digunakan, pelapisan diterapkan. Plastik mulsa harus diletakkan kering dan harus benar-benar menutupi permukaan tanah dasar tambak untuk mengurangi penyerapan oksigen oleh dasar tambak. Selain itu, ini membantu mencegah pertumbuhan alga dan kekeruhan di dalam air.
4. Persiapan air setiap petak tambak adalah hal penting dan dilakukan sesuai dengan fungsinya. Air tambak budidaya disiapkan dengan cara sebagai berikut:
- a. Selama air pasang, pompa atau gravitasi pasang surut digunakan untuk mengisi plot biofilter dengan air. Setelah itu, hilangkan hama dan kendalikan makro alga.
 - b. Air dari reservoir/kompartemen biofilter digunakan untuk mengisi suplai air plot sterilisasi. Kaporit digunakan untuk sterilisasi dengan dosis 30 ppm dengan persentase komponen aktif 60–65%. Setelah sekitar dua hari, air di tempat-tempat ini sering kali menjadi netral. Air tersebut dapat dimanfaatkan untuk mengganti atau menambah air pada petak pembesaran jika sudah netral.
 - c. Klorin dengan kadar 30 ppm, yang mengandung bahan aktif klorin sebesar 60% hingga 65%, harus digunakan untuk mensterilkan air di petak-petak pemeliharaan rumput laut dan udang. Anda juga dapat menggunakan *Trichloroisocyanuric Acid* (TCCA) yang mengandung 90% klorin dengan kadar 15 ppm. Pada petak pembesaran, ketinggian air minimal 80 cm. Biarkan selama 1-2 hari setelah menerima klorin agar komponen aktif dapat

dinetralkan. Pertumbuhan plankton kemudian berlanjut yang penting untuk perkembangan udang.

5. Pemilihan benih bibit rumput laut dan udang vaname harus sudah bersertifikat atau memiliki sertifikat kesehatan agar dapat dibudidayakan. Untuk udang harus bebas pada penyakit Virus WSSV, TSV, IMNV, dan IHHNV (dibuktikan dengan uji laboratorium). Benihnya berukuran sama dan panjangnya minimal 0,8 cm. Sesuaikan benih dengan salinitas air kolam. Mengangkut benih dengan transportasi yang andal dan memadai.
6. Tambak sebaiknya tidak langsung ditabur benih. Mulailah dengan melakukan aklimatisasi benih dengan cara membiarkan kantong benih mengapung di air atau mengisinya dengan air secara bertahap. Tambak diberi pakan artemia sebelum ditebar. Setelah itu, bila cuaca tidak terlalu panas, benih disebar pada pagi atau sore hari. Kepadatan tebar standar adalah 70 ekor per meter persegi.
7. Tambak yang digunakan untuk budidaya rumput laut dan udang vaname dikelola melalui:
 - a. Menjaga bakteri probiotik air dan populasi plankton seimbang. Hingga air berubah menjadi hijau kecokelatan, pemupukan nitrogen dapat digunakan untuk memelihara plankton.
 - b. Pastikan untuk menggunakan probiotik terdaftar saat menambahkannya ke dalam makanan. Bakteri probiotik sering mencapai fase pertumbuhan puncaknya 7 hari setelah pengolahan air. Kemudian lakukan proses tersebut, sesuai petunjuk pada label wadah probiotik, 1-2 kali per minggu.
 - c. Menjaga kualitas air seperti, suhu, pH, kandungan oksigen, kejernihan air, jumlah plankton dan bakteri, serta keadaan lumpur di dasar tambak semuanya berkontribusi

terhadap kualitas air budidaya. Untuk mencegah masalah budidaya udang, semuanya harus diperhatikan secara teratur.

8. Pemberian pakan. Pakan untuk udang vaname adalah pakan buatan atau pelet. Setelah itu, ambil sampel udang pada pagi atau sore hari untuk mengontrol pertumbuhannya setiap 7 hingga 10 hari sekali.
9. Udang vaname dapat dipanen setelah mencapai ukuran yang sesuai tergantung kebutuhan pasar begitu pula dengan rumput laut. Siapkan alat panen seperti jaring dan wadah khusus untuk menampung rumput laut dan udang. Untuk mencegah udang berganti kulit, perawatan tambahan harus dilakukan sebelum panen. Menaikkan pH air menjadi 9 dua hari sebelum panen dan menguras air dengan cepat di pagi hari. Saat dipanen, rumput laut dan udang dikumpulkan dengan hati-hati dan ditempatkan di tangki penampungan.

Pilihan kegiatan produksi dapat mempertimbangkan sejumlah variabel, termasuk komoditas, keahlian teknologi, aksesibilitas lahan, modal, dan sejumlah elemen lainnya. Dengan meningkatkan dan memadukan teknologi dengan aspek produksi di *hatcheri*, manajemen induk, perawatan benih, perluasan, dan transportasi, upaya dilakukan untuk meningkatkan kapasitas output.

Bab 3

Penanaman dan Pemeliharaan Rumput Laut

3.1. Penanaman Rumput Laut

3.1.1. Metode Dasar

Cara penanaman dilakukan dengan cara memotong talus induk keukuran berat bibit 100 gram kalau di ikat pada batu lalu di letakkan pada dasar perairan yang telah ditentukan, biasanya di daerah pasang surut yang dangkal,

Keuntungan yang dicapai adalah:

- Penanaman mudah dan sedikit waktu.
- Biaya persiapan bahan sangat rendah.
- Biaya operasional yang rendah.
- Cocok untuk air sadah (berbatu atau karang mati).

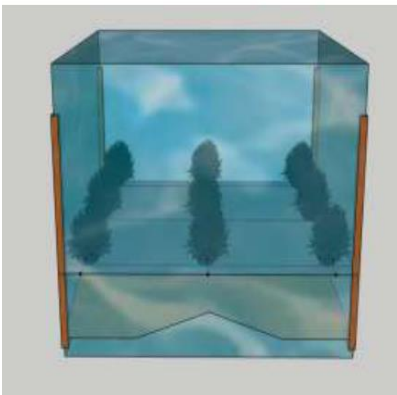
Kerugiannya adalah:

- Arus dan gelombang laut dapat menyebabkan bibit terlepas.
- Ikan dan predator seperti bulu babi bisa memakan rumput laut.
- Kurang cocok di perairan berpasir.
- Produksi yang dihasilkan sangat rendah.

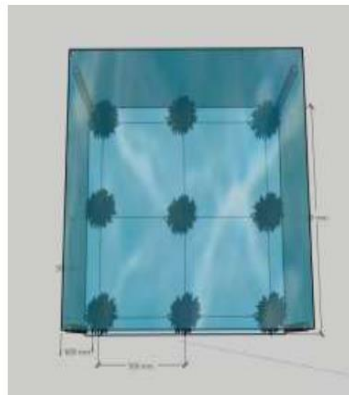
3.1.2. Metode Lepas Dasar

Cara ini adalah penyempurnaan dari cara pada metode dasar, setiap ajir dihubungkan dengan ajir lainnya dengan tali yang untuk mengikat bibit, dengan jarak antar bibit 25 cm. Penanaman dapat juga dilakukan dengan cara menggunakan jaring yang berukuran $2,5 \times 5 \text{ m}^2$ yang dibentangkan di atas tiang lalu diikat dengan rumput laut.

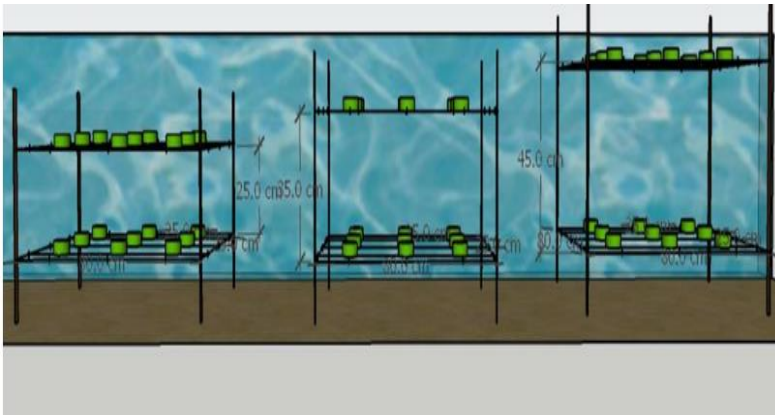
Tampak Samping



Tampak Atas



Gambar 3. 1 Skematik metode lepas dasar



Tampak Samping

Gambar 3.2 Skematik metode lepas dasar bertingkat dua



Gambar 3. 3 Metode lepas dasar bertingkat dua

3.1.3. Metode Rakit Apung

Rakit dapat berupa rangkaian pipa PVC atau secara tradisional menggunakan rangkaian bambu sepanjang 2,5 m dan lebar 2,5 m, dengan berdiameter 8-10 cm. Untuk rangka rakit membutuhkan 4 buah pipa PVC atau bambu sepanjang 3 m yang membentuk rangka segi panjang dan 4 batang kayu berdiameter 3 cm sepanjang 50 cm sebagai tonggak di keempat sudut rakit. Dalam metode ini tali sepanjang 2,5 m diikatkan pada kedua sisi rakit dan jarak antar bibit dalam setiap tali adalah 25 cm.



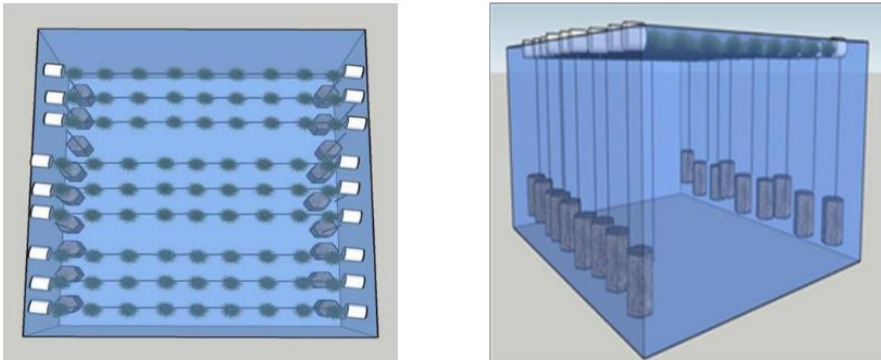
Gambar 3.4 Pipa PVC sebagai rangka apung pada metode rakit apung



Gambar 3.5 Bambu sebagai rangka apung pada metode rakit apung

3.1.4. Metode *Longline*

Bibit rumput laut di ikat pada tali sepanjang 25 m dan menggunakan 2 tonggak kayu yang tertancap kedaras perairan, lalu pada tali itu di ikatkan pelampung dari botol plastik kosong dengan volume 500 ml, jarak antar bibit yang di ikat pada tali adalah 25 cm. Sebagai pelampung pada tali sepanjang 25 m digunakan 10 botol plastik kosong.



Tampak Atas Tampak Samping

Gambar 3. 6 Skematik metode longline



Gambar 3. 7. Metode long line

3.2. Pengaruh Jarak Tanam pada Pertumbuhan

Produksi rumput laut dapat berhasil dicapai dengan memilih lokasi yang mendukung pertumbuhan bibit rumput laut. Beberapa faktor pendukung tersebut yaitu menentukan lokasi tanam yang tepat, menggunakan bibit yang berkualitas, menerapkan cara budidaya yang sesuai. Jarak tanam yang tepat saat menanam bibit menjadi sangat penting dalam produksi, karena jarak ini relatif terhadap satuan luas lokasi. Jarak yang digunakan tidak hanya mempengaruhi kelancaran transportasi air, tetapi juga dapat mencegah akumulasi penempelan pada talus, yang menghambat fotosintesis yang sangat penting untuk proses pertumbuhan bibit dan dapat mencegah perubahan yang besar pada salinitas dan suhu air. (Abdan & Ruslaini, 2013) menambahkan bahwa persaingan antar bibit untuk mendapatkan sinar matahari, unsur hara dan ruang tumbuh sangat mempengaruhi pertumbuhan bibit.

3.3. Pengaruh Kedalaman pada Pertumbuhan Rumput Laut

Posisi kedalaman penanaman bibit yang tepat sangat penting, karena kedalaman dapat mempengaruhi pertumbuhan bibit. Menanam bibit terlalu dangkal membuat alga terkena sinar matahari langsung, dan menanam terlalu dalam akan mempersulit pemeliharaan. Kedalaman penanaman berkaitan dengan banyaknya sinar matahari yang berperan sangat penting dalam proses fotosintesis (Fikri *et al*, 2018).

Menurut Farnani *et al* (2011), posisi kedalaman bibit yang optimal bagi pertumbuhan *Eucheuma spinosum* adalah sedalam 45 cm. Semakin dalam perairan, semakin kecil gelombang yang mempengaruhi pertumbuhan *Eucheuma spinosum*. Gelombang dan arus berperan penting dalam pertumbuhan *Eucheuma spinosum* karena arus laut membawa nutrisi yang memberi makan bibit. Semakin banyak air bergerak, semakin banyak difusi oksigen yang dapat digunakan untuk respirasi tanaman. Selain itu arus juga berpengaruh terhadap homogenisasi massa air, sehingga perubahan suhu, salinitas, pH dan kekeruhan yang besar tidak terjadi di lokasi tersebut.

Peningkatan kedalaman menyebabkan penurunan bobot *Sargassum sp.* produktivitas ekosistem perairan ditentukan oleh sinar matahari, yang merupakan sumber energi terpenting. Intensitas cahaya sangat mempengaruhi pertumbuhan bibit, sehingga perlu diperhatikan kedalaman air yang berkorelasi dengan intensitas cahaya (Muslimin & Sari, 2018). Fotosintesis mengacu pada intensitas cahaya, dimana intensitas sinar matahari akan berkurang dengan kedalaman lapisan air. (Liang *et al*, 2013), kedalaman air yang berkaitan erat dengan semakin berkurangnya cahaya yang masuk pada kedalaman tersebut, sehingga bibit harus di budidayakan pada kedalaman yang sesuai untuk mendukung pertumbuhannya.

3.3.1. Pemilihan Lokasi

Dalam memilih lokasi budidaya *Kappaphycus alvarezii* harus mempertimbangkan lokasinya di pesisir pantai dan bukan di jalur pelayaran, bkan pada perairan yang tercemar oleh limbah industri, limbah domestik, dan sampah lainnya. Akibat keberadaan bahan pencemar tersebut, kualitas air laut dapat menurun dan pada akhirnya tidak sesuai untuk daya dukung perkembangan bibit (Utojo *et al.*, 2007).

3.3.2. Persiapan Bibit

Bibit dapat diperoleh dari pemasok bibit di daerah setempat, bibit yang dipilih adalah bibit yang segar, muda, bersih serta bebas dari hama lainnya. Bibit *Kappaphycus alvarezii* yang akan digunakan untuk budidaya haruslah dibersihkan dari kotoran yang menempel serta di aklimatisasi agar beradaptasi dengan lingkungan perairan budidaya. Bibit ditimbang dengan berat awal umumnya 100 gram/ikat, tetapi dapat juga di variasikan antara 50 gram hingga 150 gram perikat, tergantung dari ketersediaan bibit dan target panen, di mana semakin besar bobot awal bibit maka semakin cepat juga bibit mencapai ukuran bobot panen, Jarak tanam secara horizontal maupun vertikal atau bertingkat dapat diberi jarak 25 cm antara ikatan bibit. Penanaman dilakukan pada pagi hari pada cuaca yang teduh.



Gambar 3. 8. Proses aklimatisasi



Gambar 3.9. Penimbangan bibit

3.3.3 Kualitas Air

Kualitas air lokasi untuk budidaya rumput laut haruslah memiliki parameter yang mendukung untuk kehidupan rumput laut *K. alvarezii*, dimana parameter ini dapat mengacu pada Standar Nasional Indonesia pada tabel 1. Produksi rumput laut kotoni *E. cottonii* yang di perbaharui nama spesiesnya menjadi *K. alvarezii* berdasarkan identifikasi fraksi karaginan yang

dihasilkan oleh *Eucheuma cottonii* adalah jenis kappa karaginan, maka dari taksonomi di ubah namanya *K. alvarezii*. Nama “alvarezii” yang dicantumkan pada *K. alvarezii* diambil dari nama Vicente Alvarez yang terkemuka dalam metode budidaya rumput laut jenis *Eucheuma cottonii*.

Tabel 3.1. Parameter Standar Kualitas Air untuk Budidaya Rumput Laut

No	Parameter	Standar
1	Salinitas	Dalam rentang antara 28 ppt hingga 34 ppt
2	Suhu	Dalam rentang antara 26 °C hingga 32 °C
3	pH	Dalam rentang antara 7,0 hingga 8,5

Sumber: (Standar Nasional Indonesia, 2010)

3.3.4. Pemeliharaan Rumput Laut

Kegiatan pemeliharaan bibit *Kappaphycus alvarezii* dapat dilakukan dalam rentang waktu 1 hingga 2 bulan tergantung pada:

- Kesuburan perairan,
- Kekesuaian kualitas air lokasi budidaya,
- Bobot awal bibit yang digunakan
- Metode budidaya yang digunakan

Pemeliharaan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* tergolong sangat mudah di mana hanya diperlukan monitoring berkala saja untuk melihat keberadaan hama dan memeriksa kerusakan pada tali, dan membersihkan sampah yang menempel, sedangkan nutrisi, sinar matahari serta kualitas air yang bagus sudah

tersedia secara alami sehingga sangat penting di awal budidaya sudah memilih lokasi yang sesuai.

Budidaya rumput laut varietas warna hijau dan warna coklat *Kappaphycus alvarezii* yang menggunakan metode budidaya yang berbeda (Ikhsan *et al.*, 2022) diketahui bahwa:

- Metode rakit apung merupakan metode untuk pertumbuhan bibit varietas warna hijau dan warna coklat.
- Varietas warna hijau tampil baik di semua aspek pertumbuhan dan bobot dibandingkan dengan varietas warna coklat.

Budidaya rumput laut *Kappaphycus alvarezii* menggunakan metode lepas dasar (Frenando *et al.*, 2021), (Fernando *et al.*, 2021), (Yusuf *et al.*, 2021), (Novandi *et al.*, 2022) dan (Ikhsan *et al.*, 2022) diketahui bahwa:

- Jarak tingkatan 25 cm merupakan jarak yang optimal untuk pemeliharaan bibit rumput *Kappaphycus alvarezii* metode lepas dasar bertingkat.
- Bobot bibit awal yang berbeda memberikan hasil berpengaruh nyata $p < 0,05$. Bobot bibit 50 gram merupakan bobot terbaik untuk pertumbuhan bibit *Kappaphycus alvarezii* dengan metode lepas dasar.
- Jarak tanam bibit radius 25 cm adalah jarak tanam yang optimal pada metode lepas dasar, hasil yang didapatkan pada laju pertumbuhan bibit *Kappaphycus alvarezii* adalah $6.36 \pm 0.006\%/hari$, bobot mutlak bibit *Kappaphycus alvarezii* adalah 267.83 ± 0.25 gram.

Budidaya rumput laut *Kappaphycus alvarezii* menggunakan metode rakit apung (Khaidir *et al*, 2021) dan (Ikhlas, *et al.*, 2022) diketahui bahwa:

- Bobot bibit awal yang berbeda memberikan hasil berpengaruh nyata ($P < 0,05$). Bobot bibit 150 gram merupakan perlakuan terbaik untuk pertumbuhan bibit *Kappaphycus alvarezii* dengan metode rakit apung.

Budidaya rumput laut *Kappaphycus alvarezii* menggunakan metode long line (Andiska *et al*, 2021), (Fernando *et al*, 2021) dan (Ramadhan *et al*, 2022) diketahui bahwa:

- Jarak tanam bibit yang optimal adalah 25 cm, hasil yang didapatkan pada laju pertumbuhan spesifik bibit *K. alvarezii* adalah $6,74 \pm 0,01\%$ / hari hingga $6,90 \pm 0,01\%$ / hari, bobot mutlak bibit *K. alvarezii* adalah $282,48 \pm 0,3$ gram hingga $283,24 \pm 0,44$ gram dan pertumbuhan mutlak bibit *K. alvarezii* adalah $182,84 \pm 0,31$ gram hingga $183,24 \pm 0,44$ gram.
- Pada metode *longline*, kedalaman memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap pertumbuhan mutlak serta laju pertumbuhan spesifik bibit *K. alvarezii*.

Bab 4

Manajemen Monitoring Budidaya Rumput Laut

Rumput laut adalah biota yang sering digunakan sebagai tanaman obat yang populer di negara-negara Asia. Rumput laut dianggap sebagai pangan fungsional karena mengandung lipid, mineral, dan vitamin serta beberapa zat bioaktif yang dapat mencegah kanker, stres oksidatif, dan penyakit lainnya (Namvar *et al.*, 2013). Nilai ekspor rumput laut meningkat sebesar 26,69% dari tahun 2016 ke tahun 2017. Data Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap (DPT) tahun 2018, produksi rumput laut nasional meningkat sebesar 6,02% setiap tahunnya dari tahun 2012 sampai 2017 (KKP 2018).

Di perairan Indonesia, terumbu karang merupakan sumber daya yang melimpah yang mendukung pertumbuhan rumput laut coklat (Diachanty *et al.* 2017). Metabolit pada rumput laut coklat antara lain laminarin, karotenoid, alginat, manitol, fukoidan, dan florotanin, memiliki sifat antikanker, kemopreventif dan antioksidan yang dapat dimanfaatkan untuk mengatasi hipertensi.

4.1 Teknik Budidaya Rumput Laut

Berikut ini adalah contoh teknik budidaya rumput laut yang terkenal (Parenrengi *et al.* 2008):

4.1 .1 Metode *Off Bottom* (Lepas Dasar)

Teknik ini aman dari ombak yang kuat karena dilakukan di dasar pantai yang berlumpur atau berpasir. Patok/pancang akan mudah dipasang dengan metode ini. Biasanya, karang penghalang mengelilingi daerah tersebut. Kedalaman air yang disyaratkan pada metode ini adalah ± 50 cm pada saat pasang terendah dan 3 m pada saat pasang tertinggi. Karena lokasi yang digunakan agak terbatas, teknologi ini belum banyak dikembangkan.

4.1.2 Metode Rakit Apung

Metode rakit apung melibatkan penanaman dengan mengikatnya pada tali yang diikatkan pada rakit bambu apung, mirip dengan pendekatan *off-bottom*. Satu unit rakit apung berukuran 2,5 x 5 m dapat disatukan dengan unit tambahan untuk membentuk unit yang lebih besar. Satu seri dapat memiliki maksimal lima unit. Untuk mencegah agar rakit tidak terbawa gelombang maupun arus, maka setiap ujung kerangka tersebut dihubungkan dengan tali yang ujungnya dibebani atau ditambatkan. Rakit apung harus diatur dengan mempertimbangkan arus. Posisi tanaman disyaratkan berada kira-kira 30–50 cm di bawah permukaan laut; jarak dan bobot pertama tanaman tidak jauh beda dengan metode pendekatan lepas dasar.

4.1.3 Metode *Longline* (Tali Panjang)

Alasan mengapa teknik ini disebut *longline* adalah karena menggunakan tali yang panjang dan diregangkan. Pembudidaya sangat tertarik dengan teknologi permukaan ini, karena selain lebih fleksibel secara geografis, alat dan

bahannya juga lebih kuat, harga terjangkau, dan pengadaannya mudah. Dengan jarak 25 cm dan panjang 50–75 m yang dibentangkan ke tali inti, benih yang telah diikat dengan tali rafia atau tali ris dan tali polietilen kecil saling mengikat. Pemanfaatan pelampung digunakan untuk mengapungkan rumput laut. Untuk mencegah benturan antar tali yang disebabkan oleh gelombang atau arus yang kuat, dimungkinkan untuk diikatkan banyak tali dalam satu bentangan tali utama dengan jarak antar tali 1 meter.

4.1.4 Metode Jalur

Metode Jalur menggabungkan metode tali panjang dan metode rakit. Rakit (bambu) ditumpuk secara paralel untuk membentuk kerangka teknik ini. Sebuah persegi panjang berukuran 5x7 m² dibentuk di mana ujung setiap bambu dengan diikat tali utama berdiameter 6 mm; satu unit memiliki tujuh sampai dengan sepuluh petak. Setiap unit diikat di kedua ujungnya. Langkah pertama dalam penanaman adalah menempelkan benih rumput laut pada tali menggunakan tali polietilen berdiameter 0,2 cm sebagai pengikat benih berjarak ±25 cm.

4.2. Penyediaan dan Penyiapan Bibit

Tahapan selanjutnya adalah penyediaan dan penyiapan bibit rumput laut setelah memilih lokasi dan penentuan metode. Anggadiredja *et al.* (2006) menyebutkan syarat dan kualitas bibit rumput laut yang berkualitas adalah sebagai berikut: a) bibit terasa elastis saat disentuh; b) terlihat segar, dan berwarna cerah, antara lain coklat terang dan hijau terang, dan ujung bibit berwarna kuning kemerahan; c) merupakan thallus remaja dengan banyak cabang yang subur dan runcing; d) bibit thallus tampak tebal, berat, tidak ada noda, luka, atau pengelupasan dan tanpa tanaman lain atau bahan asing; e) bibit tidak boleh dicampur dengan varietas lain dan harus seragam; f) mengupayakan keseragaman dalam bobot awal.

Untuk menjamin keberhasilan suatu kegiatan budidaya rumput laut, upaya pemeliharaan yang baik harus dilakukan selama masa pemeliharaan, baik untuk tanaman maupun sarana yang digunakan (Parenrengi *et al.* 2008). Peran pembudidaya sangat diperlukan untuk meminimalisir kegagalan, terutama karena faktor alam. Kegiatan pemeliharaan rumput laut antara lain: a) pembersihan *biofouling*, lumpur, dan kotoran b) pemasangan tanaman dan penggantian peralatan yang rusak, c) monitoring kinerja pertumbuhan.

4.3 Evaluasi dan Monitoring

Evaluasi dan monitoring setiap metode berfokus pada tugas pemeliharaan rumput laut. Tujuan monitoring atau pemantauan tempat produksi rumput laut adalah untuk mewaspadai apa saja yang dapat mengganggu aktivitas atau pertumbuhan rumput laut, serta kualitas air yang berpengaruh besar terhadap pertumbuhan rumput laut. Sampai dengan selesainya kegiatan, kegiatan evaluasi dilakukan untuk melacak apa yang terjadi selama perencanaan. Melalui evaluasi, budidaya rumput laut pada masing-masing metode juga dapat dilakukan agar lebih berkualitas, lebih produktif, dan lebih efektif (Kusuma *et al.* 2021).

Kegiatan pemantauan (monitoring) budidaya rumput laut meliputi:

4.3.1 Monitoring Pemeliharaan Rumput Laut

Dibandingkan dengan rumput laut yang dibudidayakan di alam, pemeliharaan rumput laut di tambak jauh lebih mudah dipantau. Hal ini disebabkan karena tambak lebih mudah dikelola dari pada budidaya di air laut yang dipengaruhi oleh gelombang dan arus sehingga gangguan pemeliharaan dapat merusak tanaman dan dalam keadaan yang paling ekstrim sekalipun. Penggantian air, pemantauan kualitas air (salinitas, temperatur, dan kedalaman), pemupukan lanjutan,

distribusi kepadatan rumput laut, dan thallus dibersihkan dari lumut atau ganggang lain dan kotoran lain yang menempel pada tanaman adalah semuanya faktor yang perlu diperhatikan. Tingkat pertumbuhan minimal 3% per hari harus dipertahankan untuk pertumbuhan rumput laut.

4.3.2 *Surveilans* Hama dan Penyakit

Predator tanaman biasanya merupakan hama tanaman. Predator mengkonsumsi rumput laut sebagai bagian dari makanannya atau sebagai sumber nutrisi utamanya. Tanaman yang dibudidayakan dapat mengalami kerusakan fisik akibat hama, seperti terkelupas, patah, atau dimakan. Hama rumput laut yang sering muncul adalah ikan beronang (*Siganus* sp), bulu babi (*Diadema* dan *Tripneustes* sp), bintang laut (*Protoneustes nodulus*), *Chelonia midas*, *Tripneustes* dan *Holothuria* sp.

Dengan meningkatkan atau mengubah cara budidaya, diperkirakan serangan terhadap tanaman budidaya akan berkurang karena lebih dekat dengan permukaan air. Selain itu, lebih disukai menggunakan pola tanam serentak di area yang cukup luas dan menutup area pertanian di pagar jaring. Penyakit bakteri, jamur, dan ice-ice sering diamati pada produksi rumput laut. Penyakit yang sering muncul pada budidaya ini adalah penyakit *white spot*, jamur dan bakterial. Penyakit *white spot* merupakan kendala utama budidaya *Kappaphycus/Eucheuma*. Penyakit jamur disebabkan oleh *Hydra thalassiae* menyerang bagian gelembung udara rumput laut *Sargassum* sp, sedangkan penyakit bakterial disebabkan oleh *Micrococcus* dan *Macrocystis pyrifera* umumnya menyerang budidaya *Laminaria* sp.

Pertumbuhan lambat, warna thallus yang pucat atau tidak berwarna cerah, memutih dan membusuk merupakan gejala penyakit pada tanaman ini. Perubahan lingkungan, seperti arus, suhu, dan kecerahan, adalah penyebab utama dari

kondisi tersebut. Penyakit ini juga disebabkan oleh kecerahan air yang tidak optimal dan nilai nitrat yang rendah di perairan. Di Filipina, penyakit ice-ice telah dikaitkan dengan kondisi abiotik seperti kandungan garam yang rendah (kurang dari 20 ppt), kerapatan cahaya yang rendah, dan suhu antara 33 °C dan 35 °C.

Gracilaria sp. relatif tidak terpengaruh oleh hama dan penyakit dibandingkan *Kappaphycus/Eucheuma* sp. Selain menyerang ikan dan predator lainnya, hama sering ditemukan mengganggu tanaman atau penempelan lainnya. Ikan herbivora seperti ikan baronang, kerang yang melekat di thallus, dan gulma atau lumut yang bersaing dalam penggunaan nutrisi air merupakan hama yang sering menyerang tanaman ini di tambak. Gulma mirip lichen *Chaetomorpha* sp., *Ectocarpus* dan *Enteromorpha* sp., sering menyerang kolam. *Limnea glabra* sp. adalah spesies kerang tertentu yang sering menempel di thallus rumput laut di kolam. Selain bersaing dengan tanaman untuk mendapatkan nutrisi, gulma juga dapat menghambat pertumbuhan tanaman dengan cara menempel dan menjerat tanaman. Selain memberantas hama tersebut, secara organik dapat dilakukan dengan introduksi ikan bandeng sebanyak 500–750 ekor per hektar dengan berat masing-masing ≥ 50 g.

4.3.3 Monitoring Hasil Panen

Tahap terakhir budidaya rumput laut sebelum dijual adalah pemanenan. Penanganan dan pemanenan tanaman kurang tepat akan menurunkan kualitas rumput laut yang dihasilkan, terutama kandungan karagenan, kadar air, dan feses yang semuanya harus melebihi baku mutu ekspor komoditas tanaman. Kriteria untuk memilih waktu panen yang tepat adalah lamanya waktu yang dibutuhkan tanaman untuk mencapai kandungan bahan utama maksimumnya. Menurut temuan penelitian, rumput laut sebaiknya dipanen

setelah 45 hari pemeliharaan karena pada saat itulah kandungan karaglinannya paling tinggi. Namun, rumput laut hanya dipanen saat tanaman berumur antara 25 dan 35 hari, setelah itu dapat digunakan sebagai benih.

Ada dua metode pemanenan: secara selektif atau sebagian dan seluruhnya. Memotong tanaman tanpa melepaskan ikatan dari tali ris memungkinkan pemanenan yang tepat. Manfaatnya adalah penggunaan tali rafia sebagai pengikat dari rumput laut, namun membutuhkan banyak tenaga untuk membuatnya. Menurut informasi yang kini dapat diakses, pembelian biasanya hanya dilakukan tiga kali sebelum seluruh panen selesai. Penyebabnya adalah sisa pangkal thallus semakin tua dan akibatnya tumbuh semakin lambat. Seluruh tanaman diangkat sekaligus untuk menyelesaikan seluruh proses panen, yang mengurangi jumlah waktu yang dibutuhkan untuk bekerja dibandingkan dengan metode panen sebelumnya.

4.3.4 Pengelolaan Pemantauan Kualitas Air

Dengan memperhatikan pasang surut air asin serta membuat kolam dan saluran yang lancar untuk keluar masuknya air laut ke dalam kolam rumput laut, maka kualitas air budidaya dapat terjaga. Tahapan berikut digunakan untuk menjaga kualitas air tambak untuk pertumbuhan :

- a. Rawat saluran masuk dan keluar air tambak untuk memastikan pertukaran air yang tepat dan salinitas air dijaga antara 12 dan 30 ppt.
- b. Pastikan pH air 6,2 - 8,2 dan usahakan mencapai pH ideal untuk pertumbuhan *Gracilaria* antara 6,5 sampai 8. Pastikan suhu kolam antara 18 °C sampai 30 °C, dan usahakan untuk mendapatkan suhu ideal untuk pertumbuhan *Gracilaria* antara 20 °C sampai 25 °C.

- c. Perhatikan juga tingkat kekeruhan air untuk memastikan *Gracilaria* di dasar kolam tetap dapat menerima sinar matahari untuk proses fotosintesis dan pertumbuhan yang sebaik mungkin.
- d. Kondisi rumput laut dan keadaan lingkungan akan dibantu dengan pencatatan rutin kondisi rumput laut dan variabel lingkungan.
- e. Membuat keputusan untuk mengatasi masalah pertumbuhan budidaya rumput laut akan mendapat manfaat dari hal ini.

Bab 5

Budidaya Rumput Laut Sistem IMTA

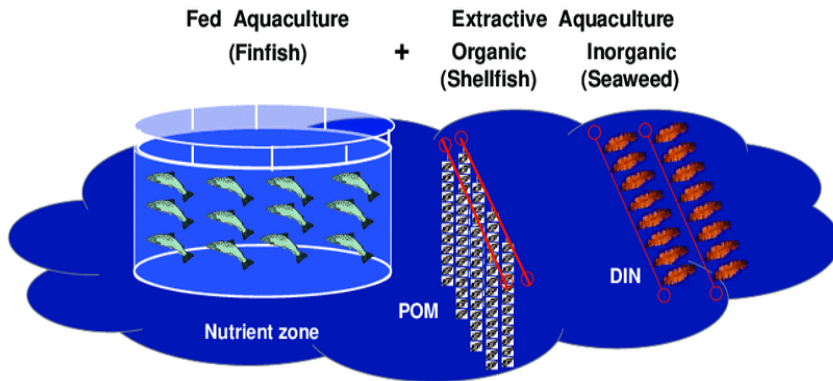
5.1 Integrated Multi Trophic Aquaculture (IMTA) dan Konsep Penerapannya

Integrated Multi Trophic Aquaculture (IMTA) adalah teknik ramah lingkungan yang memaksimalkan hasil budidaya, efisiensi pakan, dan diversifikasi produk melalui penggunaan sistem perikanan terpadu dan pendekatan alami. Dengan teknologi IMTA, limbah yang dihasilkan dari satu komoditas dapat digunakan sebagai sumber energi untuk komoditas lain yang memenuhi kriteria kualitas lingkungan, membantu meminimalkan limbah dan meningkatkan efisiensi pakan serta mencegah pencemaran lingkungan.

Teknologi budidaya ini mengoptimalkan hubungan trofik antar jenis organisme, dimana setiap organisme memiliki masing-masing peran yang terklasifikasi pada tingkat rantai makanan (trofik). Rantai makanan memiliki siklus material yang dioptimalkan dalam konsep teknologi IMTA untuk meningkatkan efisiensi pakan. Sebagai contoh penyeimbangan antara limbah yang terbuang dari budidaya utama yang berbasis pakan dengan pemanfaatan limbah oleh komoditas yang berada pada tingkat trofik di bawahnya.

Berlawanan dengan polikultur, yang membudidayakan banyak spesies tanpa memperhitungkan bagaimana spesies-spesies tersebut dapat digunakan dalam ekosistem, IMTA berfokus pada kapasitas spesies untuk menjaga keseimbangan ekosistem. Hasilnya, setiap spesies memiliki fungsi unik, seperti berfungsi sebagai karnivora, herbivora, detritus, atau biofilter, yang membantu menjaga keseimbangan ekosistem. Karena ide keseimbangan ekologi diadopsi, IMTA dapat digunakan di hampir semua wadah akuakultur di darat dan di laut. Di Norwegia, metode ini awalnya digunakan pada ikan salmon, rumput laut, dan kekerangan (Chopin, 2006).

Gambar 5.1 mengilustrasikan ide yang diusulkan oleh Chopin (2006), di mana ikan bersirip, bahan baku akuakultur, dibesarkan bersama dengan rumput laut dan kerang, yang biasa disebut sebagai bahan baku akuakultur ekstraktif karena membantu menyaring dan menghilangkan limbah dan nutrisi dari kolom air. Rumput laut mengambil nutrisi terlarut sebagai bagian dari fotosintesis, sedangkan kerang-kerangan adalah *filter feeder* dan mengambil bahan organik langsung dari air. Nutrisi dan limbah ini dikeluarkan dari kolom air ketika komoditas ini dipanen.



Gambar 5. 1. Konsep penerapan IMTA pada ikan, kekerangan dan rumput laut (Sumber: Chopin, 2006)

Sistem IMTA diperkenalkan untuk mengatasi tantangan terkait dampak kegiatan akuakultur terhadap lingkungan perairan, termasuk sedimentasi dan akumulasi nutrisi perairan. Banyak penelitian yang telah dilakukan mengenai penerapan sistem ini untuk ekosistem laut, diantaranya: (1) aspek pemanfaatan unsur hara beberapa tanaman, (2) aspek produktivitas tanaman dan (3) aspek sosial dan ekonomi. Pemilihan komoditas dalam sistem ini sangat mudah beradaptasi; dapat diubah untuk mencerminkan perkembangan komoditas lokal seperti ikan, rumput laut, atau kerang-kerangan. Pemilihan komoditas didasarkan pada perannya dalam ekosistem dan bernilai ekonomi tinggi. Sistem ini dapat menurunkan jumlah nitrogen organik dan anorganik, karbon, dan fosfat dengan memilih produk akuakultur yang sesuai, sehingga menjadikannya kandidat untuk *nutrient trading credits* (Radiarta *et al.*, 2014; Yuniarsih *et al.*, 2014; Irisarri *et al.*, 2015; Alexander *et al.*, 2016).

5.2 Potensi Pengembangan IMTA

Model IMTA telah berhasil digunakan di kawasan akuakultur publik di Tiongkok, baik pada ukuran industri maupun fase komersial, serta di Chili, Kanada, Amerika Serikat, Siprus, Irlandia, Italia, dan Skotlandia. Produsen akuakultur terbesar di dunia, termasuk Kanada, Norwegia, Jepang, Israel, dan Filipina, juga telah mengadopsi IMTA. Model IMTA sejalan dengan kebijakan Uni Eropa tentang inovasi teknis dan kelestarian lingkungan, tetapi dibatasi oleh struktur peraturan yang rumit dan ekstensif (Rofiq & Rifqi, 2021).

Tiga faktor penting untuk penggunaan IMTA yang efektif dalam gagasan pengembangan akuakultur: memilih komoditas ekstraktif endemik lokal, menentukan sistem yang ideal dengan menggunakan teknik percontohan, dan penyederhanaan model dan penyempurnaan proses di sepanjang jalan, atau *learning by doing*. Penelitian mendalam, pendidikan, dan modifikasi

peraturan akan diperlukan untuk memindahkan IMTA dari percontohan ke skala industri dan meyakinkan pemilik perusahaan dan pembudidaya tentang risiko terhadap bisnis mereka. Keamanan pangan diintegrasikan ke dalam pembuatan IMTA sebagai salah satu pemasok bahan untuk konsumsi manusia (Rosa *et al.* 2020).

Di Indonesia, budidaya perikanan sistem IMTA sudah berkembang, namun hanya sebagian saja. Misalnya, mereka yang memiliki tambak hanya memelihara ikan bandeng dengan rumput laut atau menambahkan udang galah sebagai pemakan limbah pencernaan seperti feses dan pakan. Selain menyediakan oksigen bagi ikan sepanjang hari, rumput laut juga menggunakan limbah anorganik sebagai nutrisi untuk pertumbuhannya. Di daerah pesisir dengan arus tenang yang cocok untuk budidaya keramba jaring apung (KJA), digunakan IMTA yang lebih rumit. Berikut beberapa pengembangan sistem IMTA di Indonesia:

5.2.1 Perairan Pesisir Terbuka (*Open-Water*) IMTA

Penerapan model IMTA di Teluk Gerupuk, Lombok Tengah dengan mengkombinasikan budidaya ikan kerapu macan, bawal, dan rumput laut menghasilkan produktivitas budidaya yang baik, dicirikan dengan kinerja pertumbuhan yang baik dari semua komoditas yang dibudidayakan, sesuai dengan hasil penelitian Radiarta & Erlania (2016). Indikasi efektifitas pemanfaatan sebaran nutrisi yang merupakan limbah budidaya dari KJA ikan yang dibuang ke saluran air adalah pertumbuhan rumput laut di sekitar unit IMTA yang lebih tinggi dibandingkan dengan unit rumput laut kontrol (2-3 km jauhnya dari unit IMTA). Temuan penelitian ini secara tegas menunjukkan pentingnya aplikasi model IMTA dalam pertumbuhan budidaya laut baik dari segi penggunaan lahan, produksi, maupun kondisi lingkungan perairan. Pola pengembangan IMTA ini dapat digunakan di daerah-daerah yang potensi lahannya kecil selama

ada pasar untuk komoditas unggulan. Temuan penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk membangun model pengembangan budidaya perikanan yang ramah lingkungan.

Aplikasi IMTA dilakukan di teluk atau perairan terumbu karang dengan arus yang tenang. Ikan kerapu, kakap, dan ikan baronang merupakan salah satu organisme dari ekosistem lokal yang dimanfaatkan karena memiliki nilai ekonomi yang signifikan dan karena pembenihan ikan karang merupakan sumber benih yang terkenal, yang merupakan komponen penting dalam pertanian. Kima, bulu babi, teripang, dan abalon merupakan makhluk di lingkungan lokal yang berfungsi sebagai spesies ekstraktif organik dan mampu mengonsumsi sisa makanan dan limbah dalam budidaya KJA. Organisme-organisme tersebut secara alamiah terdapat di Indonesia, terutama abalon yang telah berhasil dibudidayakan. Hampir di seluruh laut Indonesia, kerang hijau dan kerang darah telah berhasil dibudidayakan, sehingga memungkinkan untuk dimanfaatkan tanpa menemui masalah. Hal ini terutama berlaku untuk pembenihan, karena kerang dapat menggunakan partikel tersuspensi karena mereka adalah *filter feeder*.

Rumput laut seperti *Gracilaria* sp. dan *Euchema* sp. yang mudah tumbuh di Indonesia memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan dapat digunakan sebagai penyerap limbah anorganik. Termasuk teripang nanas (*Theilonota ananas*), teripang putih (*Holothuria scabra*), dan teripang koro (*Microtlele nobelis*), yang banyak ditemukan di perairan Pulau Banyak, Nanggroe Aceh Darussalam, dan dapat tumbuh hampir di seluruh Indonesia serta bernilai tinggi di pasar internasional. Abalon hitam yang dibesarkan di Balai Budidaya Laut di Lombok dan berbagai spesies bulu babi yang ditemukan secara alami di perairan adalah jenis abalon yang dapat digunakan di Indonesia dan dapat langsung digunakan dalam ekosistem akuakultur IMTA. Rumput laut seperti *Euchema* sp. dan *Gracilaria* sp. yang secara

alamiah banyak ditemukan di perairan Indonesia dan telah dibudidayakan oleh penduduk setempat dengan rawai dan rakit apung adalah jenis-jenis yang digunakan (Badan Rekonstruksi dan Rehabilitasi, 2007).

Istilah IMTA, lebih spesifik membutuhkan dua atau lebih spesies pada tingkat trofik yang berbeda untuk dibudidayakan secara bersamaan dalam jarak dekat satu sama lain. Sistem ini mencontohkan fungsi ekosistem alami dan memungkinkan pembudidaya untuk mendapatkan lebih banyak penggunaan jumlah pakan dan energi yang sama ke dalam sistem monokultur. Walaupun IMTA bukan berdasarkan spesies spesifik, banyak yang mengidentifikasi ikan (finfish) sebagai organisme yang berada pada tingkat trofik tertinggi, atau menyatakan bahwa IMTA adalah budidaya ikan (finfish) yang diberi pakan yang dikombinasikan dengan spesies lain yang bertugas menyaring partikulat limbah dan nutrisi terlarut, sehingga mengurangi pembuangan bahan organik.

Sistem IMTA ini digunakan untuk memanfaatkan spesies penyerap nitrogen, seperti kerang dan rumput laut, untuk mengambil limbah partikulat dan terlarut berlebih yang dikeluarkan oleh finfish (atau udang) dalam budidaya perikanan. Metode ini mencoba untuk mereplikasi ekosistem alami di mana *output* energi dari satu tingkat trofik ditransfer ke tingkat yang lebih rendah. Dengan demikian, limbah organisme yang terbuang sebelumnya di dalam air dapat dimanfaatkan oleh organisme lain menjadi produk yang dapat dijual.

Sektor akuakultur pesisir di Bangladesh sangat rentan terhadap perubahan iklim. Variabel iklim yang berbeda, termasuk siklon, kekeringan, banjir, curah hujan, salinitas, kenaikan permukaan laut, dan suhu permukaan laut telah berdampak buruk pada budidaya udang. IMTA perairan terbuka dapat dikembangkan untuk mengatasi tantangan kerentanan terhadap dampak perubahan iklim pada akuakultur pesisir. Ada

peluang besar untuk pengembangan IMTA di pesisir Bangladesh sebagai pendekatan ekosistem untuk beradaptasi dengan perubahan iklim. Prospek pengembangan IMTA di pesisir Bangladesh positif karena manfaat lingkungan dan ekonomi. Adopsi IMTA di pesisir Bangladesh dapat mengurangi efek ekologis budidaya udang di hutan bakau Sundarbans serta mengurangi tekanan dari perikanan tangkap. IMTA di pesisir Bangladesh memiliki potensi besar untuk meningkatkan produksi pangan, pendapatan, dan peluang mata pencaharian. Hal ini juga dapat meningkatkan pendapatan ekspor dan pertumbuhan ekonomi negara (Ahmed & Marion, 2016).

IMTA di perairan pesisir terbuka mungkin tidak terpengaruh oleh banjir, kenaikan permukaan laut, dan kelangkaan air tawar sebagai akibat dari kekeringan dan variasi curah hujan. IMTA perairan terbuka dapat menjaga kualitas air dengan demikian parasit dan wabah penyakit yang dibawa oleh arus air ikut berkurang. Sistem IMTA menyerap nutrisi berlebih sehingga mampu mengurangi eutrofikasi. IMTA dengan finfish dan kekerangan dapat menghilangkan hingga 54% nutrisi partikulat, selain itu rumput laut dapat menghilangkan hingga 60% nitrogen dan fosfor terlarut (Reid *et al.*, 2010; Huo *et al.*, 2012; Largo *et al.*, 2016)

Dalam variabel iklim seperti siklon, kekeringan, banjir, curah hujan, salinitas, kenaikan permukaan laut dan suhu permukaan laut terhadap dampak pada akuakultur pesisir berbasis darat meliputi:

1. Penurunan fotosintesis, penurunan O_2 , pembatasan produktivitas primer
2. Emisi CO_2 , pH rendah, peningkatan limbah metabolit
3. Perubahan salinitas dan habitat
4. Perubahan suhu, penghambatan interaksi ekologis

5. Penurunan kualitas air oleh polutan, kekeruhan air, erosi, dan sedimentasi.
6. Pengurangan ketinggian air dan penurunan habitat ikan dengan variasi kekeringan dan curah hujan.
7. Penggenangan kolam, prevalensi parasit dan penyakit.

Sedangkan jika menggunakan metode IMTA perairan pantai terbuka, beberapa keuntungannya sebagai berikut:

1. Rumput laut dalam IMTA menghasilkan O₂ dengan fotosintesis
2. Rumput laut menyerap CO₂ dan kekerangan menyerap karbon dalam cangkangnya
3. IMTA terkait dengan spesies euryhaline yang mentolerir berbagai salinitas
4. Rumput laut dan kerang dapat menahan suhu air melalui biofiltrasi
5. Rumput laut dan kerang membuat air jernih dengan mengumpulkan polutan, sedimen, dan partikel tersuspensi
6. IMTA perairan pesisir terbuka tidak terpengaruh oleh kekeringan dan variasi curah hujan
7. IMTA tidak terdampak banjir dan kenaikan permukaan air laut; pengurangan infeksi parasit dan wabah penyakit dengan menjaga kualitas air.

Metode perairan pesisir terbuka dengan IMTA direkomendasikan untuk dilakukan pada budidaya laut di Indonesia dalam rangka meningkatkan kesejahteraan masyarakat khususnya wilayah pesisir. Selain itu, hasil yang diperoleh juga lebih menguntungkan dibandingkan budidaya monokultur. Implementasi IMTA di Indonesia dapat mengarah pada pertumbuhan sektor akuakultur yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Karena daerah-daerah ini telah dirugikan

oleh praktik budidaya laut atau perikanan yang tidak berkelanjutan, IMTA Indonesia sangat cocok untuk diterapkan di lingkungan pesisir atau terumbu karang.

Nutrisi padat dalam bentuk kotoran dan sisa makanan akan dipasok, baik secara langsung ke bulu babi atau secara tidak langsung melalui pengembangan rumput laut, fitoplankton, dan benthos untuk konsumsi abalon dan teripang. Kima mengkonsumsi sisa suspensi dan fitoplankton untuk memastikan bahwa semua limbah dimanfaatkan. Tergantung pada wilayah nusantara, ada berbagai macam makhluk yang dapat dimanfaatkan. Misalnya, daerah terumbu karang memiliki organisme dengan tingkat trofik tinggi atau kebiasaan karnivora, seperti ikan kerapu, kakap merah, dan ikan napoleon.

Setiap kegiatan akuakultur menghasilkan limbah, yang kemudian dapat digunakan oleh spesies di dekatnya atau spesies alami seperti kerang, bulu babi, teripang, dan abalon. Memanfaatkan kerang-kerangan sebagai tingkat trofik tingkat rendah dapat membantu mengurangi limbah karena menggunakan kerang yang tidak hanya dapat dimakan tetapi juga memiliki nilai ekonomi yang besar sebagai kerang mutiara. Tergantung pada sifat-sifatnya, baik metode *longline* (rawai) atau metode rakit dapat digunakan oleh rumput laut untuk menggunakan limbah anorganik sebagai nutrisi.

5.2.2. *Stratified Double Net Rounded Cage (SDNRC) IMTA*

Kemampuan untuk meningkatkan kapasitas produksi, menjaga kualitas produk perikanan, dan mengatasi masalah lingkungan yang dapat membahayakan keberlanjutan kegiatan akuakultur itu sendiri merupakan tantangan yang harus diatasi di bidang akuakultur. Budidaya perikanan intensif monokultur dan polikultur merupakan dua cara untuk meningkatkan produksi ikan. Penggunaan jaring apung (KJA) merupakan salah satu cara untuk mendongkrak kapasitas produksi disamping terkendala luas lahan atau sistem tambak dan kemungkinan

untuk berbagai masalah lingkungan. Metode KJA untuk budidaya ikan telah berkembang dengan cepat dalam beberapa tahun terakhir. Sistem KJA merupakan salah satu jawaban atas isu-isu yang sering terjadi pada sistem tambak budidaya, seperti banjir yang disebabkan oleh tingginya intensitas curah hujan pada beberapa musim dan perubahan iklim yang dapat mematikan biota yang dibudidayakan.

Sistem IMTA memungkinkan pembudidaya untuk menghasilkan produk akuakultur di area yang sama tanpa menambah luas area budidaya. Penerapan *Stratified Double Net Rounded Cage* (SDNRC) IMTA atau Karamba Jaring Apung Bulat Bertingkat untuk meningkatkan kapasitas produk akuakultur secara berkelanjutan melalui penerapan IMTA dan biomonitoring secara berkala, sehingga tercipta lingkungan yang sehat untuk budidaya perikanan yang berkelanjutan.

Berangkat dari penerapan polikultur SDNFC (*Stratified Double Net Floating Cage*) di perairan Danau Rawapening, Jawa Tengah di mana terbukti berhasil meningkatkan kapasitas produksi budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dan ikan mas (*Cyprinus carpio*) hampir dua kali lipat dibandingkan KJA konvensional pada bentangan yang sama selain itu pula di daerah Teluk Awerange, Barru, Sulawesi Selatan. Pertumbuhan biota utama yaitu ikan baronang (*Siganus* sp.) dan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) menunjukkan hasil yang lebih cepat dibandingkan monokultur, karena nilai RGR yang relatif tinggi (2,3-6,2%) dan SGR (1,05-1,40%) (Putro *et al.*, 2015). Sehingga Putro *et al.* (2015) mencoba memperkenalkan praktik budidaya produktif dan berkelanjutan dengan penerapan keramba jaring apung bulat bertingkat (*stratified double net rounded cage* = SDNRC) yang diterapkan dengan metode *Integrated Multi-Trophic Aquaculture* (IMTA) di perairan lepas pantai (*off shore*), sehingga meningkatkan kapasitas produksi

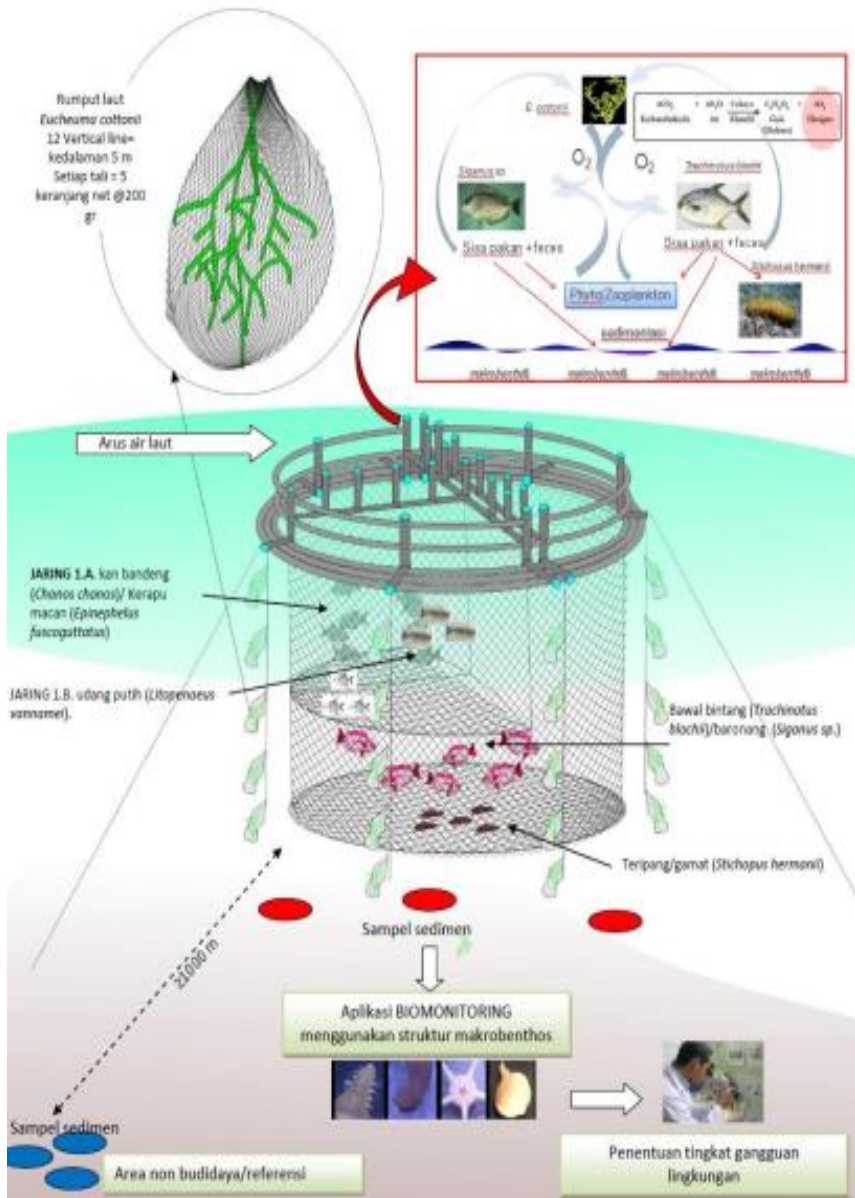
nasional serta menciptakan lingkungan yang sehat dan kegiatan akuakultur yang berkelanjutan.

SDNRC-IMTA diaplikasikan menggunakan biota berikut: baronang (*Siganus* sp.), kerapu macan (*Epinephelus fuscoguttatus*), rumput laut (*Eucheuma cottonii*), udang vaname (*Litopenaeus vannamei*), bawal bintang (*Trachinotus blochii*) / bandeng (*Chanos chanos*), dan teripang / gamat emas (*Stichopus hermannii*). Benih ikan dan bawal bintang berbobot 250 gr. Jaring A ditebar pada lapisan bawah dengan kepadatan tebar jaring 25 ekor/m³ dengan luas keramba jaring 86,16 m³ di bawahnya. Pelet diberikan selama proses pemeliharaan dengan kandungan protein 25-30% sebanyak 5-10% mm/hari. Padat tebar *L. vannamei* dan *E. fuscoguttatus* dilakukan semi intensif untuk menjaring lapisan Jaring B di atas kepadatan tebar 250 ikan/m³ dan 25 ikan/m³. Parameter fisika, kimia dan biologi serta sedimen diukur untuk menentukan kualitas air (total bahan organik, amonia, nitrit, dan fosfat) dan sedimen (ukuran butir sedimen, karbon total, nitrogen total, dan struktur makrobenthos).

Budidaya rumput laut *E. cottonii* dilakukan dengan metode vertikultur dengan panjang tali nilon 5 m vertikal, bobot benih 250 g dengan jarak tebar 1 cm dan dimasukkan ke dalam kantong jaring ukuran 30x50 cm. Metode vertikultur adalah metode budidaya menggunakan tali, metode vertikultur dilakukan dengan mengikat benih rumput laut posisi vertikal (tegak lurus) dengan tali yang disusun dalam barisan, dengan vertikultur juga dapat memanfaatkan kolom air untuk membatasi transparansi air. Penanaman akan dilakukan di sepanjang sisi garis SDNRC sebanyak 12 baris. Konsep penerapannya ditunjukkan pada Gambar 5.2.

5.2.3 *Low External Input Sustainable Aquaculture (LEISA)* IMTA

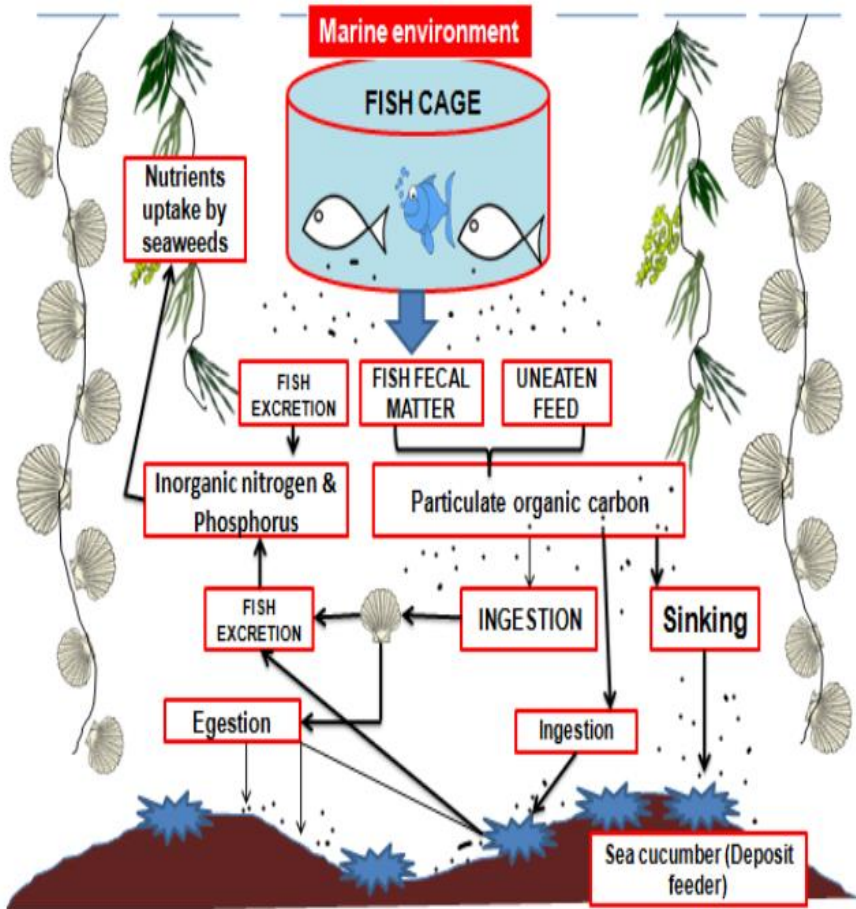
Mayoritas tambak di pantai utara Jawa Tengah adalah tambak tradisional, dengan luas lebih dari 3000 m² dan kedalaman 40-60 cm. Tambak-tambak tersebut dibangun di zona intertidal yang dekat dengan pantai. Bahkan setelah tambak benar-benar digenangi air, tambak konvensional yang terkena abrasi mengalami kerusakan tanggul atau tanggul yang cukup parah. Kualitas lingkungan yang terabrasi memang memburuk, meskipun hal itu tidak mengecualikan penggunaannya. Air dari kolam yang terabrasi tetap menunjukkan beberapa produktivitas primer, meskipun sedikit. Kegiatan yang dapat dilakukan melalui budidaya biota yang dapat bertahan pada kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan namun tetap bernilai ekonomis, seperti kerang-kerangan (Rejeki *et al.*, 2012).



Gambar 5. 2 Konsep aplikasi SDNRC-IMTA yang terintegrasi dengan biomonitoring untuk budidaya perikanan berkelanjutan. (Sumber: Putro et al, 2015)

Menerapkan gagasan LEISA (*Low External Input Sustainable Aquaculture*) dan IMTA (*Integrated Multi Trophic Aquaculture*) akan memecahkan masalah tersebut. Dimulai dengan pemilihan lokasi, teknik budidaya, wadah budidaya, sistem budidaya, dan jenis atau sumber pakan yang digunakan, LEISA berfokus pada input eksternal minimal. Pada saat yang sama, IMTA berkonsentrasi pada pengelolaan limbah akuakultur yang melindungi beberapa spesies di berbagai tingkat trofik. Ide LEISA-IMTA digunakan pada sistem yang ada secara alamiah di mana analisis ekonomi mengungkapkan bahwa memproduksi ikan memiliki biaya yang sangat murah. Menerapkan ide LEISA-IMTA dalam budidaya ikan bergantung pada produksi primer air sebagai sumber makanan bagi plankton.

Konsep *zero waste* merupakan salah satu manfaat yang diperoleh dari penerapan konsep IMTA pada kegiatan akuakultur. Untuk menyediakan energi bagi hewan pada tingkat trofik yang lebih rendah, spesies tambahan secara rutin mendaur ulang limbah (sisa pakan dan kotoran) dari tingkat trofik yang lebih tinggi (udang, ikan) (kerang hijau, kerang darah). Dengan mengintegrasikan berbagai spesies dengan berbagai relung makanan, efisiensi penggunaan lahan dalam akuakultur dapat ditingkatkan. Struktur organisme akuakultur LEISA-IMTA digambarkan pada Gambar 5.3.



Gambar 5. 3. Siklus nutrisi pada budidaya rumput laut dengan konsep IMTA (Sumber: Jena et al., 2017)

5.3 Rumput Laut sebagai Komoditas Ekstraktif Anorganik pada IMTA

Biofiltrasi oleh tanaman air, bersifat asimilatif, dan karenanya menambah kapasitas asimilatif lingkungan untuk nutrisi. Dengan bantuan energi matahari dan kelebihan nutrisi (terutama C, N dan P), tanaman berfotosintesis sehingga tercipta ekosistem mini yang jika terjadi keseimbangan, maka tanaman melaksanakan fungsinya sebagai organisme autorof sedangkan ikan dan mikroorganisme berfungsi sebagai heterotrof, tidak

hanya nutrisi tetapi juga dengan oksigen, pH dan CO₂. Tanaman biofilter dapat mengurangi dampak lingkungan secara keseluruhan dari budidaya ikan dan menstabilkan lingkungan budidaya. Selain itu, budidaya spesies yang berada pada rantai makanan terendah mampu mengekstrak makanan mereka dari air dengan input yang relatif rendah.

Rumput laut paling cocok untuk biofiltrasi karena memiliki produktivitas tertinggi dari semua tanaman dan dapat dikultur secara ekonomi. Rumput laut memiliki pasar yang besar untuk konsumsi sebagai *phycocolloids*, suplemen makanan, agrikimia, nutraceuticals dan obat-obatan. Budidaya rumput laut telah lama dilakukan di Cina di bidang budidaya keramba laut untuk bioekstraksi nutrisi dalam air laut. FAO mencatat 37 kelompok spesies rumput laut didominasi oleh *Eucheuma* (8,44 juta ton) *Kappaphycus alvarezii* dan *Eucheuma spp.* yang dibudidayakan di laut tropis dan subtropis diikuti oleh rumput laut Jepang (5,94 juta ton).

Rumput laut menjadi kultivan pilihan dalam sistem akuakultur terpadu, dimana terlebih dahulu disesuaikan dengan kriteria dasar seperti tingkat pertumbuhan yang tinggi dan konsentrasi nitrogen dalam jaringannya; kemudahan budidaya dan pengendalian siklus hidupnya; resistensi terhadap epifit dan organisme penyebab penyakit; dan kecocokan antara karakteristik ekofisiologis dan lingkungan untuk bertumbuh. Selain itu, mengingat kerusakan ekologis yang mungkin terjadi, hasil dari introduksi organisme non-lokal, rumput laut harus menjadi spesies lokal. Di luar kriteria dasar ini, pilihan rumput laut akan dipengaruhi oleh cara budidayanya. Jika difokuskan pada produksi biomassa yang dihasilkan, selanjutnya akan didasarkan pada kualitas jaringan dan nilai metabolit sekundernya. Jika fokus utama proses bioremediasi, maka penyerapan nutrisi, penyimpanan dan pertumbuhannya dinilai

sebagai penentu utama. Sistem optimal jika rumput laut memenuhi kedua fokus kriteria tersebut.

Di antara rumput laut, morfologi 'lembaran tipis' memiliki tingkat pertumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan rumput laut tebal. Lebih sulit untuk menggeneralisasi pada penyerapan nutrisi. Spesies rumput laut biofilter harus tumbuh dengan sangat baik dalam konsentrasi nutrisi yang tinggi, terutama amonium. Rumput laut yang tidak menunjukkan kapasitas ini maka penggunaannya terbatas. Untuk mengambil nitrogen dengan jumlah yang cukup tinggi, rumput laut yang tumbuh cepat harus mengandung N yang banyak. Rumput laut yang umumnya dijadikan biofilter, ketika dikembangkan di perairan eutrofik, mampu mengakumulasi kandungan N total yang tinggi. Ketika dinyatakan berdasarkan persentase bobot kering, nilai maksimal pada jenis *Ulva*, *Gracilaria* dan *Porphyra* yang tumbuh dalam kondisi eutrofik karakteristik limbah di tambak ikan berkisar antara 5-7% sebagai N dalam bobot kering (dw) atau 30-45% sebagai protein dalam dw. Selain persyaratan yang dijelaskan di atas, pilihan ideal untuk biofilter rumput laut juga memiliki nilai ekonomis. Ini mencakup penjualan produk rumput laut untuk berbagai pasar, termasuk sebagai bahan makanan atau terapi, khususnya biokimia, atau hanya sebagai pakan untuk komponen algivora dalam sistem terpadu.

Hanya beberapa rumput laut yang telah diteliti secara menyeluruh untuk potensi akuakultur dan/atau bioremediasinya. Rumput laut genus *Ulva* telah melalui penelitian yang lengkap. Tipe morfologinya yang tipis memiliki tingkat pertumbuhan yang pesat serta kandungan nitrogen yang tinggi, menjadikannya kandidat yang sangat baik untuk remediasi. Siklus hidup rumput laut ini mudah dipahami, dan *Ulva* telah berhasil diintegrasikan ke dalam sistem marikultur skala menengah hingga besar. Mungkin satu-satunya kelemahan adalah pasar yang terbatas untuk biomassa panen. *Gracilaria*

memiliki sejarah studi marikultur, sedangkan budidaya Rumput Laut (*Laminaria*) dan *Porphyra* dianggap memiliki potensi untuk menghasilkan budidaya rumput laut yang layak serta akuakultur terpadu (Sasikumar & Viji, 2015).

Penyerapan nitrogen total rumput laut *Kappaphycus alvarezii* yang dibudidayakan di perairan Teluk Ekasi, Lombok Timur, secara terpadu dengan berbagai perlakuan kedalaman tanaman menunjukkan bahwa rata-rata konsumsi nitrogen total yang diperoleh berkisar antara $8,3-46,9 \times 10^{-7}$ mg/m² /hari (Muktiniati *et al.*, 2022).

5.4. Manfaat dan Kelebihan IMTA

5.4.1 Kondisi Lingkungan yang Terpulihkan

Karena penggunaan struktur budidaya yang memiliki kemampuan untuk mengurangi arus air, penggunaan konsep IMTA dapat menghasilkan tingkat sedimentasi yang lebih tinggi di lokasi yang rawan abrasi. Menurut Alonso-Pérez *et al.* (2010), struktur yang digunakan untuk budi daya kerang, misalnya, dapat meningkatkan laju sedimentasi hingga 37 g/m²/hari. Kondisi fisik ekosistem juga ditingkatkan dengan mempercepat sedimentasi karena tingkat kekeruhan menurun.

Kerang dan teripang juga dapat mempercepat laju penyerapan partikel terlarut dalam air. Penetrasi sinar matahari ke dalam kolom air juga meningkat seiring dengan meningkatnya kualitas fisik, terutama kekeruhan. Hal ini menghasilkan peningkatan keanekaragaman dan kelimpahan plankton, yang juga meningkatkan produksi primer kolom air. Menggunakan alga sebagai spesies pendamping juga dapat meningkatkan produktivitas primer kolom air. Penggunaan ganggang di kolam secara signifikan mengurangi bakteri berbahaya hingga kurang dari 2% di kolom air dan sedimen (Chang *et al.* 2019).

5.4.2 Siklus Hara yang Berkesinambungan

Produktivitas primer yang dihasilkan dan pengendalian limbah internal merupakan kontributor yang signifikan terhadap status IMTA sebagai konsep akuakultur yang rendah input dan ramah lingkungan. Memanfaatkan biota multi-trofik membantu menjamin kelanjutan siklus ini. Retensi dan penyerapan bahan organik oleh rumput laut membantu secara tidak langsung meningkatkan variasi dan kelimpahan plankton. Aliran nutrisi yang lebih rendah ke dasar perairan dalam IMTA dibandingkan dengan monokultur adalah buktinya. Untuk meningkatkan daya dukung perairan, plankton berfungsi sebagai sumber makanan alami bagi tanaman lain seperti kerang-kerangan, ikan, udang, dan pengurai bahan organik (Rejeki *et al.*, 2016; Ning *et al.*, 2016).

5.4.3 Pemanfaatan Lahan yang Efisien

Teknologi polikultur yang digunakan pada sistem IMTA memberikan sinergi untuk pemanfaatan energi yang efektif. Kultivasi meningkatkan efektivitasnya dengan cara ini. Dalam siklus nutrisi, semua kultivar yang ditanam secara terpadu berbagi ruang dan fungsi. Budidaya udang, ikan, kerang-kerangan, dan rumput laut adalah beberapa contohnya (Rejeki *et al.*, 2016).

Bab 6

Produk-Produk Olahan Rumput Laut

Indonesia memiliki sumber daya kekayaan alam yang sangat luas dan beraneka-ragam, yang salah satu kekayaan alam tersebut yaitu rumput laut. Rumput laut yang memiliki nama lain algae atau *seaweed* ini merupakan sumber daya yang bernilai ekonomis tinggi dan juga bisa dibudidayakan. Berdasarkan angka sangat sementara Sumber Data Pusdatin Kementerian Kelautan Perikanan (2020), produksi perikanan budidaya rumput laut tahun 2020 mencapai 9.920 juta ton/tahun. Volume ekspor rumput laut di Indonesia pada tahun 2021 mencapai 159.59 ribu ton dengan nilai sebesar USD 177,99 juta (Indonesia Eximbank Institute, 2021). Data ini menunjukkan kekayaan dari rumput laut yang harus dimanfaatkan dan diolah sedemikian rupa sehingga dapat menambah pendapatan masyarakat ataupun negara. Berdasarkan jumlah data tersebut pula membuat rumput laut memiliki keunggulan karena tersedia banyak di Indonesia dan pengolahannya cenderung lebih mudah dan sederhana.

Rumput laut di Indonesia mengandung karbohidrat, protein, mineral (terutama iodine), lipid, sterol, asam amino, antioksidan, polifenol, flavonoid, dan kandungan lainnya. Rumput laut dahulu hanya diolah menjadi produk makanan saja. Namun, seiring dengan berkembangnya ilmu dan teknologi,

membuat potensi rumput laut semakin berkembang dan semakin banyak pula produk yang bisa dihasilkan dari rumput laut. Rumput laut bisa diolah menjadi produk yang bernilai ekonomis tinggi dan disukai oleh masyarakat banyak. Produk rumput laut diolah menjadi beberapa bidang, yaitu pangan/pertanian, farmasi (kosmetik), pupuk, dan industri lainnya.

Beberapa kelompok rumput laut seperti *Rhodophyceae* (Algae merah) dan *Phaeophyceae* (Algae coklat) memiliki nilai ekonomis yang tinggi karena pemanfaatannya dalam produk olahan. Rumput laut sering dimanfaatkan sebagai bahan dasar dalam pembuatan alginat (alginat), karaginan (karaginan), dan agar-agar (agar-agar). *Rhodophyceae* (Algae merah) merupakan rumput laut yang dapat diolah menjadi produk makanan berupa agar-agar (agar-agar) dan karaginan (karaginan). Agar-agar merupakan makanan yang digemari masyarakat yang biasanya dihidangkan sebagai camilan atau makanan penutup dan juga dikenal sebagai bahan pementap, penstabil, pengemulsi, pengental, dan pembuat gel. Jenis rumput laut *Gelidiella* sp, *Gracilaria* sp, dan *Gellidium* sp. merupakan rumput laut penghasil agar-agar.

Karaginan merupakan bahan tambahan pangan yang termasuk dalam kelompok polisakarida yang diperoleh melalui proses ekstraksi rumput laut merah yang menggunakan air pada suhu tinggi maupun larutan alkali (Muchlisah, 2012). Serat dan komponen gizi lainnya seperti karbohidrat, protein, lemak/lipid, asam nukleat, mineral, enzim, asam amino, dan vitamin A, B, C, D, E, dan K merupakan komponen yang terdapat dalam karaginan (Karyani, 2013). Sifat fungsional dari karagenan yang sangat baik ini menjadikan karaginan dapat digunakan sebagai pengontrol kadar air dan penstabil dan dapat memperbaiki tekstur serta sistem fungsional pada bahan pangan/olahan makanan (Langendorff *et al.*, 2000). Beberapa jenis rumput laut penghasil keragenan yaitu *Kappaphycus* sp dan *Eucheuma* sp.

Phaeophyceae (Algae coklat) dikenal sebagai penghasil alginat. Rumput laut yang dapat menghasilkan alginat yaitu jenis *Sargassum* sp, *Turbinaria* sp dan *Laminaria* sp. Rasali *et al.* (2019) menyatakan bahwa alginat merupakan polisakarida linier yang merupakan turunan dari alga cokelat, dan juga polimer alami yang dapat larut dalam air.

Selain pemanfaatannya sebagai karaginofit, agarofit, dan alginat, rumput laut juga sering diolah menjadi produk lainnya. Berikut ini beberapa contoh hasil olahan dari pemanfaatan rumput laut dalam berbagai bidang.

6.1. Pangan / Makanan

6.1.1. Nugget dan bakso

Rumput laut bisa diolah menjadi produk diversifikasi. Nugget dan bakso merupakan contoh dari produk diversifikasi ini, selain karena proses pengolahannya yang dapat dilakukan dengan mudah oleh masyarakat, olahan ini juga sangat digemari karena rasanya yang enak. Nugget dan bakso rumput laut juga dikenal sebagai makanan yang sehat karena kandungan dari rumput laut ini. Bakso dan nugget berbahan dasar rumput laut juga dikenal sebagai salah satu makanan sehat karena kandungan gizi yang terkandung pada olahan tersebut. Bakso dan nugget rumput laut bisa menggunakan rumput laut sebagai bahan pengganti atau substitusi dari ikan, ayam, dan juga daging, ataupun sebagai bahan tambahan pangan atau karaginan.

Penggunaan rumput laut sebagai bahan tambahan pangan dapat meningkatkan kandungan gizi pada bakso dan nugget tersebut dan dapat memperbaiki tekstur bakso sehingga lebih kenyal dan kaya akan serat. Pembuatan bakso rumput laut dengan pencucian rumput laut dan dibuat menjadi bubur rumput laut, kemudian dicampur dengan tepung tapioka dan bahan lainnya, diaduk hingga kalis, kemudian dibentuk sesuai

dengan tujuan pembuatan, bentuk bulat kecil / sesuai selera untuk bakso, dan terdapat penambahan tepung panir pada adonan nugget. Tahap selanjutnya yaitu perebusan dengan air yang mendidih untuk bakso, dan pengukusan untuk olahan nugget serta adanya penambahan tepung panir sebelum digoreng.



Gambar 6. 1. Nugget rumput laut kukus yang belum dilumuri dengan tepung panir

(Sumber : Pratiwi & Sukadana, 2021)

Lekahena (2015) membuat bakso rumput laut dengan menggunakan daging ikan sekitar 85-90% dan rumput laut (10-15%) yang menghasilkan produk bakso dengan kandungan protein sebesar 21,58-21,85%, lemak 0,83-0,97% dan serat kasar 3,91-5,20%.



Gambar 6. 2. Bakso rumput laut

(Sumber : Sulistyaningsih, 2021)

6.1.2. Mie Rumput Laut

Mie merupakan makanan yang populer dikalangan masyarakat yang mengandung sumber energi karena terdapat gizi berupa karbohidrat pada bahan dasar pembuatannya yaitu tepung terigu yang juga sangat digemari oleh masyarakat. Koswara (2009) menyebutkan bahwa mie memiliki 5 jenis penyajian berdasarkan kadar airnya. Jenis penyajian yang pertama yaitu berupa mentah/ mie segar, yang merupakan mie yang dihasilkan langsung dari proses pemotongan lembaran adonan dengan kadar air 35%. Penyajian yang kedua yaitu mie basah yang merupakan mie mentah yang diproses dengan cara direbus dalam air yang mendidih sebelum dijual dan mengandung 52% kadar air. Jenis ketiga yaitu mie kering, yang merupakan mie mentah yang kemudian mengalami proses pengeringan dan memiliki kadar air sekitar 10%. Mie goreng merupakan jenis penyajian keempat yang merupakan mie mentah yang mengalami proses penggorengan sebelum dipasarkan. Cara/jenis penyajian mie yang terakhir adalah mie instan (mie siap saji), yaitu mie mentah yang telah dimasak dengan cara dikukus dan dikeringkan sehingga menjadi mie instan kering atau digoreng sehingga menjadi mie instan goreng (*instant fried noodles*). Menurut penelitian Purwanti (2010), penambahan hingga 30% rumput laut pada pembuatan mie basah menghasilkan daya terima dan kadar yodium tertinggi

Prosedur pengolahan mie rumput laut termasuk proses pengolahan yang mudah dilakukan. Terdapat empat tahapan utama dalam pembuatan mie rumput laut, yaitu pencampuran dan pembuatan adonan, pelempengan atau pemipihan, pencetakan, dan pemasakan. Tahap pencampuran dan pembuatan adonan (*mixing*) ini dilakukan dengan mencampurkan semua bahan pembuatan mie seperti air, tepung terigu, rumput laut, dan bahan tambahan lainnya menjadi satu adonan yang merata. Tahap pelempengan atau pemipihan

adonan yaitu suatu proses pembentukan adonan berupa lembaran-lembaran pipih untuk memudahkan adonan tersebut dicetak dan juga dapat menghaluskan serat-serat gluten dari tapioka atau adonan.

Tahap selanjutnya yaitu tahap pencetakan adonan. Pada tahap ini, adonan yang telah pipih, kemudian dirapikan dan dipotong sesuai dengan ukuran dari pencetak/pemotong mie sehingga hasil dari pencetakan ini yaitu produk mie yang bentuknya seragam. Tahap terakhir yaitu pemasakan mie. Tahap pemasakan ini sesuai dengan tujuan pengolah, jika ingin menyajikan mie segar, maka tidak perlu adanya proses pemasakan. Namun, jika ingin memperoleh mie basah, maka mie yang sudah dicetak perlu adanya proses pemasakan berupa perebusan, jika ingin berupa mie goreng perlu adanya proses pemasakan berupa penggorengan, dan jika berupa mie instan maka perlu mengalami proses pemasakan berupa pengukusan dan pengeringan. Selama proses pemasakan ini terjadi gelatinisasi pati dan gluten yang lebih rapat sehingga tekstur mie yang didapat menjadi lebih kompak, kuat, dan elastis bila dibandingkan dengan mie yang tidak mengalami proses pemasakan.



Gambar 6. 3. Mie rumput laut

(Sumber : Risal, 2017)

6.1.3. Kue Kering Rumput Laut

Kue kering merupakan suatu produk pangan yang digemari masyarakat yang terbuat dari adonan yang lunak dan memiliki tekstur yang tidak terlalu padat (renyah). Kue kering dulunya sering disajikan ketika ada kegiatan atau perayaan hari raya seperti lebaran, natal, dan acara lainnya. Namun, seiring perkembangan zaman, kue kering bisa dinikmati hampir disetiap hari/kegiatan sebagai camilan. Dengan adanya penambahan rumput laut pada kue kering ini merupakan salah satu inovasi camilan sehat yang diperoleh dari proses pencampuran tepung terigu dan bahan lainnya, pencetakan, dan pemasakan / pemanggangan. Kue ini biasa disajikan didalam toples kedap udara untuk menjaga kerenyahan dari kue kering tersebut.



Gambar 6. 4. Kue kering rumput laut

(Sumber : Tangguda *et al.* 2022)

6.1.4. Biskuit Rumput Laut

Biskuit merupakan salah satu produk makanan ringan atau snack yang memiliki kadar air yang rendah. Mita (2010) menyebutkan biskuit adalah jenis kue kering yang didapatkan dari dari proses pemanggangan atau pengovenan adonan dari

tepung terigu yang juga ditambahkan bahan makanan lain dan dengan atau tanpa penambahan bahan pangan yang diizinkan seperti margarin, gula halus, kuning telur, dan sebagainya, bentuknya kecil, dan memiliki rasa yang manis. Biskuit bisa dikonsumsi oleh segala kalangan usia, mulai dari bayi hingga dewasa. Salma *et al.* (2021) melaporkan bahwa satu keping biskuit rumput laut merah jenis *Kappaphycus alvarezii* mengandung energi sebesar 85,5 Kkal energi, 12,6 g karbohidrat, 1,5 g protein, 3,2 g lemak, 48,1 IU vitamin A, 0,02 mg vitamin B1, 0,46 mg zat besi, dan 0,16 mg zinc.



Gambar 6. 5. Biskuit rumput laut

(Sumber : Gazali *et al.* 2021)

6.1.5. Ekado

Ekado merupakan suatu makanan olahan berasal dari Jepang, yang terbuat dari surimi yang dibungkus dengan adonan kulit pangsit. Ekado banyak tersedia di restoran Jepang yang terdapat di Indonesia. Rasanya yang enak dan gurih membuat olahan ekado ini banyak disukai masyarakat Indonesia. Produk olahan ini juga bisa difortifikasi dengan penambahan rumput laut yang diolah menjadi tepung terlebih dahulu untuk meningkatkan nilai tambah pada ekado.

Tepung rumput laut yang ditambahkan pada produk ekado bertujuan untuk dapat meningkatkan konsumsi gizi yang bervariasi, terutama dalam hal mikronutrien seperti yodium karena rumput laut adalah salah satu makanan/pangan yang mengandung serat pangan dan yodium. Sulistiyati & Siahaan (2022) membuat produk ekado menjadi sumber yodium dengan menambahkan tepung rumput laut kedalam adonan ekado udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). Mereka menyebutkan bahwa kadar yodium pada ekado udang ini akan semakin meningkat seiring dengan banyaknya tepung rumput laut yang dihasilkan.

6.1.6. Dodol

Makanan lainnya dari olahan rumput laut yaitu dodol. Dodol merupakan salah satu makanan pendamping/camilan khas Indonesia yang sudah terkenal dan disukai oleh masyarakat luas. Dodol rumput laut bisa menjadi alternatif olahan cemilan sehat karena kandungan rumput laut didalamnya. Proses pembuatan dodol rumput laut hampir sama dengan pembuatan dodol pada umumnya, namun rumput laut yang digunakan harus direndam terlebih dahulu jika rumput laut tersebut dalam keadaan kering, kemudian dibuat bubur rumput laut dan diambil air/ekstraknya, dan siap untuk proses selanjutnya seperti pemasakan ekstrak rumput laut, penambahan gula dan bahan lainnya, pencetakan adonan kemudian pendinginan. Lukito *et al.* (2017) menyebutkan bahwa kandungan proksimat pada dodol dengan penggunaan rumput laut sebanyak 20% yaitu kadar protein sebesar 11,2%, lemak 6,6%, karbohidrat 57,7%, 23% kadar air, 1,69% kadar abu 23%, dan serat 1,95%.

Hermawan *et al* (2018) melaporkan bahwa penambahan komposisi rumput laut dan waktu pemasakan berpengaruh terhadap kualitas dari dodol. Semakin tinggi komposisi rumput laut yang ditambahkan maka akan semakin meningkat pula kandungan air, abu, serat, dan tekstur dari dodol. Penggunaan

95g rumput laut, 10 g tepung beras, dan 15 g tepung gluten, dengan waktu pemasakan 40 menit membuat produk dodol rumput laut tersebut mengandung kadar air sebesar 62,10%, 3,25% lemak, abu sebesar 3,32%, 2,42% protein, 5,20% serat kasar, dan tekstur sebesar 76,70 N.



Gambar 6. 6. Dodol rumput laut

(Sumber : Hatidja dan Mariana, 2022)

6.1.7. Selai rumput laut

Selai umumnya merupakan bahan makanan yang terbuat dari campuran gula dan buah-buahan, kacang, ataupun cokelat yang berbentuk kental. Seiring perkembangan zaman, rumput laut juga bisa diolah menjadi bahan baku dalam pembuatan selai oles hingga selai rumput laut berbentuk lembaran. Anggadiredja *et al.* (2006) menyatakan bahwa rumput laut memiliki sifat seperti pectin pada buah. Pektin merupakan salah satu bentuk dari polisakarida yang sering digunakan sebagai salah satu bahan tambahan pangan (BTP) untuk meningkatkan/memperbaiki stabilitas dan reologi pada koloid makanan, seperti pada penstabil, pengemulsi dan pengemulsi *oil in water* (minyak dalam air) (Aisyah *et al.* 2020).



Gambar 6. 7. Selai rumput laut

(Sumber : Sholiha dan Ikerismawati, 2021)

6.2 Bahan Baku Masker Wajah Alami

Selain produk olahan, rumput laut juga bisa diolah menjadi kosmetik yang salah satunya adalah masker wajah. Sari *et al.* (2022) meneliti tentang pemanfaatan rumput laut dengan jenis *Eucheuma cottonii* terhadap kulit wajah. Masker wajah rumput laut yang dibuat berbentuk pasta yang dapat langsung diaplikasikan pada kulit wajah. Antioksidan yang terkandung dalam rumput laut dapat melindungi kulit dari kerusakan akibat radikal bebas dan memperlambat tanda-tanda penuaan (Azmin *et al.* 2019). Masker yang berbahan dasar rumput laut bekerja dengan sangat baik/efektif dalam menghilangkan pori-pori yang tersumbat, komedo, sel kulit mati, dan juga minyak berlebih pada kulit wajah (Ningsih *et al.* 2016). Masker rumput laut yang sudah diproduksi oleh industri kosmetik juga sudah sangat mudah ditemui, baik yang berupa masker lembaran sekali pakai (*sheet mask*), *peel off mask*, dan jenis masker wajah lainnya.

6.2.1 Nata de Seaweed

Nata de seaweed merupakan suatu produk olahan mirip *nata de coco* namun menggunakan bahan baku yang berbeda. *Nata de coco* merupakan suatu produk fermentasi kultur dari bakteri *Acetobacter xylinum* menggunakan media air kelapa yang diperkaya karbon dan nitrogen melalui proses yang terkendali. *Nata de coco* menggunakan air kelapa sebagai bahan baku utama,

sedangkan nata de seaweed menggunakan ekstrak rumput laut sebagai bahan baku utamanya.

Astawan *et al.* (2005) melaporkan bahwa rumput laut merupakan serat pangan (*dietary fiber*) yang mengandung komponen alginat, agar dan karagenan yang dapat menurunkan kadar kolesterol plasma. Ketika rumput laut digunakan sebagai bahan baku pengolahan *nata de seaweed*, kandungan serat dan nutrisi yang terkandung dalam rumput laut tersebut memberikan nilai tambah terhadap produk tersebut (Raniah, 2018). Kadar air yang lebih rendah pada *nata de seaweed* membuat produknya menjadi lebih kenyal/lentur dan tahan lama. Jika dibandingkan dengan hasil *nata de coco*, pengolahan *nata de seaweed* menghasilkan nilai tambah 50% lebih efisien (Profita *et al.* 2016).



Gambar 6. 8. Nata de Seaweed

(Sumber : Minalaras, 2012)

6.2.2. Sirup Rumput Laut

Rumput laut bermanfaat sebagai antioksidan, anti peradangan, anti diabetes dan anti kanker (Sanger *et al.*, 2013) sehingga bisa diolah menjadi banyak produk termasuk sirup rumput laut. Sirup merupakan larutan kental yang mengandung gula pekat dan beberapa bahan tambahan lainnya. Kualitas sirup berdasarkan kandungan gulanya terdiri dari tiga kelompok. Sirup dengan kualitas pertama mengandung kadar gula

minimum 65%, Sirup dengan kualitas kedua mengandung kadar gula sekitar 60–65% dan sirup kualitas ketiga mengandung kadar gula 55-60% (Suparapti, 2005). Sirup rumput laut terbuat dari campuran ekstrak rumput laut yang ditambahkan larutan gula konsentrat cukup tinggi. Sirup ini harus ditambah air atau diencerkan sebelum diminum. Mutu cemaran mikroba dari produk sirup rumput laut lebih rendah jika dibandingkan dengan produk manisan basah. Hal ini disebabkan oleh proses pemanasan bahan baku dalam pembuatan sirup rumput laut yang dapat membunuh mikroba (Murdinah, 2013).



Gambar 6. 9. Sirup rumput laut dengan aneka rasa
(Sumber : Rumah Kemasan.com)

6.2.3. Permen Jelly Rumput Laut

Olahan sehat lainnya yang menggunakan rumput laut sebagai bahan bakunya yaitu permen jelly rumput laut. Berdasarkan penelitian dari Putri *et al.* (2015), permen jelly rumput laut dengan jenis *Euchema cottonii* dibuat dengan cara membuat bubur rumput laut terlebih dahulu kemudian dimasak bersama dengan air kelapa, gula, dan bahan-bahan lainnya, kemudian dicetak dan dimasukkan kedalam *freezer* untuk

menetralkan suhu. Permen jelly yang dihasilkan memiliki rasa manis dan memiliki tekstur yang kenyal dan elastis.



Gambar 6. 10. Pembuatan permen jelly rumput laut

(Sumber : Sari *et al.* 2020)

6.2.4. Snack Tortilla Rumput Laut

Snack merupakan jenis makanan yang biasanya dimakan diluar jam waktu makan utama. Salah satu snack jlyang juga digeari adalah tortilla. Tortilla merupakan snack olahan jagung yang mengandung karbohidrat. Namun, tortilla juga bisa menggunakan singkong sebagai bahan baku pengganti jagung. Untuk meningkatkan andungan gizi dari tortilla ini, maka perlu diadakan fortifikasi rumput laut. Proses pengolahan tortilla rumput laut diawali dengan pencucian bahan baku, kemudian penyiapan singkong yang digling halus dan rumput laut yang dibuat menjadi adonan bubur rumput laut. Selanjutnya, singkong dan bubur rumput laut dicampur, dipipihkan dan dikeringkan terlebih dahulu dibawah sinar matahari kemudian digoreng dan ditambahkan bumbu perasa instan.



Gambar 6. 11. Tortilla rumput laut

(Sumber : Gunawan *et al.* 2019)

6.2.5. Cendol Rumput Laut

Cendol biasanya disajikan dengan es batu dan bahan tambahan lainnya yang terbuat dari tepung beras. Cendol rumput laut diolah dengan menggunakan bahan baku tepung beras dan bubur rumput laut, kemudian ditambahkan tepung tapioka, daun pandan (pewarna hijau) dan bahan lainnya. Proses selanjutnya yaitu pemasakan sambil terus diaduk hingga kemudian dicetak. Cendol biasanya dihidangkan dengan cairan santan dan gula merah. Lolopayung *et al.* 2019 melaporkan bahwa penggunaan rumput laut sebagai bahan baku pembuatan cendol sebesar 30% menghasilkan bulir cendol dengan kadar air, karbohidrat, abu dan serat berturut-turut sebesar $85,50 \pm 0,34$, $10,77 \pm 1,23$, $0,12 \pm 0,05$ dan $1,76 \pm 0,09\%$, dan juga stabil dalam air selama 4 jam 5 menit. Saleh *et al.* (2019) melaporkan bahwa bulir cendol rumput laut *E. cottonii* mengandung flavonoid, alkaloid dan steroid.



Gambar 6. 12 Cendol rumput laut

(Sumber : Asnani *et al.* 2021)

6.2.6. Brownies

Brownies merupakan salah satu produk dari produk *bakery* yang termasuk kedalam golongan *cake*. Brownies dimasak dengan pengukusan jika ingin hasil yang agak basah ataupun yang dibuat dengan cara dikukus atau oven jika ingin hasil akhirnya kering. Rumput laut pada brownies bisa digunakan dengan cara membuatkan menjadi tepung terlebih dahulu ataupun sebagai bahan pelapis. Hasil penelitian dari Purwonegoro dan Sulistiyati (2019) mengungkapkan bahwa penambahan tepung rumput laut *E. cottonii* sebesar 10%. Menghasilkan tingkat penerimaan yang paling baik pada brownies kukus.



Gambar 6. 13. Brownies lapis rumput laut

(Sumber : Asnani *et al.* 2021)

6.2.7. Kerupuk Rumput Laut

Kerupuk merupakan makanan khas Indonesia yang tersebar luas sehingga bisa didapatkan. Kerupuk memiliki beragam bentuk, mulai dari berbentuk tipis bundar, keriting, dan bentuk lainnya sesuai dengan selera dan permintaan konsumen. Kerupuk umumnya terbuat dari tepung yang dicampur dengan ikan dan bahan tambahan lainnya, namun bisa dimodifikasi dengan adanya penambahan bahan baku berupa rumput laut.

Proses pembuatan kerupuk rumput laut hampir sama dengan pembuatan kerupuk pada umumnya. Bahan baku rumput laut dibuat menjadi bubur terlebih dahulu sebelum diolah lagi menjadi kerupuk rumput laut. Hal ini mirip dengan proses pembuatan kerupuk ikan yang mana ikan terlebih dahulu dihaluskan sebelum diproses lebih lanjut lagi. Ardani dan Buwono (2018) melaporkan bahwa penambahan 20% rumput laut pada proses pembuatan kerupuk akan menghasilkan produk dengan tingkat kerenyahan yang paling disukai dan 2,63% kandungan serat. Konsentrasi yodium kerupuk berkisar antara 33,66 - 154,82 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ berat kering, dipengaruhi secara nyata oleh penggunaan rumput laut dengan kisaran 0-5%.



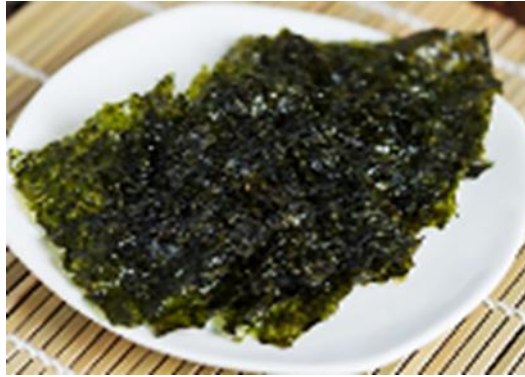
Gambar 6. 14. Pembuatan kerupuk rumput laut

Sumber : Sari *et al.* 2020

6.2.8. Nori Rumpuk Laut

Nori dewasa ini sangat populer dikalangan masyarakat, mulai dari anak-anak, remaja, hingga orang dewasa. Nori rumput laut adalah salah satu produk dari olahan rumput laut yang dikeringkan. Nori merupakan Rumput laut yang biasanya digunakan dalam pengolahan nori ini adalah jenis dari rumput laut merah (*Rhodophyta*), namun terdapat penelitian juga mengenai nori berbahan dasar rumput laut dengan jenis *Phorphyra*, *Ulva lactuca linnaeus* dan *Euchema cottonii*. Tianasari *et al.* (2018) menyebutkan proses pembuatan nori rumput laut ini dimulai dengan pencucian rumput laut.dari kotoran, kemudian perendaman, penghalusan, pemasakan, pencetakan dan pengeringan. Teddy (2009) menyebutkan bahwa nori komersil memiliki rasa asin dan tercium aroma rumput laut. Rasa yang terdapat pada nori bersumber dari tiga jenis asam amino yang terkandung dalam rumput laut *Porphyra* yaitu alanin, asam glutamat, dan glisin. Sedangkan nori Rumput laut *E.cottoni* yang telah ditambahkan daun singkong memiliki rasa sedikit

asin dan beraroma daun singkong. Hal ini disebabkan oleh daun singkong tersebut memiliki aroma yang khas.



Gambar 6. 15. Nori rumput laut

Sumber : Jasuda.net (2022)

6.3 Bahan Baku Kosmetik Krim Pencerah Kulit

Kosmetik telah menjadi kebutuhan sehari-hari yang digunakan oleh wanita maupun pria untuk menunjang penampilan dan juga dapat membangkitkan kepercayaan diri. Kosmetik biasanya mengandung bahan-bahan tertentu yang dapat melindungi kulit dari paparan sinar matahari. Indonesia memiliki dua musim yaitu musim hujan dan musim panas yang menyengat kulit sehingga dapat mengakibatkan kulit menjadi lebih gelap karena produksi dari melanin terganggu. Melanin merupakan suatu pigmen yang dapat memberi warna pada kulit, rambut, dan mata. Semakin tinggi melaninnya, maka semakin gelap warna kulit/rambut tersebut.

Dolorosa *et al.* (2017) menyebutkan bahwa produksi melanin dapat diperlambat dengan menggunakan zat aktif alami yang bekerja sebagai penghambat tirosinase dan antioksidan. Bahan atau senyawa aktif tersebut terdapat dalam rumput laut di Indonesia yang melimpah yang berupa rumput laut cokelat (*Phaeophyta*) dan rumput laut merah (*Rhodophyta*). Kandungan senyawa bioaktif rumput laut yang diolah menjadi bubur dengan

jenis rumput laut cokelat *Sargassum plagyophyllum* yaitu flavonoid, saponin, alkaloid, tanin, dan steroid, sedangkan jenis *Euchema cottonii* mengandung terpenoid dan alkaloid, sehingga hal tersebut mengindikasikan bahwa kedua rumput laut tersebut memiliki potensi untuk diolah kembali menjadi bahan baku dalam pembuatan krim pencerah kulit.

Ada beberapa penelitian yang merujuk pada komponen kandungan alami rumput laut cokelat, yang mungkin memiliki aktivitas penghambat antioksidan dan tirosinase. Seon-heui *et al.* (2011) menyatakan bahwa *sargassum silquastrum* (jenis dari rumput laut cokelat) memiliki aktivitas inhibitor tirosinase sebesar 50%. Putri (2014) menambahkan bahwa ekstrak metanol *Sargassum* sp. mengandung senyawa kimia bioaktif seperti saponin, flavonoid, fenol, terpenoid, dan steroid, juga diperoleh sebesar $209,06 \pm 64,96$ ppm pada substrat L-DOPA (difenolase), dan $27,50 \pm 0,9$ ppm pada substrat l-tyrosine (monofenolase). Flavonoid jenis flavonol terdapat pada rumput laut *S. Duplicatum*, dan memiliki nilai IC50 sebesar 14,351 ppm. Nurnanah *et al.* (2015) melaporkan bahwa ketersediaan vitamin E sebesar 165,19 ppm dan nilai IC50 pada ekstrak metanol *Sargassum* sp. sebesar 57,05 ppm, sedangkan spesies *Euchema cottonii* memiliki nilai IC50 sebesar 105,04 ppm dari ekstrak metanol dan 160,01 ppm untuk ketersediaan vitamin E. *Sargassum* sp. menunjukkan aktivitas antioksidan dengan nilai IC50 sebesar 119,66 ppm (Luthfiyana *et al.* 2016).

6.4 Pupuk Organik Cair

Pengolahan rumput laut menjadi suatu produk olahan dapat menghasilkan limbah yang berupa limbah cair maupun padatan. Limbah padatan dari industri pengolahan rumput laut khususnya agar-agar umumnya berupa sisa-sisa hasil penyortiran rumput laut yang berupa *thallus* yang tidak digunakan sebagai bahan baku pengolahan dan hasil ekstraksi rumput laut lainnya yang berupa padatan-padatan. Sisa air cucian, air rebusan, dan

larutan dari proses alkalisasi rumput laut merupakan contoh limbah cair industri. Loppies dan Yumas (2017) melaporkan bahwa limbah cair bersumber dari industri pengolahan rumput laut khususnya yang melewati penyaringan saluran keluar terlebih dahulu sangat berpotensi untuk dimanfaatkan lagi menjadi pupuk organik cair. Efek pertumbuhan terhadap tinggi, panjang, lebar dan jumlah daun untuk tanaman pertanian berjenis cabai menjadi lebih baik ketika menggunakan limbah cair formula pupuk sebanyak 60%.

Pupuk organik rumput laut dihasilkan melalui proses pengomposan, yaitu penguraian bahan organik secara biologis yang dapat dipercepat dengan penambahan bakteri EM4 (Yulianto, 2009). Basmal (2009) menyebutkan bahwa makronutrien yang terdapat pada rumput laut, antara lain 1,00%, Pospor 0,05%, Kalium 10,00%, Mg 0,80%, Sulfur 3,70%, Tembaga 5 ppm, Besi 1200 ppm, Mangan 12 ppm, Seng 00 ppm, Boron, 80 ppm, senyawa organik 50–55% dan Abu, 45–50%. Batang (*thallus*) rumput laut mengandung sebagian besar zat pengatur tumbuh (ZPT), termasuk giberilin, auksin, sitokinin, dan beberapa vitamin seperti; vitamin C, A, besi dan iodium. Menurut Yustin *et al.* (2005), kadar kalium dan klorida pada limbah rumput laut lebih besar dibandingkan pupuk buatan/sintetis. Rumput laut memiliki kisaran pH berkisar antara 9,92 hingga 11,76, dan juga mengandung 0,87 – 2,88% kalium, 1,37 – 2,41% klorida, 0,02 – 0,03 nitrogen dan fosfor 0,003 – 0,207%.

Rumput laut diketahui memiliki zat yang membantu memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan toleransi tanaman terhadap serangan dan kekeringan. Pupuk yang dibuat dari ekstrak rumput laut dapat terurai secara alami, dan aman untuk digunakan oleh manusia dan hewan (Dhargalkar & Pereira, 2005).

Daftar Pustaka

- [KKP]. Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2018). Kelautan dan Perikanan dalam angka tahun 2015. Jakarta (ID): Pusat Data Statistik dan Informasi Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- [KKP]. Kementrian Kelautan dan Perikanan. (2021). Penyakit Pada Rumput Laut. <https://kkp.go.id/djpb/infografis-detail/12084-penyakit-pada-rumput-laut>.
- Abdan, A. R., & Ruslaini. (2013). Pengaruh jarak tanam terhadap pertumbuhan dan kandungan karagenan rumput laut (*Eucheuma spinosum*) menggunakan metode long line. *Mina Laut Indonesia*, 12(3), 113–123.
- Ahmed, N. & Marion, G. (2016). Can “Integrated MultiTrophic Aquaculture (IMTA)” Adapt Climate Change in Coastal. *Ocean & Coastal Management*, 132, 120-131.
- Aisyah., Jannah .A., Nurfitri. (2020). Penentuan Kualitas Pektin Dengan Formulasi pH Ekstraksi Pada Limbah Kulit Kakao (*Theobroma cacao* L.). *Jurnal Pertanian Presisi*, 4 (1).
- Alexander, K.A., Angel, D., Freeman, S., Israel, D., Johansen, J., Kletou, D., Meland, M., Pecorino, D., Rebours, C., Rousou, M., Shorten, M., & Potts, T. (2016). *Improving sustainability of aquaculture in Europe: Stakeholder dialogues on integrated multi-trophic aquaculture (IMTA)*. *Environmental Science & Policy*, 55, 96-106.
- Andiska, Irawan, H., & Wulandari, R. (2021). Pengaruh Kedalaman terhadap Pertumbuhan Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* Menggunakan Metode Longline. *Intek Akuakultur*, 5(2), 25–35.
- Anggadiredja JT, Zalnika A, Purwanto H, Istini S. 2006. Rumput Laut. Jakarta (ID): Penebar Swadaya.

- Ardani, I.S.D., & Buwono, Y.R. (2018). Studi Mutu Kerupuk Rumput Laut (*Euचेuma spinosum*) Kaitannya terhadap Sifat Kimiawi dan Organoleptik. *Jurnal Ilmu Perikanan*, 9(1): 18-22.
- Asnani., Wahyuni. S., Astuti.O., Sarinah., Riani. I., Nilda. W.A.O., Jali. W. (2021). PKM Diversifikasi Olahan Rumput Laut Untuk Mendukung Peningkatan Kesehatan Dan Pendapatan Masyarakat Pada Masa Pandemi Covid-19 Di Kota Kendari Propinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Abdi Mas TPB*, 3 (1) : 106-114).
- Astawan, A. D. E., Wresdiyati, T., & Hartanta, A. B. (2005). Pemanfaatan Rumput Laut sebagai Sumber Serat Pangan untuk Menurunkan Kolesterol Darah Tikus. *Hayati Journal of Biosciences*, 12(1), 23–27.
- Azmin, N., Rahmawati, A., & Hidayatullah, M. E. (2019). Uji Kandungan Fitokimia dan Etnobotani Tumbuhan Obat Tradisional Berbasis Pengetahuan Lokal di Kecamatan Lambitu Kabupaten Bima. *Florea: J Biol Pembelajarannya*, 6 : 101-113.
- Badan Rekonstruksi dan Rehabilitasi. (2007). Laporan Akhir Penyusunan Budidaya Laut di Pulau Banyak dan Simeleu, PT. Awamura Internasional. Jakarta.
- Basmal, J. (2009). Potensi Pemanfaatan Rumput Laut sebagai Bahan Pupuk Organik. *Squalen*. 4(1): 1 – 8
- Chopin T. (2006). *Integrated Multi-Trophic Aquaculture. What it is and why you should care... and don't confuse it with polyculture. Northern Aquaculture*. 12(4):4.
- Cotas, J., Leandro, A., Pacheco, D., Gonçalves, A., & Pereira, L. (2020). *A Comprehensive Review of The Nutraceutical and Therapeutic Applications of Red Seaweeds (Rhodophyta)*. *Life*, 10(3), 19. <https://doi.org/10.3390/life10030019>

- Dhargalkar, V.K., & Periera, N. (2005). *Seaweed: Promising Plant of the Millennium. Science and Culture*. 71: 60-66.
- Diachanty S, Nurjanah, Abdullah A. 2017. Aktivitas antioksidan berbagai jenis rumput laut coklat dari Perairan Kepulauan Seribu. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(2): 305-318.
- Dolorosa, M.T., Nurjanah, Purwaningsih. S., Anwar. E., & Hidayat. T. (2017). Kandungan Senyawa Bioaktif Bubur Rumput Laut *Sargassum plagyophyllum* dan *Euचेuma cottonii* Sebagai Bahan Baku Krim Pencerah Kulit. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*,. 20(3): 633-644.
- FAO. (2021). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2021 (SOFIA)*.
- Farnani, Y. H., Cokrowati, N., & Farida, N. (2011). Pengaruh Kedalaman Tanam Terhadap Pertumbuhan *Euचेuma spinosum* pada Budidaya dengan Metode Rawai. *Jurnal Kelautan*, 4(2), 176–186.
- Fernando, Andiska, Wulandari, R., & Irawan, H. (2021). *Kappaphycus alvarezii*. In H. Irawan (Ed.), UMR AH Press. Tanjungpinang, Indonesia: UMR AH Press.
- Fikri, G. Y., Rahim, A. R., & Farikhah. (2018). Pengaruh Kedalaman Tanam Yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan dan Kualitas Agar Rendemen Rumput Laut (*Gracilaria gigas*) dengan Metode Lepas Dasar. *Perikanan Pantura*, 1(2), 44–50.
- Francavilla, M., Franchi, M., Monteleone, M., & Caroppo, C. (2013). *The Red Seaweed Gracilaria gracilis as A Multi Products Source*. *Marine Drugs*, 11(10), 3754–3776. <https://doi.org/10.3390/md11103754>
- Frenando, Irawan, H., & Wulandari, R. (2021). Pengaruh Jarak Tanam Terhadap Laju Pertumbuhan Rumput Laut

- Kappaphycus alvarezii Dengan Metode Lepas Dasar. *Intek Akuakultur*, 5(2), 15–24.
- Gazali. M., Zuriat, Hendri. A., Rina. S., Febrina. C.D., Nufus. H., Zurba. N., Nurhikmah, Hidayat. D., & Syafik. M. (2021). Pelatihan Pembuatan Biskuit Rumput Laut kepada Masyarakat Pesisir Lhok Bubon Kabupaten Aceh Barat. *Jurnal Panrita Abdi*, 6 (2).
- Gunawan. A., Rizianiza. I., & Putri. L.A. (2019). Peningkatan Produktivitas Poklahsar Swakarya Bersama Melalui Produksi Tortilla Olahan Rumput. *Jurnal Abdimas Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2 (2) : 241-250.
- Hatidja. S.T., & Marina. L. (2022). PKMS Pelatihan dan Pendampingan UMKM Dodol Rumput Laut di Desa Sampulungan Kabupaten Takalar Provinsi Sulawesi. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (Snpp) Tahun 2022*.
- Hermawan. D., Warkoyo, Harini. N., Jasmine. C., & Pakpahan. O.P. (2018). Study of Proportions Seaweed *Euचेuma cottonii* L. and Cooking Time on Quality of Functional of Seaweed Dodol. *Omni-Akuatika*, 14 (2): 37 – 42.
- Huo, Y., Hailong, W., Zhaoyang, C., Shannan, X., Han, F., Dong, L., He, P. (2012) Bioremediation Efficiency of *Gracilaria Verrucosa* for An Integrated Multi-Trophic Aquaculture System With *Pseudosciaena Crocea* in Xiangshan Harbor, China. *Aquaculture*, 326-329, 99-105.
- Ikhsan, F., Irawan, H., & Wulandari, R. (2022). Laju Pertumbuhan Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* Varietas Hijau dan Coklat Pada Metode Budidaya yang Berbeda. *Intek Akuakultur*, 6(1), 82–91.
- Ikhsan, F., Yusuf, F., Novandi, M., Khaidir., Ramadhan., Wulandari, R., Irawan, H. (2022). Optimalisasi Budidaya

- Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii*. UMRAH Press. Tanjungpinang, Indonesia: UMRAH Press.
- Indonesia Eximbank Institute. 2021. Proyeksi Ekspor Berdasarkan Industri: Komoditas Unggulan. Indonesia Eximbank.
- Irisarri, J., Fernandez-Reiriz, M.J., Labarta, U., Cranford, P.J., & Robinson, S.M.C. (2015). Availability and utilization of waste fish feed by mussels *Mytilus edulis* in a commercial integrated multitrophic aquaculture (IMTA) system: A multi-indicator assessment approach. *Ecological Indicators*, 48, 673-686.
- Jasuda.net. (2022). Aspek Teknis Pembuatan Nori dari Rumput Laut Lokal. https://jasuda.net/berita_detail.php?ID=1454. Diakses tanggal 25 januari 2023.
- Jena, A. K., Biswas, P. & Saha, H. (2017) Advanced farming systems in aquaculture: strategies to enhance the production, *Innovative Farming*, 1(1), 84-89.
- Karyani, S. (2013). Analisis Kandungan Food Grade Pada Karagenan Dari Ekstraksi Rumput Laut Hasil Budidaya Nelayan Seram Bagian Barat. *Jurnal Bimafika* 4(1) : 499-506.
- Khaidir, Irawan, H., & Wulandari, R. (2021). Effect of Different Initial Seed Weights on the growth rate of *Kappaphycus alvarezii* seaweed using the stratified bottom-off method. *Intek Akuakultur*, 5(2), 113–124.
- Kusuma, N. P. D., Amalo, P., Pratiwi, R., Suhono, L., & Serihollo, L. G. G. (2021). Penyuluhan Budidaya Rumput Laut *Kappaphycus Striatum* Dengan Metode Kantong Jaring Di Desa Tablolong, Kabupaten Kupang. *Jurnal Pengabdian Perikanan Indonesia*, 1 (3), 180-187. <http://doi.org/10.29303/jppi.v1i3.340>

- Langendorff, V., Cuvelier, G., Michon, C., Launay, B., Parker, A., & De kruif, C.G. (2000). Effects of Carrageenan Type on The Behavior of Carrageenan or Milk Mixtures. *Food Hydrocolloids*, 14 (4) : 273-280.
- Largo, D.B., Diola, A.G & Marababol, M.S. (2016). Development of an Integrated Multitrophic Aquaculture (IMTA) System for Tropical Marine Species in Southern Cebu, Central Philippines, *Aquaculture Report*, 3, 67 -76.
- Lekahena, V.N.J. (2015). Pengaruh Substitusi Daging Ikan Madidihang dengan Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* Terhadap Komposisi Gizi Bakso Ikan Madidihang. *Jurnal Ilmiah agribisnis dan Perikanan*, 8(2): 92-98
- Liang, Z., Sun, X., Wang, F., Wang, W., & Liu, F. (2013). Impact of Environmental Factors on the Photosynthesis and Respiration of Young Seedlings of *Sargassum thunbergii* (Sargassaceae, Phaeophyta). *American Journal of Plant Sciences*, 04(12), 27–33. <https://doi.org/10.4236/ajps.2013.412a2004>
- Lolopayung, S., Asnani., Isamu, K.T. (2019). Studi Formulasi Rumput Laut (*Kappaphycus alvarezii*) dan Tepung Sagu (*Metroxylon* sp.) terhadap Komposisi Kimia, Stabilitas dan Sifat Sensori pada Produk Cendol Rumput Laut. *J. Fish Protech*, 2(1): 1-10.
- López-Hortas, L., Flórez-Fernández, N., Torres, M. D., Ferreira-Anta, T., Casas, M. P., Balboa, E. M., Falqué, E., & Domínguez, H. (2021). Applying seaweed compounds in cosmetics, cosmeceuticals and nutricosmetics. *Marine Drugs*, 19(10), 552. <https://doi.org/10.3390/md19100552>
- Loppies, J.E., Yumas. M. (2017). Pemanfaatan Limbah Cair Industri Rumput Laut Sebagai Pupuk Organik Cair Untuk Tanaman Pertanian. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 12 (2) : 66-75. <https://dx.doi.org/10.33104/jihp.v12i2.3453>

- Lukito, M.S., Giyarto., Jayus. (2017). Sifat Fisik, Kimia dan Organoleptik Dodol Hasil Variasi Rasio Tomat dan Tepung Rumput Laut. *Jurnal Agroteknologi*, 11(01): 82-95.
- Luthfiyana, N., Nurjanah, Nurilmala, M., Anwar, E., Hidayat, T. (2016). Rasio Bubur Rumput Laut *Eucheuma cottonii* dan *Sargassum* sp. Sebagai Formula Krim Tabir Surya. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 19(3): 183-195
- Minalaras. (2012). Kelompok Pengolah dan Pemasaran Ikan Mina Laras. <https://minalaras.wordpress.com/>. Diakses tanggal 25 Januari 2023.
- Miyashita, K., Mikami, N., Hosokawa, M. (2013). Chemical and nutritional characteristics of brown seaweed lipids: A review. *Journal of Functional Foods*, 5(4), 1507–1517. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.09.019>
- Muchlisah. (2012). Studi Proses Produksi Karaginan Murni (*Refine carrageenan*) Dari Rumput Laut *Eucheuma cottonii* Secara Ohmic : Pengaruh Lama Ekstraksi Dan Suhu Alkalisasi. Skripsi. Program Studi Keteknikan Pertanian Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin Makassar: Makassar.
- Muktiniati, M., Junaidi, M. & Setyono, B.D.H (2022) Nitrogen Absorption Rate in *Kappaphycus alvarezii* with a Longline System in the IMTA (Integrated Multi Trophic Aquaculture) Area at Ekas Bay. *Jurnal Biologi Tropis*, 22(3), 815-823
- Murata, M., & Nakazoe, J. I. (2001). Production and use of marine algae in Japan. *Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ*, 35(4), 281–290. <https://doi.org/10.6090/jarq.35.281>
- Murdinah. (2013). Kajian Mutu Produk Aneka Olahan Rumput Laut *Eucheuma cottonii*. *Prosiding Perencanaan Bulan Mutu*

Dan Keamanan Hasil Perikanan & Seminar Nasional Masyarakat Pengolahan Hasil Perikanan (MPHPI) Ke-V/18-19 Oktober 2013. Universitas Diponegoro.

- Muslimin, M., & Sari, W. K. P. (2018). Budidaya rumput laut sargassum sp. Dengan metode kantong pada beberapa tingkat kedalaman di dua wilayah perairan berbeda.
- Namvar F, Mohamad R, Baharara J, Balanejad SZ, Fargahi F, Rahman HS. (2013). Antioxidant, antiproliferative, and antiangiogenesis effects of polyphenol rich seaweed (*Sargassum muticum*). *Biomed Research International*. (1) : 1-9
- Ning, Z., Liu, S., Zhang, G., Ning, X., Li, R., Jiang, Z., Fang, J. & Zhang, J. (2016) Impacts of an integrated multi-trophic aquaculture system on benthic nutrient fluxes: a case study in Sanggou Bay, China, *Aquaculture Environment Interactions*, 8, 221-232
- Ningsih (2016). Formulasi Masker Peel Off dengan Beberapa Konsentrasi Ekstrak Etanol Buah Naga Super Merah (*Hylocereus costaricensis*). *Scientia*. 6(1): 18 -24.
- Novandi, M., Irawan, H., & Wulandari, R. (2022). Pengaruh Bobot Bibit Awal yang Berbeda Terhadap Laju Pertumbuhan Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* Dengan Metode Lepas Dasar Bertingkat Effect of Different Initial Seed Weights on The Growth Rate of *Kappaphycus Alvarezii* Seaweed Using The Stratified Botto. *Intek Akuakultur*, 5(2), 71–82.
- Parenrengi A, Syah R, Suryati E. (2008). Budidaya rumput laut berkelanjutan dengan dukungan teknologi penyediaan benih secara in vitro. Makalah pada Gelar Teknologi Perikanan Budidaya. Departemen Kelautan dan Perikanan. Manado.

- Pratiwi, N.K.S., & Sukadana, I.W. (2021). Inovasi Nugget Rumput Laut Pantai Geger, Kabupaten Badung-Bali. *Jurnal Pengabdian Al-Ikhlas*, 7 (2).
- Profita, A., Utomo, D.S., & Burhandenny, A.E. (2016). Perancangan Aspek Teknis Dan Produksi Pada Industri Pengolahan Rumput Laut Menjadi Produk *Nata De Seaweed*. *Seminar Nasional IENACO*, 434– 443.
- Purwanti, S. (2010). Substitusi Tepung Rumput Laut pada Pembuatan Mie Basah sebagai Alternatif Sumber Makanan Tinggi Iodium di Daerah Endemis GAKY (Uji Kandungan Iodium dan Daya Terima). Skripsi. Universitas Negeri Semarang.
- Purwonegoro, P.I., & Sulistiyati, T.D. (2019). Substitution of *Eucheuma cottonii* Seaweed Flour Against Acceptability and Hardness of Steamed Brownies. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 9(6): 102-105.
- Putri AM. (2014). Ekstraksi rumput laut cokelat *Sargassum* sp. (CP 01) dan pengujian ekstrak sebagai inhibitor tirosinase. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor
- Putri, R.M.S., Ninsix. R., Sari, A.G. (2015). Pengaruh Jenis Gula Yang Berbeda Terhadap Mutu Permen Jelly Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*). *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 19 (1).
- Putro, S.P., Widowati, Suhartana, & Muhammad, F. (2015). The Application of Integrated Multi Trophic Aquaculture (IMTA) Using Stratified Double Net Rounded Cage (SDFNC) for Aquaculture Sustainability, *International Journal of Science and Engineering*, 9(2),85-89. doi: 10.12777/ijse.9.2.85-89
- Radiarta, I N., Erlania, & Sugama, K. (2014). Budidaya rumput laut, *Kappaphycus alvarezii* secara terintegrasi dengan

ikan kerapu di Teluk Gerupuk Kabupaten Lombok Tengah, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Riset Akuakultur*, 9(1), 125-134.

- Radiarta, I.N. & Erlania (2016) Performa komoditas budidaya laut pada sistem Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA) di Teluk Gerupuk, Lombok Tengah, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Riset Akuakultur*, 11(1),85-97
- Ramadhan, Irawan, H., & Wulandari, R. (2022). Pengaruh Jarak Tanam yang Berbeda terhadap Pertumbuhan Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* Menggunakan Metode Longline Ramadan 1 , Henky Irawan 1 , Rika Wulandari 1 1. *Intek Akuakultur*, 6(2), 92–102.
- Raniah, N. (2018). Teknik Pengolahan Rumput Laut *Gracilaria* sp. sebagai Bahan Baku *Nata De Seaweed* di Balai Besar Pengujian dan Penerapan Hasil Perikanan (BBP2HP), Jakarta Timur [Fakultas Perikanan dan Kelautan].
- Reid, G.K., Liutkus, M., Bennett, A., Robinson, S.M.C., MacDonald, B. & Page, F. (2010) Absorption efficiency of blue mussels (*Mytilus edulis* and *M. trossulus*) feeding on Atlantic salmon (*Salmo salar*) feed and fecal articulates: implications for integrated multi-trophic aquaculture. *Aquaculture*, 299, 165-169.
- Rejeki, S., Ariyati, R. W., & Widowati, L. L. (2016) Application of integrated multi tropic aquaculture concept in an abraded brackish water pond, *Jurnal Teknologi*, 78(4-2), 227-232.
- Rejeki, S., Suryanto, A., Hutabarat, J., Anggoro, S. & Ruswahyuni (2012) Evaluation of idle eroded coastal water for mariculture based on thropic saprobic index analysis (case study: coast of Sayung District Demak, Central Java Indonesia), *Journal of Coastal Development*, 15(3), 324-333

- Risal, M. (2017). Produksi dan Pemasaran Produk Olahan Rumput Laut *Home Industry* Tanjung Ketupat Desa Munte Kecamatan Tana Lili Kabupaten Luwu Utara. *RESONA Jurnal Ilmiah Pengabdian Masyarakat*, 1 (1) : 13-19.
- Rofiq, R., & Rifqi, M. (2021). Model konseptual IMTA dan RIMTA pada budidaya lobster di karamba jaring apung (KJA). *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal of Environmental Sustainability Management)*, 5(1), 640-651. <https://doi.org/https://doi.org/10.36813/jplb.5.1.640-651>.
- Rosa, J., Lemos, M.F.L., Crespo, D., Nunes, M., Freitas, A., Ramos, F., Pardal, M.A. & Leston, S. (2020) Integrated multitrophic aquaculture systems – potential risks for food safety. *Trends in Food Science & Technology*, 96, 79-90.
- Rumah kemasan. Desain Kreatif Kemasan UMKM. (2012). <https://rumahkemasandotcom.wordpress.com/2012/10/30/kemasan-sirup-rumput-laut/>. Diakses tanggal 25 januari 2023.
- Saleh, A.A.G.A., Asnani, & Suwarjoyowirayatno. (2019). Uji Fitokimia dan Aktivitas Antioksidan Cendol yang Diformulasi dari Rumput Laut (*Kappaphycus alvarezii*) dan Tepung Sagu (*Metroxylon sagus* Rottb.). *J. Fish Protech*, 2(1): 38-45.
- Salma, S., Hadju, V., Jompa, J., Stang, S., Sundari, S., & Usman, A.N. (2021). The Effect of Red Seaweed (*Kappaphycus alvarezii*) Biscuits on Hemoglobin Levels and Body Weight among the First Trimester Pregnant Women. *J Med Sci*, 9(A) : 1019-1023.
- Sanger, G., Widjanarko, S.B., Kusnadi, J., & Berhimpon, S. (2013) Antioxidant Activity of Methanol Extract of Seaweeds Obtained from North Sulawesi. 2013. *Food Science and Quality Management*, 19.

- Sari, E.M., Rossarie, D., Hayudi, & Ikhtianah, I.R. (2020). Peningkatan Ekonomi Masyarakat Melalui Pemberdayaan Perempuan Dalam Pengembangan Aneka Produk Olahan Rumput Laut Di Kampung Arar. *Jurnal ABDIMAS Pengabdian Masyarakat*, 3 (2) : 8-14.
- Sari, N, Bakhtiar, & Azmin, N. (2022). Pemanfaatan Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) Sebagai Bahan Dasar Masker Wajah Alami. *JUSTER: Jurnal Sains dan Terapan*, 1 (1).
- Sasikumar, G. & Viji, C.S. (2015) Integrated multi-trophic aquaculture system (IMTA). Proceeding of Central Marine Fisheries Research Institute. 47-55
- Seon-Heui, C., Seok-Chun, K., Daekyung, K., & You-Jin, J. (2011). Screening of Marine Algae For Potential Tyrosinase Inhibitor: Those Inhibitors Reduced Tyrosinase Activity and Melanin Synthesis in Zebrafish. *Journal of Dermatology*, 38 : 354–363.
- Sholiha, I., & Ikerismawati, S. (2021). Selai Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) dan Aplikasinya pada Pembuatan Pie dan Bolen sebagai Pengembangan Produk Perikanan. *Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 8 (2) : 91 – 101.
- Standar Nasional Indonesia. Produksi rumput laut kotoni (*Eucheuma cottonii*) - Bagian 2: Metode long-line. , Badan Standar Indonesia SNI 7579.2:2010 § (2010).
- Suetsuna, K., Maekawa, K., & Chen, J. R. (2004). Antihypertensive effects of *Undaria pinnatifida* (wakame) peptide on blood pressure in spontaneously hypertensive rats. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 15(5), 267–272. [https:// doi.org/ 10.1016/j. jnutb io. 2003. 11. 004](https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2003.11.004)
- Sulistiyati, T.D., & Siahaan, N.J.H. (2022). Karakteristik Organoleptik Ekado Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) Dengan Fortifikasi Tepung Rumput Laut

- Eucheuma cottonii* Sebagai Sumber Yodium. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 6 (1) : 74-77.
- Sulistyaningsih. (2021). Peningkatan Nilai Tambah dan Diversifikasi Olahan Rumput Laut. *Integritas. Jurnal Pengabdian*, 5 (1).
- Sun, Z., Mohamed, M., Park, S. Y., & Yi, T. H. (2015). Fucosterol protects cobalt chloride induced inflammation by the inhibition of hypoxia-inducible factor through PI3K/Akt pathway. *International Immunopharmacology*, 29(2), 642–647. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2015.09.016>
- Tangguda, S., Siahaan, I.C.M., Hariyadi, D.R., Valnetine, R.Y., & Sudiarsa, I.N. (2022). Pengolahan Rumput Laut *Eucheuma* Sp. Bagi Kelompok Masyarakat Desa Tablolong, Kupang Barat, NTT. *Jurnal Pengabdian Perikanan Indonesia*, 2 (2).
- Teddy, M. (2009). Pembuatan Nori Secara Tradisional dari Rumput Laut Jenis *Glacilaria* sp. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- Tianasari, E., Junaidi, M.S, & Distantina, S. (2018). Nori Berbasis Rumput laut *Ulva lactuca* Linnaeus dan *Euchemia cottonii*; Pengaruh Komposisi. *Seminar Nasional Teknik Kimia Ecosmart*. Universitas Negeri Semarang.
- Utojo, Mansyur, A., Pantjara, B., Pirzan, A. M., & Hasnawi. (2007). Kondisi Lingkungan Perairan Teluk Mallasoro yang Layak untuk Lokasi Pengembangan Budidaya Rumput Laut (*Eucheuma* sp.). *Jurnal Riset Akuakultur*, 2(2), 243–255.
- Van Ginneken, V. J., Helsper, J. P., De Visser, W., Van Keulen, H., & Brandenburg, W. A. (2011). Polyunsaturated fatty acids in various macroalgal species from North Atlantic and tropical seas. *Lipids in Health and Disease*, 10, 104. <https://doi.org/10.1186/1476-511X-10-104>

- Wijesinghe, W. A. J. P., & Jeon, Y. J. (2012). Biological activities and potential industrial applications of fucose rich sulfated polysaccharides and fucoidans isolated from brown seaweeds: A review. *Carbohydrate Polymers*, 88(1), 13–20. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.12.029>
- Wu, G. J., Shiu, S. M., Hsieh, M. C., & Tsai, G. J. (2016a). Anti-inflammatory activity of a sulfated polysaccharide from the brown alga *Sargassum cristaefolium*. *Food Hydrocolloids*, 53, 16–23. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.01.019>
- Yanai, H., Masui, Y., Katsuyama, H., Adachi, H., Kawaguchi, A., Hakoshima, M., Waragai, Y., Harigae, T., & Sako, A. (2018). An improvement of cardiovascular risk factors by omega-3 polyunsaturated fatty acids. *Journal of Clinical Medicine Research*, 10(4), 281–289. <https://doi.org/10.14740/jocmr.3362w>.
- Yulianto, A.B. (2009). *Buku Pedoman Pengelolaan Sampah Terpadu: Konversi Sampah Pasar Menjadi Kompos Berkualitas Tinggi*. Jakarta: YDP.
- Yuniarsih, E., Nirmala, K., & Radiarta, I N. (2014). Tingkat penyerapan nitrogen dan fosfor pada budidaya rumput laut berbasis IMTA (integrated multi-trophic aquaculture) di Teluk Gerupuk, Lombok Tengah, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Riset Akuakultur*, 9(3), 487-501.
- Yustin, D., Angelia D.R., Hala, Y., & Taba, P. (2005). Analisis Potensi Limbah Cair Hasil Pengolahan Rumput Laut sebagai Pupuk Buatan. *Marina Chemica Acta*, 6 (1).
- Yusuf, M., Irawan, H., Wulandari, R., Yusuf, M., Irawan, H., & Wulandari, R. (2021). Pengaruh Jarak Tingkatan Berbeda terhadap Laju Pertumbuhan Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* dengan Metode Lepas Dasar Bertingkat The Effect of Different Level Distances on The Growth Rate of

Kappaphycus alvarezii Seaweed Using The Stranded off
The Tiere. *Intek Akuakultur*, 1(2), 125–132.

Zhang, L., Liao, W., Huang, Y., Wen Y., Chu Y., Zhao, C. (2022).
Global seaweed farming and processing in the past 20
years. *Food Production, Processing and Nutrition* (2022) 4:23
<https://doi.org/10.1186/s43014-022-00103-2>.

Biodata Penulis



Dr. Waode Munaeni, S.Pi, M.Si lahir di Lasalimu (Buton) pada tanggal 4 Juni 1987. Menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Halu Oleo (UHO) tahun 2011. Penulis menyelesaikan pendidikan magister pada Prodi Ilmu Akuakultur, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor tahun 2014 melalui program Beasiswa Unggulan (BU). Pendidikan Program Doktor selesai pada tahun 2020 di Prodi Ilmu Akuakultur IPB melalui program Beasiswa Unggulan Dosen Indonesia–Dalam Negeri (BUDI-DN). Penulis bekerja sebagai tenaga pengajar non-PNS di Prodi Budidaya Perairan, FPIK UHO tahun 2015-2020, kemudian menjadi ASN di Prodi Budidaya Perairan, FPIK, Universitas Khairun pada Desember 2020-sekarang.

Penulis aktif mengikuti seminar, aktif mempublikasi artikel pada jurnal nasional dan internasional bereputasi. Penulis juga aktif sebagai dewan editor jurnal dan reviewer pada jurnal nasional dan internasional bereputasi. Penulis aktif menulis buku, seperti buku : Pengantar Bioteknologi, Pengantar Ilmu Perikanan dan Kelautan, Dasar-Dasar Mikrobiologi, Perkembangan dan Manfaat Obat Herbal Sebagai Fitoterapi, Budidaya Udang Windu, Akuaponic For Urban Farming: Mewujudkan Petani Inovatif 5.0. Penulis memiliki paten sederhana No S00201905562 dengan judul invensi “Pencegahan infeksi *V. harveyi* dan peningkatan kinerja pertumbuhan pada udang vaname *L. vannamei* dengan pakan yang mengandung ekstrak bawang hutan *E. bulbosa* (Mill.) Urb.” dan No S00202008908 dengan judul “ Formula pakan yang mengandung serbuk simplisia bawang hutan untuk pertumbuhan dan resistansi udang vaname terhadap *V. parahaemolyticus*.”



La Ode Muhammad Junaidin Sirza, S.Pi., M.Si, sering disapa JUJUN lahir di Buton tepatnya di Desa Tongali Pulau Siompu pada tanggal 9 Juni 1989, anak pertama dari lima bersaudara, anak dari pasangan bapak La Ode Sirawunala, SE dan ibu Wa Ode Zamtia (almarhuma). Saya bersekolah di SDN 4 Katobengke, kemudian lanjut sekolah di SMPN 3

Baubau, saya juga alumni SMAN 4 Baubau, melanjutkan pendidikan S1 di Universitas Haluoleo, Kendari dan Studi S2 di Pascasarjana Universitas Diponegoro, Semarang. Prestasi saya di dunia kepenulisan tidak banyak, hanya sering mengikuti workshop atau pelatihan tentang jurnalistik. Aktivitas saya saat ini sebagai salah satu Dosen di Program Studi Pengelolaan Sumber Daya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Buton yang kampusnya terletak di Kota Baubau, Provinsi Sulawesi Tenggara.



Dr. Dudi Lesmana, S.Pi, M.Si Menyelesaikan studi S1, S1, S3 di Program Studi Ilmu Akuakultur, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Saat ini penulis merupakan staf pengajar di Program Studi Akuakultur Fakultas Pertanian Universitas Djuanda. Penulis aktif mengikuti seminar, aktif

mempublikasi artikel pada jurnal nasional dan internasional bereputasi. Penulis juga aktif sebagai dewan editor jurnal dan reviewer pada jurnal nasional dan internasional bereputasi.



Henky Irawan, S.Pi, MP, M.Sc lulus di Program Studi S1 Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Riau tahun 2005. Melanjutkan ke jenjang S2 pada program Double Degree Beasiswa Unggulan di Program Studi Budidaya Perairan kekhususan Bioteknologi Perikanan dan Kelautan Fakultas, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,

Universitas Brawijaya dan Depatement of Aquatic Science, Universitas Burapha-Thailand, serta lulus tahun 2009. Mulai bertugas di Universitas Maritim Raja Ali Haji (UMRAH) pada Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan (FIKP) di Jurusan Ilmu Kelautan (IKL) pada tahun 2009 dan pada tahun 2014 bertugas di Jurusan Budidaya Perairan (BDP) hingga sekarang. E-mail: henkyirawan@umrah.ac.id

Sejak Tahun 2016 hingga saat ini telah menulis buku yaitu: Buku ajar iktiologi, Avertebrata air, Buku Avertebrata air Edisi II, Buku ajar bioteknologi akuakultur, Buku ajar sistem dan teknologi akuakultur, Buku Data dan informasi manfaat dana desa di Provinsi Kepulauan Riau, Buku Panduan penyusunan bahan ajar perguruan tinggi, Buku Rekayasa genetika ikan, Buku Transplantasi lamun mudah dan praktis, Buku Budidaya rumput laut *kappaphycus alvarezii* dengan metode lepas dasar dan longline, Buku Cryopreservation kunci produksi budidaya perikanan di masa depan dan Buku Optimalisasi Budidaya Rumput Laut.



Muhammad Subhan Hamka, S.Pi., M.Si.

lahir di Tonasa, Pangkep tanggal 2 Agustus 1987. Penulis memperoleh gelar Sarjana Perikanan untuk Bidang Budidaya Perairan Universitas Hasanuddin dan melanjutkan pendidikan magister pada program studi Ilmu Akuakultur, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Saat ini penulis tercatat sebagai dosen tetap di Program Studi Budidaya Perikanan Air Tawar Akademi Komunitas Negeri Rejang Lebong, Bengkulu.

Melalui Chapter ini penulis berupaya mengelaborasi hasil hasil penelitian mengenai budidaya rumput laut menggunakan sistem Integrated Multi Trophic Aquaculture (IMTA) yang telah dilakukan untuk memperkaya sumber belajar bagi pembaca.



Ikromatun Nafsiyah, S.Pi., M.Si

lahir di Palembang 21 April 1990. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Ilmu Perikanan, Fakultas Perikanan, Universitas PGRI Palembang tahun 2013. Penulis melanjutkan kuliah magister di Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor pada Program Studi Teknologi Hasil Perairan melalui program Beasiswa Unggulan (BU) *on going*, dan lulus pada tahun 2018. Penulis bekerja pada Perguruan tinggi swasta Universitas Sumatera Selatan Program Studi Ilmu Perikanan sebagai Dosen tetap pada tahun 2020-2022, kemudian diterima menjadi ASN di Akademi Komunitas Negeri Rejang Lebong, Program Studi Budidaya Perikanan Air Tawar pada Agustus 2022-sekarang.

Penulis memulai publikasi artikel ilmiah di jurnal Publikasi Penelitian Terapan dan Kebijakan (2012) dengan judul Potensi Pengembangan Industri Tepung Ikan dari Limbah Pengolahan Makanan Tradisional Khas Palembang Berbasis Ikan; Jurnal Pengolahan Hasil Perairan Indonesia dengan judul Komposisi Nutrisi Ikan Sidat *Anguilla bicolor bicolor* dan *Anguilla marmorata* (2018), *E-Journal* Kementerian Perindustrian Republik Indonesia (Majalah Bahan Alam, Industri, Aneka Pangan, Minyak Atsiri/BIAM) dengan judul Formulasi Campuran Limbah Ikan dan Ikan Rucah Terhadap Kandungan dan Daya Cerna Protein Tepung Ikan (2019), Jurnal Clarias dengan judul Analisis pH Sebelum dan Setelah Penggunaan Kapur Dolomit [CaMg(CO₃)] Terhadap Kegiatan Minapadi di Desa Sungai Dua (2021), Jurnal Clarias dengan judul Profil Hedonik Kempang Panggang Khas Palembang (2022), Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Hiipcampus dengan judul Pelatihan Budidaya Cacing Sutera (*Tubifex* sp.) Ramah Lingkungan di Talng Rimbo Lama, Kabupaten Rejang Lebong tahun 2022, dan Jurnal Nusantara Mengabdi dengan judul Pengolahan Abon Lele Tanpa Minyak di Desa Buyut Ilir Kabupaten Lampung Tengah (2023).

POTENSI BUDIDAYA & OLAHAN RUMPUT LAUT di INDONESIA

Menanggapi pasar global yang berkembang pesat terhadap komoditas rumput laut menjadi tantangan lingkungan dan sekaligus peluang pengembangan budidaya rumput laut di Indonesia.

Nutritional value dari rumput laut mendorong peningkatan permintaan akan komoditas ini baik sebagai bahan baku pada beberapa industri maupun sebagai sumber pangan. Peningkatan produksi rumput laut tidak dapat bergantung sepenuhnya pada alam. Oleh karena itu, upaya produksi rumput laut harus dilakukan melalui kegiatan budidaya.

Usaha budidaya rumput laut tidak optimal apabila tidak didukung oleh best management practices. Usaha ini harus dimulai dengan mengetahui potensi rumput laut Indonesia, termasuk jenis-jenis komoditas rumput laut yang bernilai ekonomis hingga kandungannya. Pengetahuan memadai terkait aspek-aspek yang dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi budidaya yang ideal juga perlu diperhatikan. Terdapat beberapa metode budidaya rumput laut yang disesuaikan dengan lokasi budidaya baik di laut maupun di tambak dengan menggunakan sistem polikultur ataupun Integrated Multi-Thropic Aquaculture (IMTA). Aspek teknis budidaya lainnya yang meliputi pengadaan bibit, penanaman bibit, pemeliharaan, pencegahan hama dan penyakit. Produk olahan rumput laut merupakan upaya hilirisasi hasil produk budidaya sehingga dapat dimanfaatkan oleh konsumen. Pada akhirnya budidaya rumput laut menjadi berorientasi pada profit yang berkelanjutan.

TOHAR MEDIA

No Anggota IKAPI : 022/SSL/2019
Workshop : JL. Rappocini Raya Lr.II A No 13 Kota Makassar
Redaksi : JL. Muhktar dg Tompo Kabupaten Gowa
Perumahan Nayla Regency Blok D No 25
Telp. (0411) 8987659 Hp. 085299993635
<https://toharmedia.co.id>

ISBN 978-623-8148-52-3

