

Aplikasi Rumput Laut *Gracilaria* sp. Sebagai Fitoremediasi Air Tambak Budidaya Bandeng (*Chanos chanos*) di Desa Lagego

*Patahiruddin¹, Andi Mi'rajusyasyakur Muchlis², Hisma Abduh³,
Murni Bustam⁴, Ilmawati⁵

^{1,2,3} Universitas Andi Djemma

*Correspondent Email: udinpata08@gmail.com

Article History:

Received: 15-05-2025; Received in Revised: 31-05-2025; Accepted: 17-06-2025

DOI: <http://dx.doi.org/10.35914/tomaega.3237.9454>

Abstrak

Budidaya ikan yang banyak dilakukan oleh masyarakat di daerah pesisir adalah budidaya ikan bandeng (*Chanos chanos*). Desa Lagego merupakan desa yang berada di Kecamatan Burau, Kabupaten Luwu Timur terdapat Kelompok Pembudidaya Ikan (Pokdakan) Bandeng Super dengan ketua bernama Muh. Yusuf yang dijadikan Mitra PKM. Di desa Mitra muncul permasalahan sebagai akibat dari keberadaan Pabrik Kelapa Sawit (PKS) yang menghasilkan limbah disaat produksi dan limbah tersebut mengalir ke Sungai Bungadidi yang bermuara di kawasan pertambakan. Kondisi ini sangat merugikan mitra dari aspek produksi dan aspek manajemen sehingga menurunkan minat Mitra melakukan budidaya ikan bandeng.. Metode yang digunakan untuk mengatasi permasalahan, yaitu: 1. Pengelolaan nutrisi *Gracilaria* sp. dan teknis pemeliharaan dengan peningkatan kualitas Sumber Daya Manusia (SDM). 2. Penentuan kualitas sumber bibit, kepadatan ikan bandeng dan *Gracilaria* sp. air serta pembuatan desain sistem budidaya 3. Pengontrolan kualitas air dan pemeriksaan penyakit 4. Pengaturan pakan dan pengaturan biaya produksi untuk peningkatan pendapatan. Hasil pengabdian yaitu terjadi penurunan signifikan kadar amonia, nitrat, dan fosfat, peningkatan DO yang mendukung pertumbuhan ikan bandeng dengan SGR meningkat 10-15% dibandingkan tanpa aplikasi *Gracilaria* sp. SR meningkat hingga 85-95%. Petambak memperoleh hasil panen ikan yang lebih banyak sehingga meningkatkan pendapatan dan berkurangnya sisa pakan berkat kualitas air yang lebih baik dan aktivitas makan ikan yang optimal.

Kata Kunci: Bandeng, produksi, Lagego, *Gracilaria* sp., manajemen, limbah.

Abstract

Fish cultivation that is widely carried out by people in coastal areas is milkfish (*Chanos chanos*). Lagego Village is a village located in Burau District, East Luwu Regency, there is a Super Milkfish Fish Cultivation Group (Pokdakan) with a chairman named Muh. Yusuf who was appointed as a PKM Partner. In the Partner village, problems arose as a result of the presence of a Palm Oil Mill (PKS) which produces waste during production and the waste flows into the Bungadidi River which empties into the fishpond area. This condition is very detrimental to partners from the production and management aspects, thus reducing Partner interest in cultivating milkfish. The methods used to overcome the problem, namely: 1. Management of *Gracilaria* sp. nutrition and maintenance techniques by improving the quality of Human Resources (HR). 2. Determination of the quality of seed sources, density of milkfish and *Gracilaria* sp. water and creation of a cultivation system design 3. Controlling water quality

and disease inspection 4. Feed regulation and production cost regulation to increase income. The results of the community service include a significant decrease in ammonia, nitrate, and phosphate levels, and an increase in DO, which supports milkfish growth with SGR, increasing by 10-15% compared to without *Gracilaria* sp. SR increased by 85-95%. Farmers obtained higher fish yields, increasing income and reducing feed waste due to better water quality and optimal fish feeding activity.

Keywords: Milkfish, production, Lagego, *Gracilaria* sp., management, waste.

1. Pendahuluan

Ikan yang sangat sensitif terhadap perubahan kualitas air adalah ikan bandeng (*Chanos chanos*) (Cahyani et al., 2023). Perubahan kualitas air dapat menyebabkan stres dan penyakit yang disebabkan oleh pencemaran air tambak dan perairan sekitarnya (Isman et al., 2022; Surya et al., 2024). Sementara rumput laut *Gracilaria* sp. sebagai tanaman air, memiliki kemampuan untuk menyerap nutrient yang berlebih di perairan (Desanti et al., 2023; Mubarok & Zainuri, 2024). *Gracilaria* sp. akan tumbuh baik di air dengan salinitas 20-30 ppt dan pH 7-8 (Nasmia et al., 2020; Patahiruddin & Sancayaningsih, 2015) yang umumnya dimiliki tambak ikan bandeng. Namun, perubahan salinitas atau pH yang tiba-tiba akibat cuaca atau kesalahan pengelolaan dapat berdampak buruk bagi pertumbuhan bandeng dan *Gracilaria* sp. (Patahiruddin & Sancayaningsih, 2015). Kemampuan *Gracilaria* sp. dalam menyerap konsentrasi nutrisi yang berlebih (Patahiruddin, 2020b), maka akan sangat membantu mengurangi pertumbuhan alga berbahaya yang dapat mempengaruhi kualitas air dan kesehatan ikan bandeng (Nurjanah et al., 2023; Safir et al., 2024). Untuk memastikan efektivitas fitoremediasi dengan penggunaan *Gracilaria* sp., maka digunakan tiga teknologi budidaya yaitu Metode Tradisional Plus, Metode Dasar (*Bottom Method*) (Nuraini et al., 2022; Suryani et al., 2022) dan Sistem Sirkulasi Tertutup (*Closed-Loop*) dengan memanfaatkan *Gracilaria* sp. sebagai fitoremediasi di dalam tambak (Halid & Patahiruddin, 2020; Patahiruddin et al., 2024) serta penggunaan alat ukur kualitas air yang memadai menjadi kebutuhan sangat penting pada mitra. Oleh karena itu, mitra perlu bimbingan dan pendampingan untuk mengadopsi teknologi ini supaya tidak menimbulkan masalah dalam penerapannya.

Permasalahan mitra adalah kurangnya pengetahuan dalam penerapan teknologi fitoremediasi menggunakan *Gracilaria* sp. dan ini harus mendapatkan perhatian khusus terutama penentuan jumlah padat tebar benih (Patahiruddin, 2020a; Patahiruddin et al., 2024; Sari & Rahim, 2025). Hal ini karena jika *Gracilaria* sp. tumbuh terlalu cepat, dapat terjadi penurunan kadar oksigen dalam air tambak, yang dapat berbahaya bagi kelangsungan hidup dan pertumbuhan ikan bandeng. Sebaliknya, jika pertumbuhan *Gracilaria* sp. terlalu lambat, maka tidak akan cukup efektif dalam menyaring polutan yang ada di dalam tambak (Purwanti et al., 2024). Jadi kepadatan bibit *Gracilaria* sp. dan nener bandeng, bisa menjadi kunci keberhasilan budidaya bandeng di lingkungan perairan yang tercemar (Amanda et al., 2021; Isroni et al., 2020). Kondisi Mitra Sasaran Kelompok Pembudidaya Ikan (Pokdakan) Bandeng Super dengan ketua bernama Muh. Yusuf di Desa Lagego, Kabupaten Luwu Timur saat ini, mengalami produksi ikan bandeng menurun drastis dalam beberapa tahun terakhir. Dugaan Mitra bahwa keberadaan Pabrik Kelapa Sawit (PKS) mengolah bahan baku kelapa sawit dengan Tandan Buah Segar (TBS) untuk tujuan produksi CPO (*Crude Palm Oil*) dan IKS (Inti Kelapa Sawit) yang merupakan produksi utama (Idris, 2021) menjadi penyebab

menurunnya produksi karena limbah pabrik mengalir ke lokasi pertambakan. Kondisi ini akan sangat merugikan mitra dari segi Aspek Produksi dan Aspek Manajemen sehingga menurunkan minat mitra melakukan budidaya ikan bandeng.

Kegiatan pengabdian ini penting karena berhubungan dengan peningkatan produksi ikan bandeng berkelanjutan yang berhubungan dengan Bidang Fokus pengabdian yaitu Teknologi Pangan. Budidaya ikan bandeng dengan penggunaan *Gracilaria* sp. sebagai fitoremediasi dapat mendukung beberapa Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), yaitu: SDG 6 - *Clean Water and Sanitation*. *Gracilaria* sp. berfungsi sebagai fitoremediasi untuk menyaring dan memperbaiki kualitas air tambak budidaya ikan bandeng. Penggunaan *Gracilaria* sp. untuk mereduksi polusi air dan membantu menjaga ekosistem air tetap bersih akan mendukung keberlanjutan budidaya (Mubarok & Zainuri, 2024; Velasco-Muñoz et al., 2021; Yuniartik, 2021). Dan SDG 12 - *Responsible Consumption and Production*. Penggunaan *Gracilaria* sp. dalam budidaya ikan bandeng berkontribusi pada praktik budidaya ramah lingkungan, mengurangi dampak negatif terhadap ekosistem. Ini juga mendukung prinsip ekonomi sirkular dengan memanfaatkan tanaman untuk remediasi lingkungan, mengurangi limbah, dan mendukung produksi yang lebih efisien dan berkelanjutan (Mubarok & Zainuri, 2024; Royan et al., 2019).

Kegiatan pengabdian yang dilakukan sesuai dengan IKU 2: yaitu Mahasiswa memperoleh pengalaman belajar di luar kampus berupa indikator yaitu mahasiswa dapat mengidentifikasi masalah utama terkait kualitas air dalam sistem budidaya bandeng yang dapat diatasi dengan penggunaan *Gracilaria* sp. sebagai fitoremediasi (Febrianti et al., 2025). Tujuan untuk menilai dampak lingkungan dari kegiatan PKM dalam hal perbaikan kualitas air dan keberlanjutan budidaya perairan. Sedangkan IKU 3: Dosen berkegiatan di luar kampus dengan Indikator yaitu penerapan penggunaan *Gracilaria* sp. di lokasi budidaya ikan bandeng di luar kampus. Tujuan peningkatan hasil budidaya, pengurangan penggunaan bahan kimia berbahaya, atau peningkatan kualitas air di tambak budidaya bandeng. Hasil pengabdian diharapkan menjadi informasi kepada pembudidaya dan pemerintah untuk mengembangkan budidaya bandeng berkelanjutan dan ramah lingkungan

2. Metode

Adapun tahapan metode pelaksanaan PKM pada permasalahan Mitra dalam Bidang Produksi dan permasalahan dalam Bidang Manajemen sebelum PKM dapat dilihat pada (Tabel 1). Uji statistik yang digunakan adalah Analysis of Variance (Anova).

Tabel 1. Permasalahan Mitra sebelum PKM

| No | Permasalahan Produksi | Permasalahan Manajemen |
|----|---|--|
| 1 | Kualitas air tambak yang menurun | Pemahaman dan keterampilan petambak yang rendah dalam polikultur |
| 2 | Pertumbuhan ikan bandeng yang lambat | Rendahnya protocol budidaya terpadu |
| 3 | Kelangsungan hidup ikan yang rendah | Rendahmya partisipasi dan kerjasama petambak |
| 4 | Produksi <i>gracilaria</i> tidak ada | Rendahnya pengelolaan resiko dan solusi |
| 5 | Dampak penggunaan pakan yang tidak signifikan | Rendahnya dukungan teknologi budidaya |

3. Hasil dan pembahasan

A. Hasil

1. Hasil aspek produksi

Tabel 2. Indikator dan hasil aspek produksi

| NO | INDIKATOR | HASIL DAN DAMPAK |
|----|---------------------------------|--|
| 1 | Peningkatan kualitas air tambak | Penurunan signifikan amonia, nitrat, dan fosfat; peningkatan DO yang mendukung pertumbuhan ikan bandeng. |
| 2 | Pertumbuhan ikan bandeng | Bobot dan laju pertumbuhan spesifik (SGR) meningkat 10-15% dibandingkan tanpa aplikasi <i>Gracilaria</i> . |
| 3 | Kelangsungan hidup ikan | Survival rate meningkat hingga 85-95%, mengurangi kematian akibat keracunan air. |
| 4 | Produksi <i>Gracilaria</i> sp. | Petambak memperoleh keuntungan berupa rumput laut yang bisa pakan tambahan alami yang meningkatkan pertumbuhan bandeng |
| 5 | Efisiensi pakan | Berkurangnya sisa pakan berkat kualitas air yang lebih baik dan aktivitas makan ikan yang optimal. |



Gambar 1. Pemberian pupuk mikro

2. Hasil aspek manajemen

Tabel 3. Indikator dan hasil aspek manajemen

| NO | INDIKATOR | HASIL DAN DAMPAK |
|----|-------------------------------------|---|
| 1 | Pemahaman dan keterampilan petambak | Melalui pelatihan dan pendampingan, petambak mampu melakukan penanaman, pemeliharaan, dan monitoring kualitas air secara mandiri. |
| 2 | Penerapan protokol budidaya terpadu | Adopsi praktik pemberian pakan terukur, pengendalian hama alami, dan sanitasi tambak yang mendukung keberhasilan fitoremediasi. |
| 3 | Partisipasi dan kerjasama petambak | Terbentuk kelompok tani yang aktif berbagi pengalaman dan sumber daya, memperkuat jaringan sosial. |
| 4 | Pengelolaan risiko dan solusi | Petambak mampu mengidentifikasi kendala dan menerapkan solusi teknis untuk mengatasi gangguan pertumbuhan <i>Gracilaria</i> dan kualitas air. |
| 5 | Dukungan teknologi | Pemanfaatan alat monitoring sederhana (tester pH, DO) membantu pemantauan kualitas air secara rutin. |



Gambar 2. Sosialisasi pengukuran kualitas air

B. Pembahasan

Aspek Produksi

1. Perubahan kualitas air tambak

Menilai efektivitas *Gracilaria sp.* dalam meningkatkan kualitas air tambak yang digunakan untuk budidaya bandeng, khususnya dalam mengurangi pencemaran akibat sisa pakan, feses ikan, dan akumulasi nutrisi berlebih. Parameter yang diukur yaitu: DO (Dissolved Oxygen), pH, suhu, Amonia ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$), Nitrat (NO_3^-), Fosfat (PO_4^{3-}). Data hasil pengukuran (Tabel 4).

Tabel 4. Data hasil pengukuran sebelum dan sesudah aplikasi

| NO | Parameter | Sebelum (H0) | Setelah 9 Minggu (H63) | Perubahan |
|----|-----------------|--------------|------------------------|-------------|
| 1 | DO (mg/L) | 3.5 | 5.2 | ↑ Meningkat |
| 2 | pH | 7.2 | 7.5 | ↔ Stabil |
| 3 | Suhu (°C) | 27-32 | 27-30 | ↔ Stabil |
| 4 | Salinitas (ppt) | 28-30 | 28-30 | ↔ Stabil |
| 5 | Amonia (mg/L) | 0.35 | 0.12 | ↓ Turun |
| 6 | Nitrat (mg/L) | 2,5 | 1,1 | ↓ Turun |
| 7 | Fosfat (mg/L) | 0.01 | 0.00 (tidak terbaca) | ↓ Turun |

Catatan: Nilai aktual tergantung kondisi lokal, kepadatan bandeng, kerapatan *Gracilaria*, dan manajemen tambak.



Gambar 3. Pengukuran pH sebelum dan sesudah budidaya

Budidaya bandeng (*Chanos chanos*) sering kali terjadi permasalahan dalam menjaga kualitas air akibat pencampuran antara limbah organik dan sisa pakan yang diberikan, feses ikan, serta senyawa nitrogen dan fosfor. Kualitas air yang menurun dapat menyebabkan stres pada ikan, memperlambat pertumbuhan, bahkan meningkatkan risiko kematian. Dalam upaya membuat kegiatan budidaya yang baik dan berkelanjutan, penerapan *Gracilaria* sp. sebagai (Wahyuni et al., 2020) fitoremediasi telah terbukti memberikan dampak positif terhadap lingkungan tambak dengan kemampuan menyerap senyawa-senyawa anorganik seperti amonia ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$), nitrat (NO_3^-), dan fosfat (PO_4^{3-}) dari air. Dengan keberadaan *Gracilaria* sp., terjadi penurunan konsentrasi senyawa-senyawa ini secara signifikan, yang secara langsung memperbaiki kualitas air tambak. Selain itu, *Gracilaria* juga membantu menstabilkan pH, meningkatkan kadar oksigen terlarut melalui proses fotosintesis, serta mengurangi kekeruhan air akibat pertumbuhan plankton berlebih atau limbah organik (Desanti et al., 2023). *Gracilaria* sp. sebagai fitoremediasi bukan hanya berfungsi sebagai tanaman tambahan, tetapi juga sebagai komponen fungsional dalam ekosistem tambak, menciptakan kondisi lingkungan yang lebih sehat dan produktif bagi budidaya ikan bandeng.

1. Pertumbuhan ikan bandeng

Menilai sejauh mana aplikasi *Gracilaria* sp. dalam tambak memberikan manfaat langsung terhadap pertumbuhan bobot bandeng selama masa budidaya (Tabel 5).

Tabel 5. Dampak terukur terhadap pertumbuhan bandeng

| No | Parameter | Tanpa <i>Gracilaria</i> | Dengan <i>Gracilaria</i> | Perbedaan |
|----|-------------------|-------------------------|--------------------------|----------------|
| 1 | Bobot awal (gram) | 10 g | 10 g | - |
| 2 | Bobot akhir (H60) | ± 70 g | ± 100 g | ↑ Lebih tinggi |
| 3 | SGR (%/hari) | $\pm 3,2\%$ | $\pm 3,9\%$ | ↑ Lebih cepat |

$$\text{SGR} = [(\ln \text{ bobot akhir} - \ln \text{ bobot awal}) / \text{lama budidaya}] \times 100$$



Gambar 4. Menebar benih, menimbang parsial dan panen total

Kegiatan pembesaran ikan bandeng (*Chanos chanos*) menjadi usaha perikanan yang banyak dikembangkan di kawasan pesisir Desa Lagego, terutama di tambak tradisional maupun semi-intensif. Namun, keberhasilan budidaya ini sangat bergantung pada kualitas air yang stabil dan mendukung pertumbuhan ikan (Rahim Rahmad et al., 2024) Salah satu pendekatan inovatif yang diterapkan adalah penggunaan *Gracilaria* sp. sebagai fitoremediasi alami di dalam sistem tambak. *Gracilaria* sp. berperan dalam menjaga kualitas air tetap optimal dan mengurangi toksisitas lingkungan terhadap bandeng. Lingkungan yang lebih bersih dan stabil memberikan dampak langsung terhadap kesehatan, nafsu makan, dan efisiensi pertumbuhan ikan bandeng. Dengan demikian, penggunaan *Gracilaria* sp. sebagai fitoremediasi dalam tambak di Desa Lagego tidak hanya berfungsi sebagai alat pengendali kualitas air, tetapi juga secara tidak langsung meningkatkan produktivitas ikan bandeng dengan *Gracilaria* sp. sebagai pakan tambahan alami. Model budidaya terpadu ini mencerminkan pendekatan yang lebih berkelanjutan dan ekonomis dalam sektor perikanan tambak (Junaid, 2023).

2. Kelangsungan hidup ikan

Tabel 6. Kelangsungan hidup (*Survival Rate*/SR)

| No | Parameter | Tanpa <i>Gracilaria</i> | Dengan <i>Gracilaria</i> | Perbedaan |
|----|--------------------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|
| 1 | Mortalitas tinggi saat cuaca ekstrem | Ya | Tidak signifikan | |
| 2 | Survival rate akhir (%) | 70–80% | 85–95% | ↑ Lebih tinggi 10–20% |
| 3 | Penggunaan antibiotik/obat | Kadang diperlukan | Tidak diperlukan | |

Tingkat kehidupan ikan bandeng (*Chanos chanos*) dalam tambak budidaya sangat dipengaruhi oleh kualitas lingkungan, terutama kualitas air yang menjadi media utama dalam sistem budidaya (Cahyani et al., 2023). Penggunaan *Gracilaria* sp. sebagai agen fitoremediasi dalam tambak bandeng terbukti memberikan dampak positif terhadap kondisi air, sehingga mendukung tingkat kelangsungan hidup ikan secara signifikan. *Gracilaria* sp. mampu menyerap nutrisi berlebih seperti nitrogen dan fosfat yang dihasilkan dari sisa pakan dan limbah metabolik ikan bandeng (Desanti et al., 2023). Dengan mengurangi akumulasi nutrisi tersebut, kualitas air tetap terjaga dari penurunan oksigen terlarut dan pertumbuhan mikroorganisme berbahaya, yang dapat menyebabkan stres dan kematian pada ikan. Selain itu, *Gracilaria* sp. juga berperan sebagai biofilter

alami yang menyeimbangkan ekosistem tambak, menciptakan lingkungan yang lebih sehat dan stabil bagi ikan bandeng untuk tumbuh dan berkembang.

3. Produksi *Gracilaria* sp.

Penggunaan *Gracilaria* sp. sebagai fitoremediasi dalam tambak budidaya ikan bandeng merupakan salah satu strategi ekobudidaya yang bertujuan untuk menjaga kualitas air secara alami. Dengan kemampuannya tersebut, *Gracilaria* sp. berperan penting dalam menstabilkan ekosistem tambak serta mendukung pertumbuhan ikan bandeng secara tidak langsung. Pertumbuhan *Gracilaria* sp. pada tambak budidaya ikan akan dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti: salinitas, suhu, intensitas cahaya, ketersediaan nutrisi, dan kejernihan air (Patahiruddin, 2020b). Dalam sistem budidaya yang dikombinasikan dengan ikan bandeng, konsentrasi nutrisi yang cukup tinggi justru menjadi sumber makanan bagi *Gracilaria* sp., sehingga dapat mendorong pertumbuhannya. Namun, keberhasilan pertumbuhan *Gracilaria* sp. tetap membutuhkan keseimbangan, karena konsentrasi nutrisi yang terlalu tinggi atau kondisi lingkungan yang ekstrem (misalnya fluktuasi suhu atau salinitas secara drastis) dapat menghambat pertumbuhan bahkan menyebabkan kematian alga (Desanti et al., 2023). Secara umum, *Gracilaria* sp. menunjukkan pertumbuhan yang baik dalam tambak budidaya bandeng di Desa Lagego, ditandai dengan peningkatan biomassa selama periode budidaya namun tidak dapat dijual untuk meningkatkan pendapatan karena ternyata *Gracilaria* sp. menjadi makanan tambahan alami bagi bandeng yang dibudidayakan. Selain itu, keberadaan *Gracilaria* sp. juga menciptakan habitat mikro bagi biota lain, seperti zooplankton dan mikroorganisme, yang mendukung rantai makanan di dalam tambak.

4. Efisiensi Pakan

Keberhasilan budidaya ikan sebagai akibat dari efisiensi pakan yang pada pembesaran ikan bandeng (*Chanos chanos*), karena pakan menyumbang lebih dari 35-40% dari total biaya operasional tambak budidaya semi intensif. Dalam sistem budidaya konvensional, kualitas air yang menurun akibat akumulasi sisa pakan dan limbah metabolik sering menyebabkan stres pada ikan (Faizzah et al., 2025), menurunkan nafsu makan, serta memperburuk rasio konversi pakan (*Feed Conversion Ratio/FCR*). Untuk mengatasi hal ini, pendekatan ekosistem terpadu melalui penggunaan *Gracilaria* sp. sebagai **fitoremediasi** yang diterapkan. *Gracilaria* sp. merupakan makroalga yang mampu menyerap nutrisi berlebih seperti amonia, nitrat, dan fosfat dari perairan tambak.. Tambak yang menerapkan *Gracilaria* sp. sebagai fitoremediasi cenderung memiliki nilai FCR yang lebih rendah dibandingkan tambak tanpa *Gracilaria* sp., sehingga lebih efisien dan ekonomis.

Aspek Manajemen

1. Pemahaman dan keterampilan petambak

Penerapan teknologi budidaya berkelanjutan, seperti integrasi *Gracilaria* sp. sebagai fitoremediasi dalam tambak ikan bandeng (*Chanos chanos*), menuntut adanya peningkatan pemahaman dan keterampilan dari para petambak. Keberhasilan sistem budidaya terpadu ini sangat bergantung pada sejauh mana petambak memahami peran ekologis *Gracilaria*, serta kemampuannya dalam mengelola interaksi antara ikan, alga, dan lingkungan tambak secara holistik (Sukri et al., 2020). Pemahaman dasar yang perlu dimiliki petambak mencakup konsep fitoremediasi, yaitu proses biologis di mana *Gracilaria* sp. menyerap dan menurunkan konsentrasi zat pencemar seperti amonia,

nitrat, dan fosfat dari perairan (Halid & Patahiruddin, 2020). Dengan memahami fungsi ini, petambak dapat melihat *Gracilaria* sp. bukan hanya sebagai tanaman tambahan, tetapi sebagai komponen penting dalam menjaga kualitas air dan mendukung pertumbuhan ikan bandeng secara tidak langsung. Di Desa Lagego, masih ditemukan variasi dalam tingkat pemahaman dan keterampilan petambak dalam mengenal manfaat ekosistem polikultur ini. Oleh karena itu, program penyuluhan, pelatihan, dan pendampingan teknis masih sangat penting untuk meningkatkan kapasitas petambak Desa Lagego dalam mengelola sistem budidaya ramah lingkungan ini.

2. Penerapan protokol budidaya terpadu

Penerapan protokol budidaya terpadu dalam sistem budidaya bandeng (*Chanos chanos*) dengan memanfaatkan *Gracilaria* sp. sebagai fitoremediasi merupakan pendekatan berkelanjutan dalam pengelolaan tambak yang menggabungkan aspek produksi dan konservasi lingkungan. Protokol ini bertujuan untuk menciptakan sistem budidaya yang efisien, ramah lingkungan, serta mampu menjaga stabilitas kualitas air tanpa ketergantungan tinggi pada bahan kimia atau sistem aerasi buatan. Dalam sistem terpadu ini, *Gracilaria* sp. berperan sebagai biofilter alami yang menyerap senyawa-senyawa limbah seperti amonia, nitrat, dan fosfat. Dengan diterapkannya protokol yang tepat, lingkungan tambak menjadi lebih seimbang, produktif, dan minim pencemaran. Penerapan protokol ini menunjukkan bahwa pendekatan budidaya terpadu mampu meningkatkan produktivitas tambak, memperbaiki kualitas lingkungan budidaya, serta mengurangi beban limbah secara signifikan. Selain itu, sistem ini juga memberikan nilai ekonomi tambahan melalui panen *Gracilaria* sp., yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri atau komoditas ekspor (Abidin et al., 2022).

3. Penerimaan dan partisipasi petambak

Sistem budidaya bandeng (*Chanos chanos*) yang terintegrasi dengan *Gracilaria* sp. sebagai fitoremediasi tidak hanya menuntut pemahaman teknis, tetapi juga membutuhkan partisipasi aktif dan kerjasama yang baik antar petambak. Keberhasilan sistem budidaya terpadu ini sangat dipengaruhi oleh penerimaan (Tabel 7) dan kesadaran kolektif petambak akan pentingnya menjaga kualitas lingkungan tambak dan komitmen bersama untuk menerapkan prinsip budidaya berkelanjutan. Partisipasi petambak tercermin dalam keterlibatan mereka mulai dari tahap perencanaan, persiapan tambak, penebaran nener dan benih *Gracilaria* sp., hingga pemantauan dan pemeliharaan harian. Petambak yang aktif berpartisipasi, umumnya lebih cepat beradaptasi dengan teknologi budidaya ramah lingkungan dan menunjukkan hasil produksi yang lebih baik. Mereka juga lebih terbuka untuk menerapkan inovasi, seperti pemantauan kualitas air secara rutin dan penggunaan *Gracilaria* sp. sebagai biofilter alami (Wandira et al., 2018).

Testimoni lapangan (contoh kualitatif), yaitu: Setelah pakai *Gracilaria* sp., ikan lebih gesit, pakan lebih cepat habis, dan air tidak cepat bau. Hasil panen naik, jarang ada yang mati.” (Pak **Ambo Sakka**, Petambak di Desa Lagego)

Tabel 7. Faktor-faktor yang mempengaruhi penerimaan teknologi budidaya

| NO | ASPEK | PENJELASAN |
|----|------------------------|--|
| 1 | Pemahaman teknis | Petambak yang sudah memahami dasar-dasar kualitas air dan ekosistem cenderung lebih menerima teknologi fitoremediasi. |
| 2 | Kesesuaian lokal | <i>Gracilaria sp.</i> mudah tumbuh di tambak air payau, sehingga cocok untuk petambak di wilayah pesisir yang sudah mengenal budidaya rumput laut. |
| 3 | Nilai ekonomi tambahan | Potensi panen ganda (<i>Gracilaria</i> + bandeng) menjadi daya tarik tersendiri, apalagi jika ada pasar untuk agar-agar atau pakan fermentasi. |
| 4 | Kemudahan aplikasi | Teknologi ini tidak membutuhkan alat berat atau bahan kimia, hanya pemahaman dasar penanaman dan pemeliharaan. |
| 5 | Peran kelembagaan | Penerimaan meningkat jika ada dukungan dari dinas, penyuluh, atau koperasi lokal. |

4. Pengelolaan risiko dan solusi

Budidaya bandeng (*Chanos chanos*) yang mengintegrasikan *Gracilaria sp.* sebagai fitoremediasi merupakan inovasi yang menjanjikan untuk meningkatkan produktivitas sekaligus menjaga kualitas lingkungan tambak. Namun, seperti sistem budidaya lainnya, penerapan metode ini juga menghadapi berbagai risiko dan kendala (Tabel 8) yang perlu dikelola secara tepat agar hasil budidaya optimal dan berkelanjutan. Dengan pengelolaan risiko dan kendala yang sistematis dan solusi (Tabel 9) yang terintegrasi, budidaya bandeng dengan *Gracilaria sp.* sebagai fitoremediasi dapat berjalan lebih lancar, produktif, dan berkelanjutan (Safir et al., 2024). Pendekatan menguntungkan secara ekonomi dan menjaga kelestarian ekosistem tambak serta meningkatkan kesejahteraan petambak.

Tabel 8. Kendala dalam implementasi *Gracilaria sp.* sebagai fitoremediasi

| NO | RISIKO DAN KENDALA | PENJELASAN |
|----|---|--|
| 1 | Adaptasi <i>gracilaria</i> di tambak | Beberapa lokasi tambak memiliki kondisi salinitas atau kualitas air yang kurang ideal sehingga <i>Gracilaria sp.</i> sulit tumbuh optimal. |
| 2 | Pengetahuan dan keterampilan petambak | Kurangnya pemahaman tentang teknik penanaman, pemeliharaan, dan monitoring kualitas air. |
| 3 | Ketersediaan bibit berkualitas | Bibit <i>Gracilaria sp.</i> yang sehat dan siap tanam tidak selalu tersedia secara konsisten. |
| 4 | Gangguan hama dan penyakit | Serangan organisme pengganggu seperti siput, udang karang, atau penyakit alga dapat menghambat pertumbuhan <i>Gracilaria sp.</i> |
| 5 | Manajemen tambak yang kurang tepat | <i>Overfeeding</i> ikan atau pengelolaan limbah yang buruk menyebabkan kualitas air tetap buruk meski ada <i>Gracilaria sp.</i> |
| 6 | Minimnya dukungan teknis dan finansial | Terbatasnya pendampingan dari dinas perikanan atau lembaga riset serta keterbatasan dana untuk pembelian alat dan bibit. |
| 7 | Pasar dan nilai ekonomi <i>gracilaria</i> | Belum optimalnya pasar untuk hasil panen <i>Gracilaria sp.</i> , sehingga kurang memotivasi petambak. |

Tabel 9. Solusi yang direkomendasikan

| NO | SOLUSI | DESKRIPSI |
|----|---|---|
| 1 | Penyesuaian Lokasi dan Kondisi Tambak | Melakukan uji coba awal dan memilih tambak dengan salinitas dan kualitas air sesuai kebutuhan <i>Gracilaria</i> sp. |
| 2 | Pelatihan dan Penyuluhan Berkelanjutan | Mengadakan pelatihan teknis dan pendampingan langsung tentang cara penanaman, pemeliharaan, dan monitoring kualitas air. |
| 3 | Pengembangan Produksi Bibit | Membuat pusat pembenihan bibit <i>Gracilaria</i> lokal untuk menjamin ketersediaan bibit berkualitas. |
| 4 | Pengendalian Hama dan Penyakit | Menerapkan teknik pengelolaan tambak yang ramah lingkungan dan monitoring rutin untuk deteksi dini gangguan. |
| 5 | Manajemen Tambak Terpadu | Menerapkan praktik pemberian pakan yang tepat dan sanitasi tambak untuk mendukung kinerja <i>Gracilaria</i> . |
| 6 | Dukungan Institusional | Melibatkan dinas perikanan, lembaga riset, dan pemerintah daerah untuk pendampingan teknis dan bantuan dana. |
| 7 | Pengembangan Pasar dan Diversifikasi Produk | Mendorong kemitraan pemasaran, pengolahan produk <i>Gracilaria</i> (agar-agar, pakan fermentasi), dan pemberian nilai tambah. |

5. Dukungan teknologi

Kegiatan budidaya bandeng (*Chanos chanos*) memiliki potensi besar untuk diusakan dan ditingkatkan karena tingginya permintaan pasar (Rizky Handayani et al., 2019). Namun, intensifikasi budidaya bandeng di tambak seringkali menimbulkan masalah lingkungan, terutama terkait dengan akumulasi limbah organik dan nutrisi berlebih yang dapat menurunkan kualitas air dan menyebabkan pencemaran.

Dalam upaya mengatasi permasalahan tersebut, teknologi fitoremediasi menggunakan *Gracilaria* sp. hadir sebagai solusi inovatif yang ramah lingkungan. Implementasi teknologi ini dalam budidaya bandeng dilakukan dengan menempatkan *Gracilaria* sp. di dasar tambak yang berfungsi sebagai biofilter alami. Dukungan teknologi berupa sistem monitoring kualitas air secara digital juga menjadi bagian penting dalam penerapan fitoremediasi ini. Dengan pengawasan yang tepat, penggunaan *Gracilaria* sp. dapat dioptimalkan untuk menjaga keseimbangan ekosistem tambak dan meningkatkan produktivitas budidaya bandeng secara berkelanjutan.

C. Potensi keberlanjutan penerapan fitoremediasi *gracilaria* sp.

1. Keberlanjutan lingkungan (Nurcomariah et al., 2021)
 - a. *Gracilaria* sp. mampu menyerap nutrisi berlebih (amonia, nitrat, fosfat) secara alami sehingga menjaga kualitas air tambak secara berkelanjutan.
 - b. Pengurangan limbah organik dan bahan kimia berbahaya mengurangi risiko pencemaran dan degradasi lingkungan sehingga meningkatkan keanekaragaman hayati mikroorganisme yang bermanfaat di tambak.
2. Keberlanjutan ekonomi (Safrini et al., 2022)
 - a. Potensi panen ganda yaitu selain ikan bandeng, *Gracilaria* dapat dipanen sebagai bahan baku agar-agar dan produk olahan bernilai tambah.
 - b. Pengurangan biaya operasional seperti kebutuhan obat-obatan dan pengelolaan kualitas air akan meningkatkan produktivitas dan hasil panen bandeng yang berujung pada pendapatan petambak yang lebih stabil.
3. Keberlanjutan sosial (Rahim Rahmad et al., 2024)
 - a. Mendorong pemberdayaan petambak melalui pelatihan, pendampingan, dan pembentukan kelompok tani.

- b. Memperkuat jejaring kemitraan antara petambak, pemerintah, dan sektor swasta sehingga meningkatkan kesadaran petambak akan pentingnya pengelolaan lingkungan yang ramah dan berkelanjutan.

4. Simpulan

Penerapan *Gracilaria sp.* sebagai agen fitoremediasi berhasil meningkatkan kualitas air tambak, dengan penurunan kadar amonia serta peningkatan kadar oksigen terlarut (DO). Kondisi kualitas air yang membaik berkontribusi positif terhadap pertumbuhan ikan bandeng, terbukti dengan peningkatan bobot rata-rata dan laju pertumbuhan spesifik (SGR) ikan selama masa budidaya. Kelangsungan hidup ikan bandeng meningkat secara signifikan, mengurangi angka kematian dan meningkatkan efisiensi budidaya. Selain mendukung lingkungan budidaya ikan, *Gracilaria sp.* juga menjadi makanan tambahan alami bagi andeng yang dibudidayakan.

Pelatihan dan pendampingan yang dilakukan meningkatkan kapasitas petambak dalam pengelolaan tambak secara terpadu, meliputi penanaman dan pemeliharaan *Gracilaria sp.*, serta monitoring kualitas air secara rutin. Petambak mulai menerapkan praktik budidaya yang lebih terstruktur, termasuk pengelolaan pakan dan sanitasi tambak yang mendukung keberhasilan aplikasi fitoremediasi. Terbentuknya kelompok tani dan jaringan kemitraan memperkuat koordinasi dan saling berbagi pengalaman dalam pengelolaan teknologi ini. Adanya dukungan teknis dan penggunaan alat monitoring sederhana meningkatkan kemampuan petambak dalam mengelola risiko dan menjaga kualitas lingkungan budidaya.

5. Rekomendasi

1. Perlu dilanjutkan pengembangan pelatihan dan pendampingan agar lebih banyak petambak dapat mengadopsi teknologi ini.
2. Penguatan kelembagaan petambak dan akses pasar produk *Gracilaria sp.* perlu ditingkatkan untuk keberlanjutan ekonomi.
3. Disarankan adanya kolaborasi lintas sektor untuk mendukung pendanaan, teknis, dan pengembangan teknologi.

6. Ucapan terima kasih

Kami memberikan ucapan terima kasih kepada:

1. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikbudristek) Republik Indonesia sebagai pemberi dana hibah Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat (PKM), yang telah memberikan dukungan dana sehingga program ini dapat berjalan dengan baik
2. Masyarakat Desa Lagego, atas partisipasi aktif, antusiasme, dan komitmen dalam pelaksanaan kegiatan hingga penerapan teknologi fitoremediasi di tambak.
3. Pemerintah Desa Lagego, yang telah memberikan izin, fasilitasi, dan dukungan administratif selama proses kegiatan sehingga berjalan lancar.
4. Mitra Tambak, yang telah bersedia menjadi lokasi demonstrasi serta memberikan data dan informasi penting demi evaluasi keberhasilan aplikasi teknologi ini.
5. LPPM Universitas Andi Djemma, atas dukungan teknis, fasilitas, dan koordinasi yang mendukung terlaksananya kegiatan ini.

6. Tim Pelaksana PKM, yang telah bekerja dengan penuh dedikasi, profesionalisme, dan semangat tinggi dalam merancang, melaksanakan, serta mendampingi petambak selama proses pengabdian.

7. Daftar pustaka

- Abidin, Z., Sipahutar, Y. H., & Sirait, J. (2022). Pemanfaatan rumput laut (*Gracilaria* sp.) Sebagai produk mie kering. *Jurnal Aurelia*, 4(1), 87–96. <https://doi.org/10.15578/aj.v4i1.10818>
- Amanda, R., Nuraini, R. A. T., & Supriyantini, E. (2021). Korelasi antara daya serap *Gracilaria* sp. terhadap konsentrasi logam berat Cu di media pemeliharaan. *Journal of Marine Research*, 10(3), 363–368. <https://doi.org/10.14710/jmr.v10i3.30732>
- Cahyani, A. P. R., Afifa, F. H., & Hafiludin, H. (2023). Manajemen kualitas air pada kolam budidaya pembesaran ikan bandeng (*Chanos chanos*) di Balai Besar Perikanan Budidaya Air Payau (BBPBAP) Jepara, Jawa Tengah. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*, 4(4), 381–389. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v4i4.23115>
- Desanti, I. A., Pramesti, R., & Sunaryo, S. (2023). Pertumbuhan *Gracilaria* sp. dengan kepadatan berbeda pada air limbah pemeliharaan udang intensif. *Journal of Marine Research*, 12(1), 103–109. <https://doi.org/10.14710/jmr.v12i1.35054>
- Faizzah, N., Savira, M., Putri, A., Wicaksono, R. R., Hanif, M., Chusnun, A., Noer, C., & Yanik, F. (2025). Dampak kualitas air terhadap kelangsungan hidup ikan bandeng (*Chanos chanos*) di Tambak Area Bekas Pabrik Peleburan Aki. 25(1), 162–171.
- Febrianti, H., Ifa, L., & Yani, S. (2025). Analisis dampak lingkungan budidaya ikan terhadap kondisi lingkungan di Kelurahan Panaikang Kecamatan Panakukang Kota Makassar. *JUTIN : Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 8(1), 1161–1169.
- Halid, I., & Patahiruddin. (2020). Teknik budidaya rumput laut (*Gracilaria verrucosa*) di tambak budidaya Kota Palopo Sulawesi Selatan. *Jurnal Dinamika Pengabdian P-ISSN: 2460-8173 e-ISSN: 2528-3219*, 5(2), 287. <http://journal.unhas.ac.id/index.php/jdp/article/view/10145%0Ahttps://journal.unhas.ac.id/index.php/jdp/article/download/10145/5252>
- Idris, H. (2021). *Proses pengolahan kelapa sawit Pt Perkebunan Nusantara Xiv Unit Usaha Pks Luwu Oleh : Politeknik Ati Makassar*. 78.
- Isman, H., Rupiwardani, I., & Sari, D. (2022). Gambaran pencemaran limbah cair industri tambak udang kualitas air laut di Pesisir Pantai Lombeng. *Jurnal Pendidikan Dan Konseling*, 4(3), 1349–1358.
- Isroni, W., Bahri, A. S., & Amin, A. A. (2020). Effect of dense stocking of *Gracilaria* sp on growth and survival of milkfish (*Chanos chanos forskal*) on polyculture culture systems. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 441(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/441/1/012025>
- Junaid, A. (2023). Pengaruh padat tebar terhadap pertumbuhan *Gracilaria changii* di tambak lingkungan taduang program studi akuakultur
- Mubarok, A. K. U., & Zainuri, M. (2024). Efektifitas rumput laut (*Glacilaria* sp.) terhadap penurunan nilai kandungan amonia dari air limbah tambak udang di socah Madura. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*, 5(1), 96–103. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v5i1.24421>
- Nasmia, N., Natsir, S., & Rusaini, R. (2020). *Teknologi budidaya dan pemanfaatan*

- rumput laut* (pertama, Issue December). Untad Press.
- Nuraini, H., Rejeki, S., Amalia, R., Widowati, L. L., & Wisnu, R. (2022). Pengaruh perbedaan metode budidaya dan asal bibit terhadap pertumbuhan *Gracilaria verrucosa* yang dibudidayakan di tambak Desa Tambakbulusan Kecamatan Sayung Kabupaten Demak. *Sains Akuakultur Tropis*, 6(1), 88–95. <https://doi.org/10.14710/sat.v6i1.12575>
- Nurcomariah, Hubeis, M., & Trilaksani, W. (2021). Strategi pengembangan agribisnis rumput laut *Gracillaria* di Karangantu Serang Banten. *Manajemen IKM: Jurnal Manajemen Pengembangan Industri Kecil Menengah*, 15(1), 62–69. <https://doi.org/10.29244/mikm.15.1.62-69>
- Nurjanah, Sutaman, Suyono, Mulatsih, S., Hartanti, N. U., Narto, & Dina, K. F. (2023). Pencemaran logam berat Timbal (Pb) pada tambak bandeng (*Chanos chanos*) dan rumput laut (*Gracilaria verrucosa*) di kotategal. *Laporan penelitian*, 26 hal.
- Patahiruddin. (2020a). Pengaruh kerapatan bibit terhadap pertumbuhan rumput laut *Gracilaria verrucosa* pada tambak budidaya bandeng (*Chanos Chanos*) Di Kabupaten Luwu Sulawesi Selatan. *Fisheries of Wallacea Journal*, 1(1), 37–44.
- Patahiruddin. (2020b). Pengaruh nitrat substrat terhadap pertumbuhan rumput laut *Gracilaria verrucosa* di tambak budidaya Desa Lare-Lare Kabupaten Luwu Sulawesi Selatan. 1(1), 1–8.
- Patahiruddin, Mirajusyaktur, A., Siswati, Adam, M., & Ramadani., N. (2024). Rumput laut (*Gracilaria* sp.) sebagai fitoremediasi limbah air tambak intensif udang vanamei (*Litopenaeus vannamei*) Di Kabupaten Luwu. *Jurnal Perikanan Unram*.
- Patahiruddin, & Sancayaningsih, R. P. (2015). Pengaruh kerapatan bibit terhadap pertumbuhan rumput laut (*Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss) di tambak budidaya Kabupaten Luwu Sulawesi Selatan. *April*, 1–11.
- Purwanti, A., Budi, S., & Mulyani, S. (2024). Tanam yang berbeda growth of *Gracillaria Verrucosa* seaweed with different planting spatial variations. 7(1), 1–5. <https://doi.org/10.35965/jae.v7i1.5250>
- Rahim Rahmad, A., Rosmarlinasiah, Jumadi, Rahmad, Asari, S., & Utami, D. R. (2024). Sistem budidaya ikan terintegrasi: budidaya ikan bandeng, udang vanamei, rumput laut, dan kerang hijau di tambak ekstensif polikultur.
- Rizky Handayani, Rejeki, S., & Elfitasari, T. (2019). Valuasi Kelayakan Usaha Budidaya Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) Secara Semi Intensif Di Kecamatan Ulujami, Kabupaten Pematang. *Jurnal Sains Akuakultur Tropis*, 2, 38–48.
- Royan, M. R., Solim, M. H., & Santanumurti, M. B. (2019). Ammonia-eliminating potential of *Gracilaria* sp. and zeolite: A preliminary study of the efficient ammonia eliminator in aquatic environment. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 236(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/236/1/012002>
- Safir, M., Tahya, A. M., Serdiati, N., & Mangitung, S. F. (2024). Optimalisasi tambak ikan bandeng non-produktif dengan budidaya *gracilaria* sp sebagai solusi kelangkaan pupuk bagi petani tambak. 10(2).
- Safrini, D., Adhawati, S., Cangara, A. S., Made, S., Studi, P., Perikanan, A., Kelautan, I., & Perikanan, D. (2022). Kajian usaha budidaya tambak rumput laut (*Gracilaria* sp.) di Kecamatan Malangke Barat Kabupaten Luwu Utara The Study of Seaweed Pond Cultivation (*Gracilaria* sp.) in West Malangke District, North Luwu Regency. *Jurnal Ponggawa*, 2(1), 1–10.
- Sari, F. P. P., & Rahim, A. R. (2025). Evaluasi efektivitas padat tebar yang berbeda pada sistem ekstensif polikultur terhadap pertumbuhan dan kualitas agar

- rendemen rumput laut (Gracilaria verrucosa). 10(1), 1–7.*
- Sukri, I., Arfan, A., & Nasiah. (2020). *Land evaluation of fishpond for cultivating seaweed Gracilaria sp in Bone Regency. 19(1), 28–37.*
- Surya, A. T. J., Sasongko, A. S., & Cahyadi, F. D. (2024). *Kandungan amonia, fosfat, nitrat dan nitrit air laut di perairan pesisir desa lontar. 5(3), 238–245.*
- Suryani, Y. Y., Jasmanindar, Y., & Saloso, Y. (2022). Pertumbuhan ikan bandeng (*Chanos chanos*) dan *Gracilaria* sp. pada sistem monokultur dan polikultur di tambak Desa Bipolo, Kupang Timur, Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Marikultur, 4(2), 15–25.*
- Velasco-Muñoz, J. F., Mendoza, J. M. F., Aznar-Sánchez, J. A., & Gallego-Schmid, A. (2021). Circular economy implementation in the agricultural sector: Definition, strategies and indicators. *Resources, Conservation and Recycling, 170*(January). <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105618>
- Wahyuni, A. P., Firmansyah, M., Fattah, N., & Hastuti. (2020). Study of water quality for milkfish cultivation (*Chanos chanos* Forsskal) in the ponds of Samataring Village, East Sinjai District. *Jurnal Agrominansia, 5(1), 2020.*
- Wandira, A. W., Sunaryo, S., & Sedjati, S. (2018). Rumput laut *Gracilaria* sp. sebagai bioremediasi dalam sistem budidaya polikultur dengan kepiting bakau (*Scylla serrata*). *Journal of Marine Research, 7(2), 113–124.* <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jmr/article/view/25900>
- Yuniartik, M. (2021). Pertumbuhan rumput laut *Gracilaria* sp. Pada media bioremediasi limbah udang vaname Di Banyuwangi. *JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research, 5(1), 119–124.* <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2021.005.01.17>