

## Dissemination of Seagrass Density Information from Object-Based Image Analysis (OBIA) Mapping to Pengudang Coastal Community

(Diseminasi Informasi Kondisi Kerapatan Lamun Hasil Pemetaan Object-Based Image Analysis (OBIA) Kepada Masyarakat Pesisir Pengudang)



Esty Kurniawati <sup>a,1</sup>, Indah Kartika <sup>a,2</sup>, Try Febrianto <sup>a,3</sup>, Septia Refly <sup>a,4</sup>,  
Mario Putra Suhana <sup>a,5</sup>, Asep Ma'mun <sup>a,6</sup>, Muhammad Fajar Fajri Fardillah <sup>a,7</sup>,  
Muhammad Johar Rudin <sup>a,8</sup>



<sup>a</sup> Universitas Maritim Raja Ali Haji, Kepulauan Riau 29124, Indonesia

E-mail: <sup>1</sup>estykurniawati@umrah.ac.id, <sup>2</sup>indahkartika@umrah.ac.id, <sup>3</sup>try.febrianto@umrah.ac.id,  
<sup>4</sup>septiarefly@umrah.ac.id, <sup>5</sup>marioputrasuhana@umrah.ac.id, <sup>6</sup>asepmamun@umrah.ac.id,  
<sup>7</sup>mfajarff@umrah.ac.id, <sup>8</sup>johar.rudin@umrah.ac.id.

\*Corresponding Author.

E-mail address: estykurniawati@umrah.ac.id (E. Kurniawati).

Received: February 25, 2026 | Revised: March 6, 2026 | Accepted: March 8, 2026

**Abstract:** Pengudang Village, Bintan Regency, Riau Islands, is a coastal area that hosts seagrass ecosystems with high biodiversity. However, this area is increasingly experiencing degradation pressures due to climate change and anthropogenic activities. The limited public knowledge regarding the condition of seagrass ecosystems has become a major obstacle to community-based conservation efforts in the region. This community service activity aimed to disseminate information on seagrass density mapping results using the Object-Based Image Analysis (OBIA) technology to the coastal community of Pengudang. The mapping was conducted at 59 survey points distributed across the shallow waters of Pengudang Village in October 2025. The results identified seven seagrass species with a total coverage area of 344.26 hectares, of which approximately 92% fell into the high-density category. The dissemination of the mapping results was carried out in December 2025 using an interactive outreach method supported by visual media and infographics, and was evaluated through questionnaires distributed to 10 respondents. The evaluation results showed that all assessment indicators were within a score range of 3.7–4.0, categorized as Very Good, with no respondents expressing disagreement regarding either the material or the implementation of the activity. This activity demonstrates that a dissemination approach based on modern mapping technology, delivered through participatory and contextual methods, is effective in improving public understanding, awareness, and conservation motivation among coastal communities toward seagrass ecosystems.

**Keywords:** community coastal; dissemination; OBIA; seagrass conservation; seagrass density

**Abstrak:** Desa Pengudang, Kabupaten Bintan, Kepulauan Riau, merupakan kawasan pesisir yang memiliki ekosistem lamun dengan keanekaragaman tinggi. Namun, kawasan ini menghadapi tekanan degradasi yang semakin meningkat akibat perubahan iklim dan aktivitas antropogenik. Rendahnya pengetahuan masyarakat mengenai kondisi ekosistem lamun menjadi hambatan utama dalam upaya konservasi berbasis masyarakat di wilayah tersebut. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk mendiseminasikan informasi hasil pemetaan kerapatan lamun menggunakan teknologi Object-Based Image Analysis (OBIA) kepada masyarakat pesisir Pengudang. Pemetaan dilaksanakan di 59 titik survei yang tersebar di perairan dangkal Desa Pengudang pada Oktober 2025. Hasil pemetaan mengidentifikasi tujuh spesies lamun dengan total luasan tutupan mencapai 344,26 hektar, di mana sekitar 92% berada dalam kategori kerapatan tinggi. Sosialisasi hasil pemetaan dilaksanakan pada Desember 2025 menggunakan metode penyuluhan interaktif berbasis media visual dan infografis, serta dievaluasi melalui



angket kepada 10 responden. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa seluruh indikator penilaian berada pada rentang skor 3,7–4,0 dengan kategori Sangat Baik, tanpa satu pun responden yang menyatakan ketidaksetujuan terhadap materi maupun pelaksanaan kegiatan. Kegiatan ini membuktikan bahwa pendekatan diseminasi berbasis teknologi pemetaan modern yang dikemas secara partisipatif dan kontekstual efektif dalam meningkatkan pemahaman, kesadaran, dan motivasi konservasi masyarakat pesisir terhadap ekosistem lamun.

**Kata kunci:** diseminasi; kerapatan lamun; konservasi pesisir; masyarakat pesisir; OBIA

## Pendahuluan

Desa Pengudang merupakan desa pesisir yang strategis dan berlokasi di Kecamatan Teluk Sebong, Kabupaten Bintan, Kepulauan Riau, tepatnya di pesisir utara Pulau Bintan yang merupakan wilayah terluar. Desa Pengudang memiliki tiga ekosistem utama, yaitu padang lamun, terumbu karang, dan bakau, yang menjadi kekayaan maritim wilayah tersebut. Posisi geografis yang strategis membuat desa ini mudah diakses, sekaligus memperkuat potensinya sebagai destinasi wisata bahari. Keberadaan ketiga ekosistem tersebut, yang ditopang oleh kondisi perairan yang jernih dan hamparan pasir putih, menjadi daya tarik utama yang mendorong berkembangnya Desa Pengudang sebagai desa wisata berbasis masyarakat dan lingkungan.

Mayoritas penduduk Desa Pengudang berprofesi sebagai nelayan, sehingga keberlangsungan aktivitas ekonomi mereka sangat bergantung pada kondisi ekosistem pesisir. Penurunan kualitas lingkungan laut berdampak langsung pada hasil tangkapan, yang pada akhirnya dapat memengaruhi kesejahteraan masyarakat secara keseluruhan. Kondisi ini mendorong pengembangan desa wisata sebagai sumber ekonomi alternatif yang memanfaatkan keunggulan ekosistem setempat secara lebih berkelanjutan.

Di antara ketiga ekosistem tersebut, padang lamun memegang peran ekologis yang sangat penting. Nugraha et al. (2021) mencatat bahwa terdapat tujuh spesies lamun yang tersebar di perairan Pulau Bintan, menjadikan kawasan ini sebagai salah satu habitat lamun dengan keanekaragaman tertinggi di wilayah Kepulauan Riau. Ekosistem lamun berfungsi sebagai daerah asuhan (*nursery ground*) dan pemijahan (*spawning ground*) bagi berbagai organisme laut (Quevedo et al., 2023), termasuk ikan baronang (*Siganus canaliculatus*) yang memiliki ketergantungan tinggi terhadap keberadaan lamun dan bernilai ekonomis penting bagi nelayan setempat (Latuconsina et al., 2020; Latuconsina et al., 2022). Nilai jasa ekosistem lamun di Bintan sendiri diperkirakan mencapai USD 13.800 per hektar per tahun (Lukman et al., 2024). Penelitian di Bintan juga mencatat bahwa sumber daya yang terhubung langsung dengan ekosistem lamun menyumbang pendapatan harian yang signifikan bagi komunitas nelayan setempat (Sjafrie et al., 2018), sementara potensi pariwisata bahari berbasis ekosistem turut berkembang sebagai alternatif sumber ekonomi masyarakat (Rifai et al., 2024).

Namun, ekosistem lamun di Desa Pengudang menghadapi tekanan yang semakin berat. Secara global, lebih dari 19% luas padang lamun telah hilang, dengan tren penurunan yang terjadi di semua bioregion dunia (Strydom et al., 2020). Kondisi ini diperparah oleh gelombang panas laut yang semakin sering terjadi akibat perubahan iklim (Daru & Rock, 2023). Di Bintan secara khusus, tutupan lamun menurun dari 60–80% pada tahun 2007 menjadi 42–71% pada tahun 2022 (Rifai et al., 2024), dengan tekanan tambahan dari perubahan penggunaan lahan serta peningkatan sedimentasi di perairan sekitarnya (Sjafrie et al., 2025). Dampaknya dirasakan langsung oleh nelayan melalui penurunan hasil tangkapan ikan dan udang.

Persoalan mendasar yang memperparah kondisi tersebut adalah rendahnya pengetahuan teknis masyarakat tentang kondisi ekosistem lamun—suatu hambatan yang telah diidentifikasi sebagai faktor utama rendahnya efektivitas konservasi di Bintan (Rifai et al., 2024; Unsworth et al., 2021). Meskipun sejumlah penelitian telah mendokumentasikan kondisi lamun di perairan Bintan (Sjafrie et al., 2018; Rifai et al., 2024; Sjafrie et al., 2025), studi-studi tersebut umumnya berhenti pada tataran ilmiah dan belum menjembatani temuan teknis kepada masyarakat nelayan sebagai pemangku kepentingan utama. Secara khusus, belum

terdapat upaya sistematis yang mendiseminasikan data spasial tutupan lamun berbasis penginderaan jauh kepada komunitas lokal di Desa Pengudang. Akibatnya, masyarakat belum memiliki pemahaman yang memadai mengenai kondisi aktual ekosistem yang menopang mata pencaharian mereka.

Untuk menjawab kesenjangan tersebut, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menawarkan pendekatan berupa integrasi teknologi pemetaan *Object-Based Image Analysis* (OBIA) dengan program diseminasi partisipatif yang secara langsung menasar komunitas nelayan. Kebaruan kegiatan ini terletak pada dua hal. Pertama, penggunaan peta tutupan lamun resolusi tinggi berbasis OBIA sebagai media komunikasi sains kepada masyarakat non-akademik—sebuah pendekatan yang belum pernah diterapkan sebelumnya di Desa Pengudang. Kedua, penetapan data spasial tersebut sebagai *baseline* pemantauan ekosistem lamun jangka panjang. Pendekatan ini berbeda dari program penyuluhan konvensional karena menempatkan masyarakat bukan sekadar sebagai penerima informasi, melainkan sebagai mitra aktif dalam pemantauan dan pengelolaan sumber daya pesisir berbasis data. Kegiatan ini bertujuan untuk: (1) membangun pemahaman masyarakat tentang ekosistem lamun dan fungsi ekologisnya; (2) meningkatkan kesadaran tentang peran lamun sebagai *nursery ground* bagi ikan ekonomis penting, khususnya ikan baronang (*Siganus canaliculatus*); dan (3) mensosialisasikan data kondisi lamun sebagai *baseline* pemantauan jangka panjang yang dapat digunakan oleh komunitas lokal.

## Metode

### Waktu dan Tempat Pengabdian Masyarakat

Pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat berlangsung selama lima bulan, yaitu dari bulan Agustus hingga Desember 2025, yang berlokasi di Desa Pengudang, Kecamatan Teluk Sebong, Kabupaten Bintan. Metode yang digunakan dalam kegiatan ini adalah penyuluhan interaktif sebagai pendekatan utama dalam menyampaikan informasi kepada masyarakat pesisir. Materi yang disampaikan mencakup empat topik utama, yaitu: (1) pengenalan ekosistem lamun beserta komponen penyusunnya; (2) fungsi ekologis dan ekonomis lamun bagi masyarakat pesisir; (3) hasil pemetaan kondisi tutupan lamun di perairan Pengudang berbasis teknologi OBIA; serta (4) hubungan antara kualitas perairan dengan kesehatan ekosistem lamun.

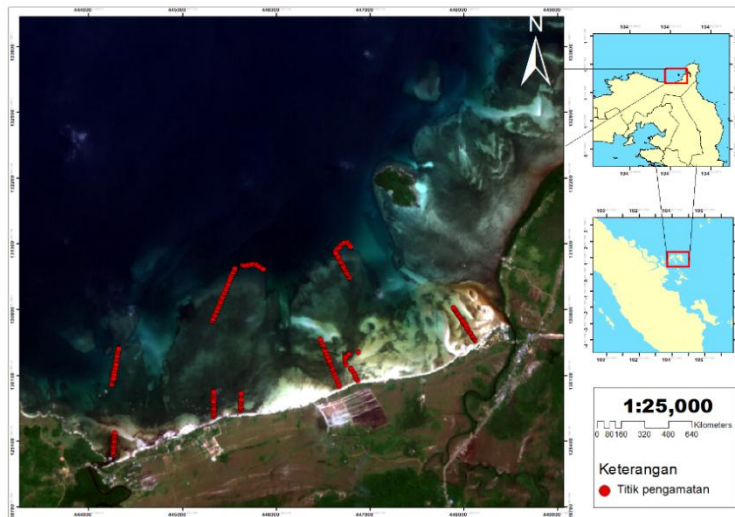
Peserta kegiatan ditentukan secara purposif (*purposive sampling*) dengan mempertimbangkan keterlibatan langsung terhadap ekosistem pesisir serta kepentingan dalam pengelolaan sumber daya laut di Desa Pengudang. Kriteria peserta meliputi nelayan aktif yang menggantungkan mata pencaharian pada perairan setempat, perangkat desa sebagai pengambil kebijakan di tingkat lokal, pengurus Badan Usaha Milik Desa (BUMDes) yang berperan dalam pengembangan ekonomi desa, serta kelompok ibu PKK sebagai perwakilan masyarakat yang memiliki peran penting dalam kegiatan sosial dan pemberdayaan masyarakat. Selain itu, pemuda desa juga dilibatkan sebagai kelompok potensial dalam mendukung keberlanjutan program konservasi.

Pada pelaksanaannya, kegiatan penyuluhan dihadiri oleh 10 peserta. Jumlah kehadiran yang lebih rendah dari target undangan, mengingat sebagian besar peserta yang diundang merupakan nelayan yang aktivitas hariannya sangat bergantung pada kondisi cuaca dan musim penangkapan. Meskipun demikian, peserta yang hadir telah merepresentasikan kelompok sasaran utama, sehingga proses penyampaian informasi dan tujuan diseminasi pengetahuan tetap dapat berlangsung secara efektif kepada para pemangku kepentingan di Desa Pengudang.

### Pengambilan Data Lapangan

Penentuan titik pengamatan ditetapkan sebelum melaksanakan survei lapangan melalui pemetaan sebaran habitat bentik menggunakan metode klasifikasi tak terbimbing (*unsupervised classification*). Proses pemetaan ini memanfaatkan citra satelit Sentinel-2 dengan

resolusi spasial 10 meter, yang dinilai mumpuni untuk mendeteksi variasi objek di area perairan dangkal. Tujuan dari pemetaan awal ini adalah untuk menghasilkan peta kerja yang akurat, sehingga penentuan lokasi pengamatan di perairan dapat dilakukan secara efektif dan tepat sasaran (lihat Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Data.

Dalam pengerjaannya, pengolahan data citra dilakukan menggunakan perangkat lunak eCognition untuk segmentasi objek dan ArcGIS untuk analisis spasial serta pemetaan akhir. Selain itu, perangkat lunak CPcE (*Coral Point Count with Excel extensions*) digunakan untuk membantu analisis data visual dari foto bawah air guna mengidentifikasi kategori habitat secara mendetail.

Sedangkan untuk penempatan garis transek di lokasi penelitian, digunakan metode Systematic Random Sampling. Metode ini merupakan teknik pengambilan sampel secara sistematis yang didasarkan pada pengetahuan mengenai lokasi penelitian, di mana titik-titik sampel dipilih secara acak namun tetap mengikuti interval jarak tertentu yang telah ditetapkan (Congalton & Green, 2009). Berikut alat dan bahan yang digunakan terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat, Bahan dan Software yang digunakan.

| NO  | ALAT                    | FUNGSI                        |
|-----|-------------------------|-------------------------------|
| 1.  | Transek garis 100 m     | Garis lurus lokasi penelitian |
| 2.  | Transek Kuadran 1 x 1 m | Pengambilan titik sampling    |
| 3.  | Buku identifikasi       | Mengidentifikasi Jenis Lamun  |
| 4.  | Multitester             | Mengukur suhu, DO dan pH      |
| 5.  | Refraktometer           | Mengukur salinitas            |
| 6.  | GPS                     | Menandai lokasi penelitian    |
| 7.  | Kamera Underwater       | Dokumentasi Lamun             |
| 8.  | Booties                 | Kegiatan Lapangan             |
| 9.  | Sechi Disk              | Mengukur kecerahan            |
| 10. | Kertas Newtop           | Mencatat hasil pengukuran     |
|     | <b>BAHAN</b>            | <b>KEGUNAAN</b>               |
| 1   | Kertas label            | Penanda                       |
| 2   | Botol Sampel            | Sampel air                    |
| 3   | Container 95 L          | Penyimpanan sampel dan bahan  |
|     | <b>SOFTWARE</b>         | <b>KEGUNAAN</b>               |
| 1   | eCognition              | Analisis citra                |
| 2   | Arcgis                  | Visualisasi citra             |
| 3   | CPCE                    | Persentase object             |

## Pengukuran Tutupan dan Kerapatan Lamun

Kerapatan lamun merupakan jumlah tegakan per satuan luas, dan merupakan salah satu parameter penting untuk mengetahui kondisi padang lamun di suatu perairan. Faktor yang mempengaruhi kerapatan lamun antara lain fraksi substrat serta kandungan nutrisi atau zat hara di perairan (Nor et al, 2024). Kerapatan jenis lamun dihiung dengan rumus (Fachrul, 2007) dengan kerapatan Jenis  $K_i$  yaitu kerapatan jenis lamun ke- $i$  ( $\text{ind}/\text{m}^2$  atau tegakan/ $\text{m}^2$ ), dan  $n_i$  adalah jumlah total tegakan/individu jenis ke- $i$  pada seluruh kuadrat dan  $A$  merupakan Luas total area pengamatan ( $\text{m}^2$ ).

$$K_i = \frac{n_i}{A} \quad (1)$$

Tabel 2. Kategori Kerapatan Lamun (Gosary & Haris, 2012).

| Kategori Kerapatan Lamun | Kerapatan (tegakan/ $\text{m}^2$ ) |
|--------------------------|------------------------------------|
| Sangat Rapat             | $\geq 176$                         |
| Rapat                    | 126 - 175                          |
| Agak Rapat               | 76 - 125                           |
| Jarang                   | 26 - 75                            |
| Sangat Jarang            | $< 25$                             |

## Klasifikasi Kerapatan Lamun

Metode Klasifikasi Berbasis Objek (OBIA) merupakan kemajuan dalam pemrosesan citra dengan pendekatan teknik klasifikasi yang lebih baik dibandingkan dengan teknik klasifikasi berbasis piksel (Pena et al. 2014). OBIA dapat mengatasi keterbatasan metode berbasis pixel dalam membedakan objek dengan cara mensegmentasi objek menjadi kelompok – kelompok yang memiliki nilai spektral yang homogeny (Blaschke et al. 2014). Secara umum metode OBIA melalui dua proses tahapan yaitu proses segmentasi dan proses klasifikasi.

Segmentasi merupakan bagian yang krusial dalam proses OBIA. Segmentasi menghasilkan objek/kelompok piksel yang memiliki sifat yang sama. Segmentasi citra menghasilkan segmen – segmen yang berisi image-object yang memiliki tambahan informasi spektral dan spasial yang digunakan untuk klasifikasi citra. Parameter segmentasi terdiri dari tiga parameter yaitu shape, compactness dan scale.

Segmentasi multiskala dalam penelitian ini dilakukan dengan beberapa skala yang berbeda (level 1, level 2 dan level 3). Skala segmentasi pada level 1 digunakan untuk proses masking, yaitu pemisahan darat, perairan dangkal dan perairan dalam. Segmentasi level 2 dilakukan menggunakan algoritma MRS (*multiresolution segmentation*). Pada level 2 proses segmentasi dilakukan untuk mengelompokkan objek dengan class filter perairan dangkal. Pada level 3 dilakukan klasifikasi tutupan dan kesehatan lamun berdasarkan data lapangan.

## Evaluasi Kegiatan

Evaluasi kegiatan pengabdian dirancang untuk mengukur keberhasilan transfer pengetahuan dan perubahan sikap masyarakat terhadap pengelolaan ekosistem lamun. Evaluasi dilakukan pada akhir kegiatan menggunakan metode angket yang diberikan kepada seluruh peserta setelah rangkaian sosialisasi dan pelatihan selesai dilaksanakan. Target keberhasilan ditetapkan dengan indikator: 70% peserta memiliki pemahaman dengan skor rata-rata 3,26 – 4,00; 80% peserta puas terhadap pelaksanaan kegiatan; dan 70% peserta menunjukkan sikap positif terhadap konservasi lamun. Analisis data dilakukan secara kuantitatif menggunakan statistik deskriptif dan kualitatif melalui analisis konten dari jawaban terbuka untuk memberikan gambaran komprehensif tentang keberhasilan program.

### Hasil

Kegiatan pengambilan data dilaksanakan selama dua hari, yaitu pada tanggal 4 dan 5 Oktober 2025. Lokasi penelitian berada di perairan dangkal Desa Pengudang dengan fokus pada vegetasi lamun. Sebanyak 59 titik sampling ditetapkan untuk pengamatan lamun yang membentang hingga ±300 meter dari garis pantai dengan kedalaman berkisar 2-3 meter. Titik pengamatan habitat bentik terdapat 210 titik yang dilakukan pada PKM sebelumnya pada tahun 2023.

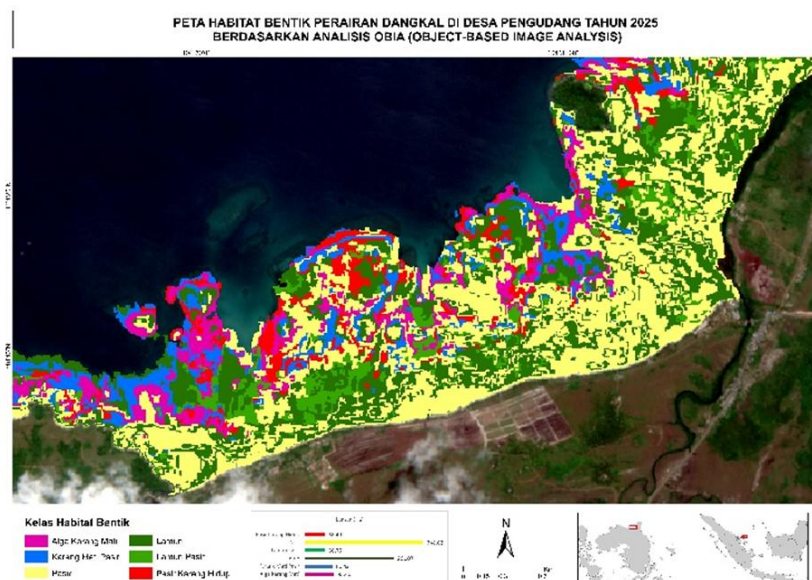


Gambar 2. Dokumentasi Pengambilan Data Lapangan.

### Pemetaan Kerapatan Lamun Desa Pengudang

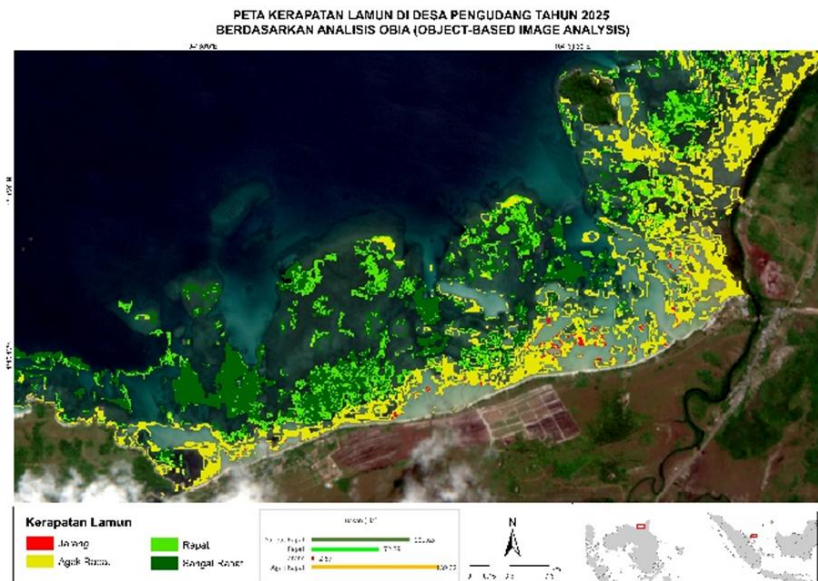
Pengambilan data dilakukan secara intensif di 59 titik survei yang tersebar untuk mendapatkan representasi sebaran yang komprehensif. Hasil identifikasi menunjukkan adanya tujuh jenis lamun yang ditemukan di kawasan tersebut, yaitu *Enhalus acoroides*, *Thalassia hemprichii*, *Cymodocea rotundata*, *Halophila ovalis*, *Halodule pinifolia*, *Halodule uninervis*, dan *Syringodium isoetifolium*. Keanekaragaman jenis lamun yang tinggi ini mengindikasikan bahwa perairan Desa Pengudang memiliki kondisi ekologis yang masih mendukung keberadaan komunitas lamun, yang merupakan komponen vital dari ekosistem pesisir.

Kondisi padang lamun di Desa Pengudang secara umum berada dalam kategori Baik hingga Sangat Baik. Dari total 59 titik pengamatan yang tersebar di empat transek, mayoritas menunjukkan tutupan lamun dalam kategori Padat hingga Sangat Padat dengan kerapatan yang tinggi. Kondisi ini mengindikasikan bahwa upaya konservasi yang telah dilakukan selama ini memberikan hasil yang positif dalam menjaga kelestarian ekosistem lamun di kawasan ini.



Gambar 3. Peta Habitat Benthik Desa Pengudang

Hasil pemetaan klasifikasi habitat bentik (Gambar 3) menunjukkan heterogenitas dan kompleksitas ekosistem pesisir di perairan Desa Pengudang. Pemetaan ini mengidentifikasi lima kategori habitat bentik utama yaitu pasir karang hidup (merah), pasir (kuning), alga karang mati (ungu), karang mati pasir (biru), dan lamun (hijau).



Gambar 4. Peta Kerapatan Lamun Desa Pengudang

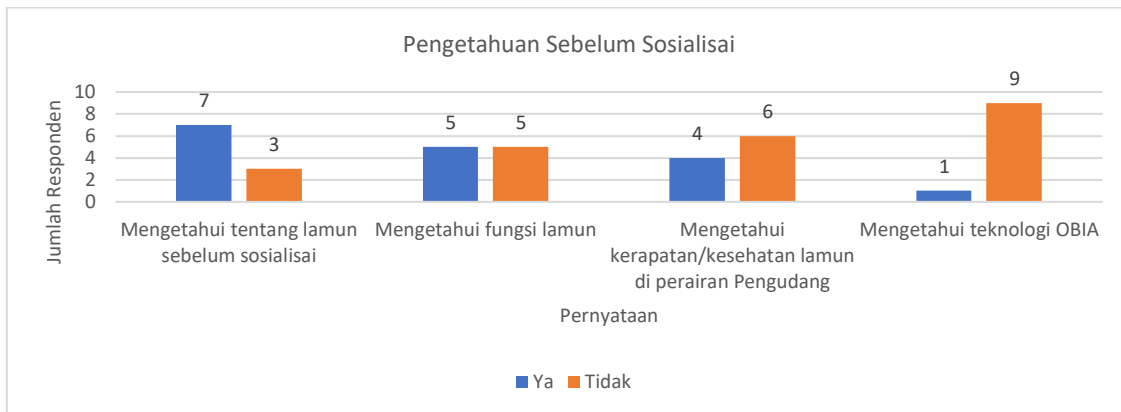
Hasil pemetaan spasial kerapatan lamun di perairan Desa Pengudang (Gambar 4) menunjukkan distribusi dan zonasi ekosistem lamun yang heterogen sepanjang garis pantai. Pemetaan ini menggunakan klasifikasi berbasis objek (OBIA) yang membagi kondisi lamun menjadi empat kategori, yaitu jarang, agak rapat, rapat, dan sangat rapat. Secara umum, pola distribusi kerapatan lamun menunjukkan zonasi yang khas dari arah pantai menuju laut lepas. Area dengan kerapatan sangat rapat didominasi pada bagian tengah perairan pantai, membentuk pita yang relatif kontinu sepanjang garis pantai. Zonasi ini mengindikasikan adanya kondisi lingkungan optimal yang mendukung pertumbuhan lamun, seperti kedalaman yang sesuai, substrat yang stabil, dan hidrodinamika yang mendukung (Risandi et al., 2023). Zona dengan kerapatan rapat cenderung berada di sekitar atau bersebelahan dengan zona sangat rapat, membentuk area transisi. Pola ini menunjukkan adanya gradien kondisi lingkungan yang masih mendukung pertumbuhan lamun namun dengan intensitas yang sedikit lebih rendah. Sementara itu, zona dengan kerapatan agak rapat mendominasi area yang lebih luas, tersebar di sepanjang perairan dangkal.

Berdasarkan tabel hasil pemetaan padang lamun di perairan dangkal Desa Pengudang, dapat dilihat bahwa total luasan tutupan lamun mencapai 344,26 hektar yang terbagi dalam empat kategori kepadatan. Kategori "Agak Rapat" memiliki luasan terbesar yaitu 139,02 Ha, diikuti oleh kategori "Sangat Rapat" seluas 105,65 Ha, kategori "Rapat" seluas 72,59 Ha, dan kategori "Jarang" dengan luasan terkecil yaitu 27 Ha.

Hasil pemetaan ini menunjukkan kondisi yang cukup baik untuk ekosistem padang lamun di perairan Desa Pengudang. Hal ini dapat dilihat dari dominasi kategori kepadatan tinggi, dimana gabungan kategori "Sangat Rapat", "Rapat", dan "Agak Rapat" mencapai sekitar 317,26 Ha atau sekitar 92% dari total luasan. Ini mengindikasikan bahwa sebagian besar padang lamun berada dalam kondisi sehat dengan tutupan yang padat. Sementara itu, kategori "Jarang" hanya mencakup sekitar 8% dari total area, yang menunjukkan bahwa degradasi atau kerusakan padang lamun masih relatif minimal.

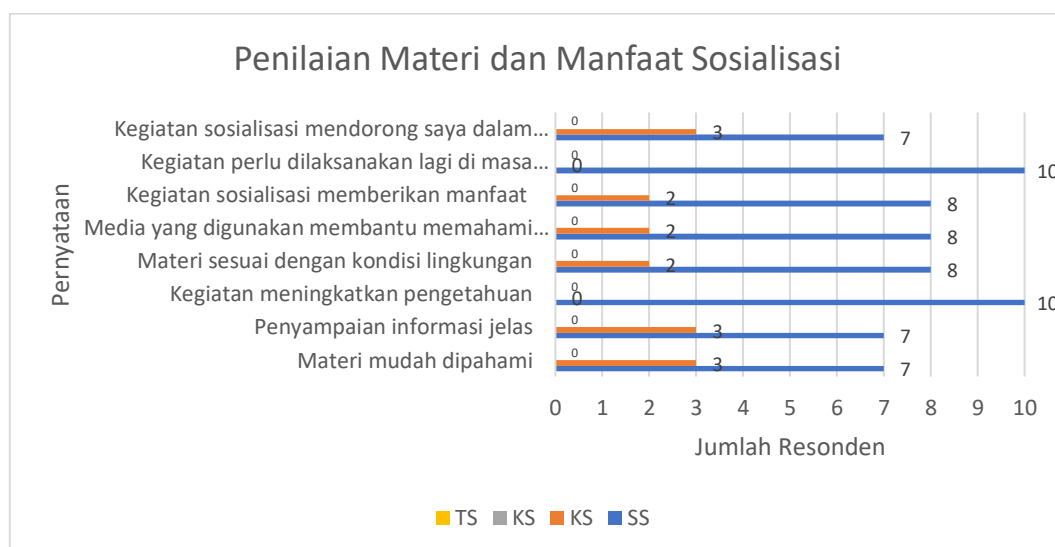
### Sosialisasi Hasil Penelitian

Pada tanggal 5 Desember 2025, tim pengabdian melaksanakan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) di Balai Pertemuan Desa Pengudang. Sosialisasi bertujuan untuk menyebarluaskan informasi penting mengenai kondisi ekosistem pesisir, khususnya terkait padang lamun yang merupakan salah satu ekosistem vital di wilayah pesisir yang telah di analisis. Melalui kegiatan diseminasi ini, disampaikan hasil penelitian yang telah dilakukan menggunakan metode pemetaan berbasis objek atau Object-Based Image Analysis (OBIA). Informasi yang disampaikan mencakup tiga aspek utama yaitu tingkat kepadatan tutupan lamun di perairan Desa Pengudang, kondisi kesehatan ekosistem lamun, serta kualitas perairan di sekitar area tersebut. Penggunaan teknologi OBIA memungkinkan untuk menyajikan data yang lebih akurat dan mudah dipahami oleh masyarakat.



Gambar 5. Peta Kepadatan Lamun Desa Pengudang

Instrumen evaluasi yang digunakan dalam kegiatan ini terdiri dari 12 butir pertanyaan angket yang dirancang untuk mengukur pemahaman responden secara komprehensif, mulai pemahaman terkait lamun fungsi ekologisnya bagi lingkungan pesisir, teknologi OBIA, penilaian materi dan manfaat dari sosialisasi. Berdasarkan hasil angket (Gambar 5) yang diberikan kepada masyarakat Desa Pengudang, diperoleh gambaran mengenai tingkat pengetahuan awal terkait ekosistem lamun dan teknologi pendukungnya. Secara umum, sebagian besar masyarakat telah mengenal lamun, terlihat dari 7 responden yang menyatakan mengetahui lamun sebelum sosialisasi, sementara 3 responden lainnya belum pernah mengetahuinya.



Gambar 6. Hasil Angket Mengenai Penilaian Materi dan Manfaat Sosialisasi

Kemudian berdasarkan penilaian materi dan manfaat sosialisasi pada [Gambar 6](#) dan [Tabel 2](#), kegiatan Diseminasi informasi Kepadatan dan Kualitas lamun mendapatkan tanggapan yang sangat positif dari masyarakat. Hal ini terlihat dari dominasi pilihan jawaban pada kategori Sangat Setuju (SS) dan Setuju (S) pada seluruh pernyataan yang disajikan. Tidak terdapat responden yang memilih kategori Kurang Setuju (KS) maupun Tidak Setuju (TS), sehingga menunjukkan bahwa materi serta pelaksanaan kegiatan diterima dengan baik oleh peserta.

## Diskusi

### Kerapatan Lamun

Berdasarkan tabel hasil pemetaan habitat bentik di perairan dangkal Desa Pengudang, dapat dilihat bahwa total luasan area yang dipetakan mencapai 611,49 hektar dengan komposisi habitat yang beragam. Kategori "Lamun" mendominasi dengan luasan terbesar yaitu 261,07 Ha (42,7%), diikuti oleh "Alga Karang Mati" seluas 85,46 Ha (14%), "Karang Pasir" 80,42 Ha (13,2%), "Lamun Pasir" 58,76 Ha (9,6%), "Pasir" 58,52 Ha (9,6%), dan "Pasir Karang Hidup" 58,49 Ha (9,6%). Sisanya merupakan kategori "Karang Hidup" seluas 8,77 Ha (1,4%).

Hasil pemetaan ini menunjukkan kondisi ekosistem perairan yang cukup baik namun memerlukan perhatian khusus. Dominasi padang lamun sebesar 42,7% dari total area mengindikasikan ekosistem yang masih sehat, dimana lamun berperan penting sebagai habitat biota laut, area pemijahan, dan penyerap karbon biru (Nordlund et al. 2018, McKenzie et al. 2020). Menurut Duarte et al. (2018), tutupan lamun dengan persentase di atas 40% dikategorikan sebagai kondisi yang baik untuk mendukung fungsi ekologis optimal.

Namun demikian, terdapat beberapa indikator yang perlu diwaspadai. Pertama, keberadaan kategori "Alga Karang Mati" yang cukup luas (14%) mengindikasikan adanya degradasi terumbu karang di area tersebut. Hal ini sejalan dengan temuan Eddy et al. (2021), yang menyatakan bahwa pertumbuhan alga pada karang mati merupakan indikator stres ekosistem akibat eutrofikasi, pemanasan laut, atau aktivitas antropogenik. Kedua, luasan "Karang Hidup" yang sangat kecil (1,4%) menunjukkan kondisi terumbu karang yang memprihatinkan. Menurut Oseanografi LIPI (2020), tutupan karang hidup yang baik seharusnya berada di atas 50%, sementara tutupan di bawah 25% dikategorikan dalam kondisi buruk.

Dominasi substrat campuran seperti "Lamun Pasir", "Karang Pasir", dan "Pasir Karang Hidup" yang mencapai sekitar 32,2% menunjukkan karakteristik perairan dangkal yang dinamis dengan habitat transisi (Maxwell et al. 2019). Kondisi ini umum dijumpai di wilayah pesisir tropis dan dapat mendukung keanekaragaman hayati tinggi jika dikelola dengan baik (McKenzie et al. 2020).

Secara keseluruhan, ekosistem perairan Desa Pengudang dapat dikategorikan dalam kondisi sedang hingga baik dengan catatan penting adanya degradasi terumbu karang yang memerlukan upaya konservasi dan rehabilitasi segera (Anthony et al. 2020, Lapointe et al. 2019). Strategi pengelolaan berbasis ekosistem (*ecosystem-based management*) perlu diterapkan untuk mempertahankan luasan padang lamun yang masih dominan, sekaligus melakukan restorasi terumbu karang dan pengendalian faktor-faktor penyebab degradasi seperti sedimentasi, eutrofikasi, dan praktik perikanan yang merusak (McLeod et al. 2021, Unsworth et al. 2022, Chollett et al. 2024).

Distribusi kepadatan lamun mengindikasikan kesehatan ekosistem yang positif, dimana tutupan dengan kategori tinggi (Sangat Rapat, Rapat, dan Agak Rapat) mencapai 92,2% dari total luasan. Menurut klasifikasi yang dikembangkan oleh (McKenzie et al. 2020, Nordlund et al. 2018), persentase tutupan lamun di atas 60% dikategorikan sebagai kondisi yang sehat dan mampu menjalankan fungsi ekologis secara optimal, termasuk sebagai nursery ground, habitat feeding, dan carbon sink.

Dominasi kategori "Agak Rapat" hingga "Sangat Rapat" sejalan dengan karakteristik

ekosistem lamun yang produktif di perairan tropis Indo-Pasifik (Unsworth et al. 2019, Cullen et al. 2018). Kondisi ini mengindikasikan bahwa faktor lingkungan seperti kualitas air, substrat, kedalaman, dan intensitas cahaya masih mendukung pertumbuhan lamun secara optimal (McKenzie et al. 2020). Keberadaan tutupan lamun yang padat juga berkorelasi positif dengan keanekaragaman hayati tinggi dan produktivitas perikanan yang baik (Unsworth et al. 2019, Nordlund et al. 2018).

Secara keseluruhan, kondisi padang lamun di perairan Desa Pengudang dapat dikategorikan sangat baik dengan tutupan padat yang mendominasi (92,2%). Namun demikian, upaya monitoring berkelanjutan dan pengelolaan adaptif tetap diperlukan untuk mengantisipasi ancaman potensial seperti perubahan iklim, peningkatan aktivitas antropogenik, dan degradasi kualitas air yang dapat mengancam keberlanjutan ekosistem lamun di masa depan (Stankovic et al. 2021, Collier et al. 2023).

Kerapatan lamun yang diamati menunjukkan dominasi kategori "Sangat Padat". Kerapatan yang tinggi ini menunjukkan bahwa perairan Desa Pengudang masih mampu menyediakan kondisi lingkungan yang optimal bagi pertumbuhan lamun, meliputi substrat yang sesuai, ketersediaan cahaya yang cukup, dan kualitas air yang mendukung (Dewsbury et al. 2016). Kerapatan lamun sangat berpengaruh terhadap fungsi ekologis padang lamun. Padang lamun dengan kerapatan tinggi lebih efektif dalam menstabilkan sedimen dasar, meredam energi gelombang, menyediakan habitat kompleks bagi biota laut, dan meningkatkan kapasitas penyerapan karbon biru (*blue carbon*) (Unsworth et al. 2019, Nordlund et al. 2018).

### Sosialisasi Kepada Masyarakat

Pemahaman mengenai fungsi lamun belum merata, dengan proporsi seimbang antara responden yang mengetahui dan yang belum mengetahui (masing-masing 5 orang). Rendahnya pemahaman masyarakat mengenai fungsi ekosistem lamun merupakan permasalahan yang umum dijumpai di wilayah pesisir Indonesia. Lamun memiliki peran ekologis yang sangat penting, di antaranya sebagai habitat dan sumber makanan bagi biota laut, penyerap karbon biru (*blue carbon*), serta pelindung garis pantai dari abrasi (Nordlund et al., 2018). Kurangnya pengetahuan masyarakat terhadap fungsi-fungsi tersebut mengakibatkan rendahnya kepedulian dalam menjaga kelestarian ekosistem ini. Menurut Unsworth et al. (2022), salah satu faktor utama degradasi padang lamun secara global adalah minimnya kesadaran publik terhadap nilai ekologis dan ekonomis ekosistem tersebut, sehingga upaya konservasi berbasis masyarakat sulit diimplementasikan tanpa intervensi edukasi yang terstruktur dan berkelanjutan.

Rendahnya pengetahuan masyarakat mengenai kondisi kerapatan dan kesehatan lamun di perairan sekitarnya juga mencerminkan keterbatasan akses terhadap informasi lingkungan pesisir. Cullen-Unsworth et al. (2021) menyatakan bahwa masyarakat pesisir pada umumnya belum memiliki pemahaman yang memadai mengenai indikator kesehatan ekosistem laut, sehingga pemantauan kondisi lingkungan secara partisipatif masih sangat terbatas. Kondisi ini memperkuat argumen bahwa program edukasi dan sosialisasi lingkungan merupakan langkah strategis yang harus diprioritaskan dalam pengelolaan wilayah pesisir secara berkelanjutan.

Nilai rata-rata angket yang berada pada rentang 3,7–4,0 dan masuk dalam kategori Sangat Baik menunjukkan bahwa program sosialisasi yang dilaksanakan berhasil diterima dengan baik oleh peserta. Keberhasilan ini selaras dengan prinsip pendidikan lingkungan berbasis komunitas (*community-based environmental education*) yang menekankan pentingnya penyampaian materi yang kontekstual, partisipatif, dan relevan dengan kondisi lokal (Ardoin et al., 2020). Pendekatan semacam ini terbukti lebih efektif dalam membangun pemahaman jangka panjang dibandingkan metode penyampaian informasi yang bersifat satu arah dan tidak melibatkan komunitas secara aktif.

Pernyataan "Kegiatan meningkatkan pemahaman" dan "Kegiatan perlu dilaksanakan lagi di masa mendatang" yang memperoleh skor tertinggi sebesar 4,0 menunjukkan bahwa

sosialisasi tidak hanya berhasil meningkatkan pengetahuan, tetapi juga menumbuhkan kesadaran kolektif akan pentingnya keberlanjutan program edukasi. Hasil ini sesuai dengan temuan Pita et al. (2021) yang menegaskan bahwa indikator keberhasilan program sosialisasi lingkungan tidak hanya tercermin dari peningkatan skor pengetahuan, tetapi juga dari munculnya keinginan peserta untuk terus terlibat dalam kegiatan serupa sebagai wujud perubahan sikap yang positif dan berkelanjutan.

Skor rata-rata 3,8 pada pernyataan kesesuaian materi dengan kondisi lingkungan lokal menunjukkan bahwa pendekatan *place-based learning* yang diintegrasikan dalam sosialisasi ini dinilai tepat dan efektif oleh peserta. Materi yang dikontekstualisasikan dengan kondisi ekosistem lamun di wilayah setempat mampu meningkatkan relevansi dan daya serap informasi oleh masyarakat. Hal ini senada dengan temuan Tay Lim et al. (2022) yang menunjukkan bahwa program pendidikan konservasi laut yang menggunakan pendekatan lokal dan berbasis pengalaman nyata terbukti lebih berhasil meningkatkan pemahaman dan motivasi peserta dibandingkan penyampaian materi yang bersifat umum dan tidak kontekstual.

Penilaian positif terhadap media yang digunakan dalam sosialisasi juga mengindikasikan pentingnya pemilihan media yang tepat dalam komunikasi lingkungan. Menurut Heckler et al. (2019), penggunaan media visual yang disesuaikan dengan tingkat literasi dan konteks budaya audiens secara signifikan meningkatkan efektivitas transfer pengetahuan dalam program penyuluhan dan sosialisasi lingkungan hidup, terutama bagi komunitas yang belum terpapar informasi ilmiah secara luas.

Tingginya skor motivasi pelestarian lamun pasca-sosialisasi (3,7) mengindikasikan adanya perubahan sikap yang positif pada peserta. Dalam konteks perilaku lingkungan, peningkatan pengetahuan yang diikuti oleh perubahan sikap merupakan prasyarat penting bagi terbentuknya perilaku konservasi yang berkelanjutan (Swim et al., 2019). Dengan demikian, sosialisasi yang dilaksanakan bukan sekadar transfer informasi, melainkan juga berfungsi sebagai katalisator perubahan perilaku masyarakat dalam menjaga kelestarian ekosistem pesisir.

Lebih lanjut, tingginya antusiasme peserta terhadap keberlanjutan program sosialisasi menunjukkan potensi besar untuk mengembangkan model pemantauan lingkungan berbasis masyarakat (*citizen science*) di wilayah pesisir Pengudang. Wenger et al. (2021) menyatakan bahwa program *citizen science* di bidang konservasi laut yang didahului oleh kegiatan edukasi yang terstruktur terbukti mampu meningkatkan kapasitas masyarakat lokal dalam melakukan pemantauan ekosistem secara mandiri dan berkelanjutan, sekaligus memperkuat rasa kepemilikan komunitas terhadap sumber daya alam di sekitarnya.

**Tabel 3.** Hasil Angket Mengenai Penilaian Materi dan Manfaat Sosialisasi

| Pernyataan  | Rata-rata |
|---|-----------|
| Materi mudah dipahami   | 3,7       |
| Penyampaian informasi jelas                                       | 3,7       |
| Kegiatan meningkatkan pengetahuan                                 | 4,0       |
| Materi sesuai dengan kondisi lingkungan                           | 3,8       |
| Media yang digunakan membantu memahami materi                     | 3,8       |
| Kegiatan sosialisasi memberikan manfaat                           | 3,8       |
| Kegiatan perlu dilaksanakan lagi di masa mendatang                | 4,0       |
| Kegiatan sosialisasi mendorong saya dalam upaya pelestarian lamun | 3,7       |

Keterangan skor dibagi menjadi empat kategori. Skor 3,26–4,00 termasuk sangat baik, 2,51–3,25 termasuk baik, 1,76–2,50 termasuk cukup, dan 1,00–1,75 termasuk kurang. Kategori ini digunakan untuk menilai tingkat pencapaian hasil penilaian.

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa kegiatan sosialisasi konservasi lamun berhasil memberikan dampak yang signifikan terhadap peningkatan pemahaman dan kepedulian masyarakat. Nilai rata-rata skor yang berada pada rentang 3,7–4,0 mengindikasikan bahwa kegiatan ini sangat efektif dan diterima dengan baik oleh peserta. Selain itu, tingginya skor pada pernyataan mengenai keberlanjutan kegiatan menunjukkan bahwa masyarakat berharap bahwa sosialisasi semacam ini dapat terus dilakukan di masa mendatang sebagai upaya penguatan edukasi dan pelestarian lingkungan pesisir.

## Kesimpulan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat berupa diseminasi informasi kerapatan lamun berbasis teknologi Object-Based Image Analysis (OBIA) di Desa Pengudang, Bintang telah berhasil dilaksanakan dengan hasil yang positif. Pemetaan ekosistem padang lamun menunjukkan kondisi yang baik hingga sangat baik, dengan total luasan 344,26 hektar dan sekitar 92% berada dalam kategori kerapatan tinggi, serta ditemukannya tujuh spesies lamun yang mencerminkan keanekaragaman hayati yang tinggi. Kegiatan sosialisasi mendapat respons sangat positif dari masyarakat dengan seluruh indikator penilaian angket berada pada rentang skor 3,7–4,0 (kategori Sangat Baik), khususnya pada aspek peningkatan pemahaman dan keberlanjutan program yang memperoleh skor tertinggi 4,0. Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan diseminasi berbasis teknologi pemetaan modern yang dikemas secara partisipatif dan kontekstual efektif dalam meningkatkan pengetahuan, kesadaran, dan motivasi konservasi masyarakat pesisir, sehingga program serupa perlu terus dilaksanakan secara berkala disertai pengembangan pemantauan ekosistem berbasis masyarakat di masa mendatang.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang tulus kepada Universitas Maritim Raja Ali Haji (UMRAH) atas dukungan pendanaan yang diberikan melalui skema Hibah Internal UMRAH Tahun Anggaran 2025/2026. Dukungan ini telah menjadi instrumen penting dalam kelancaran pelaksanaan penelitian/kegiatan ini, mulai dari tahap perencanaan hingga penyelesaian laporan. Terima kasih juga kami sampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) UMRAH atas fasilitasi dan koordinasi administrasi yang diberikan selama program berlangsung. Semoga hasil dari kegiatan ini dapat memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan kemajuan institusi.

## Pernyataan Konflik Kepentingan

Peneliti menyatakan bahwa tidak ada konflik yang berkepentingan.

## Daftar Pustaka

- Anthony, K. R. N., Helmstedt, K. J., Bay, L. K., Fidelman, P., Hussey, K. E., Lundgren, P., & Cvitanovic, C. (2020). Interventions to help coral reefs under global change—A complex decision challenge. *PLOS ONE*, *15*(8), e0236399. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236399>
- Ardoin, N. M., Bowers, A. W., & Gaillard, E. (2020). Environmental education outcomes for conservation: A systematic review. *Biological Conservation*, *241*, 108224. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108224>
- Blaschke, T., Hay, G. J., Kelly, M., Lang, S., Hofmann, P., Addink, E., & Tiede, D. (2014). Geographic object-based image analysis—Towards a new paradigm. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *87*, 180–191. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2013.09.014>
- Br Ginting, D. N., Wicaksono, P., & Farda, N. M. (2024). Mapping seagrass percent cover and biomass in Nusa Lembongan, Bali, Indonesia. *Geography, Environment, Sustainability*, *17*(1), 16–27. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2023-2793>

- Chollett, I., Garavelli, L., Chequer, A. D., Mumby, P. J., & Box, S. J. (2024). A decision framework for identifying climate-smart conservation and management options for coral reefs. *Conservation Science and Practice*, 6(1), e13063.
- Collier, C. J., Adams, M. P., Langlois, L., Waycott, M., O'Brien, K. R., Maxwell, P. S., & McKenzie, L. J. (2023). Thresholds and links in the relationship between light and seagrass: A synthesis of underwater light and seagrass photobiology. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 281, 108204.
- Congalton, R. G., & Green, K. (2009). *Assessing the accuracy of remotely sensed data: Principles and practices* (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429052729>
- COREMAP-CTI. (2020). *Status terumbu karang Indonesia 2020*. Pusat Penelitian Oseanografi LIPI.
- Cullen-Unsworth, L. C., & Unsworth, R. K. F. (2018). A call for seagrass protection. *Science*, 361(6401), 446–448. <https://doi.org/10.1126/science.aat7318>
- Cullen-Unsworth, L. C., Jones, B. L. H., Lilley, R. J., & Unsworth, R. K. F. (2021). Secret gardens under the sea: Why we need to talk about seagrass. *People and Nature*, 3(3), 589–596.
- Daru, B. H., & Rock, B. M. (2023). Reorganization of seagrass communities in a changing climate. *Nature Plants*, 9, 1034–1043. <https://doi.org/10.1038/s41477-023-01445-6>
- Dewsbury, B. M., Bhat, M. G., & Fourqurean, J. W. (2016). A review of seagrass economic valuations: Gaps and progress in valuation approaches. *Ecosystem Services*, 18, 68–77. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.02.010>
- Duarte, C. M., Losada, I. J., Hendriks, I. E., Mazarrasa, I., & Marbà, N. (2018). The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. *Nature Climate Change*, 3(11), 961–968. <https://doi.org/10.1038/nclimate1970>
- Eddy, T. D., Lam, V. W., Reygondeau, G., Cisneros-Montemayor, A. M., Greer, K., Palomares, M. L. D., & Cheung, W. W. (2021). Global decline in capacity of coral reefs to provide ecosystem services. *One Earth*, 4(9), 1278–1285. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.08.016>
- Fachrul, M. F. (2007). *Metode sampling bioekologi*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Gosari, B. A. J., & Haris, A. (2012). Studi kerapatan dan penutupan jenis lamun di Kepulauan Spermonde. *Torani: Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan*, 22(3), 156–162.
- Hasyim, A. W., et al. (2021). Benthic habitat mapping using OBIA on Tidung Island, Kepulauan Seribu. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 944, 012035. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/944/1/012035>
- Heckler, N., Scott, W. R., & Silk, K. J. (2019). Visual media and environmental communication: Engaging audiences with science-based content. *Environmental Communication*, 13(5), 611–625.
- Hossain, M. S., Bujang, J. S., Zakaria, M. H., & Hashim, M. (2020). Application of remote sensing technology for seagrass ecosystem monitoring in Southeast Asian coastal areas. *Continental Shelf Research*, 110, 124–148.
- Lapointe, B. E., Brewton, R. A., Herren, L. W., Porter, J. W., & Hu, C. (2019). Nitrogen enrichment, altered stoichiometry, and coral reef decline at Looe Key, Florida Keys, USA: A 3-decade study. *Marine Biology*, 166(8), 108. <https://doi.org/10.1007/s00227-019-3538-9>
- Latuconsina, H., Kamal, M. M., Affandi, R., & Butet, N. A. (2020). Spatial distribution of white-spotted rabbitfish (*Siganus canaliculatus*) on different seagrass bed habitats of Inner Ambon Bay. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(1), 207–224. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v12i1.26182>
- Latuconsina, H., Kamal, M. M., Affandi, R., & Butet, N. A. (2022). Growth and reproductive biology of white-spotted rabbitfish (*Siganus canaliculatus*) on different seagrass habitats in Inner Ambon Bay, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(1), 273–285. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230130>
- Lukman, K. M., et al. (2024). Monetary value of ecosystem services in unhealthy seagrass meadows in Indonesia. *Ecosystem Services*, 67, 101630.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2024.101630>

- Maxwell, P. S., Pitt, K. A., Burfeind, D. D., Olds, A. D., Babcock, R. C., & Connolly, R. M. (2019). Phenotypic plasticity promotes persistence following severe events: Physiological and morphological responses of seagrass to flooding. *Journal of Ecology*, *107*(3), 1450–1461.
- McKenzie, L. J., Nordlund, L. M., Jones, B. L., Cullen-Unsworth, L. C., Roelfsema, C., & Unsworth, R. K. F. (2020). The global distribution of seagrass meadows. *Environmental Research Letters*, *15*(7), 074041. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab7d06>
- Nordlund, L. M., Jackson, E. L., Nakaoka, M., Samper-Villarreal, J., Beca-Carretero, P., & Creed, J. C. (2018). Seagrass ecosystem services—What’s next? *Marine Pollution Bulletin*, *134*, 145–151. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.09.014>
- Nordlund, L. M., Koch, E. W., Barbier, E. B., & Creed, J. C. (2018). Seagrass ecosystem services and their variability across genera and geographical regions. *PLOS ONE*, *11*(10), e0163091. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163091>
- Nor, M. M., Suryono, C. A., & Endrawati, H. (2024). Kerapatan lamun di perairan Pulau Panjang, Jepara. *Journal of Marine Research*, *13*(3), 541–546. <https://doi.org/10.14710/jmr.v13i3.35128>
- Nugraha, A. H., Syahputra, I. P., Dharmawan, I. W. E., & Yanu, U. (2021). Distribution of seagrass cover types and conditions in Riau Islands waters. *Journal of Marine Research*, *12*(3), 431–438. <https://doi.org/10.14710/jmr.v12i3.36274>
- Peña, J. M., Gutiérrez, P. A., Hervás-Martínez, C., Six, J., Plant, R. E., & López-Granados, F. (2014). Object-based image classification of summer crops with machine learning methods. *Remote Sensing*, *6*(6), 5019–5041. <https://doi.org/10.3390/rs6065019>
- Pita, C., Pierce, G. J., Theodossiou, I., & Rodrigues, J. G. (2021). Participation of fishers in marine environmental monitoring and conservation: Lessons learned and future directions. *Fish and Fisheries*, *22*(4), 811–829.
- Quevedo, J. M. D., et al. (2023). Potential of seagrass habitat restorations as nature-based solutions in Indonesia. *Ambio*, *52*, 530–546. <https://doi.org/10.1007/s13280-022-01811-2>
- Rifai, H., Lukman, K. M., Sjafrie, N. D. M., & Kiswara, W. (2024). Understanding stakeholders’ perception on developing seagrass-associated tourism: Evidence from marine protected areas of Bintan Island, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, *205*, 117068. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.117068>
- Sjafrie, N. D. M., et al. (2018). Identification of socio-ecological system of seagrass ecosystem in Bintan Regency. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, *3*(1), 1–12. <https://doi.org/10.14203/oldi.2018.v3i1.163>
- Sjafrie, N. D. M., et al. (2025). Between vulnerable and sustainable: An assessment on livelihood of fishermen in Bintan Island, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, *212*, 117950. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.117950>
- Stankovic, M., Panyawai, J., Jaikwang, T., Karnjanapratum, S., & Prathep, A. (2021). Seagrass beds in the Andaman Sea: Current status of research and knowledge gaps. *Marine Pollution Bulletin*, *173*, 112944.
- Strydom, S., et al. (2020). Too hot to handle: Unprecedented seagrass death driven by marine heatwave in a World Heritage Area. *Global Change Biology*, *26*(6), 3525–3538. <https://doi.org/10.1111/gcb.15044>
- Swim, J. K., Geiger, N., Fraser, J., & Pletcher, N. (2019). Climate change education: Relationship to information, knowledge, and attitudes. *Journal of Environmental Education*, *50*(3), 145–160.
- Tay Lim, B. J., Osman, S., & Dali, M. (2022). Place-based marine education and its effect on students’ conservation attitudes. *Journal of Environmental Education*, *53*(2), 112–126.
- Traganos, D., Aggarwal, B., Poursanidis, D., Topouzelis, K., Chrysoulakis, N., & Reinartz, P. (2018). Towards global-scale seagrass mapping and monitoring using Sentinel-2 on

Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 10(8), 1227.  
<https://doi.org/10.3390/rs10081227>

- Unsworth, R. K. F., et al. (2021). The first nation-wide assessment identifies valuable blue-carbon seagrass habitat in Indonesia is in moderate condition. *Science of the Total Environment*, 793, 148662. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148662>
- Unsworth, R. K. F., McKenzie, L. J., & Cullen-Unsworth, L. C. (2022). Overlooked but not forgotten: The role of seagrass meadows in global biodiversity conservation. *Frontiers in Marine Science*, 9, 866936.
- Wenger, A. S., Atkinson, S., Santini, T., Falinski, K., Hutson, K., Albert, S., & Jupiter, S. D. (2021). Seagrass meadows support global fisheries production. *Conservation Letters*, 14(1), e12566.
- Wicaksono, P., et al. (2021). Sentinel-2 images for benthic habitat mapping in the shallow waters of Karimunjawa Islands. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 23, 100567. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100567>