

Distribusi Spasial Habitat Bentik Pantai Ngurbloat melalui Pemanfaatan Data Allen Coral Atlas

*Spatial Distribution of Benthic Habitat of Ngurbloat Beach through Utilization of Allen
Coral Atlas Data*

Dion Dollan Awayal¹, Vanela Chatrin Lekatompessy³, Rosita Silaban¹, Alexander Yosep
Elake^{2*}, Pieldrie Nanlohy²

¹Program Studi Teknologi Kelautan, Jurusan Rekayasa Perikanan dan Kelautan, Politeknik Perikanan
Negeri Tual, Jalan Raya Langgur, Sathean, Kei Kecil, Maluku Tenggara, 97611, Indonesia

²Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pattimura, Jalan Ir. M. Putuhena, Poka, Teluk
Ambon, Kota Ambon, 97233, Indonesia

³Program Studi Doktor, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas
Brawijaya, Malang, Jawa Timur, 65145, Indonesia

*Korespondensi: elake.alex@gmail.com

Disubmit: 26 Maret 2025, Direvisi: 16 Agustus 2025, Diterima: 27 Agustus 2025

ABSTRAK

Pantai Ngurbloat, yang terletak di Kepulauan Kei, Provinsi Maluku, memiliki ekosistem pesisir yang bervariasi, termasuk habitat bentik yang berperan penting dalam keseimbangan ekologi dan keberlanjutan sumber daya laut. Studi ini bertujuan untuk memetakan distribusi spasial habitat bentik di perairan Pantai Ngurbloat dengan memanfaatkan data *Allen Coral Atlas*. Analisis dilakukan melalui klasifikasi citra satelit resolusi tinggi menggunakan metode penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (SIG). Hasil penelitian menunjukkan total luasan yang berhasil dipetakan adalah 183 ha. Habitat bentik di kawasan ini didominasi oleh terumbu karang (18,99%), lamun (0,85%), matras mikroalga (2,93%) dan substrat pasir (16,42%), batu (39,44%) serta karang mati (22,7%). Faktor aktivitas antropogenik di perairan Pantai Ngurbloat mempengaruhi distribusi habitat bentik, khususnya terumbu karang mengalami kerusakan yang cukup serius sehingga perlu untuk direhabilitasi. Pemanfaatan data *Allen Coral Atlas* terbukti efektif dalam menyediakan data spasial yang akurat untuk pemetaan ekosistem bentik, yang dapat mendukung upaya konservasi dan pengelolaan sumber daya pesisir yang berkelanjutan.

Kata kunci: Lamun, Matras Mikroalga, Penginderaan Jauh, Terumbu Karang, Substrat

ABSTRACT

Ngurbloat Beach, located in the Kei Islands, Maluku Province, has a varied coastal ecosystem, including benthic habitats that play an important role in ecological balance and sustainability of marine resources. This study aims to map the spatial distribution of benthic habitats in the waters of Ngurbloat Beach by utilizing Allen Coral Atlas data. The analysis was conducted through classification of high-resolution satellite images using remote sensing and geographic information system (GIS) methods. The results showed that the total mapped area was 183 ha. Benthic habitats in this area are dominated by coral reefs (18.99%), seagrasses (0.85%), microalgal mats (2.93%) and sand substrates (16.42%), rocks (39.44%) and dead corals (22.7%). Anthropogenic activity factors in the waters of Ngurbloat Beach affect the distribution of benthic habitats, especially coral reefs experiencing serious damage that needs to be rehabilitated. The utilization of Allen Coral Atlas data proved effective in providing accurate spatial data for benthic

ecosystem mapping, which can support conservation efforts and sustainable management of coastal resources.

Keywords: Coral Reef, Microalgal Mats, Remote Sensing, Seagrass, Substrate.

PENDAHULUAN

Kabupaten Maluku Tenggara merupakan salah satu Kabupaten di Provinsi Maluku yang memiliki potensi pariwisata laut yang cukup besar, juga memiliki keanekaragaman hayati laut yang bervariasi di wilayah pesisir. Ekosistem bentik, yang meliputi terumbu karang, lamun, dan substrat dasar lainnya, memiliki peran penting dalam mendukung keberlanjutan ekosistem laut. Habitat bentik tidak hanya menyediakan tempat hidup bagi berbagai spesies laut, tetapi juga berkontribusi secara signifikan terhadap perlindungan garis pantai, siklus biogeokimia, dan penghidupan masyarakat pesisir. Salah satu wisata laut yang sangat terkenal adalah Pantai Ngurbloat.

Pantai Ngurbloat terletak di bagian timur dari pulau Kei Kecil yang merupakan wilayah administrasi Kabupaten Maluku Tenggara adalah salah satu destinasi wisata utama di Maluku. Pantai ini dikenal memiliki pemandangan pasir putih yang indah, yang menjadikannya daya tarik bagi wisatawan domestik maupun mancanegara. Keindahan alam dan ekosistem laut yang masih relatif alami menjadikan kawasan ini sebagai salah satu pesisir yang berpotensi besar untuk pengembangan wisata bahari. Namun, meningkatnya aktivitas pariwisata di wilayah ini juga dapat memberikan dampak terhadap lingkungan, termasuk terhadap habitat bentik di perairan sekitarnya (Alifatri *et al.*, 2022). Aktivitas wisata seperti snorkeling, penyelaman, dan mobilitas kapal wisata dapat menyebabkan tekanan fisik pada ekosistem terumbu karang, sedangkan pembangunan infrastruktur wisata dapat memicu sedimentasi yang mempengaruhi kondisi habitat bentik (Solihuddin *et al.*, 2020). Dalam pemetaan ekosistem bentik, penggunaan data penginderaan jauh berbasis satelit telah menjadi salah satu metode yang efektif dan efisien (Setiawan *et al.*, 2022). *Allen Coral Atlas* (ACA) adalah salah satu platform global yang menyediakan data spasial resolusi tinggi mengenai habitat

terumbu karang dan ekosistem bentik terkait. Data ini memungkinkan pemetaan dan analisis ekosistem laut dengan akurasi tinggi di wilayah yang luas. Dengan mengintegrasikan data ini ke dalam analisis berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG), pemetaan distribusi habitat bentik dapat dilakukan secara lebih akurat dan menyeluruh (Van An *et al.*, 2023; Teurupun *et al.*, 2025). Teknologi SIG memungkinkan pengolahan, analisis, dan visualisasi data spasial untuk memahami pola distribusi habitat bentik secara komprehensif, sehingga mendukung pengelolaan ekosistem pesisir secara lebih baik (Sari *et al.*, 2020).

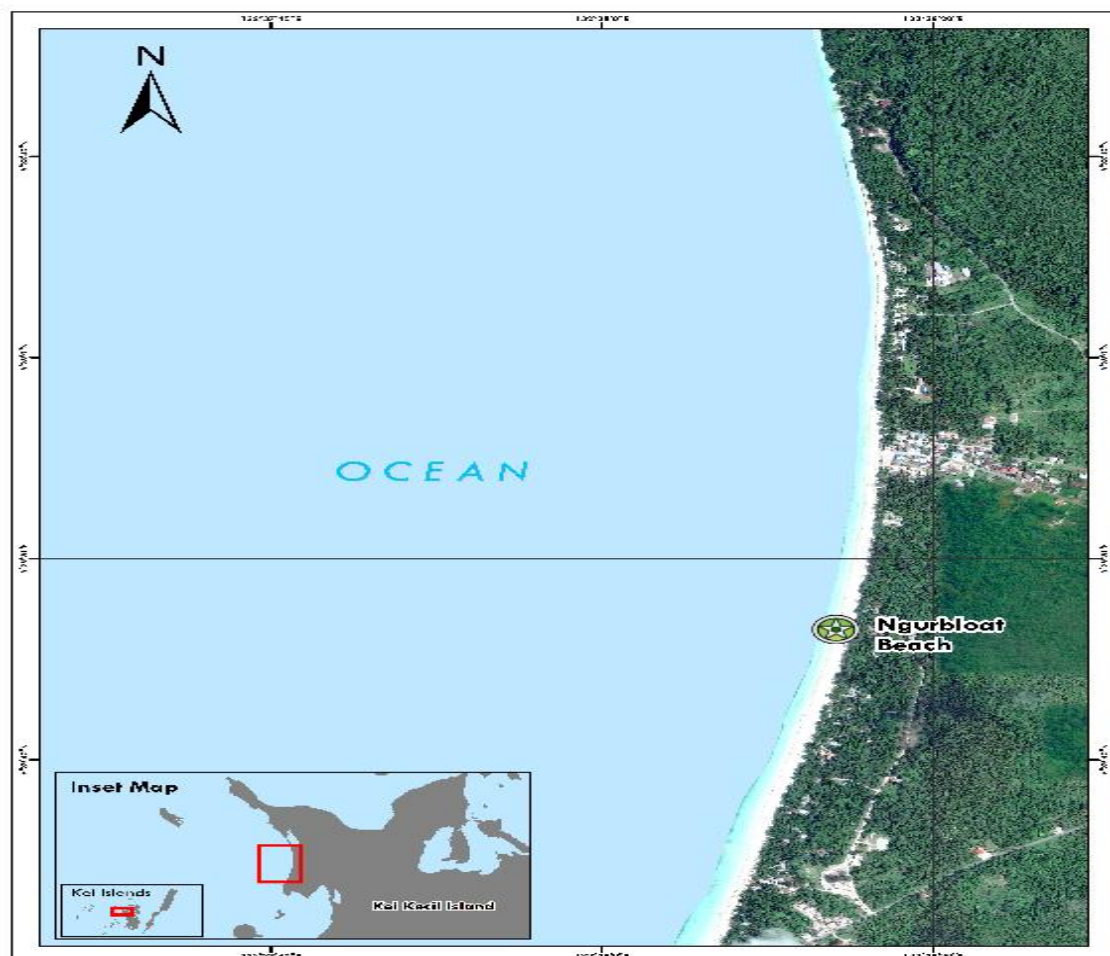
Beberapa penelitian habitat bentik dalam 5 tahun terakhir seperti (Roelfsema *et al.*, 2020) memanfaatkan data satelit resolusi tinggi untuk memetakan ekosistem terumbu karang secara global menggunakan pendekatan berbasis objek (OBIA); (Kennedy *et al.*, 2021) membahas data *Allen Coral Atlas* mengintegrasikan citra satelit resolusi tinggi, data lapangan, dan algoritma machine learning untuk menciptakan peta habitat bentik global; (B. Lyons *et al.*, 2020) menguraikan data citra PlanetScope dapat digunakan untuk memetakan habitat bentik; (Sari *et al.*, 2020) menggunakan pendekatan multi-skala dalam penginderaan jauh dapat memberikan wawasan penting tentang distribusi habitat bentik dan (Sugara *et al.*, 2020) membahas perkembangan terkini dalam penggunaan satelit resolusi tinggi yang dihasilkan oleh teknologi drone dan disesuaikan dengan data in-situ untuk memetakan habitat bentik di pulau Lancang. Perbedaan utama dengan penelitian habitat bentik di Pantai Ngurbloat adalah bahwa studi ini memanfaatkan data ACA yang telah dikembangkan menggunakan algoritma *machine learning* untuk wilayah yang spesifik, termasuk Pantai Ngurbloat, Kabupaten Maluku Tenggara. Pantai Ngurbloat memiliki keunikan lingkungan berupa pasir terhalus di dunia, yang menjadikannya penting dalam konteks ekowisata dan konservasi habitat lokal.

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan distribusi habitat bentik di perairan Pantai Ngurbloat yang belum pernah dilakukan sebelumnya, serta menganalisis pola distribusinya menggunakan data *Allen Coral Atlas* dan teknologi SIG. Dengan menggabungkan pendekatan ilmiah berbasis data terbaru, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengelolaan sumber daya pesisir secara berkelanjutan, mendukung konservasi ekosistem laut, serta menjadi referensi bagi kebijakan berbasis ekosistem di Kabupaten Maluku Tenggara. Selain itu, penelitian ini juga dapat memberikan informasi yang dapat digunakan dalam pengelolaan wisata bahari agar tetap selaras dengan upaya pelestarian habitat bentik di wilayah Pantai Ngurbloat.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di perairan Pantai Ngurbloat, Kabupaten Maluku Tenggara, Provinsi Maluku dengan kordinat 132°38'14.71" BT dan 5°39'26.35"LS (Gambar 1). Pantai ini merupakan kawasan wisata dengan pasir pantai yang halus, diklaim terhalus di dunia. Selain itu ekosistem bentik juga perlu untuk dieksplor agar menambah daya tarik demi peningkatan kunjungan wisatawan. Penelitian ini berlangsung pada bulan Desember 2024 hingga Februari 2025 yang mencakup tahapan pengumpulan data, pengolahan citra, analisis spasial dan pembuatan peta distribusi habitat bentik. Pengolahan data dilakukan pada laboratorium Inderaja dan SIG, Program Studi Teknologi Kelautan, Politeknik Perikanan Negeri Tual.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di perairan Pantai Ngurbloat.

Data dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data citra satelit resolusi tinggi dari *Planet Scope* yang telah terintegrasi dengan *Allen Coral Atlas*, versi yang diluncurkan tahun 2022 dan belum ada pembaruan hingga saat ini. Citra *Planet Scope* merupakan satelit yang menyediakan citra multispektral dengan resolusi spasial mencapai 3 meter, sehingga sangat ideal untuk pemetaan ekosistem bentik dalam skala lokal (Asaad et al., 2019) termasuk perairan pantai Ngurbloat. *Allen Coral Atlas* telah mengolah citra ini dengan algoritma klasifikasi berbasis *machine learning* untuk menghasilkan data sebaran habitat bentik yang mencakup kategori seperti terumbu karang, lamun, matras mikroalga, karang mati, pasir, dan batu (Kennedy et al., 2021). Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: Citra satelit *Planet Scope* yang diunduh melalui situs *Allen Coral Atlas* (www.allencoralatlas.org); data peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) diunduh tahun 2025 dengan skala 1:50.000, yang merupakan hasil delineasi batas desa tahun 2018 dan bersumber dari Badan Informasi Geospasial (BIG) sebagai data pendukung peta referensi; dan data batimetri yang bersumber dari DEMNAS, Badan Informasi Geospasial (BIG) untuk mendukung analisis spasial.

Pengolahan Data

Koreksi dan pemrosesan citra

- Koreksi radiometrik dan atmosferik. Dilakukan untuk menghilangkan efek atmosfer pada citra satelit menggunakan algoritma *Dark Object Subtraction* (DOS) (Li et al., 2022).
- Koreksi geometrik dilakukan untuk menyelaraskan koordinat citra dengan peta referensi menggunakan software Quantum GIS (QGIS) (Teurupun et al, 2025).
- Koreksi kolom air (*Water Column Correction*) menggunakan algoritma *Lyzenga* untuk mengurangi efek penyerapan cahaya oleh kolom air, sehingga meningkatkan akurasi klasifikasi habitat bentik (Lyzenga, 1978). Band yang digunakan untuk koreksi

kolom air adalah band 2 (blue), band 3 (green), band 4 (red).

$$DII_{ij} = \log(x_i) - [(k_i/k_j) * \log(x_j)] \quad (1)$$

Dimana;

$$K_i/K_j = a + \sqrt{a^2 + 1} \quad (2)$$

$$a = \frac{\sigma_{ii} - \sigma_{jj}}{2\sigma_{ij}} \quad (3)$$

Keterangan:

K_i/K_j adalah koefisien *attenuation*, σ_{ii} adalah *variance* band i , σ_{jj} adalah *variance* band j dan σ_{ij} adalah *covariance* pasangan band i dan j .

Klasifikasi Habitat Bentik

- Segmentasi dan ekstraksi fitur
Menggunakan metode klasifikasi berbasis *Object-Based Image Analysis* (OBIA) (Hossain & Chen, 2019) pada software *Google Earth Engine* (GEE).
- Klasifikasi *Supervised Machine Learning*.
Digunakan algoritma *Random Forest* untuk mengelompokkan habitat bentik menjadi beberapa kategori utama, seperti terumbu karang, lamun, matras mikroalga, karang mati, pasir dan batu.

Analisis Data

Analisis spasial dan perhitungan luasan habitat bentik

- Overlay data habitat bentik dengan peta wilayah.
Menggunakan QGIS untuk identifikasi distribusi habitat bentik dalam batas wilayah Pantai Ngurbloat dengan pemanfaatan fitur *analysis tools* pada menu *geoprocessing*.
- Perhitungan luasan habitat bentik.
Menggunakan *zonal statistics* di QGIS untuk menghitung total luasan masing-masing kelas habitat bentik (Evgeniev et al., 2023).

Interpretasi dan penyusunan peta

- Penyusunan peta distribusi habitat bentik menggunakan QGIS dengan standar peta

kelautan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI).

- b. Analisis luasan habitat bentik
Melakukan pembuatan grafik perbedaan luasan habitat sehingga mudah dilihat perbedaan luasan secara mudah.

Perangkat Lunak yang digunakan

Pemanfaatan perangkat lunak sangat penting untuk tahap pengolahan dan analisis data, perangkat lunak yang digunakan adalah:

- a. Quantum GIS (QGIS) untuk overlay data, analisis spasial, perhitungan luasan dan peta habitat bentik.
- b. *Google Earth Engine* (GEE) untuk segmentasi dan ekstraksi fitur berbasis OBIA.
- c. ENVI untuk koreksi kolom air menggunakan algoritma Lyzenga.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Distribusi Spasial Habitat Bentik

Secara spasial, hasil klasifikasi menunjukkan adanya pola distribusi habitat bentik yang terstruktur sesuai dengan gradasi kedalaman dan morfologi dasar perairan. Habitat padang lamun teridentifikasi memiliki habitat yang kecil di pantai Ngurbloat. Lamun hanya berada pada bagian selatan dari pantai ini serta memiliki sebaran hanya 0,85%. Terumbu karang terkonsentrasi keberadaannya berada jauh dari pesisir pantai. Namun adapun kawasan karang mati yang dekat dengan pantai, dimana hasil ini memberikan gambaran bahwa terumbu karang di pesisir pantai Ngurbloat mengalami kerusakan. Terumbu karang di pantai Ngurbloat memiliki sebaran 18,99%.

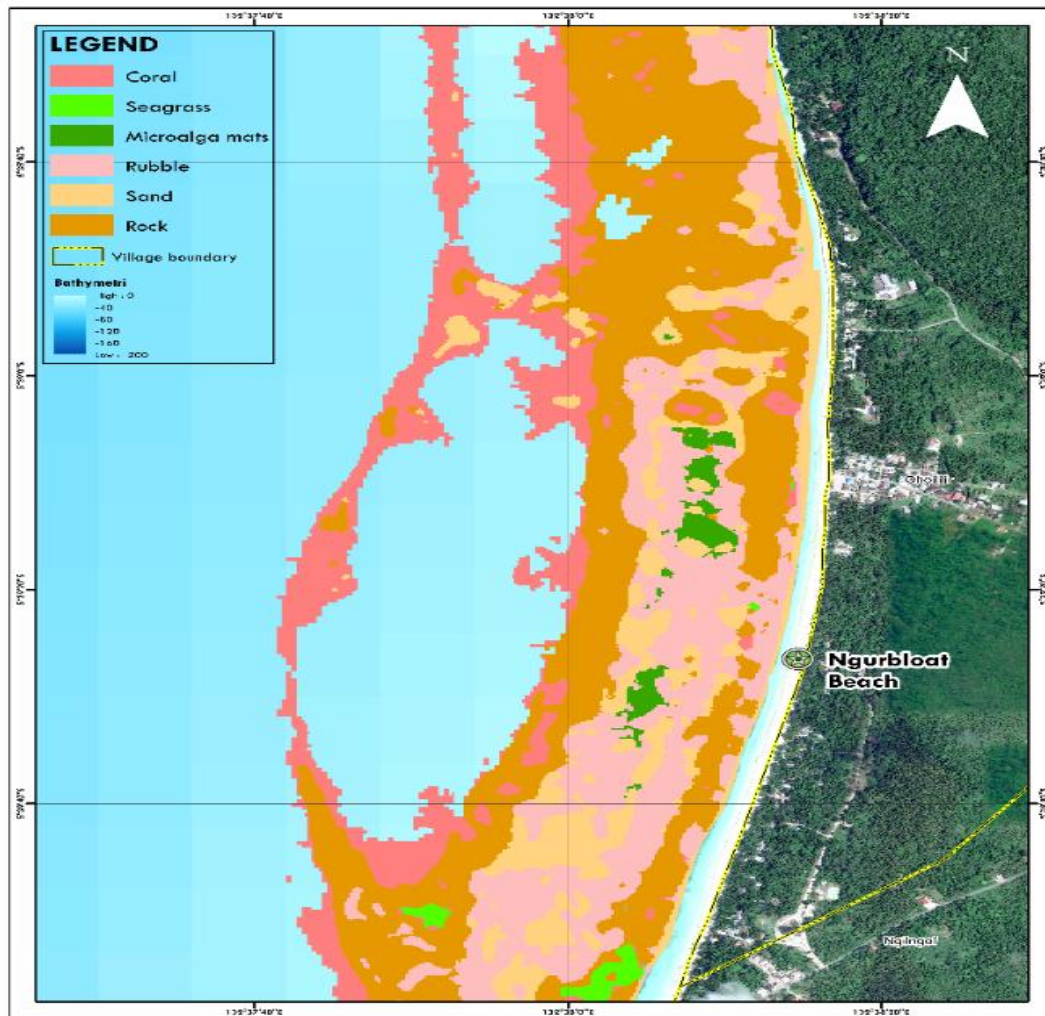
Selain lamun dan terumbu karang, adapun matras mikroalga. Matras mikroalga merupakan komponen fundamental dari ekosistem perairan dangkal, terutama di wilayah pesisir yang didominasi oleh substrat berpasir dan batuan (Correia *et al.*, 2018). Matras mikroalga pada pantai Ngurbloat memiliki sebaran sebesar 1,60%, lebih besar distribusinya dari pada lamun.

Pengolahan Ekosistem pesisir merupakan salah satu habitat yang memiliki keanekaragaman hayati tinggi, mencakup

terumbu karang, padang lamun, dan komunitas matras mikroalga yang saling berinteraksi dalam menjaga keseimbangan ekologi laut (Aprilia & Mulyanie, 2023).

Terumbu karang di pesisir pantai Ngurbloat mengalami kerusakan. Aktivitas masyarakat yang menjadikan pantai ini sebagai alternatif rekreasi yang populer di Kabupaten Maluku Tenggara memberikan dampak yang terlihat jelas, secara spasial sebaran terumbu karang mati di pesisir pantai cukup luas dengan presentasi 22,70%. Selain aktivitas manusia adapun beberapa indikasi kerusakan terumbu karang seperti penangkapan ikan dengan bom dan sianida, pembangunan infrastruktur pesisir, serta pariwisata yang tidak terkendali telah mempercepat degradasi ekosistem karang (Marista *et al.*, 2023). Tekanan ini menyebabkan banyak area karang mengalami kematian massal, yang berdampak pada hilangnya habitat bagi berbagai spesies ikan dan invertebrata laut. Padang lamun merupakan ekosistem penting yang berfungsi sebagai penyedia habitat bagi berbagai spesies laut dan sebagai penyerap karbon biru (Raafi *et al.*, 2024). Namun, penelitian menunjukkan bahwa distribusi lamun mengalami penurunan akibat eutrofikasi dan aktivitas manusia.

Pengerukan, reklamasi pantai, serta penambangan pasir di pantai Ngurbloat sebelumnya mengakibatkan degradasi padang lamun, yang berdampak pada hilangnya habitat penting bagi ikan dan invertebrata laut (Vernandha & Wijaya, 2023). Matras mikroalga merupakan kumpulan mikroorganisme fotosintetik yang membentuk lapisan tipis di permukaan sedimen atau substrat keras di lingkungan perairan dangkal. Peran utama matras mikroalga adalah sebagai produsen primer, mengubah energi matahari menjadi senyawa organik melalui fotosintesis, yang menjadi dasar rantai makanan bagi banyak organisme bentik lainnya (Plass-Johnson *et al.*, 2015). Matras mikroalga juga ditemukan tumbuh di substrat karang mati, yang menunjukkan adanya proses suksesi ekologis setelah degradasi terumbu karang (Arsad *et al.*, 2019).



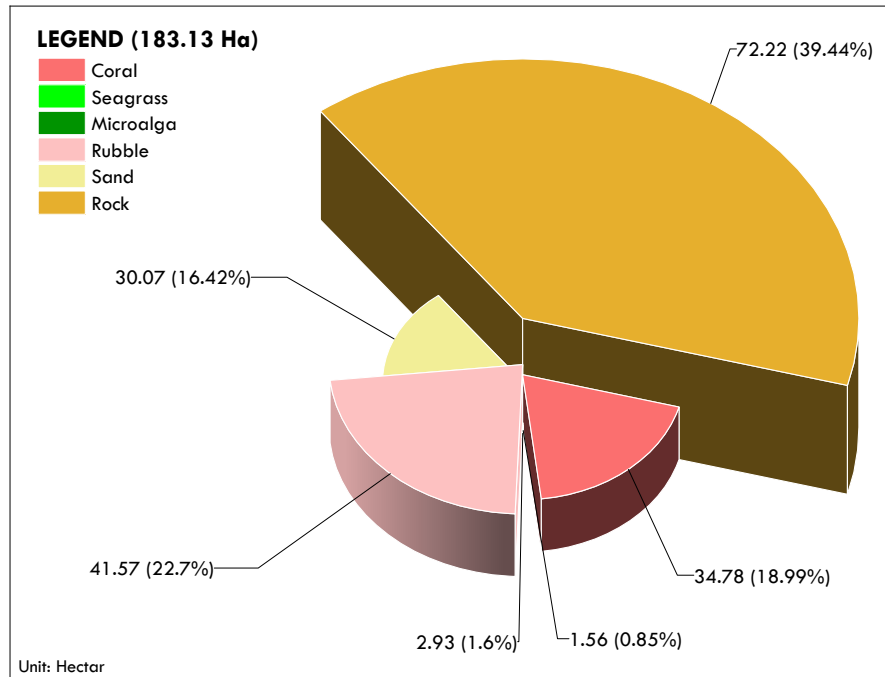
Gambar 2. Distribusi habitat bentik dan substrat di perairan Pantai Ngurbloat.

Luasan Habitat Bentik

Luasan habitat bentik dan substrat dihitung dengan memanfaatkan fitur pada software QGIS yakni *Calculate Geometry* yang mana perhitungan didasarkan pada kelas warna yang terlihat dari peta habitat bentik dan substrat yang telah dihasilkan. Total luasan habitat bentik dan substrat di pantai Ngurbloat mencapai 183,13 ha. Luasan habitat bentik terdiri dari terumbu karang 34,78 ha (18,99%), lamun 1,56 ha (0,85%) dan matras mikroalga 2,93 ha (1,60%). Terlihat juga luasan substrat terdiri dari karang mati 41,57 ha (22,7%), pasir 30,07 ha (16,42%) serta batu 72,22 ha (39,44%). Luasan substrat batu lebih besar

dari pada semua fitur yang teridentifikasi di pantai Ngurbloat.

Berdasarkan hasil perhitungan luasan yang ditampilkan oleh gambar 3 menunjukkan adanya luasan karang mati yang cukup luas mengindikasikan bahwa terumbu karang secara periodik mengalami kerusakan. Hal ini menjadi indikator bahwa ekosistem terumbu karang mengalami tekanan lingkungan yang tinggi (Salanggon *et al.*, 2022). Hasil ini juga dapat dijadikan sebagai bahan rujukan untuk melakukan rehabilitasi atau pemeliharaan terumbu karang agar kondisi terumbu karang menjadi lebih baik dan dapat dijadikan sebagai tempat snorkling dan daving oleh wisatawan lokal maupun mancanegara.



Gambar 3. Luasan habitat bentik dan substrat.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan pemanfaatan data *Allen Coral Atlas* memberikan hasil yang sangat baik dengan klasifikasi habitat bentik terdiri dari terumbu karang (18.99%), lamun (0.85%), dan matras mikroalga (1.60%). Terumbu karang memiliki luasan lebih besar diikuti matras mikroalga dan lamun. Substrat pada habitat bentik berupa karang mati, pasir dan batu. Terindikasi terjadi kerusakan terumbu karang di pesisir pantai Ngurbloat dengan adanya kawasan karang mati yang cukup luas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada *Allen Coral Atlas* selaku penyedia data yang telah terintegrasi dengan SIG.

DAFTAR PUSTAKA

Alifatri, L. O., Prayudha, B., & Anggraini, K. (2022). Klasifikasi Habitat Bentik Berdasarkan Citra Sentinel-2 di Kepulauan Kei, Maluku Tenggara. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(3). <https://doi.org/10.18343/jipi.27.3.372>.

Aprilia, & Mulyanie, E. (2023). Implementasi Konsep Blue Economy di Indonesia sebagai Upaya Mewujudkan Sustainable Development Goals (SDGs) 14: Life Below Water. *Jurnal Ilmiah Samudra Akuatika*, 7(2). <https://doi.org/10.33059/jisa.v7i2.9116>.

Arsad, S., Zsalszabil, A. N., Prasetya, F. S., Safitri, I., Saputra, D. K., Musa, M., Studi, P., Sumber, M., Perairan, D., Perikanan, F., Kelautan, I., Brawijaya, U., Studi, M. P., Kelautan, D. I., Padjadjaran, U., Matematika, F., Ilmu, D., Alam, P., & Tanjungpura, U. (2019). Komunitas Mikroalga Perifiton Pada Substrat Berbeda dan Perannya Sebagai Biondikator Perairan. *Saintek Perikanan: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 15(1).

Asaad, I., Lundquist, C. J., Erdmann, M. V., & Costello, M. J. (2019). An interactive atlas for marine biodiversity conservation in the Coral Triangle. *Earth System Science Data*, 11(1). <https://doi.org/10.5194/essd-11-163-2019>

B. Lyons, M., M. Roelfsema, C., V. Kennedy, E., M. Kovacs, E., Borrego-Acevedo,

- R., Markey, K., Roe, M., M. Yuwono, D., L. Harris, D., R. Phinn, S., Asner, G. P., Li, J., E. Knapp, D., S. Fabina, N., Larsen, K., Traganos, D., & J. Murray, N. (2020). Mapping the world's coral reefs using a global multiscale earth observation framework. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 6(4).
<https://doi.org/10.1002/rse2.157>
- Correia, J. R. M. B., Oliveira, W. D. M., Pereira, P. S., De Camargo, J. M. R., & De Araújo, M. E. (2018). Substrate Zonation as a Function of Reef Morphology: A Case Study in Carneiros Beach, Pernambuco, Brazil. *Journal of Coastal Research*, 81(sp1).
<https://doi.org/10.2112/SI81-001.1>
- Evgeniev, R., Malcheva, K., Marinova, T., Chervenkov, H., & Bocheva, L. (2023). Assessment of Drought in Bulgaria in Recent Years Through the Standardized Precipitation Index. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*, 23(4.1).
<https://doi.org/10.5593/sgem2023/4.1/s19.31>
- Hossain, M. D., & Chen, D. (2019). Segmentation for Object-Based Image Analysis (OBIA): A review of algorithms and challenges from remote sensing perspective. In *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* (Vol. 150).
<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.02.009>
- Kennedy, E. V., Roelfsema, C. M., Lyons, M. B., Kovacs, E. M., Borrego-Acevedo, R., Roe, M., Phinn, S. R., Larsen, K., Murray, N. J., Yuwono, D., Wolff, J., & Tudman, P. (2021). Reef Cover, a coral reef classification for global habitat mapping from remote sensing. *Scientific Data*, 8(1).
<https://doi.org/10.1038/s41597-021-00958-z>
- Li, Z., Duan, P., Hu, S., Li, M., & Kang, X. (2022). Fast Hyperspectral Image Dehazing with Dark-Object Subtraction Model. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 19.
<https://doi.org/10.1109/LGRS.2022.3217766>
- Lyzenga, D. R. (1978). Passive remote sensing techniques for mapping water depth and bottom features. *Applied Optics*, 17(3).
<https://doi.org/10.1364/ao.17.000379>
- Marista, E., Zibar, Z., Raynaldo, A., Shofiyah, S. S., Saputra, R., Alimuddin, A., & Linda, R. (2023). Keanekaragaman Karang dan Jenis Ikan Karang di Perairan Belitung Barat, Kepulauan Bangka Belitung. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 6(1).
<https://doi.org/10.26418/lkuntan.v6i1.60137>
- Plass-Johnson, J. G., Ferse, S. C. A., Jompa, J., Wild, C., & Teichberg, M. (2015). Fish herbivory as key ecological function in a heavily degraded coral reef system. *Limnology and Oceanography*, 60(4).
<https://doi.org/10.1002/lno.10105>
- Raafi, M., Syahdan, M., & Nursalam, N. (2024). Estimasi Serapan Gas Karbon Dioksida Pada Vegetasi Mangrove Di Area Lahan Bekas Tambak Desa Betung Kecamatan Kusan Hilir Kabupaten Tanah Bumbu Kalimantan Selatan. *Marine Coastal and Small Islands Journal - Jurnal Ilmu Kelautan*, 7(1).
<https://doi.org/10.20527/m.v7i1.11823>
- Roelfsema, C. M., Kovacs, E. M., Ortiz, J. C., Callaghan, D. P., Hock, K., Mongin, M., Johansen, K., Mumby, P. J., Wettle, M., Ronan, M., Lundgren, P., Kennedy, E. V., & Phinn, S. R. (2020). Habitat maps to enhance monitoring and management of the Great Barrier Reef. *Coral Reefs*, 39(4).
<https://doi.org/10.1007/s00338-020-01929-3>
- Salanggon, A. M., Sallata, A. E., Fathuddin, F., Pramita, E. A., Hermawan, R., & Akbar, M. (2022). Kondisi Terumbu Karang di Kawasan Konservasi Perairan Morowali. *Jurnal Kelautan Nasional*, 17(3).
<https://doi.org/10.15578/jkn.v17i3.10950>

- Sari, C. A., Syah, A. F., Prayuda, B., & Salatalohi, A. (2020). Pemetaan Habitat Bentik di Pulau Liki, Papua, Menggunakan Citra Satelit Sentinel-2A Benthic Habitat Mapping on Liki Island, Papua, Using Sentinel-2A Sinasinderaja.Lapan.Go.Id, 17(1).
- Setiawan, A., Siregar, V. P., Susilo, S. B., Mardiasuti, A., & Agus, S. B. (2022). Geomorphological classification of benthic structures of Kaledupa Atoll Wakatobi National Park, Indonesia. *Biodiversitas*, 23(7). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230755>
- Solihuddin, T., Utami, D. A., Daulat, A., & Rustam, A. (2020). Geomorfologi Terumbu Karang Dan Habitat Bentik Gugusan Pulau Biawak, Indramayu: Integrasi Studi Citra Satelit Dan Sedimen Permukaan. *Jurnal Segara*, 16(3). <https://doi.org/10.15578/segara.v16i3.8523>
- Sugara, A., Siregar, V. P., & Agus, S. B. (2020). Klasifikasi Habitat Bentik Perairan Dangkal Dari Citra Worldview-2 Menggunakan Data In-Situ Dan Drone. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(1), 135–150. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v12i1.26448>
- Teurupun, G. L., Lodar, S., Rahaket, E., & Awayal, D. D. (2025). Mapping Of Benthic Habitat in Bair Island Using Allen Coral Atlas Data. *Jurnal Van An*, N., Quang, N. H., Son, T. P. H., & An, T. T. (2023). High-resolution benthic habitat mapping from machine learning on PlanetScope imagery and ICESat-2 data. *Geocarto International*, 38(1). <https://doi.org/10.1080/10106049.2023.2184875>
- Vernandha, Y. V., & Wijaya, N. I. (2023). Kelimpahan Clownfish (*Amphiprioninae ocellaris*) sebagai Bioindikator Kondisi Karang di Gili Labak, Madura. *Samakia: Jurnal Ilmu Perikanan*, 14(1). <https://doi.org/10.35316/jsapi.v14i1.2865>
- Perikanan Unram, 15(2), 545–551. <https://doi.org/10.29303/jp.v15i2.1359>.