

Pemetaan Ekowisata Terumbu Karang Berbasis *Geographic System Information* (GIS) di Pulau Pahawang

Orista Ammar Madany ¹⁾

Ahmad Herison ²⁾

Yuda Romdania ³⁾

Ashruri ⁴⁾

Abstract

Coral reef ecosystems are threatened with extinction. Along with the development of technology, the distribution of coral reefs can be reviewed only by looking at an information map. The purpose of this research is to map coral reef ecotourism on Pahawang Island. So that it is expected to provide information to the community and also island developers related to the condition of the coral reef ecosystem on Pahawang Island. The method used in map processing is sentinel 2A image data processing with the guided classification method in ArcGIS software, while the analysis method is descriptive, which describes the results of the coral reef cover map. The results of the analysis and discussion found that Geographic Information System (GIS) based remote sensing with processed sentinel 2A imagery is very helpful in the process of finding information on the distribution of coral reefs on Pahawang Island. Data processing in ArcGIS software using guided classification methods can be used in order to produce coral cover maps. The results of the coral reef distribution map have an area of 128.64 Ha. The conclusion is that Geographic Information System (GIS) based remote sensing with ArcGIS software can be used to produce coral cover maps. On Pahawang Island, the coral reef cover area of 128.64 Ha was obtained.

Keywords: Map, Ecosystem, Coral reef, GIS, Sentinel 2A Image

Abstrak

Ekosistem terumbu karang terancam mengalami kepunahan. Seiring dengan perkembangan teknologi, persebaran terumbu karang dapat ditinjau hanya dengan melihat suatu peta informasi. Tujuan penelitian ini adalah memetakan ekowisata terumbu karang di Pulau Pahawang. Sehingga diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat dan juga pengembang pulau terkait kondisi ekosistem terumbu karang di Pulau Pahawang. Metode yang digunakan dalam pengolahan peta adalah pengolahan data citra sentinel 2A dengan metode klasifikasi terbimbing pada *software* ArcGIS, sedangkan metode analisa adalah deskriptif, yaitu mendeskripsikan hasil dari peta tutupan terumbu karang. Hasil analisa dan pembahasan didapatkan bahwa penginderaan jarak jauh berbasis Geographic Information System (GIS) dengan olahan citra sentinel 2A sangat membantu dalam proses pencarian informasi persebaran terumbu karang di Pulau Pahawang. Pengolahan data pada *software* ArcGIS menggunakan metode klasifikasi terbimbing dapat digunakan dalam sehingga dapat menghasilkan peta tutupan karang. Hasil peta persebaran terumbu karang memiliki luas 128,64 Ha. Kesimpulannya adalah penginderaan jarak jauh berbasis *Geographic Information System* (GIS) dengan *software* ArcGIS bisa digunakan untuk menghasilkan peta tutupan karang. Pada Pulau Pahawang didapatkan luas tutupan terumbu karang sebesar 128,64 Ha.

Kata kunci: Peta, Ekosistem, Terumbu karang, GIS, Citra Sentinel 2A

¹⁾ Mahasiswa S1 pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
Surel: oristaammar@gmail.com

²⁾ Dosen pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 . Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

³⁾ Dosen pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro no. 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

⁴⁾ Dosen pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro no. 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

I. PENDAHULUAN

Terumbu karang merupakan ekosistem utama perairan pesisir dan laut tropis, kehadirannya sangat dominan di perairan pesisir dan pulau-pulau kecil wilayah kepulauan Indonesia (Sahetapy, 2021). Ekosistem terumbu karang merupakan salah satu komponen khas perairan tropik, ekosistem terumbu karang ini berfungsi sebagai habitat bagi biota-biota laut untuk hidup dan berkembang dalam kehidupan yang seimbang (Wijaya, 2020). Selain sebagai tempat tinggal biota laut, terumbu karang juga berfungsi untuk wisata *snorkeling* maupun *diving*.

Ekosistem terumbu karang terancam mengalami kepunahan. Hal ini umumnya disebabkan oleh pemanfaatan berlebihan terumbu karang oleh manusia baik langsung maupun tidak langsung serta pencemaran lingkungan. Gangguan antropogenik telah mengancam keanekaragaman hayati ekosistem ini. Seiring dengan perkembangan teknologi, persebaran terumbu karang dapat ditinjau hanya dengan melihat suatu peta informasi. Peta persebaran terumbu karang bisa didapatkan dengan mengolah data dari citra satelit, namun keakuratannya tentu saja berbeda dengan kondisi di lapangan. Oleh karena itu diperlukan adanya data dan informasi yang bersifat spasial mengenai sebaran terumbu karang dan penelitian mendalam lagi dampak wisata bahari terhadap ekosistem terumbu karang di Pulau Pahawang. Dengan memanfaatkan teknologi *Geographic Information System (GIS)*, pemetaan terumbu karang dapat dilakukan dengan mengolah data secara spasial dan dituangkan menjadi peta persebaran terumbu karang. Analisis spasial suatu kawasan dapat dilakukan dengan perangkat lunak ArcGIS (Yulianda, 2019).

Sistem Informasi Geografis adalah alat untuk mengumpulkan, menyimpan, menayangkan kembali data spasial dari dunia nyata (*real world*) untuk kepentingan-kepentingan tertentu (Prahasta, 2001). Kemudahan-kemudahan yang diberikan SIG dalam pengumpulan data, integrasi data hingga kemampuan analisis spasialnya menjadikan SIG lebih unggul dibandingkan cara konvensional. Dengan SIG, saat ini orang dapat secara cepat memadukan data hasil survey GPS, citra satelit penginderaan jauh dan data atribut lainnya sebagai sumber data sebuah peta. Citra Sentinel-2A adalah salah satu citra yang dapat digunakan untuk pemetaan perairan dangkal pesisir pantai dengan sangat baik. Citra sentinel diluncurkan oleh *europa commission* dan *europa space agency* untuk program *global monitoring for environment and security*. Pemetaan terumbu karang menggunakan 4 band yaitu *band red*, *band green*, *band blue*, dan *band NIR* (Fauzi, 2021). Penggunaan citra satelit Sentinel-2 pada penelitian ini karena ketersediaan data yang dapat diunduh tanpa membayar dan potensi kemampuan citra ini dalam pemetaan ekosistem pesisir dengan resolusi spasial yang lebih bagus (10 m) dibandingkan dengan Citra Landsat (30 m) yang umumnya digunakan dalam berbagai penelitian sejenis (Fuad, *et. Al*, 2021).

Banyak penelitian terdahulu yang melakukan metode penginderaan jarak jauh. Namun, belum banyak penelitian yang melakukan pemetaan ekowisata terumbu karang dengan menggunakan citra sentinel di Pulau Pahawang. Tujuan penelitian ini memetakan ekowisata terumbu karang di Pulau Pahawang, sehingga dapat memberikan informasi kepada masyarakat dan juga pengembang pulau terkait kondisi ekosistem terumbu karang di Pulau Pahawang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ekosistem Terumbu Karang

Terumbu karang merupakan objek ekosistem yang terbentuk dari endapan masif kapur kalsium karbonat (CaCO_3) atau hasil sekresi kapur dari biota laut dan karang seperti hasil

sekresi molusca dan alga berkapur. Dari hasil inilah terbentuk batu-batu kapur biogenis yang menjadi awal dari struktur ekosistem pesisir (Nontji, 1997; Bengen, 2002). Terumbu karang juga dapat diartikan sebagai ekosistem yang terbentuk dari sekresi kapur dan biota lainnya yang memiliki sel bersimbiosis dengan jaringan karang. Ekosistem terumbu karang bermanfaat secara langsung dan tidak langsung. Sebagai salah satu ekosistem utama di kawasan pesisir, terumbu karang berperan sebagai pelindung pantai dari hempasan arus dan gelombang.

2.2 Daya Tarik Terumbu Karang

Pemanfaatan terumbu karang merupakan salah satu jasa-jasa lingkungan dalam bentuk wisata bahari, seperti menyelam (*diving*) dan *snorkeling*. *Diving* dan *snorkeling* merupakan bentuk wisata bahari yang sangat digemari di ekosistem terumbu karang. Pengelolaan yang baik dapat menunjang pendapatan daerah dan membuka peluang pertumbuhan ekonomi masyarakat setempat, misalnya dengan mengembangkannya sebagai daerah wisata selam dan *snorkeling* (Cesar *et al.* 2003). Selain itu, dengan keelokan dan keindahannya, terumbu karang dapat menjadi salah satu objek daya tarik wisata bahari, (Zulfikar *et.al*, 2011). Ekosistem terumbu karang bukan hanya sekedar hasil sekresi dari biota laut, tetapi terumbu karang memiliki keindahan yang luar biasa untuk dilihat karena bentuknya, warnanya ataupun karena biota di sekitarnya.

2.3 Penginderaan Jarak Jauh

Penginderaan jauh (*remote sensing*) adalah metode pengumpulan data yang dilakukan tanpa kontak secara langsung atau menggunakan alat yang sering disebut sensor (Arifin, 2018). Penginderaan jauh sendiri terdiri atas 3 komponen utama yaitu obyek yang diindera, sensor untuk merekam obyek dan gelombang elektronik yang dipantulkan atau dipancarkan oleh permukaan bumi, interaksi dari ketiga komponen ini menghasilkan data penginderaan jauh yang selanjutnya melalui proses interpretasi dapat diketahui jenis obyek area ataupun fenomena yang ada (Mariati, 2020). Proses interpretasinya dapat dilakukan dengan sistem *Geographic Information System (GIS)*.

2.4 GIS (*Geographic Information System*)

Geographic Information System (GIS) adalah satu kesatuan sistem berbasis komputer yang berguna untuk pengelolaan, penyimpanan, pemrosesan, analisis, dan penayangan data spasial dan non spasial yang terkait dengan permukaan bumi (M. W. Alkhalidi, 2020). Oleh karena itu penggunaan *Geographic Information System (GIS)* banyak digunakan Pemerintah untuk mengetahui pendataan berbasis digital (Agustini, 2021). Maka dari itu, metode berbasis GIS ini memiliki banyak fungsi dalam pengolahan dan analisa data secara spasial.

2.5 Software ArcGIS

ArcGIS merupakan salah satu perangkat lunak desktop SIG dan pemetaan yang dikembangkan oleh ESRI (Environmental System Research Institute Inc), yang memungkinkan pengguna untuk memanfaatkan data dari berbagai format data (Nur Rohim, W., 2015). ArcGIS memiliki kemampuan untuk melakukan visualisasi, menjawab query (baik data spasial maupun data non spasial), menganalisis data secara geografis dan sebagainya. Komponen ArcGIS diantaranya: *project, themes, table, chart, layout* dan *script*.

2.6 Citra Satelit Sentinel 2A

Citra Sentinel-2A merupakan salah satu citra satelit yang memiliki 13 band, 4 band beresolusi 10 m, 6 band beresolusi 20 m, dan 3 band beresolusi spasial 60 m dengan area sapuan 290 km. Sentinel-2 dapat digunakan untuk kepentingan monitoring lahan, data dasar untuk penggunaan lahan yang dapat digunakan untuk berbagai aplikasi monitoring dan perencanaan lingkungan (Kawamuna, dkk., 2017 dalam (Awaliyan & Sulistyoadi, 2018)). Citra sentinel 2A ini digunakan untuk membuat peta terumbu karang secara spasial.

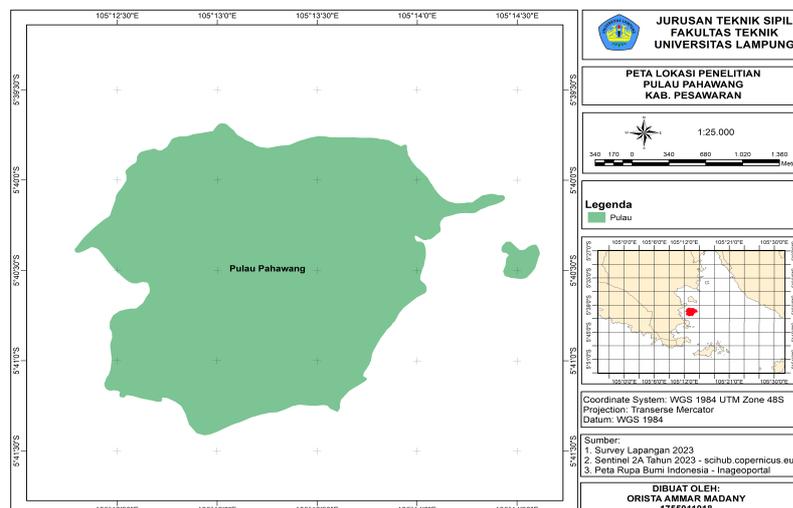
2.7 Klasifikasi Terbimbing (*Supervised Classification*)

Klasifikasi terbimbing adalah klasifikasi yang dilakukan dengan arahan analisis (supervised), dimana kriteria pengelompokan kelas ditetapkan berdasarkan penciri kelas (class signature) yang diperoleh melalui pembuatan area contoh training area (Riswanto, 2009). Menurut Marini (2014), klasifikasi terbimbing merupakan metode yang diperlukan untuk mentransformasikan data citra multispektral ke dalam kelas-kelas unsur spasial dalam bentuk informasi tematis. Pada analisis sistem kerja metode terbimbing, terlebih dahulu diharuskan menetapkan beberapa training area (daerah contoh) pada citra sebagai kelas lahan tertentu (Purwanto, HE., dan Lukiawan, R., 2019).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Pulau Pahawang, Kecamatan Punduh Pidada, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. Pulau Pahawang memiliki luas daratan ±1.020 Ha dengan keliling sepanjang 12 Km yang terletak di perairan Teluk Lampung. Lokasi penelitian lihat Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi penelitian Pulau Pahawang.

3.2 Peralatan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Computer
- Software GIS

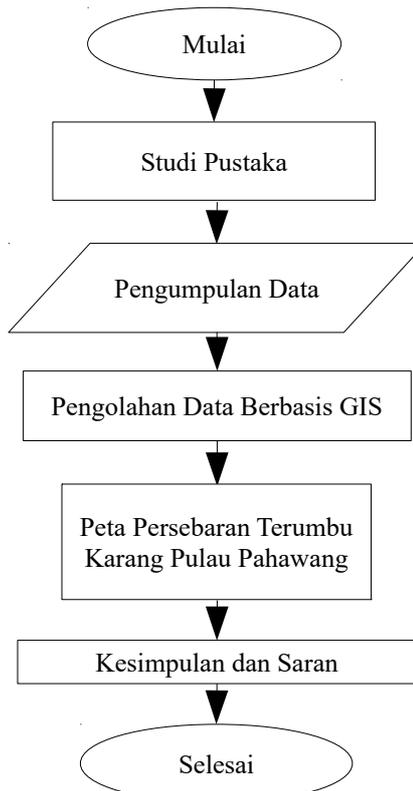
3.3 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Peta Rupa Bumi Indonesia
- b. Citra Sentinel-2A
- c. Studi Literatur

3.4 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian lihat Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian.

3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Studi Literatur

Tahap awal penelitian dimulai dengan studi literatur, mulai mencari jurnal-jurnal terkait, lalu membaca dan memahami jurnal, buku-buku serta literatur yang terkait dalam penelitian.

- b. Pengumpulan Data

Tahapan selanjutnya adalah mengumpulkan data citra satelit sentinel-2A serta informasi lainnya terkait lokasi penelitian.

- c. Pengolahan Data

Langkah selanjutnya mengolah data citra satelit Sentinel-2A dengan metode penginderaan jarak jauh secara digital melalui software ArcGIS. Proses interpretasi citra menggunakan klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) dengan cara melakukan *sampling* pada citra sentinel 2-A.

d. Analisis Data

Selanjutnya tahap analisis data, analisis yang dilakukan secara deskriptif. Pada tahap ini penulis mendeskripsikan dan menggambarkan isi dari hasil peta persebaran terumbu karang yang ada di lokasi penelitian.

e. Kesimpulan

Tahap terakhir kesimpulan, berisi kesimpulan dari hasil analisis data yang telah dilakukan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan pengolahan data untuk pembuatan peta persebaran terumbu karang menggunakan software ArcGIS adalah sebagai berikut:

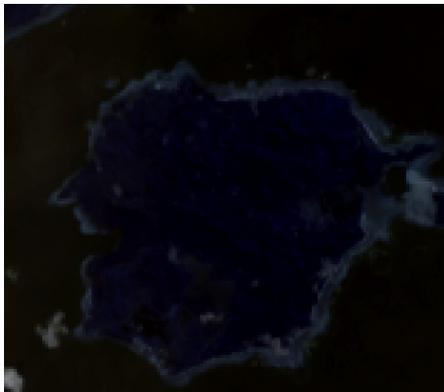
a. Download data citra sentinel 2A pada *website* <https://scihub.copernicus.eu>, dan data citra landsat-8 pada *website* <http://earthexplorer.usgs.gov>.

b. Lalu import data citra dengan memasukkan data citra sentinel-2A dan Landsat-8 ke dalam arcgis dengan cara melakukan *add data*.

c. Langkah selanjutnya adalah *composite band*, yakni penggabungan 3 (tiga) buah band data citra untuk mendapatkan citra multispektral sebagai salah satu citra yang akan ditajamkan. Band yang digunakan pada data citra sentinel 2A yaitu band 3, band 2, dan band 1, sedangkan pada citra landsat-8 digunakan band 4, band 3 dan band 2. Hasil *composite band* citra sentinel 2A lihat Gambar 3 dan hasil *composite band* citra landsat lihat Gambar 4.



Gambar 3. Hasil *composite band* citra sentinel 2A.



Gambar 4. Hasil *composite band* citra landsat 8

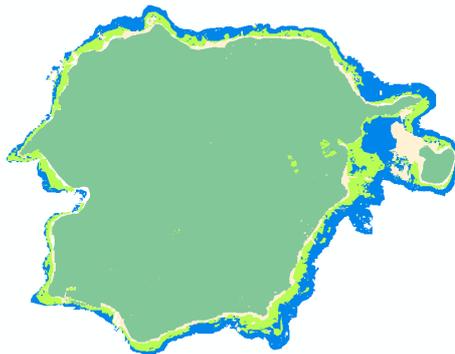
Dapat dilihat perbandingan kualitas gambar pada citra sentinel-2A dan citra Landsat 8, sentinel-2A mempunyai kualitas gambar yang lebih baik dibandingkan dengan citra landsat 8, maka untuk langkah selanjutnya digunakan data citra sentinel 2A.

a. Selanjutnya dilakukan pemotongan citra untuk mendapatkan batas wilayah lokasi penelitian. Selanjutnya pemotongan citra untuk analisa atau penyajian data suatu wilayah yang lebih kecil dari data aslinya. Dengan cara klik icon *ArcToolbox* atau klik menu *Geoprocessing > ArcToolbox*, klik data “*management tools*” lalu “*raster*” lalu klik “*raster processing*” lalu klik dua kali pada “*clip*”. Hasil pemotongan citra lihat Gambar 5.

b. Lalu selanjutnya klasifikasi citra, yakni proses pengelompokkan pixel pada suatu citra ke dalam sejumlah *class* (kelas), dan setiap kelas dapat menggambarkan suatu entitas dengan ciri-ciri tertentu. Klasifikasi dilakukan dengan metode *supervised classification*. Lalu ambil beberapa sampel warna dengan bentuk polygon di tiap jenis pixel yang berbeda lihat gambar dan sesuaikan antara sampel warna dengan jenisnya, proses ini dilakukan dengan “*training sample manager*”. Kemudian lakukan klasifikasi citra dengan klik “*Interactive Supervised Classification*”.



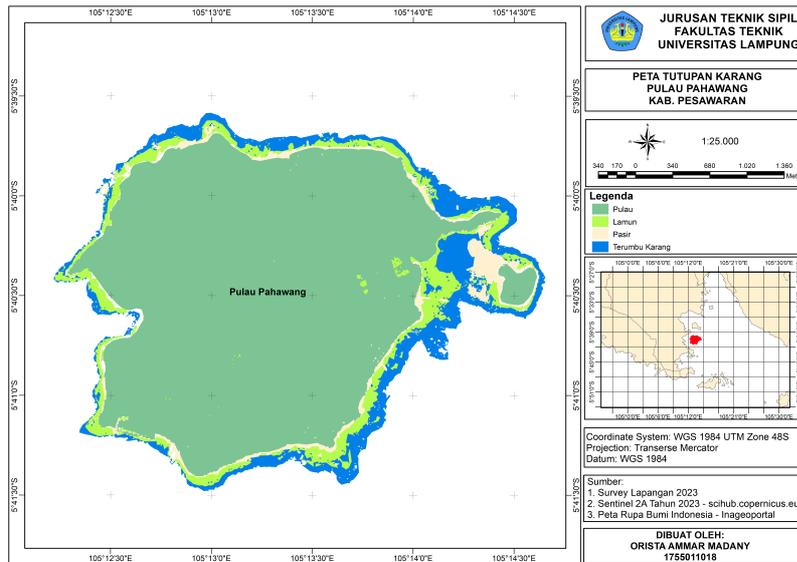
Gambar 5. Hasil pemotongan citra Pulau Pahawang.



Gambar 6. Hasil klasifikasi citra Sentinel-2A.

c. Langkah terakhir pencetakan peta, sebelum dicetak terlebih dahulu membuat layout atau tampilan citra yang akan dicetak agar sesuai dengan kaidah-kaidah kartografi (seperti: Judul, skala, arah mata angin, legenda dan atribut lainnya). Pencetakan dilakukan dengan dua cara, yaitu mencetak dalam bentuk file dan cetak langsung dalam kertas (print). Hasil pencetakan peta tutupan terumbu karang lihat Gambar 7.

Gambar 7 menunjukkan pada peta persebaran Pulau Pahawang terdapat terumbu karang, lamun, dan pasir yang ada di Pulau Pahawang. Dari hasil pengolahan di dapatkan luasan Pulau Pahawang seluas 10.200.000 m² atau 1.020 Ha. Dari hasil peta diatas dapat diidentifikasi luasan area tutupan karang dengan menggunakan bantuan software ArcGIS, sehingga informasi yang didapatkan masyarakat lebih detail. Cara melakukannya adalah dengan menghitung menggunakan kalkulator geometri pada tiap *polygon*, tambahkan atribut tabel untuk nilai luasan, maka akan didapatkan nilai luasan tutupan karang. Luas tutupan Pulau Pahawang lihat Tabel 1.



Gambar 8. Persentase tutupan Pulau Pahawang

Tabel 1. Luas Tutupan Pulau Pahawang

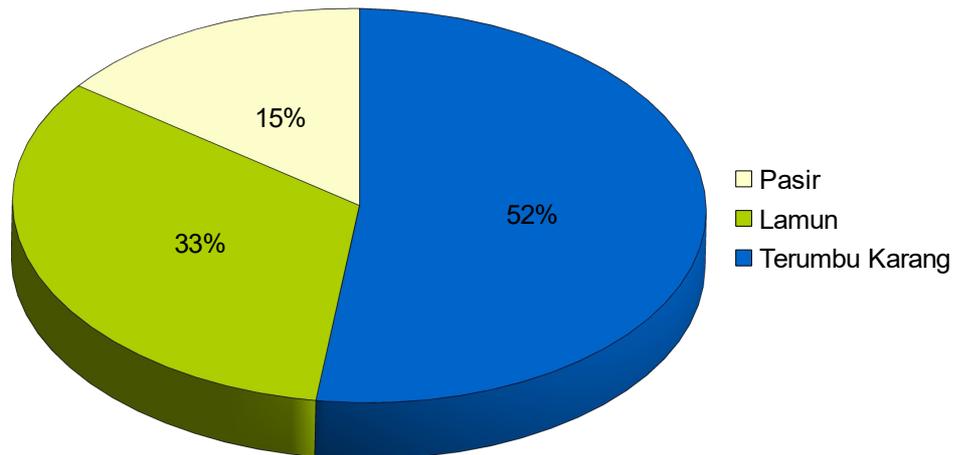
Luas Tutupan	
Terumbu Karang	128,64 Ha
Lamun	81,19 Ha
Pasir	38,08 Ha

Tabel 1 menunjukkan luasan yang terbesar diisi oleh terumbu karang dengan luas 128,64 Ha, lalu yang lainnya diisi oleh lamun dan pasir. Hasil tutupan karang ini terdiri terumbu karang hidup, terumbu karang rusak dan terumbu karang mati. Persentase luasan tutupan karang di Pulau Pahawang dalam bentuk grafik *pie* lihat Gambar 8.

Berdasarkan penelitian Nadzir badriawan yang berjudul “Analisis kerusakan terumbu karang di Pulau Pahawang” diperoleh presentase tutupan karang hidup sebesar 32,71% dan termasuk ke dalam kategori sedang. Dan penelitian yang berjudul “Monitoring habitat terumbu karang di Pulau Pahawang” oleh Nia Hana Yusma Sari diperoleh luasan terumbu karang pada tahun 2013 sebesar 569.097,177 m².

Dilihat dari hasil tutupan karang pada tahun-tahun sebelumnya, hasil luasan dari pengolahan data tahun 2023 menunjukkan bahwa di Pulau Pahawang terdapat peningkatan tutupan karang sebesar 717.302,823 m² menjadi 1.286.400 m². Hal ini terjadi karena, saat ini pemerintah mencanangkan program-program untuk menjaga

kelestarian sumber daya alam. Kampus-kampus, komunitas pencinta alam dan pemerintah daerah setempat melakukan berbagai aktivitas pembudidayaan terumbu karang, seperti pembaharuan dan transplantasi terumbu karang. Maka dari itu, tutupan terumbu karang di Pulau Pahawang dapat berubah-ubah setiap tahunnya. Sehingga pembuatan peta informasi mengenai tutupan terumbu karang secara berkala baik dilakukan untuk mengetahui pertumbuhan dan perkembangan terumbu karang di Pulau Pahawang dari tahun ke tahun.



Gambar 8. Persentase tutupan Pulau Pahawang.

V. KESIMPULAN

Kesimpulannya adalah penginderaan jarak jauh berbasis *Geographic Information System* (GIS) dengan *software* ArcGIS bisa digunakan untuk menghasilkan peta tutupan karang. Pada Pulau Pahawang didapatkan luas tutupan terumbu karang sebesar 128,64 Ha.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustini, E.P, dkk., 2021. Pemetaan Tata Guna Lahan Pertanian Dan Perkebunan Di Kabupaten Empat Lawang. Palembang. *Jurnal Ilmiah MATRIK Universitas Bina Darma* 23 (3), ISSN : 1411-1624 E-ISSN:2621-8089. 239-333.
- Alkhalidi, M.W., dkk., 2020. "Sistem Informasi Geografis Pemetaan Wilayah Penyalahgunaan Narkoba Menggunakan Metode SOM (Self-Organizing Map) Studi Kasus: Kabupaten Aceh Tenggara,". Aceh Tenggara. *Build. Informatics, Technol. Sci.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–9.
- Arifin, D dkk., 2018. Identifikasi Tutupan Lahan Kota Samarinda dengan memanfaatkan Citra Satelit Landsat-8 dan Algoritma NDVI. Samarinda. *Jurnal Teknik Geodesi UNDIP*. Vol 01 No. 02 : 79-84
- Awaliyan, M.R. dan Y.B. Sulistioadi. 2018. "Klasifikasi Penutupan Lahan Pada Citra Satelit Sentinel-2a Dengan Metode Tree Algorithm". *ULIN: Jurnal Hutan Tropis*,2(2), 98–104.
- Bengen, D.G., 2002, *Sinopsis Ekosistem Sumberdaya Alam Pesisir dan Laut serta Prinsip Pengelolaannya*, Bogor, Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan, Institut Pertanian Bogor.

- Cesar, H.J.S., Burke, L. & L. Pet-Soede. 2003. The economics of worldwide coral reef degradation. Cesar Environmental Economics Consulting, Arnhem and WWF-Netherlands, Zeist, The Netherlands.
- Eddy, Prahasta, 2001. Konsep-konsep Dasar Sistem Informasi Geografis, Bandung: Informatika.
- Fauzi, Halim R., 2021. Pemetaan Terumbu Karang Taman Menggunakan Citra Sentinel-2A dengan Metode Kombinasi DII (Depth Invariant Index) dan RWDI (Relative Water Depth Index) di Taman Nasional Wakatobi. Skripsi. Yogyakarta. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Fuad, *et. al*, 2021. Pemetaan Terumbu Karang Dengan Citra Satelit Sentinel-2 Dan Analisis Kondisi Karang Di Kawasan Pantai Pasir Putih, Situbondo Jawa Timur. *Jurnal Pendidikan Geografi: Kajian, Teori, dan Praktik dalam Bidang Pendidikan dan Ilmu Geografi*, 27(1), 2022, 73-87
- Kawamuna, A. (2017). Analisis Kesehatan Hutan Mangrove Berdasarkan Metode Klasifikasi NDVI Pada Citra Sentinel-2. Skripsi. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Mariati, Y., 2020. Identifikasi Perubahan Tata Guna Lahan di Daerah Aliran Sungai Tanggul Menggunakan Remote Sensing. *Skripsi*. Jember. Fakultas Teknik Universitas Jember
- Marini, Y. (2014). Perbandingan Metode Klasifikasi Supervised Maximum Likelihood dengan Klasifikasi Berbasis Objek Untuk Inventarisasi Lahan Tambak di Kabupaten Maros. Seminar. Bogor: LAPAN.
- Nadzir Badriawan, 2019. Analisis Kerusakan Terumbu Karang Di Pulau Pahawang. *Tesis*. Malang. Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Brawijaya
- Nontji A. 1993. Laut Nusantara. Jakarta: Djambatan.
- Nur Rohim, W., Awaluddin, M., Suprayogi, A., 2015. Semarang Charity Map, Penyajian Peta Donasi Sosial Kota Semarang Berbasis Blogger Javascript. Semarang. *Jurnal Geodesi Universitas Diponegoro*.
- Prahasta, Eddy, 2001. Konsep – Konsep Dasar Sistem Informasi Geografi, Informatika, Bandung.
- Purwanto, EH. Dan Lukiawan, R., 2019. Parameter Teknis Dalam Usulan Standar Pengolahan Penginderaan Jauh: Metode Klasifikasi Terbimbing Technical Parameter on Proposed of Remote Sensing Processing Data: Supervised Classification. Jakarta. Pusat Penelitian dan Pengembangan Standardisasi, Badan Standardisasi Nasional.
- Riswanto, E. (2009). Evaluasi akurasi klasifikasi penutupan lahan menggunakan citra alos palsar resolusi rendah studi kasus di Pulau Kalimantan. Skripsi, Institut Pertanian Bogor (IPB).
- Sahetapy, *et. al.*, 2021. Dampak Aktivitas Masyarakat Terhadap ekosistem Terumbu Karang Di Perairan Pesisir Dusun Katapang Kabupaten Seram Bagian Barat
- Sari, N. H. Y., 2013. Monitoring Habitat Terumbu Karang di Pulau Pahawang. Skripsi. Lampung. Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Wijaya, I.N., 2020. Analisis Kesesuaian dan Daya Dukung Ekowisata Bahari Terhadap Infrastruktur Pendukung di Pulau Tegal Kabupaten Pesawaran. *Tesis*. Lampung. Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Yulianda, F., 2019. Ekowisata Perairan. Bogor : PT Penerbit IPB Press

- Yulius., Rinny Rahmania., Utami R Kadarwati., Muhammad Ramdhan., Tria Khairunnisa., Dani Saepuloh Joko Subandriyo., Armyanda Tussadiah, 2018. Buku Panduan Kriteria Penetapan Zona Ekowisata Bahari. Bogor : IPB Press
- Zulfikar, Yusli W & Isdradjat S. 2011. Kesesuaian dan Daya Dukung Terumbu Karang sebagai Kawasan Wisata Selam dan Snorkeling Di Tuapejat Kabupaten Kepulauan Mentawai. *Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*, 17(1) : 195-203.