

**ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN DASAR PERAIRAN DI PULAU
PAHAWANG MENGGUNAKAN CITRA MULTITEMPORAL**

(Skripsi)

Oleh

**AGUNG MAS
NPM 1854221002**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN DASAR PERAIRAN DI PULAU PAHAWANG MENGGUNAKAN CITRA MULTITEMPORAL

Oleh

AGUNG MAS

Ekosistem perairan dangkal menyediakan banyak manfaat bagi manusia dan biota yang hidup di dalamnya. Namun, aktivitas seperti pariwisata, budidaya perikanan laut, dan penangkapan ikan dapat menjadi faktor penyebab kerusakan habitat laut dangkal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan tutupan dasar perairan di Pulau Pahawang dalam kurun waktu tahun 2017-2022 dan menguji akurasi dari penggunaan metode isodata (klasifikasi tak terbimbing) dalam pemetaan tutupan dasar perairan. Penelitian ini menggunakan algoritma Lyzenga dalam proses koreksi kolom air. Wilayah kajian dibagi menjadi dua area berdasarkan model kedalaman relatif perairan. Hasil klasifikasi dinyatakan dalam bentuk *confusion matrix* untuk menghitung nilai akurasinya. Metode klasifikasi isodata cukup baik dalam memetakan tutupan dasar perairan karena dapat menghasilkan peta tutupan dasar perairan dengan nilai *overall accuracy* sebesar 63 %. Perubahan tutupan dasar perairan dari 2017-2022 menunjukkan adanya peningkatan luasan yang terjadi pada kelas pasir yaitu sebesar 28 %, pasir ditumbuhi lamun jarang sebesar 131 %, karang hidup sebesar 93 %, dan karang mati sebesar 5 % . Selain itu, penurunan luasan terjadi pada kelas lamun sedang yaitu sebesar 15 %.

Kata kunci : *akurasi, isodata, Pulau Pahawang, tutupan dasar laut.*

ABSTRACT

ANALYSIS OF SEABED COVER CHANGES ON PAHAWANG ISLAND USING MULTITEMPORAL IMAGERY

By

AGUNG MAS

Shallow water ecosystems provide many benefits for humans and the biota that live in them. However, activities such as tourism, marine aquaculture, and fishing can be factors that cause damage to shallow water habitats. This study aimed to analyze changes in the area of seabed cover on Pahawang Island in the period 2017-2022 and tested the accuracy of using the isodata method (unsupervised classification) in seabed cover mapping. This study used the Lyzenga algorithm in the water column correction process. The study area was divided into two areas based on the relative water-depth model. The classification results was made in the form of a confusion matrix to calculate the accuracy value. The isodata classification method was quite good in mapping the distribution of benthic habitats because it can produce seabed cover maps with an overall accuracy value of 63 %. Seabed cover changes from 2017-2022 showed that there were increases in area of the sand class by 28 %, sparse seagrass-overgrown sand by 131 %, live coral by 93 %, and dead coral by 5 %. Furthermore, the decrease in area occurred in the medium density seagrass, namely by 15 %.

Keywords : *accuracy, isodata, Pahawang Island, seabed cover.*

**ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN DASAR PERAIRAN DI PULAU
PAHAWANG MENGGUNAKAN CITRA MULTITEMPORAL**

Oleh

AGUNG MAS

(Skripsi)

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Perikanan dan Kelautan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Skripsi

: **ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN DASAR
PERAIRAN DI PULAU PAHAWANG MENGGUNAKAN CITRA MULTITEMPORAL**

Nama Mahasiswa

: **Agung Mas**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **1854221002**

Jurusan/Program Studi

: **Perikanan dan Kelautan/IlmU Kelautan**

Fakultas

: **Pertanian**



1. **Komisi Pembimbing**

Dr. Henky Mayaguez, S.Pi., M.T.
NIP. 197505152002121007

Anma Hari Kusuma, S.I.K., M.Si.
NIP. 199001202019031011

2. **Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan
Universitas Lampung**

Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si.
NIP. 197008151999031001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Henky Mayaguezz, S.Pi., M.T.**



Sekretaris : **Anma Hari Kusuma, S.I.K., M.Si.**

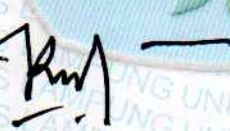
Penguji
Bukan Pembimbing : **Eko Efendi, S.T., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 19610201986031002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **22 November 2022**

PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana baik di Universitas Lampung maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Tim Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan naskah, dengan naskah disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Bandarlampung, Januari 2023

Yang membuat pernyataan,



Agung Mas
NPM. 1854221002

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan pada 20 April 2000 di Desa Penanggungan sebagai anak ketiga dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Al Khoirul dan Ibu Lisdewi. Penulis memiliki dua orang kakak bernama Intan Mailasih dan Rosa Nintania, serta seorang adik bernama Puan Maharani.

Penulis menempuh pendidikan di Sekolah Dasar Negeri (SDN) 1 Penanggungan (2005-2011), Sekolah Menengah Pertama (SMP) Muhammadiyah 2 Penanggungan (2011-2014), dan Sekolah Menengah Atas Negeri (SMAN) 1 Runjung Agung (2014-2017). Penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang sarjana (S1) di tahun 2018 pada Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri Wilayah Barat (SMMPTN-Barat).

Semasa menjadi mahasiswa, penulis pernah berhasil lolos seleksi pendanaan Program Mahasiswa Wirausaha (PMW) pada tahun 2021, serta mengikuti Perlombaan Program Kreatifitas Mahasiswa Riset Eksakta (PKM-RE) pada tahun 2021. Penulis pernah mengikuti kegiatan Magang Pengelolaan Taman Nasional Kepulauan Seribu di Balai Taman Nasional Kepulauan Seribu Seksi Pengelolaan Taman Nasional Wilayah II Pulau Harapan (Juli-Agustus 2020). Pada tahun 2019, penulis menjadi asisten dosen pada praktikum mata kuliah Kimia Dasar. Selain itu, penulis tergabung dalam Himpunan Mahasiswa Perikanan dan Kelautan (Himapik), yaitu menjadi anggota Bidang Pengembangan Minat dan Bakat pada tahun 2019/2020 dan menjadi Ketua Bidang Pengembangan Minat dan Bakat tahun 2021. Pada tahun 2019-2020, penulis menjadi anggota UKM-U Eso (*English*

Society) Unila, serta menjadi *Staff of HRD (Human Resource Development) Department* tahun 2021.

Beberapa kegiatan yang pernah dilaksanakan penulis di antaranya, pada Januari-Februari 2021 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Penanggungan, Kecamatan Runjung Agung, Kabupaten OKU Selatan, Sumatera Selatan. Pada Agustus-September 2021, penulis melaksanakan praktik umum (PU) dalam jaringan (daring) di Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (Lapan) dengan judul “Pemetaan Habitat Bentik Menggunakan Citra Sentinel-2A di Perairan Pulau Pahawang Besar dan Pulau Pahawang Kecil, Kecamatan Marga Punduh, Kabupaten Pesawaran, Lampung”. Pada April-Juli 2022, penulis melakukan penelitian di Pulau Pahawang, Kabupaten Pesawaran, Lampung dengan judul “Analisis Perubahan Tutupan Dasar Perairan di Pulau Pahawang Menggunakan Citra Multitemporal”. Penulis juga pernah menjadi peserta pada beberapa kompetisi pidato bahasa Inggris tingkat nasional seperti *English Fair 2020*, *English Contest of Basic 2021*, dan *Elsa’s Champion 2021*.

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat serta karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.

Dengan kerendahan hati dan ketulusan, kupersembahkan skripsi ini sebagai tanda bukti kasih sayangku.

Untuk yang tersayang :

Ayahku Al Khoirul dan Ibuku Lisdewi

yang tidak pernah menutup kedua lengannya untukku, walaupun seisi dunia menutup pintunya. Terima kasih sudah menjadi ayah dan ibu yang sempurna semenjak aku masih dalam buaian hingga sekarang menghantarkanku ke jenjang Sarjana Sains.

Kakak, adik, dan seluruh keluarga besar yang selalu memberi semangat dan dukungan di setiap langkahku untuk menyelesaikan pendidikan sarjana.

Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan ilmu dengan tulus dan ikhlas serta teman-temanku yang selalu mendukung dan menemaniku saat senang maupun susah.

Dan almamaterku tercinta

Universitas Lampung

MOTO

“Barang siapa yang mengerjakan kebaikan sekecil apapun, niscaya dia akan melihat (balasan)nya”

(Q.S. Al-Zalzalah: 7)

“Ketahuilah bahwa kemenangan bersama kesabaran, kelapangan bersama kesempitan, dan kesulitan bersama kemudahan”

(H.R. Tirmidzi)

“Gravity explains the motions of the planets but it cannot explain who sets the planets in motion”

(Isaac Newton)

“If you wait for luck to turn up, life becomes very boring”

(Mikhail Tal)

“Belajar dari π dan e , terkadang irasionalitas digunakan untuk mencapai rasionalitas”

(AM)

SANWACANA

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan segala kenikmatan-Nya sehingga penulis mampu menyusun skripsi yang berjudul “Analisis Perubahan Tutupan Dasar Perairan di Pulau Pahawang Menggunakan Citra Multitemporal”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat lulus sebagai sarjana.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis mendapat dukungan, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak sehingga pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si. selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan.
3. Bapak Dr. Henky Mayaguezz, S.Pi., M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah memberi arahan serta bimbingan dalam proses penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Anma Hari Kusuma, S.I.K., M.Si. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan arahan serta bimbingan dalam proses penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Eko Efendi, S.T., M.Si. selaku Dosen Pembahas yang telah memberi arahan serta saran untuk skripsi ini.
6. Ayah, ibu, dan keluarga besar yang telah mendoakan dan memberi semangat pantang menyerah.
7. Aditya Prayoga, Daffa Rizky Syafutra, M. Fadhil Priyambodo, Fathan Al Fadhil, Ismawan Adjie Prasetyo, M. Robbi Wichaksono, M. Yusuf Azhari, Nazolla Audia Laresty, dan Ferdina Humairoh atas sumbangan pikiran dan tenaga dalam proses pengambilan dan pengolahan data.

8. Teman-teman Jurusan Perikanan dan Kelautan, khususnya Ilmu Kelautan angkatan 2018 yang selalu memberi semangat dan dukungan dalam proses penyelesaian penelitian ini.

Penulis berharap skripsi ini dapat membantu dan memberi informasi kepada mahasiswa lain dan juga masyarakat umum mengenai teknik pemetaan tutupan dasar perairan menggunakan data penginderaan jauh.

Bandar Lampung, Januari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Manfaat Penelitian	2
1.4 Kerangka Pikir	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Habitat Laut Dangkal	6
2.2 Penginderaan Jauh untuk Pengawasan Ekosistem Pesisir	7
2.3 Metode Klasifikasi Citra	10
2.4 Sentinel-2	11
2.5 <i>Confusion Matrix</i> dan Parameter Akurasi	13
III. METODOLOGI	14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.2 Alat dan Bahan	15
3.2.1 Alat	15
3.2.2 Sumber Data	15
3.3 Prosedur Penelitian	16
3.3.1 Koreksi Atmosferik	17
3.3.2 Koreksi <i>Glint</i>	17
3.3.3 Koreksi Kolom Air	17
3.3.4 Pembuatan Kanal <i>Masking</i>	18
3.3.5 Klasifikasi Citra	19
3.3.6 Pengambilan Data Lapangan	19
3.3.7 Reklasifikasi	20

3.3.8 Uji Akurasi (<i>Confusion Matrix</i>).....	21
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Gambaran Umum Lokasi	23
4.2 Koreksi Citra	23
4.3 Kedalaman Relatif Perairan	30
4.4 Hasil Klasifikasi.....	32
4.5 Reklasifikasi.....	35
4.6 Luasan Tiap Kelas.....	37
4.7 Uji Akurasi.....	45
V. KESIMPULAN DAN SARAN	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	53

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kanal pada Sentinel-2	12
2. Alat-alat penelitian	15
3. Data penelitian.....	16
4. Kelas tutupan lamun.....	21
5. Hasil perhitungan jarak kelas pada daerah sangat dangkal	34
6. Hasil perhitungan jarak kelas pada daerah dangkal	34
7. Luasan dan persentase tutupan dasar perairan tahun 2017.....	37
8. Luasan dan persentase tutupan dasar perairan tahun 2018.....	37
9. Peningkatan luasan setiap kelas	39
10. Hasil uji akurasi.....	45
11. Hasil pengamatan lapangan.....	53
12. Data jarak pusat-pusat kelas	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir penelitian	5
2. Reflektansi beberapa tutupan dasar perairan.....	9
3. Satelit Sentinel-2	11
4. <i>Confusion matrix</i>	13
5. Peta lokasi penelitian.....	14
6. Prosedur penelitian	16
7. Posisi peletakan transek, nomor transek, dan format penomoran <i>tagging</i>	19
8. Koreksi atmosferik di daerah Pulau Pahawang pada citra Sentinel tahun 2017	24
9. Koreksi glint di daerah Pulau Pahawang pada citra Sentinel tahun 2017	26
10. Koreksi glint di daerah Pulau Pahawang pada citra Sentinel tahun 2022	27
11. Pulau Pahawang dalam tangkapan citra komposit koreksi kolom air	29
12. Pemisahan daerah kajian menggunakan model kedalaman relatif perairan..	31
13. Hasil klasifikasi nilai DII tahun 2017 menggunakan algoritma isodata	32
14. Hasil klasifikasi nilai DII tahun 2022 menggunakan algoritma isodata	32
15. Hasil klasifikasi tahun 2022 yang telah diberi nama kelas	33
16. Hasil klasifikasi tahun 2017 yang telah diberi nama kelas	35
17. Peta tutupan dasar perairan di Pulau Pahawang tahun 2017	36
18. Peta tutupan dasar perairan di Pulau Pahawang tahun 2022	36
19. Perbandingan luasan tutupan dasar perairan	38
20. Beberapa lokasi perubahan tutupan dasar perairan	39
21. Perubahan tutupan dasar perairan di Pulau Pahawang pada daerah A.....	40
22. Perubahan tutupan dasar perairan di Pulau Pahawang pada daerah B	41
23. Perubahan tutupan dasar perairan di Pulau Pahawang pada daerah C	42

24. Perubahan tutupan dasar perairan di Pulau Pahawang pada daerah D.....	43
25. <i>Confusion matrix</i> hasil klasifikasi tahun 2022	45
26. Standar estimasi penutupan lamun	54
27. Pengambilan data lapangan	55

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dasar perairan laut dangkal memiliki beberapa ekosistem yang merupakan habitat bagi berbagai biota. Jenis tutupan dasar perairan merupakan salah satu faktor yang berperan terhadap keanekaragaman jenis biota di daerah tersebut. Berbagai biota laut seperti moluska (gastropoda dan bivalvia), teripang, ketam, udang, dan ikan kecil hidup menetap pada ekosistem laut dangkal. Pengetahuan mengenai distribusi spasial tutupan dasar perairan merupakan hal yang sangat penting untuk memahami dan membatasi tekanan antropogenik.

Kegiatan seperti pariwisata, pembangunan daerah pesisir, dan penangkapan ikan berkontribusi besar pada rusaknya ekosistem pada perairan laut dangkal. Pengawasan yang minim dan kurangnya data mengenai kondisi dasar perairan menjadi beberapa penyebab atas maraknya perilaku perusakan. Oleh karena itulah, pemetaan menjadi sangat penting untuk dilakukan sebagai salah satu upaya untuk mengetahui kondisi terkini ekosistem perairan dangkal.

Penginderaan jauh memiliki keunggulan dalam efisiensi waktu dibandingkan dengan pengamatan *in situ* (Green *et al.*, 2000). Selain itu, berbagai satelit penginderaan jauh memiliki resolusi spasial dan temporal yang cukup untuk mendukung proses pengawasan sumber daya alam. Pemetaan dasar perairan merupakan salah satu penerapan teknologi penginderaan jauh yang didasarkan pada kemampuannya dalam mengidentifikasi substrat dasar perairan (Hedley *et al.*, 2005). Penginderaan jauh menyediakan hasil penginderaan berupa citra sebagai data yang dapat diolah untuk pemetaan dasar perairan. Variasi karakteristik citra satelit membuat pengguna dapat memilih citra yang dibutuhkan.

Salah satu tahapan yang cukup penting dalam pemetaan adalah proses klasifikasi. Ada dua jenis klasifikasi berdasarkan ketersediaan *training data*, yaitu klasifikasi terbimbing dan tak terbimbing. Klasifikasi terbimbing membutuhkan sampel-sampel piksel dari tiap kelas (*training sample*) untuk mengelompokkan semua piksel ke dalam semua kelas yang ditentukan. Sementara itu, klasifikasi tak terbimbing tidak membutuhkan sampel piksel tersebut karena metode ini langsung mengelompokkan piksel yang memiliki kesamaan dalam tiap kelasnya masing-masing (Abburu, 2015).

Training sample untuk pemetaan dapat diambil dengan melakukan observasi lapangan terlebih dahulu. Namun, hal ini sulit dilakukan jika lokasi pemetaan tidak bisa diakses dengan mudah oleh peneliti. Dengan demikian, pengawasan secara berkala terhadap kondisi dasar perairan akan memakan waktu dan biaya yang tidak sedikit. Oleh karena itu, klasifikasi tak terbimbing dapat menjadi solusi atas permasalahan yang timbul tersebut.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Menganalisis perubahan tutupan dasar perairan di Pulau Pahawang dalam kurun waktu 2017-2022.
- Menguji akurasi dari penggunaan metode isodata (klasifikasi tak terbimbing) dalam pemetaan tutupan dasar perairan.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Memberikan informasi mengenai perubahan tutupan dasar perairan dalam kurun waktu 2017-2022 yang ada di wilayah laut dangkal sekitar Pulau Pahawang sebagai bahan pertimbangan dalam pembuatan kebijakan pengelolaan ekosistem laut dangkal secara berkelanjutan.

- Memberikan informasi mengenai akurasi dari penggunaan klasifikasi tak terbimbing sebagai salah satu pilihan metode klasifikasi untuk pemetaan tutupan dasar perairan.

1.4 Kerangka Pikir

Dasar laut dangkal merupakan tempat bagi ekosistem penting seperti terumbu karang dan padang lamun terbentuk. Terumbu karang dan padang lamun merupakan daerah penting bagi berbagai biota seperti ikan, krustasea, dan moluska untuk hidup dan berkembang biak. Struktur keras dari terumbu karang dan rimbunnya kanopi lamun memberikan perlindungan bagi biota laut tersebut. Selain itu, daerah terumbu karang dan lamun juga merupakan tempat bagi predator seperti hiu karang dan lumba-lumba untuk mencari makan.

Ekosistem pesisir seperti terumbu karang dan padang lamun memberikan banyak pasokan sumber daya penting yang banyak dimanfaatkan di sektor perikanan, pariwisata dan lain lain. Pulau Pahawang merupakan daerah dengan aktivitas pariwisata bahari yang tentunya memanfaatkan ekosistem terumbu karang dan padang lamun sebagai objek wisatanya. Selain itu, aktivitas perikanan seperti pembuatan keramba jaring apung juga banyak ditemukan di Pulau Pahawang.

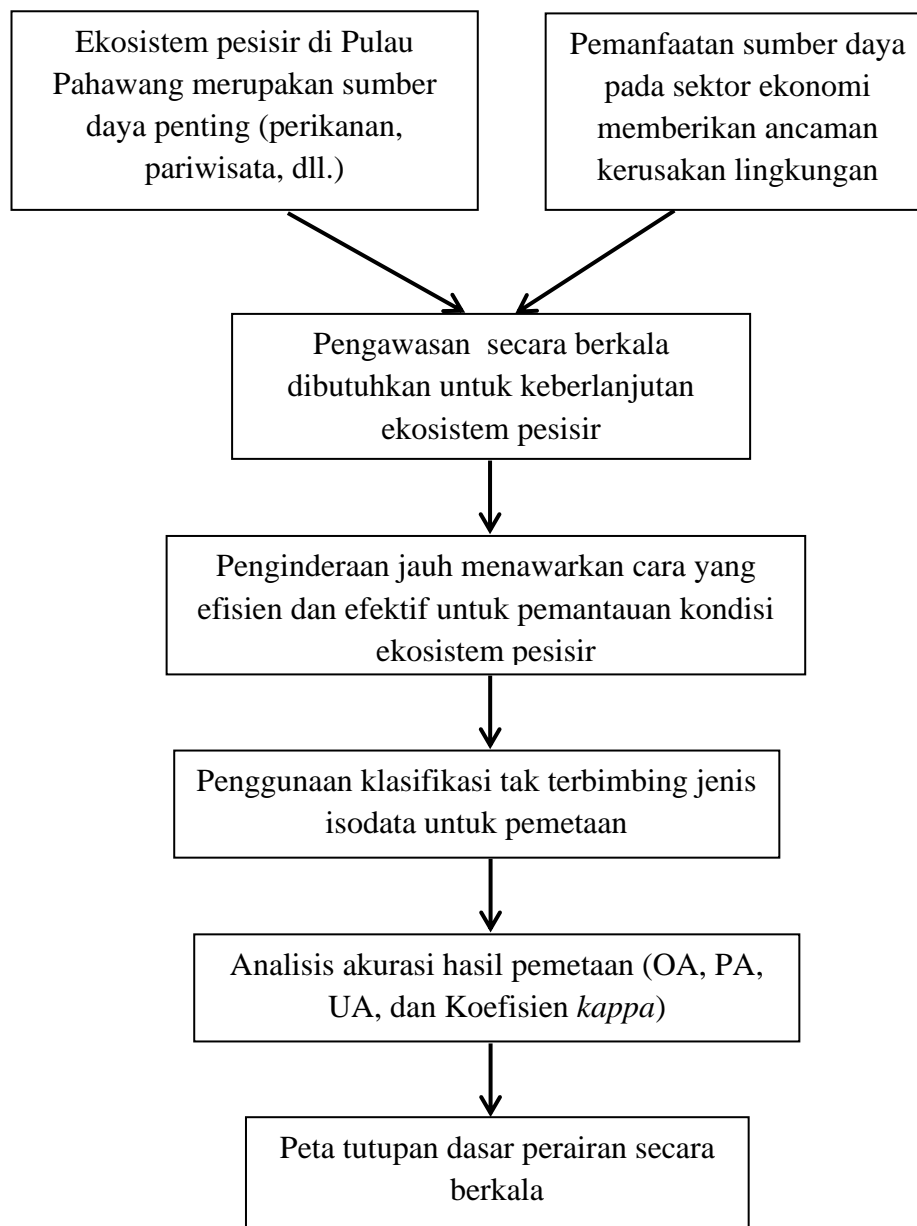
Meskipun memberikan dampak positif bagi perekonomian, namun pemanfaatan ekosistem pesisir memberikan ancaman kerusakan yang nyata terhadap lingkungan. Bentuk aktivitas pariwisata seperti snorkeling merupakan salah satu sumber kerusakan utama bagi lamun dan terumbu karang. Pembuatan keramba jaring apung juga dapat menyumbang bahan berbahaya yang mengancam keberlangsungan ekosistem pesisir. Ancaman-ancaman ini dapat terjadi sepanjang waktu karena aktivitas-aktivitas penyebabnya adalah aktivitas penting yang sangat sulit untuk ditinggalkan. Oleh karena itu, diperlukan pengawasan secara berkala terhadap sebaran dan luasan ekosistem pesisir sebagai salah satu langkah antisipasi terhadap degradasi massal lingkungan.

Salah satu langkah yang dapat ditempuh dalam pengawasan ekosistem pesisir adalah pemetaan dengan memanfaatkan citra penginderaan jauh. Penginderaan jauh

mampu memberikan citra dengan ketersediaan beragam resolusi spektral, spasial, dan temporal yang berbeda-beda untuk mendukung berbagai kegiatan pengawasan lingkungan. Selain itu, beberapa pihak menyediakan data penginderaan jauh yang dapat diunduh secara gratis.

Salah satu teknik yang dapat digunakan dalam pemetaan adalah klasifikasi tak terbimbing. Berbeda dengan klasifikasi terbimbing, klasifikasi tak terbimbing tidak membutuhkan masukan dari analisis. Dengan demikian, penggunaan klasifikasi tak terbimbing dapat menghemat waktu dan biaya yang dibutuhkan untuk pengambilan data yang digunakan sebagai masukan proses klasifikasi.

Dalam penelitian, ini metode klasifikasi tak terbimbing yang digunakan adalah isodata (*iterative self-organizing data analysis techniques*). Isodata mengelompokkan setiap piksel berdasarkan kedekatannya dengan setiap pusat kluster dan menghitung rata-rata kelas untuk dijadikan pusat kluster (MacQueen, 1967; Ball dan Hall, 1965). Setelah klasifikasi, peta yang dihasilkan akan di uji akurasi untuk mendapatkan nilai *overall accuracy* (OA), *producer accuracy* (PA), *user accuracy* (UA), dan koefisien *kappa*. Akurasi yang dihasilkan diharapkan dapat memenuhi minimal akurasi yang dianggap memadai untuk pemetaan tutupan dasar perairan. Oleh karena itu, teknik klasifikasi isodata dapat digunakan untuk pemantauan perubahan tutupan dasar perairan khususnya lamun dan terumbu karang secara berkala. Ringkasan kerangka pikir yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Habitat Laut Dangkal

Dasar perairan laut dangkal merupakan daerah yang terasosiasi dengan berbagai spesies. Secara umum, habitat laut dangkal dimanfaatkan oleh berbagai populasi yang muncul secara bersama seperti rumput laut moluska, dan ikan. Organisme yang hidup di zona ini disebut bentos, contohnya adalah mikroorganisme (Fenchel *et al.*, 2012), krustasea, dan poliket (Wetzel, 2001). Organisme pada habitat laut dangkal banyak yang hidup bergantung pada substrat dan menempel secara permanen pada substrat. Batasan habitat laut dangkal yang meliputi lapisan bawah air dan lapisan sedimen paling atas dipengaruhi langsung oleh lapisan air di atasnya.

Sumber nutrisi bagi komunitas bentik dapat berasal dari kolom air di atas habitat tersebut dalam bentuk detritus, bahan anorganik, dan organisme hidup. Detritus merupakan hal yang penting untuk pengendapan bahan organik, dan sebagai nutrisi untuk bakteri. Bentos di daerah dangkal akan memiliki lebih banyak nutrisi yang tersedia daripada bentos di laut dalam. Ketergantungan terhadap nutrisi membuat sebaran makhluk hidup seperti mikroba terbatas pada sebaran spasial nutrisi. Mikroba yang ditemukan di zona bentik, khususnya Dinoflagellata dan Foraminifera, berkolonisasi cukup cepat pada daerah yang kaya akan detritus sambil membentuk hubungan simbiosis satu sama lain (Shanks dan Trent, 1980).

Organisme bentik dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu organisme yang hidup menempati permukaan substrat atau di dalam substrat. Kedua kategori ini memiliki adaptasi morfologi dan perilaku masing-masing yang digunakan untuk bertahan hidup berdasarkan lokasinya masing-masing. Organisme yang hidup di

permukaan substrat dikenal sebagai epifauna dan yang hidup terkubur di dasar laut dikenal sebagai infauna. Secara umum, kelimpahan infauna akan menurun seiring dengan meningkatnya kedalaman air dan jarak dari pantai. Organisme ekstremofil seperti piezofil yang berkembang dalam tekanan tinggi juga dapat ditemukan di daerah bentik (Matthiessen, 2018).

2.2 Penginderaan Jauh untuk Pengawasan Ekosistem Pesisir

Penginderaan jauh adalah ilmu untuk memperoleh informasi tentang permukaan bumi tanpa melakukan kontak langsung. Hal ini dilakukan dengan merekam energi yang dipantulkan atau dipancarkan lalu memproses, menganalisis, dan mengaplikasikan data tersebut. Penginderaan jauh untuk lingkungan pesisir merupakan pengukuran radiasi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan oleh permukaan bumi dan menghubungkan pengukuran ini dengan jenis habitat atau kualitas air di wilayah pesisir yang diamati oleh sensor (Green *et al.*, 2000).

Elemen-elemen yang terlibat dalam penginderaan jauh adalah sebagai berikut :

1. Sumber Energi

Persyaratan pertama untuk penginderaan jauh adalah memiliki sumber energi yang memancarkan energi elektromagnetik. Berdasarkan sumber energinya, penginderaan jauh dibedakan menjadi penginderaan jauh aktif dan pasif. Dalam penginderaan jauh aktif, instrumen memancarkan energinya sendiri kepada objek. Berbeda dengan penginderaan jauh aktif, penginderaan jauh pasif tidak memancarkan energinya sendiri melainkan bergantung pada sumber energi lain seperti matahari. Contoh penginderaan jauh aktif adalah *lidar (light detection and ranging)*, sedangkan contoh penginderaan jauh pasif adalah satelit penginderaan jauh seperti Landsat dan Sentinel.

2. Radiasi dan Atmosfer

Energi bergerak dari sumbernya ke target, sehingga energi akan bersentuhan dan berinteraksi dengan atmosfer yang dilewatinya. Perpindahan energi inilah yang disebut radiasi. Atmosfer memiliki peran dalam pembelokan energi dari jalurnya menuju objek. Citra penginderaan jauh yang baik akan dihasilkan jika kondisi atmosfer cukup bersih dimana sangat minim gangguan dari awan dan partikel-partikel seperti debu dan asap. Interaksi energi dengan atmosfer inilah

yang menyebabkan pembelokan energi. Interaksi ini dapat terjadi untuk kedua kalinya saat energi bergerak dari target ke sensor.

3. Interaksi dengan target

Gelombang elektromagnetik yang lolos dari atmosfer akan berinteraksi dengan target. Radiasi yang tidak diserap atau dihamburkan atmosfer dapat menjangkau dan berinteraksi dengan permukaan bumi. Ada tiga bentuk Interaksi yang dapat terjadi, yaitu penyerapan, penerusan, dan pemantulan. Proporsi dari masing-masing kejadian akan tergantung pada panjang gelombang serta materi dan kondisi objek.

4. Perekaman oleh sensor

Energi yang dipantulkan oleh target akan direkam oleh sensor penginderaan jauh. Tentunya, sensor ini tidak melakukan kontak langsung dengan target.

5. Transmisi, penerimaan, dan pengolahan

Hasil perekaman oleh sensor ditransmisikan ke dalam bentuk elektronik untuk selanjutnya diolah kembali menjadi citra.

6. Interpretasi dan analisis

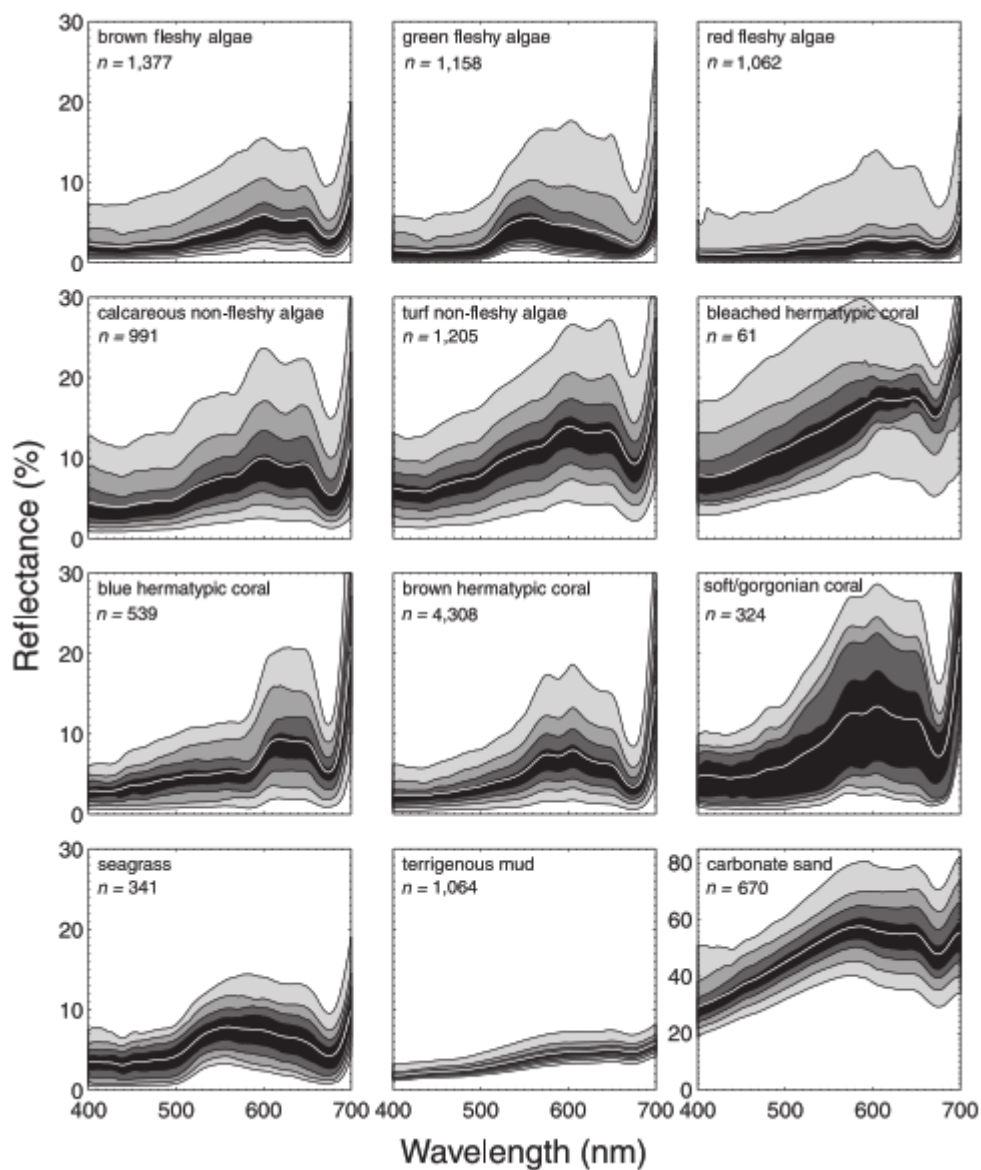
Citra penginderaan jauh kemudian diinterpretasikan untuk mendapatkan informasi dari citra tersebut. Hasil interpretasi ini selanjutnya akan dianalisis untuk berbagai kepentingan.

7. Aplikasi

Langkah terakhir adalah pengaplikasian informasi yang diperoleh untuk lebih memahami informasi tersebut, mengungkap informasi baru, maupun untuk membantu penyelesaian suatu permasalahan. Penginderaan jauh sering digunakan dalam pemetaan sumber daya alam baik di darat maupun di perairan.

Kualitas suatu citra ditentukan oleh resolusi spektral, radiometrik, spasial, dan temporalnya. Resolusi spasial adalah objek terkecil yang dapat direkam oleh sensor. Resolusi spektral berkaitan dengan rentang panjang gelombang dan jumlah kanal pada citra. Resolusi radiometrik adalah kemampuan sensor dalam membedakan intensitas radiasi yang berbeda. Resolusi temporal adalah waktu yang dibutuhkan satelit untuk melewati dan merekam daerah yang sama (Schowengerdt, 2006).

Setiap piksel dalam citra penginderaan jauh memiliki nilai reflektansi yang merepresentasikan objek-objek seperti terumbu karang, lamun, dan pasir. Hampir semua jenis tutupan dasar perairan laut dangkal memiliki rata-rata reflektansi yang rendah, umumnya berkisar antara 0-30%, dan semuanya memiliki reflektansi tertinggi pada panjang gelombang 600 dan 650 nm. Namun, hal yang berbeda ditunjukkan oleh pasir karbonat yang memiliki nilai reflektansi tinggi, yaitu dengan nilai minimum 20% pada panjang gelombang 400 nm dan mencapai nilai maksimum 80% pada panjang gelombang 700 nm (Hochberg *et al.*, 2003). Grafik reflektansi tutupan dasar perairan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Reflektansi beberapa tutupan dasar perairan
Sumber : Hochberg *et al.* (2003)

2.3 Metode Klasifikasi Citra

Klasifikasi citra satelit adalah proses pengelompokan piksel ke dalam kelas-kelas yang ditentukan. Proses ini merupakan proses dengan tahapan-tahapan tertentu. Proses pengklasifikasian ini merupakan proses penggalian informasi dari citra satelit. Klasifikasi citra satelit tidak rumit, tetapi analisis harus mengambil banyak keputusan dan pilihan dalam proses klasifikasi citra satelit. Klasifikasi citra satelit melibatkan interpretasi citra penginderaan jauh, pengambilan data spasial, mempelajari berbagai jenis vegetasi, mempelajari perkotaan, dan untuk menentukan berbagai penggunaan lahan di suatu daerah (Green *et al.*, 2000).

Secara umum, ada dua jenis teknik klasifikasi citra satelit yaitu metode klasifikasi tak terbimbing dan klasifikasi terbimbing. Klasifikasi terbimbing memerlukan masukan dari analisis, contohnya adalah *maximum likelihood classification*. Masukan dari analisis dikenal sebagai *training sample*. *Training sample* adalah faktor terpenting dalam klasifikasi citra satelit. Akurasi dari metode klasifikasi sangat tergantung pada sampel yang diambil. Klasifikasi tak terbimbing adalah teknik klasifikasi citra yang tidak memerlukan *training sample* untuk klasifikasi, contohnya adalah isodata. Dengan teknik ini, setiap piksel dikelompokkan dalam kluster tanpa nama (Abburu, 2015).

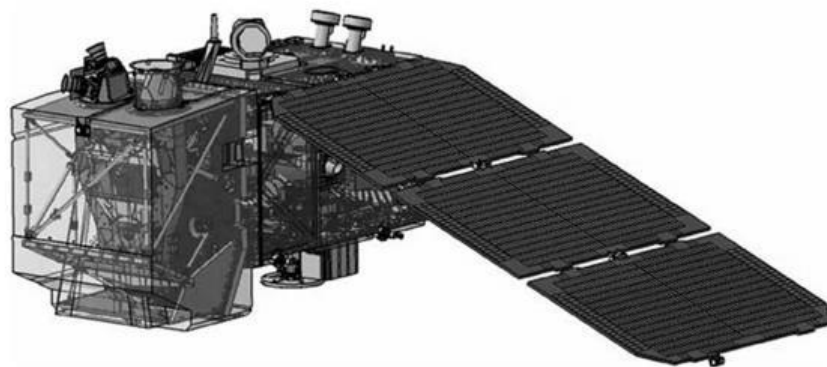
Isodata menghitung rata-rata kelas yang terdistribusi secara merata pada data, kemudian mengelompokkan piksel yang tersisa secara iteratif menggunakan *minimum distance techniques*. Setiap iterasi menghitung ulang rata-rata dan mengklasifikasi ulang piksel berdasarkan rata-rata barunya. Pemisahan, penggabungan, dan penghapusan kelas berulang dilakukan berdasarkan ambang batas yang ditentukan. Proses ini berlanjut hingga jumlah maksimum iterasi tercapai (Ball dan Hall, 1965).

Beberapa penelitian telah menggunakan teknik klasifikasi tak terbimbing untuk memetakan habitat pada laut dangkal. Nurdin *et al.* (2019) memetakan tutupan dasar perairan di Pulau Barrang Caddi, Sulawesi Selatan dengan *overall accuracy* yang sama, yaitu sebesar 62,5 % menggunakan teknik klasifikasi k-means dan

isodata. Nilai *overall accuracy* yang didapatkan oleh Nurdin *et al.* (2019) ini berdasarkan dari 40 titik uji akurasi di sekitar Pulau Barrang Caddi. Selain itu, Awak *et al.* (2016) memetakan tutupan dasar perairan di Pulau Owi, Papua dengan *overall accuracy* sebesar 73,42 % menggunakan citra *Rapid Eye* (resolusi 5 m). Awak *et al.* (2016) mendapatkan nilai akurasi ini dari total 79 titik uji akurasi. Menurut Green *et al.* (2000) akurasi minimal yang memadai untuk pemetaan habitat perairan dangkal adalah 60%. Dengan demikian, penggunaan klasifikasi tak terbimbing cukup baik dalam memetakan tutupan dasar perairan.

2.4 Sentinel-2

Sentinel-2 merupakan satelit yang diluncurkan oleh kerjasama antara The European Commission dan European Space Agency di dalam program Global Monitoring for Environment and Security (GMES). Satelit ini diluncurkan untuk memantau kondisi permukaan bumi, sehingga mampu memberikan informasi kondisi terkini bumi dari angkasa untuk aplikasi lingkungan dan keamanan. Sentinel-2 dibuat dengan tujuan untuk memastikan kelanjutan misi Landsat 5/7, SPOT-5, SPOT-7-*Vegetation* dan Envisat Meris. Misinya adalah menyediakan citra satelit beresolusi spasial dan temporal yang tinggi sehingga pengguna masih dapat memperoleh data pemindaian permukaan bumi terbaru (Verrelst *et al.*, 2012). Satelit Sentinel-2 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Satelit Sentinel-2
Sumber : ESA (2012)

Penggunaan citra satelit Sentinel-2 untuk bidang kelautan telah dilakukan dan sangat menjanjikan (Malenovsky *et al.*, 2012). Beberapa penelitian membuktikan bahwa penggunaan Sentinel-2 terbukti cukup baik untuk memenuhi minimal akurasi yang disarankan dalam pemetaan habitat pada laut dangkal (Nurdin *et al.*, 2019 dan Awak *et al.*, 2016). Kanal Satelit Sentinel-2 dibuat dengan mengacu pada kanal-kanal yang terdapat pada SPOT dan Landsat. Perubahan lebar kanal dan penambahan kanal dilakukan pada Sentinel-2 untuk menyempurnakan performa dalam observasi bumi. Panjang gelombang pusat tiap kanal dan resolusi spasial dari Sentinel-2 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kanal pada Sentinel-2

Kanal	Panjang Gelombang Pusat (μm)	Resolusi (m)
Kanal 1 – <i>Coastal Aerosol</i>	0,443	60
Kanal 2 – <i>Blue</i>	0,490	10
Kanal 3 – <i>Green</i>	0,560	10
Kanal 4 – <i>Red</i>	0,665	10
Kanal 5 – <i>Vegetation Red Edge</i>	0,705	20
Kanal 6 – <i>Vegetation Red Edge</i>	0,740	20
Kanal 7 – <i>Vegetation Red Edge</i>	0,783	20
Kanal 8 – <i>NIR</i>	0,842	10
Kanal 8A – <i>Vegetation Red Edge</i>	0,865	20
Kanal 9 – <i>Water Vapour</i>	0,945	60
Kanal 10 – <i>SWIR – Cirrus</i>	1,375	60
Kanal 11 – <i>SWIR</i>	1,610	20
Kanal 12 – <i>SWIR</i>	2,190	20

Sumber : Drusch *et al.* (2012)

Tiga belas kanal yang dipasang pada satelit Sentinel-2 memiliki karakteristik tersendiri. Empat kanal dengan resolusi spasial 10 m memenuhi persyaratan pengguna untuk klasifikasi tutupan lahan. Resolusi spasial 20 m yang dimiliki oleh 6 kanal menjadi persyaratan untuk parameter pengolahan level 2 lainnya. Kanal dengan resolusi spasial 60 m dikhususkan untuk koreksi atmosfer dan penyaringan awan (443 nm untuk aerosol, 940 nm untuk uap air, dan 1375 nm untuk deteksi awan tipis). Resolusi sebesar 60 m dianggap cukup untuk menangkap variabilitas spasial parameter geofisika atmosfer (Drusch *et al.*, 2012)

2.5 Confusion Matrix dan Parameter Akurasi

Confusion matrix adalah ringkasan hasil klasifikasi. Jumlah hasil klasifikasi yang benar dan salah dihitung dan dipecah berdasarkan kelasnya masing-masing. *Confusion matrix* merupakan visualisasi dan alat untuk menilai akurasi hasil klasifikasi dari sebuah metode klasifikasi. Hasil klasifikasi dinilai dengan membandingkannya dengan data aktual (Chow *et al.*, 2013). *Confusion matrix* adalah susunan persegi dari baris dan kolom dimana setiap baris dan kolomnya mewakili satu kelas. Setiap sel berisi jumlah pengambilan sampel (piksel atau kelompok piksel) yang ditetapkan pada kategori tertentu. Isi pada sel-sel di baris 1,2, dan k merupakan jumlah piksel yang terklasifikasikan sebagai kelas 1,2, dan k sedangkan isi pada sel-sel di kolom 1,2, dan k merupakan jumlah sampel lapangan yang teridentifikasi sebagai kelas 1,2, dan k (Green *et al.*, 2000). Jumlah sel pada diagonal n_{11} - n_{kk} adalah jumlah piksel yang terklasifikasikan dengan benar. Bentuk dari *confusion matrix* dapat dilihat pada Gambar 4.

		kolom/data lapangan (j)			
		1	2	k	total
baris/hasil klasifikasi (i)	1	n_{11}	n_{12}	n_{1k}	n_{1+}
	2	n_{21}	n_{22}	n_{2k}	n_{2+}
	k	n_{k1}	n_{k2}	n_{kk}	n_{k+}
total		n_{+1}	n_{+2}	n_{+k}	n

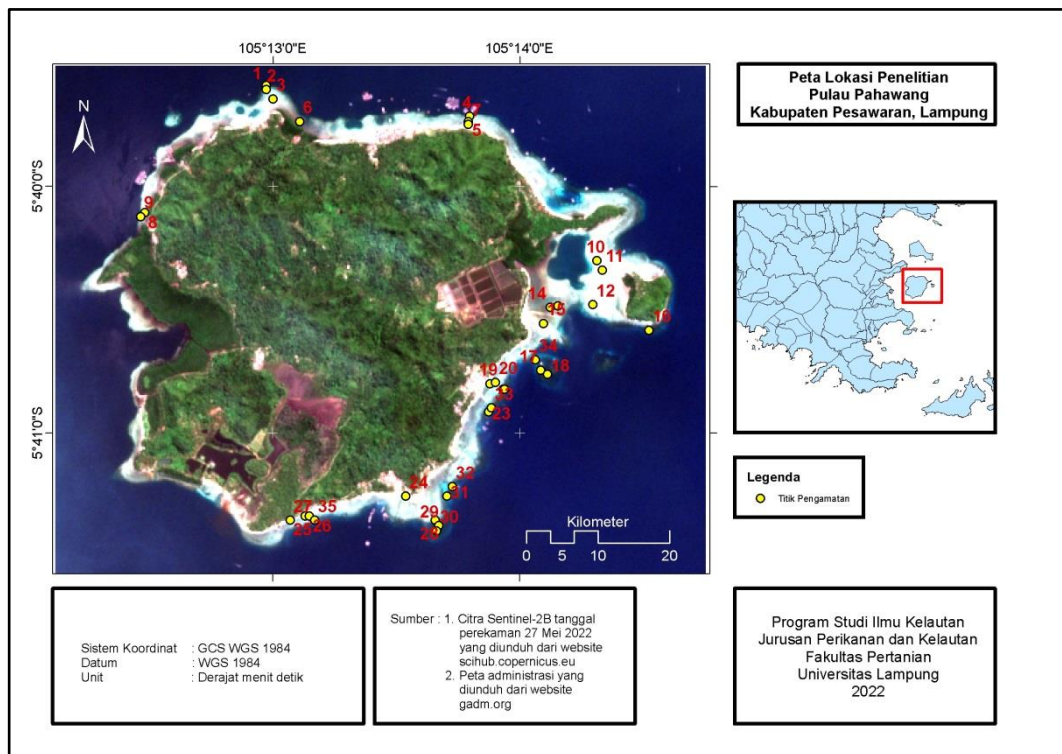
Gambar 4. *Confusion matrix*
Sumber : Green *et al.* (2000)

Dari *confusion matrix*, dapat dihitung beberapa parameter akurasi seperti *user accuracy*, *producer accuracy*, *overall accuracy* dan koefisien *kappa*. *User accuracy* adalah nilai probabilitas yang menunjukkan nilai-nilai yang telah dikelompokkan pada sebuah kelas memang benar-benar masuk ke dalam kelas tersebut. *Producer accuracy* adalah probabilitas yang menunjukkan bahwa nilai-nilai pada kelas tertentu terklasifikasikan dengan benar. *Overall accuracy* adalah akurasi keseluruhan dari hasil klasifikasi. Koefisien *kappa* menunjukkan nilai kesepakatan antara hasil klasifikasi dan hasil observasi lapangan (Stehman, 1997).

III. METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan April-Agustus 2022 . Wilayah pemetaan pada penelitian ini adalah wilayah perairan sekitar Pulau Pahawang Besar dan Pulau Pahawang Kecil. Kedua pulau ini merupakan bagian dari Desa Pulau Pahawang, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. Titik pengamatan yang digunakan untuk uji akurasi berjumlah 35 titik. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta lokasi penelitian

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Alat-alat penelitian

No.	Nama Alat	Kegunaan
1	Perangkat keras Laptop Acer Aspire 4752	Pengolahan dan analisis data, serta pembuatan laporan penelitian.
2	Perangkat lunak Snap 8.0	Proses pengolahan citra, yaitu pada koreksi <i>glint</i> , dan koreksi kolom air.
3	Perangkat lunak Envi 5.3	<i>Masking</i> dan klasifikasi.
4	Perangkat lunak Arcmap 10.8	Penghitungan luas setiap kelas, uji akurasi, dan pembuatan <i>layout</i> peta.
5	Perangkat lunak CPCE 4.1	Penghitungan persentase tutupan karang.
6	Perangkat lunak Microsoft Word 2007	Pembuatan laporan penelitian.
7	<i>Global positioning system</i> (GPS)	Merekam posisi dan navigasi di lapangan.
8	<i>Underwater camera</i>	Dokumentasi dan pengambilan gambar sampel lapangan.
9	Alat dasar selam dan Scuba	Alat bantu saat pengambilan sampel.
10	<i>Roll meter</i>	Pengukuran panjang dan lebar petak pengamatan.
11	Alat tulis	Pencatatan.
12	Transek kuadran 1x1 m ²	Batasan daerah pengamatan.

3.2.2 Sumber Data

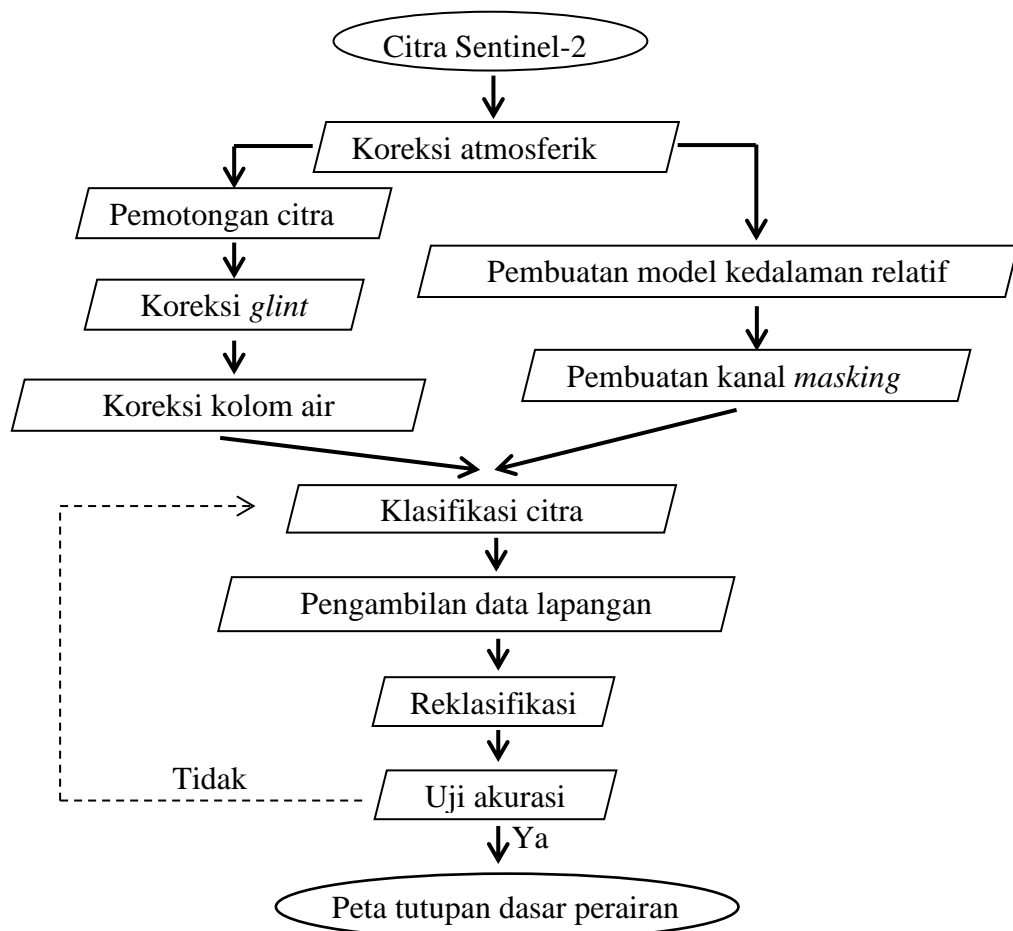
Dua jenis data yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang didapatkan langsung dari objek yang diteliti, atau ada hubungannya dengan objek yang diteliti. Pada penelitian ini data primer didapat dengan dan melakukan observasi lapangan. Data sekunder adalah data yang didapatkan tidak secara langsung dari subjek atau objek yang diteliti, tetapi melalui pihak lain seperti instansi atau lembaga terkait, buku teks, literatur, laporan statistik, serta hasil riset peneliti-peneliti sebelumnya yang datanya masih relevan untuk digunakan (Harti, 2009). Pada penelitian ini, daftar data primer dan sekunder yang digunakan tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3. Data penelitian

No.	Data	Jenis Data	Kegunaan
1	Citra Sentinel-2A tanggal perekaman 25 November 2017 dan Citra Sentinel-2B tanggal perekaman 27 Mei 2022 yang diunduh dari https://scihub.copernicus.eu	Sekunder	Data untuk klasifikasi.
2	Data lapangan	Primer	Data untuk uji akurasi.
3	Peta administrasi yang diunduh dari https://tanahairku.go.id	Sekunder	Peta dasar untuk pembuatan peta tutupan dasar perairan.

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Prosedur penelitian

3.3.1 Koreksi Atmosferik

Koreksi atmosferik dilakukan menggunakan prosesor sen2cor dari European Space Agency (ESA). Sen2cor adalah prosesor untuk pembuatan dan pemformatan produk Sentinel-2 Level 2A. Prosesor ini melakukan koreksi atmosfer, medan, dan sirrus dari data input *top of atmosphere* Level 1C. Luarannya adalah nilai reflektansi *bottom of atmosphere*, gambar reflektansi yang dikoreksi medan dan sirrus, ketebalan optik aerosol, uap air, peta klasifikasi *scene* dan indikator kualitas untuk probabilitas awan dan salju. Koreksi ini hanya dilakukan pada citra tahun 2017 karena masih pada level 1C yang belum dikoreksi secara atmosferik.

3.3.2 Koreksi *Glint*

Glint adalah gangguan yang berupa pantulan sinar matahari dari permukaan air. Gangguan ini membuat objek di bawah air menjadi kabur, sehingga diperlukan proses koreksi untuk mengeliminasi gangguan ini (Hedley *et al.*, 2005). Koreksi *glint* dilakukan dengan mengambil sampel-sampel piksel dari kanal cahaya tampak (kanal 2,3, dan 4) dan kanal 8 (*near infrared*). Setelah itu proses koreksi dilakukan secara otomatis menggunakan *software* Snap. Menurut Hedley *et al.* (2005) persamaan yang digunakan untuk mengoreksi efek *glint* adalah sebagai berikut:

$$R'i = Ri - bi (RNIR - MinNIR) \quad (1)$$

Keterangan :

- R'i : Nilai piksel kanal i yang telah dikoreksi
- Ri : Nilai piksel awal pada kanal i
- bi : Nilai kemiringan grafik persamaan regresi
- RNIR : Nilai piksel kanal inframerah
- MinNIR : Nilai minimum piksel pada kanal inframerah

3.3.3 Koreksi Kolom Air

Gangguan pada kolom air juga dapat membuat gelombang elektromagnetik tidak bisa mencapai dasar perairan. Untuk itu, piksel yang mendapat gangguan ini perlu dikoreksi kembali (Lyzenga, 1981). Proses koreksi kolom air dilakukan secara semi otomatis menggunakan *software*. Sampel-sampel piksel dari kanal 4 (merah), 3 (hijau), dan 2 (biru) diambil dan *depth invariant index* (hasil perhitungan

algoritma Lyzenga) dihitung secara otomatis di *software* Snap. Proses koreksi ini menggunakan persamaan yang digunakan oleh Lyzenga (1981) seperti berikut:

$$L_i = R_i - R_{i\text{deep}} \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{\sigma_i - \sigma_j}{2 \times \sigma_{ij}} \quad (3)$$

$$\frac{k_i}{k_j} = a + \sqrt{a^2 + 1} \quad (4)$$

$$\text{Depth invariant index} = \ln(L_i) - \left[\left(\frac{k_i}{k_j} \right) \times \ln(L_j) \right] \quad (5)$$

Keterangan :

- R_i : Nilai reflektansi dasar perairan laut dangkal pada kanal i
- $R_{i\text{deep}}$: Nilai reflektansi perairan dalam pada kanal i
- L_i : Nilai L pada kanal i (panjang gelombang lebih kecil)
- L_j : Nilai L pada kanal j (panjang gelombang lebih besar)
- k_i/k_j : rasio koefisien atenuasi
- σ_i : Variansi dari log *band* i
- σ_j : Variansi dari log *band* j
- σ_{ij} : Kovariansi dari log transformasi kanal i dikalikan kanal j

3.3.4 Pembuatan Kanal *Masking*

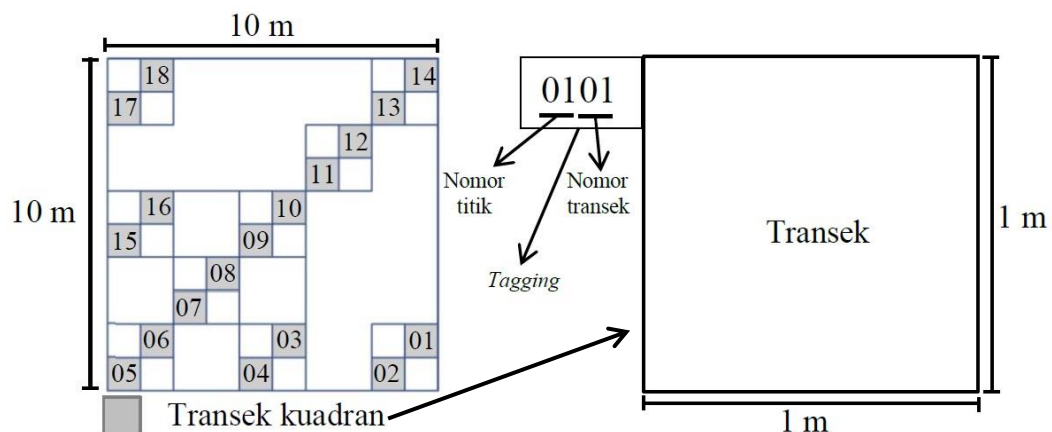
Kanal *masking* adalah kanal yang digunakan sebagai acuan batasan daerah yang ingin diklasifikasikan. Pada penelitian ini, daerah kajian dibagi menjadi dua bagian, yaitu daerah sangat dangkal dan daerah dangkal. Proses pemisahan dua daerah ini dilakukan menggunakan *Toolbox SPEAR Relative Depth* pada Envi. Algoritma yang digunakan pada *toolbox* ini mengacu pada Stumpf dan Holderied (2003). Daerah sangat dangkal merupakan daerah dengan intensitas cahaya matahari yang menembus dasar perairan masih cukup tinggi. Sebagai penanda, pasir akan terlihat berwarna putih cerah di daerah ini. Daerah dangkal merupakan daerah dengan intensitas cahaya matahari yang lebih sedikit dari daerah sangat dangkal. Sebagai penanda, pasir akan mulai terlihat kebiruan pada daerah ini. Batasan terluar daerah dangkal yang digunakan dalam penelitian ini adalah daerah dimana piksel-pikselya sudah berwarna biru gelap seperti perairan dalam.

3.3.5 Klasifikasi Citra

Hasil dari proses koreksi kolom air selanjutnya akan dilakukan proses klasifikasi. Jumlah kelas yang dibuat pada proses ini adalah 8 kelas. Klasifikasi citra menggunakan metode yang tergolong ke dalam metode klasifikasi tak terbimbing, yaitu *isodata*. Proses klasifikasi dilakukan menggunakan *software* *Envi 5.3*.

3.3.6 Pengambilan Data Lapangan

Pengambilan data di tiap titik pengamatan dilakukan di dalam petak berukuran 10 x 10 m² sesuai dengan resolusi spasial citra Sentinel-2 menggunakan metode *Underwater Photo Transect (UPT)*. UPT merupakan metode yang sering dipakai untuk analisis tutupan terumbu karang (Giyanto, 2012). Pengamatan dilakukan dengan mencatat posisi titik pengamatan menggunakan GPS, memotret tiap transek pengamatan menggunakan kamera bawah air (*underwater camera*) dan menganalisisnya menggunakan *software* *CPCE 4.1*. Pengambilan foto transek kuadran dilakukan dengan sudut vertikal. Transek kuadran yang digunakan adalah transek kuadran dengan ukuran 1 x 1 m² yang terbuat dari pipa paralon. Posisi peletakan transek kuadran dan format penomoran *tagging* tiap transek dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Posisi peletakan transek, nomor transek, dan format penomoran *tagging*

Sumber : Kurniawati (2019)

Penentuan nama tutupan dasar perairan pada tiap titik dilakukan dengan melihat dominasi tutupan pada semua transek di titik tersebut berdasarkan gambar hasil

pemotretan. Pemberian nama kelas tutupan dasar perairan tahun 2022 dilakukan dengan mengacu pada hasil pengamatan di lapangan dan interpretasi peneliti pada citra. Pemberian nama kelas tutupan dasar perairan tahun 2017 mengacu pada kelas-kelas yang dihasilkan pada tahun 2022. Pusat-pusat kelas hasil klasifikasi tahun 2017 dihitung jaraknya dengan pusat-pusat kelas hasil klasifikasi tahun 2022. Pusat-pusat kelas ini diambil dari nilai rata-rata piksel setiap kelas pada setiap kanal yang digunakan dalam proses klasifikasi. Hasil klasifikasi di daerah sangat dangkal tahun 2017 dihitung jaraknya dengan hasil klasifikasi di daerah sangat dangkal tahun 2022, dan hasil klasifikasi di daerah dangkal tahun 2017 dihitung jaraknya dengan hasil klasifikasi di daerah dangkal tahun 2022. Setiap kelas pada tahun 2017 diberi nama berdasarkan kelas tahun 2022 yang memiliki jarak terdekat dengan dengan kelas-kelas tersebut. Jarak setiap kelas ini dihitung menggunakan *euclidean distance*. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$d = ((x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2)^{1/2} \quad (6)$$

Keterangan :

- d : Jarak
- x_i : Nilai pusat kelas i (2017) pada kanal x
- x_j : Nilai pusat kelas j (2022) pada kanal x
- y_i : Nilai pusat kelas i (2017) pada kanal y
- y_j : Nilai pusat kelas j (2022) pada kanal y
- z_i : Nilai pusat kelas i (2017) pada kanal z
- z_j : Nilai pusat kelas j (2022) pada kanal z

3.3.7 Reklasifikasi

Kelas-kelas yang memiliki jenis tutupan dasar perairan yang sama akan digabung menjadi satu kelas (reklasifikasi). Dalam penelitian ini, kelas-kelas yang diharapkan adalah karang hidup, karang mati, lamun, dan pasir. Khusus untuk lamun, persentase tutupannya ditentukan dengan mengacu pada estimasi persen penutupan lamun (McKenzie, 2003). Persentase ini dijadikan sebagai acuan untuk mengelompokkan lamun berdasarkan tutupannya. Kelas tutupan lamun mengacu pada KLH (2004) yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kelas tutupan lamun

Kelas	Luas area penutupan	Penutupan area (%)	Titik tengah (%)
5	1/2 - penuh	50 - 100	75
4	1/4 - 1/2	25 - 50	37,5
3	1/8 - 1/4	12,5 - 25	18,75
2	< 1/16 - 1/8	6,25 - 12,5	9,38
1	< 1/16	< 6,25	3,13
0	Tidak ada	0	0

Sumber : KLH (2004)

3.3.8 Uji Akurasi (*Confusion Matrix*)

Data hasil klasifikasi dibandingkan dengan data hasil pengamatan di lapangan menggunakan *confusion matrix*. *Confusion matrix* atau disebut juga dengan matriks kesalahan membandingkan data referensi yang diketahui (*ground truth*) dan hasil dari klasifikasi otomatis. Dari *confusion matrix* dapat dihitung beberapa parameter akurasi, yaitu *overall accuracy* (OA), *producer accuracy* (PA), *user accuracy* (UA), dan koefisien *kappa* (K). Nilai minimal *overall accuracy* yang disarankan untuk pemetaan tutupan dasar perairan adalah 60 % (Green *et al.*, 2000). Persamaan yang digunakan untuk menghitung keempat parameter akurasi tersebut adalah sebagai berikut:

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ii}}{n} \quad (7)$$

$$PA = \frac{n_{jj}}{n_{+j}} \quad (8)$$

$$UA = \frac{n_{ii}}{n_{i+}} \quad (9)$$

Keterangan :

- OA : *Overall accuracy*
- PA : *Producer accuracy*
- UA : *User accuracy*
- k : Jumlah baris
- n : Jumlah observasi
- n_{ii} : Jumlah observasi pada baris i dan kolom i
- n_{jj} : Jumlah observasi pada baris j dan kolom j

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} x_{+i})} \quad (10)$$

Keterangan :

- K : Koefisien *kappa*
- r : Jumlah baris pada matriks
- x_{ji} : Jumlah observasi pada baris i dan kolom j
- x_{i+} : Jumlah total margin dari baris i
- x_{+i} : Jumlah total margin dari kolom i
- N : Jumlah total titik observasi lapangan

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Terjadi perubahan luasan pada setiap kelas tutupan dasar perairan dari kurun waktu 2017-2022. Peningkatan luasan terjadi pada kelas pasir, pasir ditumbuhi lamun jarang, karang hidup, dan karang mati. Selain itu, penurunan luasan terjadi pada kelas lamun.
2. Metode klasifikasi isodata cukup baik dalam memetakan sebaran tutupan dasar perairan, karena dapat menghasilkan peta dengan nilai *overall accuracy* sebesar 63 %. Nilai ini sudah memenuhi nilai minimal akurasi untuk pemetaan tutupan dasar perairan. Namun, nilai *producer accuracy* dan *user accuracy* pada karang hidup yang relatif lebih kecil dari kelas lainnya harus menjadi pertimbangan dalam penggunaan peta yang dihasilkan.

5.2 Saran

Untuk meningkatkan akurasi pemetaan tutupan dasar perairan menggunakan metode klasifikasi tak terbimbing, diperlukan penambahan jumlah lokasi pengamatan lapangan untuk memastikan nama-nama kelas hasil klasifikasi. Hal ini diperlukan untuk menghasilkan akurasi peta yang lebih tinggi. Selain itu, survey pendahuluan pada lokasi penelitian juga diperlukan untuk memastikan titik-titik pengamatan dapat dijangkau dengan mempertimbangkan faktor keselamatan.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Abburu, S. 2015. Satellite image classification methods and techniques : a review. *International Journal of Computer Applications*. 119(8): 20–25.
- Altman, D.G. 1991. *Practical Statistics for Medical Research*. Chapman and Hall. London, UK. 611 p.
- Awak, D. S. H. L. M. K., Gaol, J. L., Subhan, B., Madduppa, H. H. dan Arafat, D. 2016. Coral reef ecosystem monitoring using remote sensing data: case study in Owi Island, Biak, Papua. *Procedia Environmental Sciences*. 33: 600-606.
- Badriawan, N. 2019. *Analisis Kerusakan Terumbu Karang di Pulau Pahawang, Provinsi Lampung* (Skripsi). Universitas Brawijaya. Malang. 53 hlm.
- Ball, G. H. dan Hall, D. J. 1965. *Isodata, a Novel Method of Data Analysis and Pattern Classification*. Stanford Research Institute. California, USA. 61 p.
- Badan Informasi Geospasial (BIG). 2014. *Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No. 3 Tentang Pedoman Teknis Pengumpulan dan Pengolahan Data Geospasial Objek Perairan Bawah Laut Perairan Laut Dangkal*. BIG. Bogor.
- Chow, J.H., Dom, B. dan Lin, D.I. 2013. *Confusion Matrix for Classification Systems*. United States Patent. Alexandria, USA. 18 p.
- Drusch, M., Bello, D. U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., Hoersch, B., Isola, C., Laberinti, P., Martimort, P., M., Meygret A., Spoto F., Sy. O., Marchese F. dan Bargellini P. 2012. Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. *Remote Sensing of Environment*. 120(1): 25-36.
- Fenchel, T., King, G. dan Blackburn, T. H. 2012. *Bacterial Biogeochemistry: The Ecophysiology of Mineral Cycling Third Edition*. Academic Press. London, UK. 318 p.
- Giyanto. 2012. Penilaian kondisi terumbu karang dengan metode transek foto bawah air. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. 38(3): 377-389.

- Green, E. P., Mumby, P. J., Edwards, A. J. dan Clark, C. D. 2000. *Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management*. Unesco. Paris, France. 316 p.
- Harti, A. M. 2009. *Perubahan Garis Pantai Teluk Jakarta Tahun 1970-2009* (Skripsi). Universitas Indonesia. Depok. 98 hlm.
- Hafizt, M., Manessa, M. D. M., Adi, N. S., dan Prayudha, B. 2017. Benthic habitat mapping by combining Lyzenga's optical model and relative water depth model in Lintea Island, Southeast Sulawesi. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, Atlanta: 9-13 October 2022.
- Hedley, J. D., Harborne, A. R. dan Mumby, P. J. 2005. Simple and robust removal of sun glint for mapping shallow water benthos. *International Journal of Remote Sensing*. 26(10): 2107-2112.
- Hochberg, E. J., Atkinson, M. J. dan Andre, S. 2003. Spectral reflectance of coral reef bottom-types worldwide and implications for coral reef remote sensing. *Remote Sensing of Environment*. 85: 159-173.
- Jensen, J. R. 2007. *Remote Sensing of The Environment: an Earth Resource Perspective*. Pearson Prentice Hall. London, UK. 614 p.
- Lyzenga, D. R. 1981. Remote sensing of bottom reflectance and water attenuation parameters in shallow water using aircraft and Landsat data. *International Journal of Remote Sensing*. 2(1): 71-82.
- Kementerian Lingkungan Hidup (KLH). 2004. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 200 Tahun 2004 tentang Kriteria Baku Kerusakan dan Pedoman Penentuan Status Padang Lamun*. KLH. Jakarta .
- Kurniawati, E. 2019. *Klasifikasi Habitat Bentik Perairan Dangkal Berbasis Objek dan Analisis Kualitas Perairan Menggunakan Satelit Multi Resolusi di Perairan Kepulauan Seribu* (Tesis). Institut Pertanian Bogor. Bogor. 55 hlm.
- MacQueen, J. 1967. Some methods for classification and analysis of multivariate observations. *Proceeding of Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*. 5.1 : 281-297.
- Malenovsky, Z., Rott, H., Cihlar, J., Schaepman, M. E. dan Garcia, S.G. 2012. Sentinels for science: potential of Sentinel-1, 2, and 3 missions for scientific observations of ocean, cryosphere, and land. *Remote Sensing of Environment*. 120(1): 91-101.
- Manessa, M. D. M., Haidar, M., Budhiman, S., Winarso, G., Kanno, A., Sagawa, T. dan Sekine, M. 2016. Evaluating the performance of Lyzenga's water column correction in case-1 coral reef water using a simulated worldview-2. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, Atlanta: 9-13 October 2022. 47: 1-13.

- Matthiessen, B., Werner, F. J. dan Paulsen, M. 2018. Ecological organization of the ocean. In : *Handbook on Marine Environment Protection*. Springer. Berlin, Germany. 53 p.
- McKenzie, L. J. 2003. *Guidelines for the Rapid Assessment and Mapping of Tropical Seagrass Habitats*. Department of Primary Industries. Queensland, Australia. 43 p.
- Mobley, C.D. 1994. *Light and Water: Radiative Transfer in Natural Waters*. Academic Press. San Diego, USA. 592 p.
- Nurdin, N., Supriadi, Lanuru, M. A., As, M. A., Kartika, I. dan Komatsu, T. 2019. Accuracy of unsupervised classification to determine coral health using SPOT-6 and Sentinel-2A. *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 42: 1-3.
- Richards, J. A., dan Xiuping, J. 1999. *Remote Sensing Digital Image Analysis* Springer. Berlin, Germany. 431 p.
- Sativa, D. Y., Septian, I. G. N. dan Atmanegara, F. K. 2021. Pemetaan habitat bentik menggunakan citra satelit Sentinel-2A di Teluk Sereweh. *Jurnal Biologi Tropis*. 22 (1): 55-61.
- Schowengerdt, R. A. 2006. *Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing*. Elsevier. California, USA. 515 p.
- Shanks, A. dan Trent, J. D. 1980. Marine snow: sinking rates and potential role in vertical flux. *Deep-Sea Research*. 27 (2): 137-143.
- Skirving, W. J., Heron, S. F., Marsh, B.L., Liu, G., De La Cour, J.L., Geiger, E. F. dan Eakin, C. M. 2019. The relentless march of mass coral bleaching: a global perspective of changing heat stress. *Coral Reefs*. 38: 547-557
- Stehman, S. V. 1997. Selecting and interpreting measures of thematic classification accuracy. *Remote Sensing of Environment*. 62 (1): 77-89.
- Stumpf, R.P. dan Holderied, K. 2003. Determination of water depth with high resolution satellite imagery over variable bottom types. *Limnology and Oceanography*. 48 (1): 547-556.
- Syahreza, Erzal. 2018. *IPC Panjang Lakukan Konservasi Terumbu Karang*. <https://lampungpro.co>. diakses pada tanggal 5 Oktober 2022 pukul 20.01.
- Verrelst, J., Munos, J., Alonso, L., Delegido, J. dan Rivera, J. P. 2012. Machine learning regression algorithms for biophysical parameter retrieval: opportunities for Sentinel-2 and -3. *Remote Sensing of Environment*. 118 (1): 127-139.

Wetzel, R. G. 2001. *Limnology: Lake and River Ecosystems Third Edition*. Academic Press. San Diego, USA. 1006 p.

Zoffoli, M. L., Frouin, R. dan Kampel, M. 2014. Water column correction for coral reef studies by remote sensing. *Sensors*. 14 (9): 16881-16931.