

SKRIPSI

**ANALISIS PERUBAHAN LUASAN TUTUPAN LAMUN SECARA
SPASIAL DAN TEMPORAL DI PULAU KODINGARENG LOMPO
MENGUNAKAN TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH**

**FATHAN ZUHAD YOPHA PUTRA
L021 18 1335**



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN
DEPARTEMEN PERIKANAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2023**

**ANALISIS PERUBAHAN LUASAN TUTUPAN LAMUN SECARA
SPASIAL DAN TEMPORAL DI PULAU KODINGARENG LOMPO
MENGUNAKAN TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH**

**FATHAN ZUHAD YOPHA PUTRA
L021 18 1335**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada
Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN
DEPARTEMEN PERIKANAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PERUBAHAN LUASAN TUTUPAN LAMUN SECARA SPASIAL DAN TEMPORAL DI PULAU KODINGARENG LOMPO MENGGUNAKAN TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH

Disusun dan diajukan oleh:

FATHAN ZUHAD YOPHA PUTRA
L021 18 1335

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin pada tanggal 03 Maret 2023

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

UNIVERSITAS HASANUDDIN

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Ir. Dewi Yanuarita, M.Si
NIP. 195801021987022001

Pembimbing Pendamping,



Wilma Joanna Carolina, S.Kel., M.Agr., Ph.D.
NIP. 198705022014042001

Mengetahui,

Ketua Program Studi,
Manajemen Sumberdaya Perairan,



Dr. H. Nadiarti, M.Sc
NIP. 19680106 199103 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fathan Zuhad Yopha Putra
NIM : L021 18 1335
Program Studi : Manajemen Sumber Daya Perairan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

“Analisis Perubahan Luasan Tutupan Lamun Secara Spasial dan Temporal di Pulau Kodingareng Lompo Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar- benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 09 Maret 2023

Yang Menyatakan



Fathan Zuhad Yopha Putra

PERNYATAAN AUTHORSHIP

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

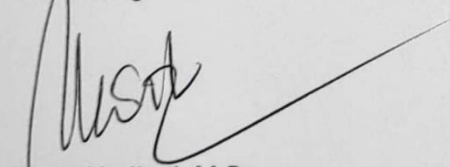
Nama : Fathan Zuhad Yopha Putra
NIM : L021 18 1335
Program Studi : Manajemen Sumber Daya Perairan
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

Menyatakan bahwa publikasi sebagian atau keseluruhan isi Skripsi pada jurnal atau forum ilmiah lain harus seizin dan menyertakan tim pembimbing sebagai *author* dan Universitas Hasanuddin sebagai institusinya. Apabila dalam waktu sekurang-kurangnya dua semester (satu tahun sejak pengesahan Skripsi) saya tidak melakukan publikasi dari sebagian atau keseluruhan Skripsi ini, maka pembimbing sebagai salah seorang dari penulis berhak mempublikasikannya pada jurnal ilmiah yang ditentukan kemudian, sepanjang nama mahasiswa tetap diikutkan.

Makassar, 09 Maret 2023

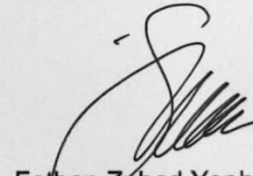
Mengetahui,

Ketua Program Studi



Dr. Ir. Nadiarti, M.Sc
NIP. 19680106 199103 2 001

Penulis



Fathan Zuhad Yopha Putra
NIM. L021 18 1335

ABSTRAK

Fathan Zuhad Yopha Putra. L021181335. “Analisis Perubahan Tutupan Lamun Secara Spasial dan Temporal di Pulau Kodingareng Lompo Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh” dibimbing oleh **Dewi Yanuarita** sebagai Pembimbing Utama dan **Wilma Joanna Carolina** sebagai Pembimbing Pendamping.

Pulau Kodingareng Lompo merupakan salah satu pulau Kota Makassar dengan hamparan padang lamun yang luas. Seiring berjalannya waktu, jumlah penduduk P. Kodingareng Lompo terus bertambah, sehingga aktivitas antropogenik juga bertambah. Hal tersebut diduga akan berdampak pada kondisi dan persebaran ekosistem padang lamun di Pulau Kodingareng Lompo. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi perubahan tutupan lamun secara spasial dan temporal di Pulau Kodingareng Lompo dari tahun 2015 hingga 2022 menggunakan teknologi penginderaan jauh. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli hingga September 2022 menggunakan Citra Sentinel-2A akuisisi tahun 2015, 2018, dan 2022. Metode penelitian ini dimulai dengan pengolahan awal citra untuk membuat perencanaan titik lokasi pengambilan sampel secara *purposive random sampling*. Selanjutnya survei lapangan untuk mengidentifikasi jenis lamun dan mengestimasi persentase tutupan padang lamun di 52 titik plot. Data lapangan persentase tutupan lamun dibagi menjadi dua kategori, yaitu data model dan data validasi. Tahap pengolahan citra menggunakan algoritma regresi *random forest* dalam memetakan persentase tutupan lamun. Hasil penelitian menemukan enam jenis lamun yaitu *Halophila ovalis*, *Cymodocea rotundata*, *Enhalus acoroides*, *Thalassia hemprichii*, *Syringodium isoetifolium*, dan *Halodule uninervis*. Jenis yang mendominasi adalah *Thalassia hemprichii*. Kondisi padang lamun Pulau Kodingareng Lompo tahun 2015 dan 2022 tergolong baik, sedangkan tahun 2018 tergolong kurang sehat. Terjadi perubahan luas tutupan lamun dari tahun 2015 ke 2022, yaitu seluas $\pm 8,13$ Ha atau $\pm 10,37\%$. Namun laju pertumbuhan luas dari tahun 2015-2018 lebih besar dibandingkan dari tahun 2018-2022 dengan selisih sebesar $\pm 2,09$ Ha atau $\pm 2,93\%$. Hal ini menunjukkan bahwa luas tutupan lamun di Pulau Kodingareng Lompo terus mengalami pertumbuhan luas setiap tahunnya dari tahun 2015-2022.

Kata kunci: Persentase tutupan Lamun, Penginderaan jauh, Citra Sentinel-2A, Random Forest, Pulau Kodingareng Lompo

ABSTRACT

Fathan Zuhad Yopha Putra. L021181335. "A Spatial and Temporal Analysis of Seagrass Cover Changes on Kodingareng Lompo Island Using Remote Sensing Technology". Supervised by **Dewi Yanuarita** and **Wilma Joanna Carolina** as co-Supervisor.

Kodingareng Lompo is one of the islands belonging to Makassar City characterized by a large expanse of seagrass beds. As time goes by, the population of its inhabitants continues to grow, causing anthropogenic activities to also increase. This is expected to have an impact on the condition and distribution of the seagrass ecosystem of the island. This study aims to estimate changes in seagrass cover spatially and temporally from 2015 to 2022 using remote sensing technology. This research was conducted from July to September 2022 using Sentinel-2A Image acquisition in 2015, 2018, and 2022. This research method begins with pre-processing the image which aims to plan sampling points using purposive random sampling. A field survey was then carried out to identify seagrass species and estimate the percentage of seagrass cover at 52 plot points. Field data on the percentage of seagrass cover is divided into two categories, namely model data and validation data. The image processing stage uses the random forest regression algorithm to map the percentage of seagrass cover. The results identified six species of seagrass, namely *Halophila ovalis*, *Cymodocea rotundata*, *Enhalus acoroides*, *Thalassia hemprichii*, *Syringodium isoetifolium*, and *Halodule uninervis*. The seagrass beds which were dominated by *Thalassia hemprichii*. The condition of the Kodingareng Lompo Island seagrass beds in 2015 and 2022 was classified as good, while in 2018 it was classified as unhealthy. There has been a change in seagrass cover area from 2015 to 2022 in the form of an increase in the total seagrass cover area of $\pm 8,13$ Ha or $\pm 10,37\%$. However, the rate of increase in area from 2015-2018 was greater compared to 2018-2022 with a difference of $\pm 2,09$ Ha or $\pm 2,93\%$. This shows that the area of seagrass cover continues to increase in area every year from 2015-2022.

Keywords: Seagrass cover percentage, Remote sensing, Sentinel-2A Imagery, Random Forest, Kodingareng Lompo Island

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas ke hadirat Allah SWT, karena atas berkat, rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan Departemen Perikanan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin ini dengan judul **“Analisis Perubahan Tutupan Lamun Secara Spasial dan Temporal di Pulau Kodingareng Lompo Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh”**. Skripsi ini merupakan salah satu syarat kelulusan dalam memperoleh gelar sarjana.

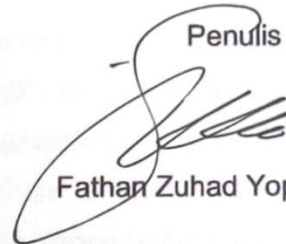
Dalam penyusunan skripsi penelitian ini, hingga skripsi ini dapat terselesaikan, penulis menyadari hal tersebut tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan serta doa dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis dengan sepenuh hati mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan skripsi ini, yaitu kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Dewi Yanuarita, M.Si. selaku Pembimbing Utama, Ibu Dwi Fajriyati Inaku, S.Kel, M.Si. selaku Pembimbing Pendamping saat penyusunan Proposal Penelitian yang namun karena melanjutkan pendidikannya kemudian diteruskan oleh Ibu Wilma Joanna Carolina, S.Kel., M.Agr., Ph.D. selaku Pembimbing Pendamping kedua yang telah banyak memberikan waktu, pikiran, arahan, saran, dorongan serta motivasi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi penelitian ini.
2. Ibu Dr. Nita Rukminasari, S.Pi, MP. selaku dosen Penasihat Akademik sekaligus dosen penguji dan Ibu Dr. Ir. Nadiarti, M.Sc. selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktunya dan memberikan arahan, saran dan masukan dalam penyusunan skripsi ini.
3. Kepada Kakanda Muh. Rais dan A. Ade Ikram yang telah meluangkan waktu untuk berbagi ilmu, memberi bimbingan, saran, serta motivasi kepada penulis.
4. Kepada saudara Muksan, Lorensia Puspita, Lukmanul Hakim, dan Muh. Arifandi yang telah meluangkan waktu dan tenaga dalam proses pengambilan data lapangan.
5. Kepada sahabat dan teman seperjuangan Manajemen Sumber Daya Perairan (MSP) 2018 yang telah banyak memberikan dukungan, motivasi dan doa.
6. Kepada Bapak Harun Rosidi dan Ibu Heksa Biopsi Puji Astuti selaku orang tua yang telah mengasuh, membesarkan, mendidik penulis dengan setulus hati serta doa-doa yang tak pernah henti dipanjatkan demi keberhasilan penulis dalam menuntut ilmu, serta seluruh keluarga tercinta atas segala doa dan dukungannya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan di dalamnya. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan oleh penulis untuk kesempurnaan penulisan skripsi ini kedepannya.

Makassar, 09 Maret 2023

Penulis



Fathan Zuhad Yopha Putra

BIODATA PENULIS



Fathan Zuhad Yopha Putra dilahirkan di Kota Kendari pada tanggal 31 Agustus 2000 dan merupakan anak kedua dari lima bersaudara dari pasangan Bapak Harun Rosidi dan Ibu Heksa Biopsi Puji Astuti. Penulis memulai pendidikan pada usia 6 tahun di Sekolah Dasar Negeri (SDN) 19 Baruga, Kota Kendari dan lulus pada tahun 2012. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 4 Kendari dan lulus pada tahun 2015. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 5 Kendari dan lulus pada tahun 2018. Selanjutnya penulis melanjutkan jenjang pendidikan S1 di Perguruan Tinggi Negeri Universitas Hasanuddin pada Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan, Departemen Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Selama menjalani studi sebagai mahasiswa, penulis aktif pada organisasi Keluarga Mahasiswa Profesi Manajemen Sumberdaya Perairan (KMP MSP KEMAPI FIKP UNHAS) menjabat sebagai Badan Pengurus Harian (BPH) departemen Hubungan Masyarakat (Humas) periode 2020, Himpunan Mahasiswa Manajemen Sumberdaya Perairan Indonesia (HIMASUPERINDO) menjabat sebagai Staff Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kominfo) periode 2021-2022, dan Korps Pencinta Alam Universitas Hasanuddin (KORPALA UNHAS) sebagai Ketua Panitia pada kegiatan Operasi Tebing Kanaan dan Pendidikan Dasar XXXV tahun 2021. Penulis juga aktif sebagai asisten Pemetaan Sumberdaya Perairan, Ekologi Perairan Tropis dan Biologi Moluska Kawasan Wallacea (2022). Penulis menyelesaikan rangkaian tugas akhir yaitu Kuliah Kerja Nyata (KKN Tematik) di Kelurahan Tamalanrea Indah, Kecamatan Tamalanrea, Kota Makassar gelombang 106 tahun 2021.

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan dan Kegunaan.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
A. Ekosistem Padang Lamun	3
B. Aktivitas yang Dapat Mempengaruhi Pertumbuhan Lamun	5
C. Penginderaan Jauh.....	5
1. Pantulan Spektral Lamun	7
2. Citra Sentinel-2A	8
III. METODE PENELITIAN	11
A. Waktu dan Lokasi Penelitian.....	11
B. Alat dan Bahan	11
1. Alat.....	11
2. Bahan.....	12
C. Prosedur Penelitian	12
1. Pra Pengolahan Citra Sentinel-2A.....	12
2. Pengolahan Citra Sentinel-2A	13
3. Survei Lapangan	16
4. Analisis data	19
5. Uji Akurasi	20

IV. HASIL	23
A. Pengolahan Data Citra Sentinel-2A	23
B. Persentase Tutupan Lamun di Lapangan	25
C. Sebaran dan Kondisi Padang Lamun	28
D. Perubahan Luasan Tutupan Lamun.....	32
E. Uji Akurasi Pengolahan Data Citra.....	33
V. PEMBAHASAN.....	34
A. Pengolahan Data Citra Sentinel-2A	34
B. Persentase Tutupan Lamun di Lapangan	34
C. Sebaran dan Kondisi Padang Lamun	36
D. Perubahan Luasan Tutupan Lamun.....	39
E. Uji Akurasi Pengolahan Data Citra.....	40
VI. SIMPULAN DAN SARAN	42
A. Kesimpulan	42
B. Saran	42
DAFTAR PUSTAKA.....	43

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Alur Kerja Penginderaan Jauh	6
2. Pola Reflektansi Lima Jenis Lamun	8
3. Spektrum Spektral Band pada Citra Sentinel-2A.....	8
4. Peta Lokasi Penelitian Pulau Kodingareng Lompo	11
5. Peta Lokasi Rencana Pengambilan Data Sampel Lapangan	16
6. Ilustrasi Metode Pengambilan Data Tutupan Lamun	18
7. Kelas Persentase Penutupan Lamun.....	18
8. Diagram Alir Mekanisme Kerja Regresi Random Forest (<i>imageRF</i>)	20
9. Diagram Alir Penelitian	22
10. Hasil Klasifikasi <i>Supervised Maximum Likelihood</i>	24
11. Sebaran Titik Pengambilan Sampel di Lapangan	25
12. Peta Sebaran Lamun Hasil Reklasifikasi	29
13. Peta Persentase Tutupan Lamun Pulau Kodingareng Lompo Tahun 2015, 2018 dan 2022	31

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Spektral Tiap Band pada Citra Sentinel-2A.....	9
2. Skala Kategori Padang Lamun Berdasarkan Persentase Tutupan Lamun	19
3. Status Kondisi Padang lamun	19
4. Luas Habitat Dasar Perairan Dangkal P. Kodingareng Lompo Hasil Klasifikasi Citra Sentinel-2A.....	23
5. Data Model (<i>Training Data</i>).....	26
6. Data Validasi (<i>Testing Data</i>)	27
7. Sebaran Padang Lamun Pulau Kodingareng Lompo Tahun 2015, 2018, dan 2022.....	28
8. Kategori/Kelas Penutupan Padang Lamun Tahun 2015, 2018, dan 2022.....	30
9. Status/Kondisi Padang Lamun Tahun 2015, 2018, dan 2022	32
10. Perubahan Luasan Total Padang Lamun 2015-2022.....	32
11. Nilai Akurasi Data Citra.....	33

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Komposit Band Citra <i>Natural Color</i> 432 (merah, hijau, biru)	48
2. Koreksi Atmosferik Citra Sentinel-2A Leve-1C.....	49
3. <i>Cropping</i> Citra Sentinel-2A 50MQV Wilayah Pulau Kodingareng Lompo.....	50
4. <i>Masking</i> Daratan (<i>Land Masking</i>)	51
5. Koreksi Efek <i>Glint</i> (<i>Sunlint</i>) pada Citra.....	52
6. Koreksi Kolom Air <i>Depth Invariant Index</i> (DII).....	53
7. <i>Seagrass Masking</i> Citra	54
8. Kondisi Lapangan yang Menyebabkan Kesalahan Pembacaan Piksel	55
9. Uji Akurasi.....	56
10. Dokumentasi Pengambilan Data Lapangan.....	57

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pulau Kodingareng Lompo secara administrasi masuk ke dalam gugusan Kepulauan Spermonde, Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan. P. Kodingareng Lompo memiliki jumlah penduduk 4.526 jiwa yang terdiri dari 2.276 laki-laki dan 2.250 perempuan atau 1080 Kepala Keluarga dengan dengan luas wilayah daratan \pm 14 Ha (Syahid, 2018). Jumlah penduduk yang padat tersebut mengakibatkan P. Kodingareng Lompo mampu menghasilkan sampah yang banyak tiap harinya khususnya limbah rumah tangga (Gani & Ikhsan, 2020). Hal ini tentu akan berdampak secara langsung terhadap lingkungan Perairan P. Kodingareng Lompo khususnya bagi ekosistem perairan.

Salah satu ekosistem perairan yang ada di P. Kodingareng Lompo yaitu padang lamun. Padang lamun merupakan ekosistem perairan yang terdiri dari komponen utama yaitu tumbuhan lamun (*seagrass*) dan terdapat juga beberapa biota laut yang menjadikan padang lamun sebagai habitat utamanya. Ekosistem padang lamun merupakan suatu ekosistem yang kompleks dan mempunyai fungsi dan manfaat yang sangat penting bagi perairan wilayah pesisir (Tangke, 2010). Selain itu, padang lamun merupakan ekosistem pesisir yang memiliki tingkat keanekaragaman hayati yang cukup tinggi dan sebagai penyumbang nutrisi yang potensial bagi perairan di sekitarnya karena memiliki tingkat produktifitas yang tinggi, hal tersebut menjadikan ekosistem padang lamun sebagai bagian penting dari laut untuk menjaga keseimbangan ekosistem (Kordi, 2011).

Menurut Novitasari (2018) penutupan lamun dapat dipengaruhi oleh faktor alami dan antropogenik. Faktor alami antara lain gelombang dan arus yang kuat, badai, gempa bumi, dan tsunami. Sedangkan faktor antropogenik antara lain kegiatan penjangkaran kapal, pencemaran, serta pengeboman. Tekanan antropogenik pada pulau-pulau kecil semakin meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk sehingga salah satunya dapat mengakibatkan adanya perubahan tutupan lamun. Seiring berkembangnya teknologi, telah diciptakan teknologi penginderaan jauh yang berfungsi melakukan pemantauan objek yang ada di permukaan bumi tanpa harus turun ke lapangan, termasuk objek di lingkungan perairan.

Dewasa ini penginderaan jauh menjadi pilihan yang sangat efektif dan efisien dalam melakukan pemantauan di suatu wilayah baik secara spasial maupun temporal dengan tujuan yang berbeda-beda. Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dalam melakukan pemetaan sudah banyak digunakan dan dikembangkan untuk memetakan

habitat padang lamun dengan hasil yang komprehensif. Penginderaan jauh memiliki sensor yang dapat menembus perairan dangkal yang jernih dan mengenali karakteristik substrat dasar perairan. Liputan citra satelit yang luas, akurat, resolusi spasial dan spektralnya tinggi, kemampuan perekaman ulang konsisten, akses citra satelit dan pengolahannya mudah, efisien dalam biaya dan tenaga operasional menjadikan penggunaan data dan metode ini menjadi sangat efektif (Pasya, 2019).

Beberapa citra yang dapat digunakan dalam memetakan tutupan lamun yaitu Citra Landsat-8 OLI, Citra Sentinel-2A, dan Citra SPOT 7. Penelitian mengenai kondisi padang lamun di P. Kodingareng Lompo sudah pernah dilakukan, diantaranya oleh Syarif, *et al.*, (2016) menggunakan citra Landsat-8 OLI dan menemukan bahwa kondisi lamun di P. Kodingareng Lompo termasuk dalam tingkat yang baik dengan luas lamun sebesar 137,41 Ha, penelitian lain dilakukan oleh Rais (2021) menggunakan citra SPOT-7 yang memperoleh total luasan lamun di P. Kodingareng Lompo sebesar 81,29 Ha.

Citra Sentinel-2A diluncurkan pada tahun 2015. Jika dibandingkan dengan Citra Landsat-8 OLI dan SPOT-7, Citra Sentinel-2A memiliki tingkat efisiensi dan efektifitas yang lebih baik. Citra Sentinel-2A lebih unggul karena hemat biaya (dapat diperoleh secara gratis), ketersediaan citra yang cukup cepat, akurasi yang cukup tinggi, pengolahan citra yang tidak memakan waktu lama, serta proses pengolahan yang cukup mudah (Andiko, *et al.*, 2019). Penelitian-penelitian mengenai kondisi lamun di P. Kodingareng Lompo perlu dilanjutkan untuk melihat perubahan luasan tutupan lamun secara spasial dan temporal berbasis teknologi penginderaan jauh menggunakan Citra Sentinel-2A.

B. Tujuan dan Kegunaan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan luasan tutupan lamun di P. Kodingareng Lompo secara spasial dan temporal dari tahun 2015-2022 dengan memanfaatkan Citra Sentinel-2A.

Kegunaan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh data dan informasi secara spasial maupun temporal, mengenai perubahan tutupan lamun yang dapat dijadikan sebagai bahan acuan dan pertimbangan dalam kegiatan pengelolaan ekosistem padang lamun di P. Kodingareng Lompo.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Ekosistem Padang Lamun

Lamun (*seagrass*) merupakan tumbuhan tingkat tinggi (*Antophyta*) yang hidup terendam di dalam air laut. Tumbuhan lamun memiliki karakteristik antara lain; berbuah, berbunga, berdaun, berimpang (*rhizome*), berakar sejati, berpembuluh dan berkembang biak secara generatif (biji) dan vegetatif (tunas) (Kepmen LH No. 200, 2004). Lamun dapat hidup dan tumbuh pada substrat berlumpur, berpasir, dan pecahan karang (Sjafrie, *et al.*, 2018). Lamun merupakan tumbuhan yang memiliki pembuluh secara struktur dan fungsi yang sama dengan tumbuhan di darat. Keberadaan lamun pada perairan laut terdapat antara batas daerah pasang surut (intertidal dan subtidal) sampai kedalaman tertentu dimana cahaya matahari masih dapat mencapai dasar laut (Wirawandi, 2019).

Seagrass dan *Seaweed* sering diartikan sama yakni sebagai rumput laut, padahal kedua kelompok tumbuhan tersebut memiliki artian yang berbeda, baik dalam segi istilah, definisi serta pengertiannya. Lamun atau *Seagrass* termasuk tanaman tingkat tinggi yang memiliki bagian seperti akar, rimpang, daun, bunga serta buah. Sedangkan *seaweed* atau rumput laut termasuk tanaman tingkat rendah atau kelompok ganggang yang hanya mempunyai *thallus* dan *spora* (Ulum, 2020).

Menurut Asriyana & Yuliana (2012) padang lamun merupakan hamparan ekosistem yang sebagian besar terdiri dari tumbuhan lamun dan dihuni oleh berbagai jenis biota seperti bintang laut, rumput laut, dan berbagai jenis ikan. Padang lamun dapat membentuk vegetasi tunggal dan juga dapat membentuk vegetasi campuran. Vegetasi tunggal merupakan vegetasi yang hanya terdiri dari satu jenis lamun yang mana membentuk padang lebat, sedangkan untuk vegetasi campuran yaitu vegetasi yang terdiri dari 2 sampai 12 jenis lamun yang tumbuh bersama-sama dalam satu substrat.

Padang lamun umumnya dapat dijumpai mulai dari daerah pasang surut sampai dengan kedalaman 40 meter. Akan tetapi, daerah padang lamun yang luas umumnya dijumpai pada kedalaman kurang dari 5 m. Padang lamun yang merupakan hamparan lamun dapat tersusun oleh satu jenis lamun (*monospecific*) dan lebih dari satu jenis lamun (*multispecific*) (Daeng, 2018). Lamun tumbuh subur terutama di daerah pasang surut terbuka serta perairan pantai yang dasarnya berupa lumpur, pasir, kerikil dan patahan pecahan karang dengan kedalaman 4 m. Dalam perairan yang sangat jernih, beberapa jenis lamun bahkan ditemukan tumbuh sampai kedalaman 8-15 m dan 40 m. Bila dibandingkan dengan padang lamun yang tumbuh di

sedimen karbonat yang berasal dari patahan terumbu karang, maka padang lamun yang tumbuh di sedimen yang berasal dari daratan lebih dipengaruhi oleh faktor *run off* daratan yang berkaitan dengan kekeruhan, suplai nutrisi pada musim hujan, serta fluktuasi salinitas (Dahuri, 2003).

Menurut Wirawandi (2019) lamun dapat hidup di perairan dangkal agak berpasir, sering juga dijumpai pada ekosistem terumbu karang. Sama halnya dengan rerumputan di daratan, lamun juga membentuk padang yang luas dan lebat di dasar laut yang masih terjangkau oleh cahaya matahari dengan tingkat energi cahaya matahari yang masih memadai bagi pertumbuhannya. Bahkan semua tipe dasar laut dapat ditumbuhi lamun, namun padang lamun yang luas hanya dijumpai pada dasar laut berlumpur, berpasir lunak dan tebal. Padang lamun sering ditemukan di perairan laut antara hutan rawa mangrove dan terumbu karang.

Ekosistem padang lamun di Indonesia sering dijumpai di daerah pasang surut bawah (*inner intertidal*) dan subtidal atas (*upper subtidal*). Dilihat dari pola zonasi lamun secara horizontal, ekosistem lamun terletak diantara dua ekosistem penting yaitu ekosistem mangrove dan ekosistem terumbu karang. Ekosistem lamun sangat berhubungan erat dan berinteraksi serta sebagai mata rantai (*link*) dan sebagai penyangga (*buffer*) dengan mangrove di pantai dan terumbu karang ke arah laut (Harpiansyah, *et al.*, 2014).

Lamun memiliki manfaat baik secara ekologi maupun ekonomi. Sebagai salah satu sumber penghasil oksigen, penghasil nutrisi, pemecah ombak, habitat bagi beberapa biota laut, dan penyimpan karbon di perairan laut dangkal, merupakan fungsi ekosistem padang lamun dari segi ekologi (Ledheng & Sila, 2017). Dari segi ekonomi lamun dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan, pakan ternak, bahan baku kertas, bahan kerajinan, pupuk, dan bahan obat-obatan (Ledheng & Sila, 2017). Fungsi lain ditambahkan oleh Wirawandi (2019) antara lain sebagai perangkap sedimen, menstabilkan substrat dasar dan menjernihkan air, produktivitas primer, sumber makanan langsung bagi kebanyakan hewan, habitat beberapa jenis hewan air, dan sebagai substrat bagi organisme makrozoobentos. Produktivitas primer komunitas lamun dapat mencapai 1 kg C/m²/thn, namun dari jumlah tersebut hanya 3% yang dimanfaatkan oleh herbivora, 37% tenggelam ke perairan dan dimanfaatkan oleh bentos, dan 2% mengapung di permukaan serta hilang dari ekosistem (Wirawandi, 2019).

Wilayah pesisir distribusi lamun dapat dibagi kedalam tiga bagian, yaitu estuarine, pantai dangkal atau belakang terumbu karang dan pantai dalam (Short, *et al.*, 2007). Distribusi lamun di perairan pesisir Indonesia secara geografis masuk pada

kelompok distribusi lamun Tropik Indo-pasifik dengan jumlah spesies lamun sebanyak 12 spesies (Short, *et al.*, 2007).

B. Aktivitas yang Dapat Mempengaruhi Pertumbuhan Lamun

Ekosistem lamun merupakan ekosistem dinamis yang apabila terganggu akan mempengaruhi keseimbangan ekosistem tersebut. Gangguan tersebut dapat terjadi dalam bentuk gangguan fisik seperti badai dan pasang surut yang memungkinkan ekosistem lamun terbuka dan kering sehingga dapat mengubah struktur komunitas dan luasan wilayah ekosistem lamun. Gangguan biologis yang disebabkan oleh aktivitas hewan penggali lubang seperti udang, kepiting, berbagai jenis ikan, dan hewan pemakan rumput laut seperti bintang laut, landak laut, dan duyung. Selain pengaruh alam, ekosistem lamun juga rusak akibat ulah manusia, terutama pada pulau resort wisata, pemukiman, dan pulau-pulau yang digunakan untuk penambangan pasir laut. Kondisi sedimen, kecerahan perairan, dan adanya pencemaran berperan sangat penting dalam menentukan komposisi jenis, kerapatan jenis, dan biomassa lamun (Nainggolan, 2011).

Antropogenik merupakan suatu aktivitas yang dilakukan oleh manusia seperti kegiatan domestik (rumah tangga), pertambangan pasir, pengerukan, pembuangan jangkar, baling-baling kapal, dan kegiatan industri. Aktivitas antropogenik ini dapat berpengaruh buruk bagi lingkungan di sekitarnya apalagi jika dibiarkan dalam jangka waktu yang lama (Novitasari, 2018).

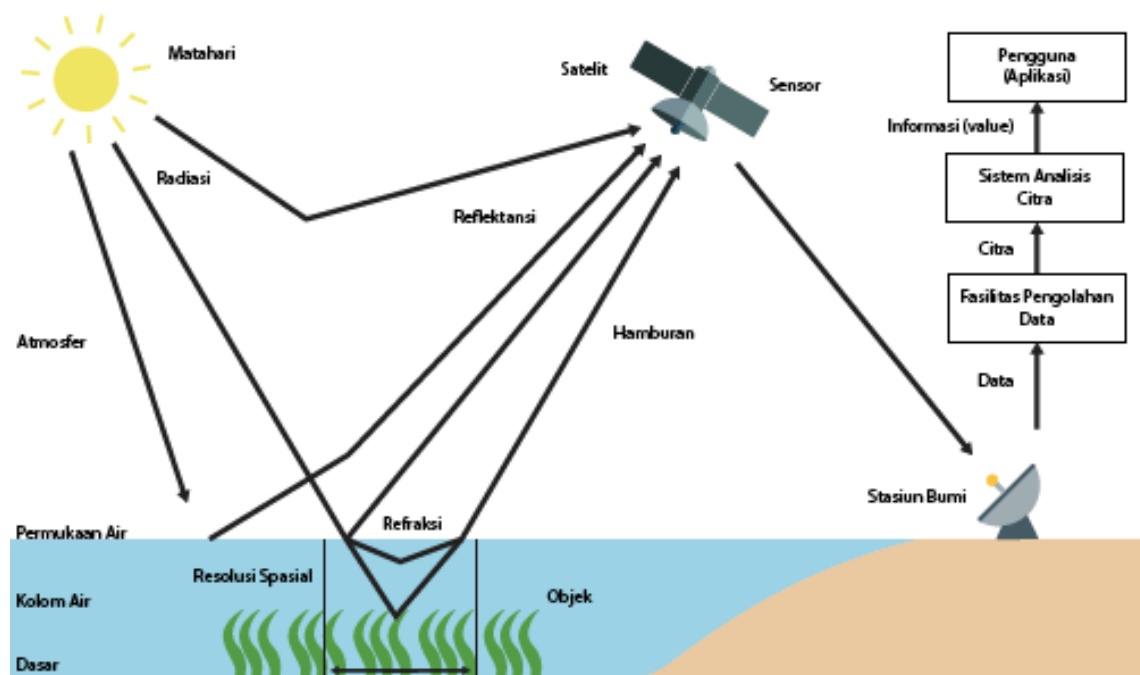
Aktivitas antropogenik di pulau-pulau berpenduduk padat dapat mencemari dan menurunkan kualitas perairan pulau serta mempengaruhi ekosistem lamun. Banyak penduduk pulau membuang limbah rumah tangga mereka ke dalam perairan, yang berdampak serius pada ekosistem di sekitarnya. Demikian pula, dengan bertambahnya jumlah perahu yang digunakan nelayan pada pulau tersebut, secara fisik dapat merusak ekosistem padang lamun yang dilalui jalur perahu (Novitasari, 2018).

C. Penginderaan Jauh

Secara umum penginderaan jauh didefinisikan sebagai ilmu, teknologi, dan seni yang digunakan untuk memperoleh informasi atau data serta mendeteksi atau mengukur objek atau fenomena yang terjadi di permukaan bumi tanpa menyentuh atau terjun langsung pada suatu objek dan memerlukan media berupa kamera untuk menangkap pantulan sinar dan objek itu sendiri. Media berupa kamera tersebut nantinya akan terpasang pada wahana ruang angkasa yang nantinya akan diluncurkan ke luar angkasa dan sering dinamakan dengan satelit (Syah, 2010). Sensor yang digunakan adalah sensor jauh, dimana sensor yang secara fisik berada jauh dari

benda atau objek tersebut. Maka dari itu digunakan sistem pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*). Ilmu tersebut menggambarkan ilmu atau sains yang diperlukan baik dalam konsep, perolehan data maupun pengolahan dan analisis, untuk mendapatkan teknik pelaksanaan pengambilan data yang tepat dan baik (Wirawandi, 2019).

Pemanfaatan penginderaan jauh untuk kelautan sudah cukup luas digunakan, termasuk salah satunya memetakan habitat dasar perairan laut dangkal. Lokasi perairan laut yang sebagian besar sulit untuk dicapai, menyebabkan informasi mengenai keberadaan serta sebaran habitat perairan laut dangkal sulit didapatkan, sehingga dibutuhkan teknologi yang mampu menjawab tantangan tersebut. Penginderaan jauh merupakan teknologi yang mampu menjawab tantangan tersebut, karena data penginderaan jauh mampu mencakup wilayah yang luas serta sulit dijangkau dan mampu disajikan per-waktu (*temporal*), sehingga cukup efisien untuk memetakan suatu wilayah (Prayuda, 2014).



Gambar 1. Alur Kerja Penginderaan Jauh

Sistem kerja penginderaan jauh dimulai dari matahari sebagai sumber energi yang memancarkan energi cahaya ke permukaan bumi, kemudian terjadi interaksi antara energi dipancarkan dengan objek (diserap atau dipantulkan). Sinar tampak yang dipantulkan oleh objek kemudian diterima/direkam oleh sensor satelit. Energi satu piksel (*picture element*) yang ditangkap oleh sensor satelit penginderaan jauh dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain energi refleksi, refraksi, dan hamburan, yang mana porsi radiasi yang dipantulkan, diserap atau diteruskan akan berbeda. Hal

ini tergantung pada kondisi dan jenis bahan/materialnya serta pada panjang gelombang yang disebut dengan spektral.

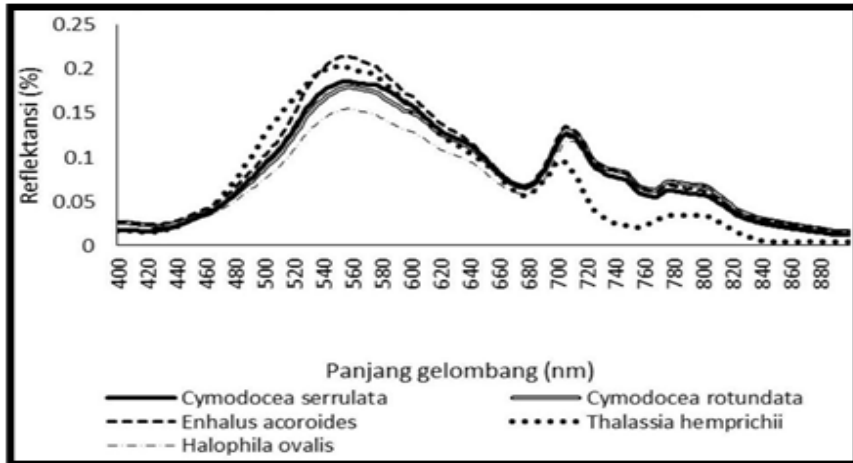
Spektral reflektansi yang direkam tergantung pada reflektansi objek dan kedalaman. Pada cahaya tampak, variasi spektral menghasilkan efek visual yang disebut warna, dan nilai reflektansi sebuah objek dapat dihitung dengan mengukur porsi radiasi yang dipantulkan sebagai fungsi dari panjang gelombang yang disebut reflektansi spektral. Hasil rekaman sensor satelit kemudian diteruskan dan diterima Stasiun Bumi, sehingga menghasilkan sebuah data yang kemudian diolah menjadi citra dan dianalisis hingga menjadi sebuah informasi (peta) (Gambar 1).

1. Pantulan Spektral Lamun

Pendeteksian padang lamun dengan menggunakan citra satelit adalah dengan memanfaatkan nilai reflektansi langsung yang khas dari tiap objek pada dasar perairan yang kemudian direkam oleh sensor. Sinar biru dan hijau merupakan sinar dengan energi terbesar yang dapat direkam oleh satelit untuk penginderaan jauh di laut yang menggunakan spektrum cahaya tampak (400-650 nm). Obyek lamun menyerap energi pada panjang gelombang biru (sekitar 400 nm) dan merah (sekitar 700 nm) digunakan untuk berfotosintesis, serta memantulkan energi pada panjang gelombang hijau (sekitar 500 nm) hal inilah yang menjadi alasan mengapa lamun berwarna hijau. Sedangkan reflektansi sinar tampak pada vegetasi lamun memiliki karakteristik yang berbeda-beda tergantung dari bentuk morfologi dan juga kerapatan dari padang lamun tersebut Lamun yang memiliki densitas tinggi (>80 g/m²) memiliki karakteristik pantulan yang tinggi jika dibandingkan dengan lamun yang memiliki densitas rendah (Green, *et al.*, 2000).

Respons spektral yang ditangkap oleh sensor spektrometer salah satunya adalah reflektansi. Reflektansi merupakan besarnya energi gelombang elektromagnetik yang dipantulkan oleh suatu benda. Apabila pada suatu luasan tertentu terdapat beberapa jenis benda maka masing-masing benda akan memberikan pantulan atau pancaran elektromagnetik yang dapat diterima oleh suatu sensor. Setiap benda pada dasarnya mempunyai struktur partikel yang berbeda, baik mikro maupun makro. Perbedaan struktur ini memengaruhi pola respon elektromagnetiknya. Oleh karena itu, pengenalan atas perbedaan respons elektromagnetik tersebut dapat dijadikan landasan bagi pembedaan objek. Gelombang elektromagnetik terdiri atas sekumpulan pita (band) atau saluran/kanal dengan wilayah julat panjang gelombang yang berbeda-beda. Tiap wilayah elektromagnetik dengan julat panjang gelombang tertentu inilah yang disebut dengan spektrum (jamak spektral). Setiap objek yang sama ternyata mempunyai respon yang relatif serupa pada tiap spektrum maka respons

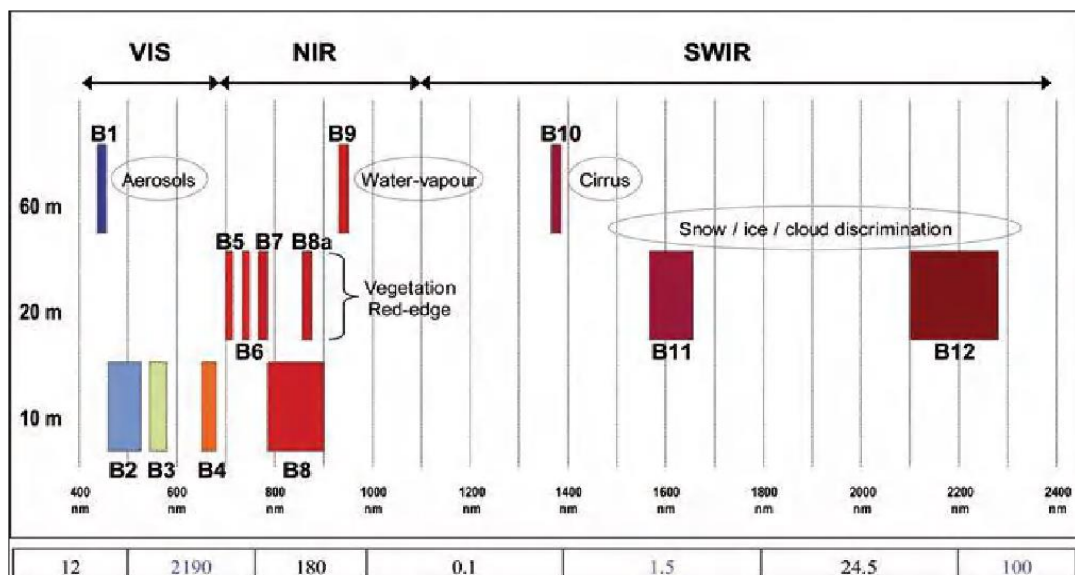
elektromagnetik sering dinyatakan sebagai respon spektral. Kurva pantulan untuk vegetasi hijau yang sehat mempunyai karakter yaitu menyerap gelombang biru (400–500 nm) dan merah (600–700 nm) dan memantulkan gelombang hijau secara radiasi (500–600 nm) dan sangat kuat memantulkan infra merah dekat (700–1300 nm) dan infra merah tengah (1300–2600 nm) (Gambar 2) (Danoedoro, 2012).



Gambar 2. Pola Reflektansi Lima Jenis Lamun (Danoedoro, 2012).

2. Citra Sentinel-2A

Citra Sentinel-2A merupakan citra beresolusi menengah yang diluncurkan pada Juni 2015 dengan resolusi temporal 5 hari dan memiliki resolusi spasial 10 meter. Data citra Sentinel-2A memiliki instrumen multispektral dengan 13 saluran dari spektrum cahaya tampak, inframerah dekat hingga inframerah gelombang pendek. Sentinel-2A memiliki 4 kanal pada resolusi spasial 10 meter, 6 kanal di resolusi spasial 20 meter (empat diantaranya untuk vegetasi) dan 3 kanal pada resolusi spasial 60 meter (Nuraulia, 2020).



Gambar 3. Spektrum Spektral Band pada Citra Sentinel-2A (ESA, 2012).

Sentinel-2A dikembangkan untuk mendukung Pemantauan Lingkungan dan Keamanan Global (GMES); aplikasi darurat dan keamanan; Geoland2; SAFER; dan G-MOSAIC. Citra Sentinel-2A yang menggunakan sistem multispektral resolusi tinggi menjamin rangkaian pengamatan SPOT dan Landsat multispektral yang berkesinambungan dengan memeriksa kembali, cakupan area, pita spektral, lebar petak, radiometri dan kualitas citra geometrik. Sentinel-2A berkontribusi secara signifikan untuk memenuhi persyaratan GMES dalam menyediakan produk informasi untuk operasi darat dan layanan darurat (ESA, 2012).

Instrumen Multispektral Sentinel-2 (MSI) memiliki 13 pita spektral (Tabel 1) yang menjangkau inframerah tampak dan tampak dan inframerah dekat (VNIR) hingga inframerah gelombang pendek (SWIR), dan gambar ini berukuran 10 m dengan 4 pita spektral, Biru Klasik (490 nm); 6 pita pada 20 m, yaitu, 4 pita vegetasi spektral (705 nm, 740 nm, 783 nm, dan 865 nm) dan 2 pita SWIR utama (1.610 nm dan 2190 nm); tiga pita dengan resolusi spasial 60 m untuk koreksi atmosfer dan penyaringan awan (443 nm untuk deteksi aerosol, 945 nm untuk deteksi uap air, 1380 nm untuk deteksi cirrus) (Gambar 3). Konfigurasi ini terpilih sebagai kompromi terbaik dalam hal persyaratan pengguna dan kinerja misi, serta biaya dan risiko, konfigurasi ini juga mengkompensasi rentang spektral tambahan (merah) untuk menilai status vegetasi dan awan cirrus atmosfer. Waktu pengamatan rata-rata per orbit satelit ini adalah 17 menit (European Space Agency, 2012).

Tabel 1. Spektral Tiap Band pada Citra Sentinel-2A

Nomor Band	Panjang Gelombang (nm)	Kategori	Resolusi Spasial (m)	Kegunaan
1	443	<i>Coastal Aerosol</i>	60	Studi pesisir dan aerosol
2	490	<i>Blue</i>	10	Melihat fitur permukaan air/kolom air dangkal, batimetri
3	580	<i>Green</i>	10	Studi vegetasi di laut & di darat, serta sedimen
4	685	<i>Red</i>	10	Membedakan mineral dan tanah (studi geologi)/lereng vegetasi
5	705	<i>Vegetation Red Edge</i>	20	Vegetasi spektral untuk menilai status vegetasi
6	740	<i>Vegetation Red Edge</i>	20	Vegetasi spektral untuk menilai status vegetasi
7	783	<i>Vegetation Red Edge</i>	20	Vegetasi spektral untuk menilai status vegetasi

Lanjutan Tabel 1

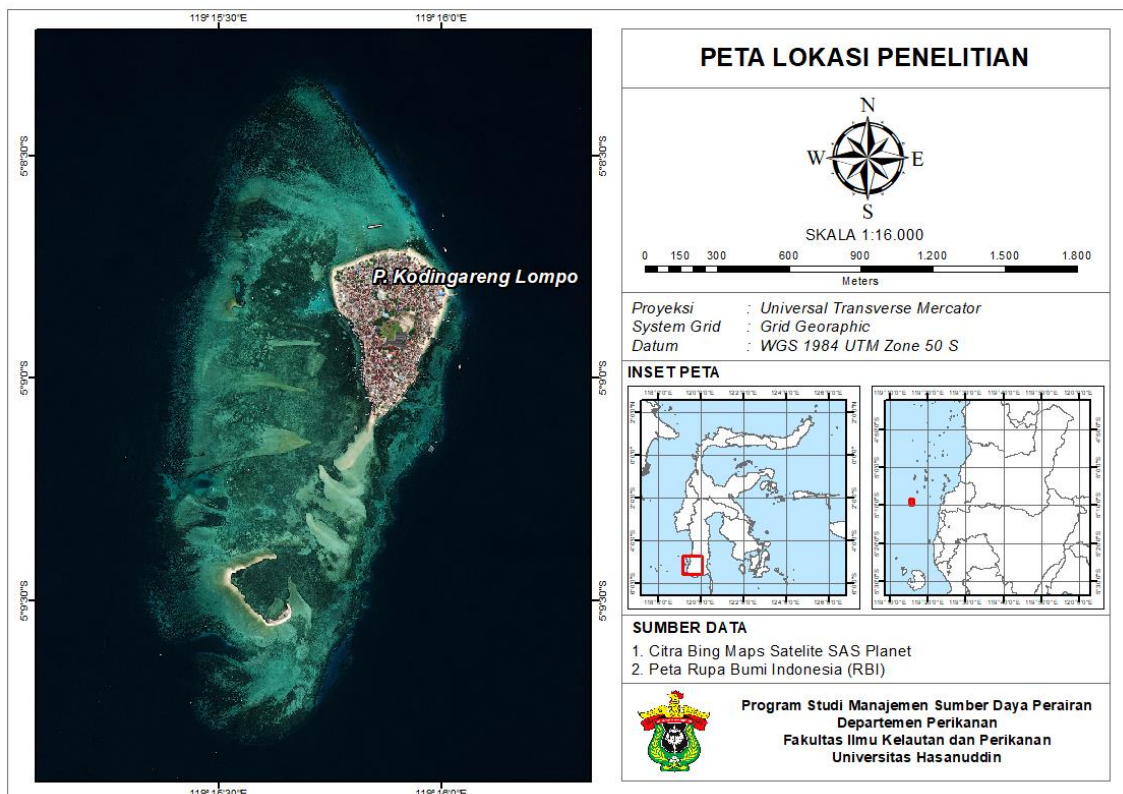
Nomor Band	Panjang Gelombang (nm)	Kategori	Resolusi Spasial (m)	Kegunaan
8	842	<i>NIR</i>	10	Studi konten biomassa dan garis pantai
8b	865	<i>Vegetation Red Edge</i>	20	Vegetasi spektral untuk status vegetasi
9	945	<i>Water Vapour</i>	60	Studi deteksi uap air (<i>water vapour</i>)
10	1380	<i>SWIR-Cirrus</i>	60	Studi deteksi kandungan air tanah dan vegetasi
11	1610	<i>SWIR</i>	20	Studi deteksi kandungan air tanah dan vegetasi
12	2190	<i>SWIR</i>	20	Studi deteksi kandungan air tanah dan vegetasi

Sumber: European Space Agency, 2012

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan selama tiga bulan, mulai dari bulan Juli hingga September 2022, yang meliputi studi literatur, pengambilan data lapangan, dan pengolahan data. Pengambilan data lapangan berlokasi di perairan P. Kodingareng Lompo, Kelurahan Kodingareng, Kecamatan Sangkarrang, Kota Makassar. Secara geografis P. Kodingareng Lompo berada pada posisi 119°15'52,90" BT dan 05°08'51,78" LS (Gambar 4).



Gambar 4. Peta Lokasi Penelitian Pulau Kodingareng Lompo

B. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat yang digunakan pada kegiatan survei lapangan terdiri dari *Global Positioning System* (GPS) untuk menunjukkan titik koordinat sampling data tutupan lamun; kamera digital *underwater* untuk mengambil gambar tutupan lamun dan dokumentasi kegiatan lapangan; transek kuadrat 1x1 m untuk mengestimasi persentase tutupan lamun; alat dasar selam (ADS) untuk pengamatan lamun; dan alat tulis menulis untuk mencatat data.

Alat yang digunakan untuk pengolahan data secara digital yaitu laptop sebagai perangkat keras untuk menjalankan *software*; Quantum GIS 3.26.0 dan ENVI 5.3 untuk pra-pemrosesan Citra Sentinel-2A, *plugins Semi Automatic Classification* untuk melakukan koreksi atmosferik dan *EnMap-Box* untuk menganalisis algoritma *Random Forest*; *tool Region of Interest* untuk melakukan pemotongan citra dan *training area sample*; ArcGis 10.4 untuk menghitung luasan tutupan lamun dan membuat layout peta hasil pengolahan Citra Sentinel-2A; Excel dan SPSS untuk mengkalkulasi nilai akurasi berdasarkan nilai piksel dan nilai tutupan lamun aktual di lapangan.

2. Bahan

Bahan yang digunakan berupa data Citra Satelit Sentinel-2A Level-1C *scene* 50MQV sebagai bahan utama penelitian. Citra Sentinel-2A diperoleh dari laman *United States Geological Survey* (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) dan *Sentinels Scientific Data Hub* (<https://scihub.copernicus.eu/>) dengan resolusi 10 meter akuisisi tahun 2015 (28-10-2015), 2018 (08-08-2018), dan 2022 (08-06-2022), serta peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) yang terbaru yaitu tahun 2019 sebagai peta dasar.

C. Prosedur Penelitian

Prosedur kerja dalam penelitian ini terbagi menjadi empat bagian antara lain pra pengolahan citra, pengolahan citra, survei lapangan, reklasifikasi data hasil pengolahan citra dengan data lapangan, analisis data dan uji akurasi.

1. Pra Pengolahan Citra Sentinel-2A

a. Koreksi Atmosferik

Citra Sentinel-2A yang tergolong Level-1C merupakan citra yang telah terkoreksi secara geometrik dalam bentuk *Top-of-Atmosfer (ToA) reflectance* dengan akurasi geometrik subpiksel (European Space Agency, 2012). Titik koordinat pada Citra Sentinel-2A yang tergolong Level-1C telah sesuai dengan titik koordinat sebenarnya di bumi. Hal ini telah dibuktikan dengan melakukan metode *image to image*, menggunakan *base data* yang berasal dari Badan Informasi Geospasial (BIG) yaitu peta Rupa Bumi Indonesia (RBI). Tahap ini RMSE (*Root Mean Square Error*) harus di bawah nilai 0,03. Nilai RMSE di bawah 0,03 menandakan bahwa hasil koreksi geometrik yang dilakukan telah sesuai, artinya lokasi titik koordinat citra sudah sesuai dengan titik koordinat yang sebenarnya di bumi.

Sebelum digunakan untuk memetakan lamun, citra pada Level-1C dikonversi menjadi Level-2A *Below-of-Atmosphere (BOA) reflectance* untuk menghilangkan

pengaruh atmosfer terhadap reflektansi dari setiap piksel menggunakan *plugin Semi Automatic Classification* pada *software* Quantum GIS. Tahapan ini dilakukan terhadap empat saluran dengan resolusi piksel 10 m yang mencakup saluran biru, hijau, merah, dan inframerah. Koreksi Atmosferik bertujuan untuk menghilangkan pengaruh/gangguan atmosfer terhadap citra yang menyebabkan kesalahan pada nilai *Digital Number*. Dalam tahap ini data DN citra, dikonversi menjadi nilai *radiance* kemudian diubah lagi menjadi nilai reflektan, serta menghilangkan *path radiance*. Nilai reflektan yang terkoreksi ToA (*Top of Atmosphere*) yaitu reflektan yang tertangkap oleh sensor satelit, dan selanjutnya terkoreksi BoA (*Bottom of Atmosphere*) adalah reflektan pada objek yang telah terkoreksi atmosfer (Fauzan, *et al.*, 2018).

b. Komposit Band Citra

Komposit band citra bertujuan untuk mengubah tampilan warna tiap objek yang terekam pada citra, sehingga mempermudah dalam mengklasifikasikan objek berdasarkan kelasnya. Komposit band yang digunakan adalah kombinasi *band* RGB (*Red, Green, Blue*) 432 yang merupakan komposit warna natural (*natural color*), yaitu dengan menyusun *Band 4* pada warna merah (*Red*), *Band 3* pada warna hijau (*Green*), dan *Band 2* pada warna biru (*Blue*), serta NIR (*Near Infra-Red*) pada *Band 8*.

c. Pemotongan Citra

Pemotongan citra bertujuan untuk membatasi daerah penelitian. Hal tersebut dapat memudahkan dalam menganalisis citra dan mengurangi muatan memori citra sehingga akan mempercepat dalam pengolahan citra.

2. Pengolahan Citra Sentinel-2A

a. Land Masking

Masking bertujuan untuk memisahkan suatu objek yang diinginkan dengan objek lain yang tidak diinginkan dengan berdasarkan pengelompokan nilai spektral pada data digital. Pada tahap ini wilayah yang di *masking* atau dihilangkan adalah wilayah daratan pulau. Nilai digital yang dikelompokkan (kelas) akan menghasilkan layar dengan nilai digital baru dengan nilai biner (0-1). Dimana nilai daratan diberi nilai piksel 0 sehingga radiansi daratan tidak ikut diproses dalam pengolahan citra selanjutnya.

b. Koreksi Efek Sunglint

Efek *glint* (*sunglint*) adalah efek gangguan yang diakibatkan oleh pantulan sinar matahari pada gelombang air laut. Gangguan yang tampak pada citra adalah berupa

nilai piksel tinggi akibat pantulan sinar matahari oleh permukaan air laut yang membentuk sudut balik sempurna ke arah sensor. Gangguan tersebut menyebabkan objek yang berada di bawah kolom air menjadi kabur atau tidak terlihat. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Anggoro, *et al.* (2016) menyatakan bahwa koreksi *sunglint* pada citra dapat meningkatkan akurasi pemetaan pada habitat dasar perairan dangkal sebesar 7%.

Gangguan akibat efek *glint* dapat diatasi dengan memanfaatkan citra inframerah dekat yang memiliki serapan maksimum di tubuh air, sehingga radiasi atau pantulan dari kolom air dan obyek di bawahnya sangat kecil atau minimal. Sebaliknya, spektrum tampak memiliki daya penetrasi yang baik ke dalam kolom air hingga pada kedalaman tertentu, sehingga mampu merekam pantulan atau radiasi dari kolom air dan objek yang berada dibawahnya. Besarnya efek *glint* pada sinar tampak berbanding lurus dengan besarnya efek tersebut pada sinar inframerah dekat. Koreksi efek *sunglint* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut ini (Prayuda, 2014):

$$DN_{de-glint} = DN - (X * (DN_{nir} - DN_{nirmin}))$$

Keterangan:

- DN_{de-glint} : Nilai digital band spektrum tampak yang terkoreksi efek *glint*
- DN : Nilai digital band spektrum tampak
- X : Nilai gradien dari dua band spektrum tampak
- DN_{nir} : Nilai digital band spektrum inframerah dekat
- DN_{nirmin} : Nilai digital minimum pada band spektrum inframerah dekat

c. Koreksi Kolom Air *Depth Invariant Index* (DII)

Algoritma DII bertujuan untuk menghilangkan gangguan pada kolom air laut yang dapat mempengaruhi nilai pantulan objek dasar perairan laut dangkal. Sinar yang masuk ke perairan berkurang secara eksponensial seiring dengan bertambahnya kedalaman air (atenuasi). Citra kemudian ditransformasikan ke nilai algoritma untuk band-band berbeda dan menghitung nilai regresi pasangan band dengan menggunakan algoritma DII (*Depth Invariant Index*) berdasarkan formula sebagai berikut (Suwargana, 2014):

$$Y = \ln(L_i) - [(k_i/k_j) \times \ln(L_j)]$$

Keterangan :

- Y : *Depth Invariant Index* (DII)
- L_i : Nilai reflaktan kanal i

L_j : Nilai reflaktan kanal j
 k_i/k_j : Rasio koefisien atenuasi kanal i dan j

d. Pengklasifikasian Habitat Dasar Perairan Dangkal

Tahap ini bertujuan untuk memperoleh sebaran habitat dasar perairan dangkal (habitat bentik). Pengklasifikasian habitat bentik diperoleh menggunakan metode klasifikasi terbimbing (*Supervised Classification*) dengan algoritma *Maximum Likelihood (ML)* dengan melakukan *training area* menggunakan tool *Region of Interest (RoI)*. Metode *ML* dapat membandingkan dan memperhitungkan nilai rata-rata dari keragaman antarkelas dan saluran yang ada. Metode ini didasarkan pada nilai piksel yang sama dan pengenalan pada citra (Alifatri, *et al.*, 2022). Menurut Marini, *et al.*, (2014) *Maximum Likelihood* adalah metode klasifikasi yang mengacu pada nilai piksel yang telah dikategorikan kelas objeknya atau dibuat dalam *training sampel* untuk masing-masing objek penutup lahan. Proses pemilihan *training sampel* menentukan keakuratan hasil klasifikasi.

Pemilihan *training sampel* berdasarkan warna dan rona piksel yang tampak pada interpretasi citra serta lokasi/habitat objek di perairan. Karakter pantulan (reflektansi) objek akan cenderung memantulkan gelombang yang sama dengan warna objek. Pada citra hasil komposit (merah, hijau, dan biru) lamun dan objek yang berklorofil lain terlihat berwarna hijau. Karang hidup akan cenderung berwarna gelap dan umumnya berada pada bibir/sisi luar perairan dangkal. Pasir, karang mati, dan pecahan karang cenderung akan memantulkan gelombang elektromagnetik, sehingga secara visual citra yang terbentuk terlihat lebih cerah (Kusumowidagdo, *et al.*, 2007). Peta habitat bentik yang diperoleh akan digunakan sebagai acuan dalam penentuan titik lokasi pengambilan sampel data persentase tutupan lamun dan sebagai desain rute pengambilan data sampel di lapangan.

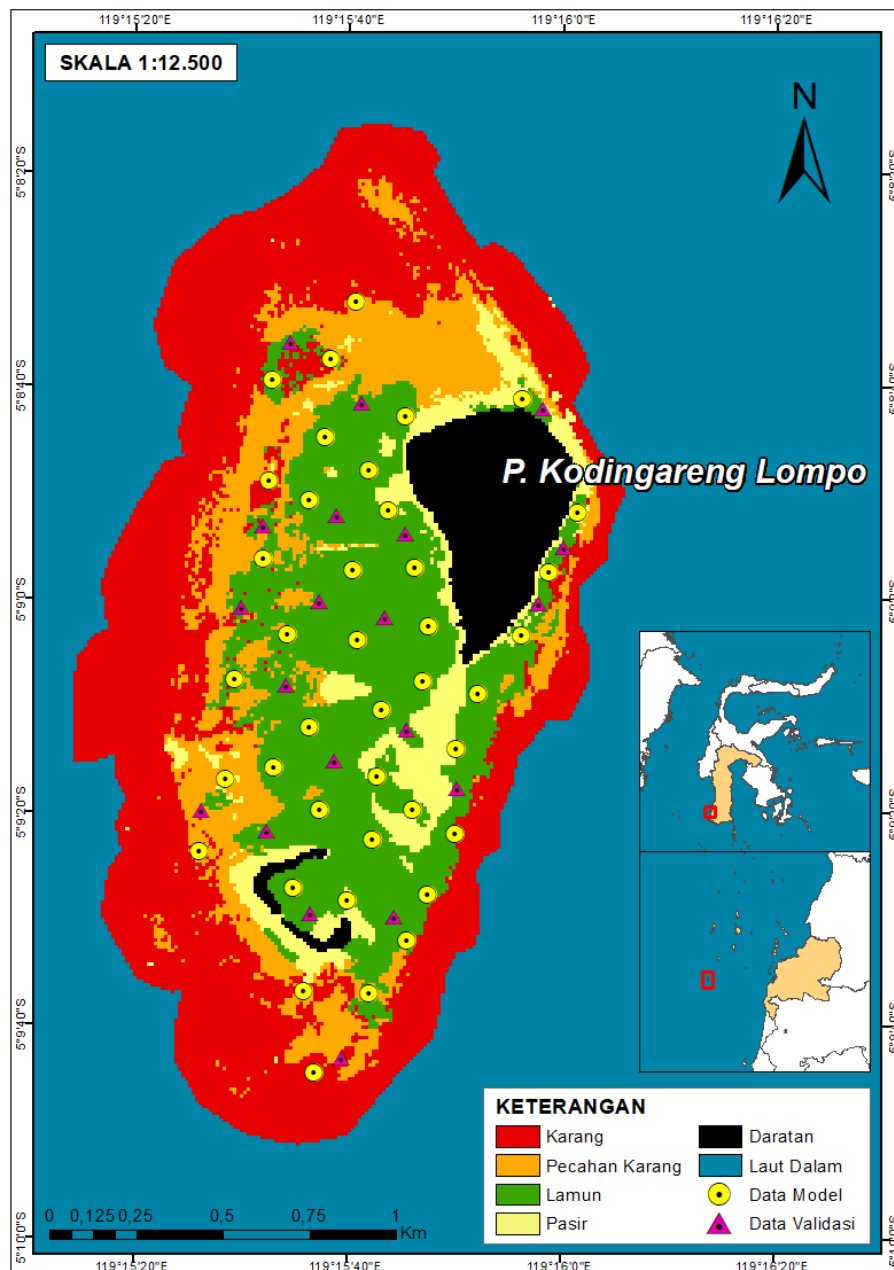
e. Menghilangkan Nilai Selain Lamun (*Seagrass Masking*)

Padang lamun memiliki nilai reflektansi yang khas, sehingga nilai yang valid hanya dihasilkan oleh piksel lamun, oleh karena itu nilai piksel selain lamun harus dihilangkan. Proses *masking* lamun dilakukan melalui interpretasi visual dengan bantuan peta habitat bentik. Melakukan *masking* padang lamun bertujuan untuk menghilangkan pengaruh dari piksel objek lain pada saat akan dilakukan klasifikasi persentase tutupan lamun. Hal ini penting dalam pemetaan properti biofisik pemetaan padang lamun karena model dibuat berdasarkan reflektansi padang lamun.

3. Survei Lapangan

a. Penentuan Titik Pengambilan Data

Tahap ini bertujuan untuk mempermudah pada saat di lapangan dalam melakukan pengambilan data lapangan karena pada saat tiba di lokasi arah yang akan dituju untuk pengambilan data sudah jelas mengikuti titik koordinat yang telah ditentukan berdasarkan peta habitat bentik yang telah dibuat (Gambar 5).



Gambar 5. Peta Lokasi Rencana Pengambilan Data Sampel Lapangan

Penentuan titik pengamatan tutupan lamun menggunakan metode *purposive random sampling* (mempertimbangkan keterwakilan populasi dan kelas yang diragukan) berdasarkan pengolahan citra awal (peta tentatif) yang telah dibuat untuk

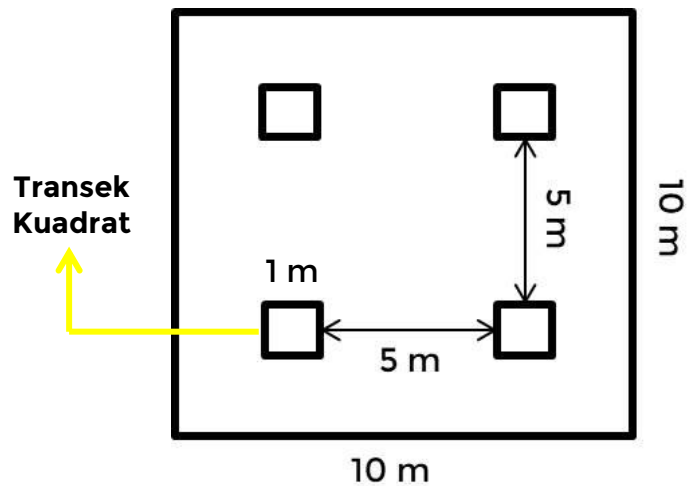
melihat sebaran lamun di P. Kodingareng Lompo (Patty, 2016; Sari, *et al.*, 2020). Jumlah plot rencana pengambilan data tutupan lamun yaitu sebanyak 50 titik stasiun yang terdiri atas dua jenis sampel yaitu sampel model (*training data*) sebanyak 30 titik dan sampel validasi (*testing data*) sebanyak 20 titik. Hal ini didasari oleh beberapa pertimbangan seperti waktu dan biaya, sesuai dengan pernyataan Prayuda (2014) bahwa dalam penentuan titik lokasi pengambilan sampel perlu mempertimbangkan juga mengenai efisiensi waktu, biaya serta sulitnya medan saat melakukan uji lapangan, usahakan masing-masing kelas setidaknya minimal memiliki 15 sampai dengan 30 lokasi sampel. Jumlah titik sampel ditentukan secara representatif dan proporsional berdasarkan luasan area yang dipetakan. Peta kerja atau tentatif yang telah di cetak, digunakan sebagai panduan di lapangan.

Menurut Ikram (2021) secara umum tidak ada aturan pasti berapa banyak agar sampel dapat mewakili populasi, akan tetapi dapat dikatakan bahwa semakin besar atau banyak sampel maka semakin besar kemungkinan dapat mencerminkan populasi. Jumlah sampel tersebut sudah termasuk untuk masukan klasifikasi dan uji akurasi. Menurut pernyataan Agung (2006), bahwa meskipun sampel yang besar akan semakin baik, sampel yang kecil bila dipilih secara acak dapat mencerminkan pula populasi dengan akurat.

b. Pengambilan Data Lapangan

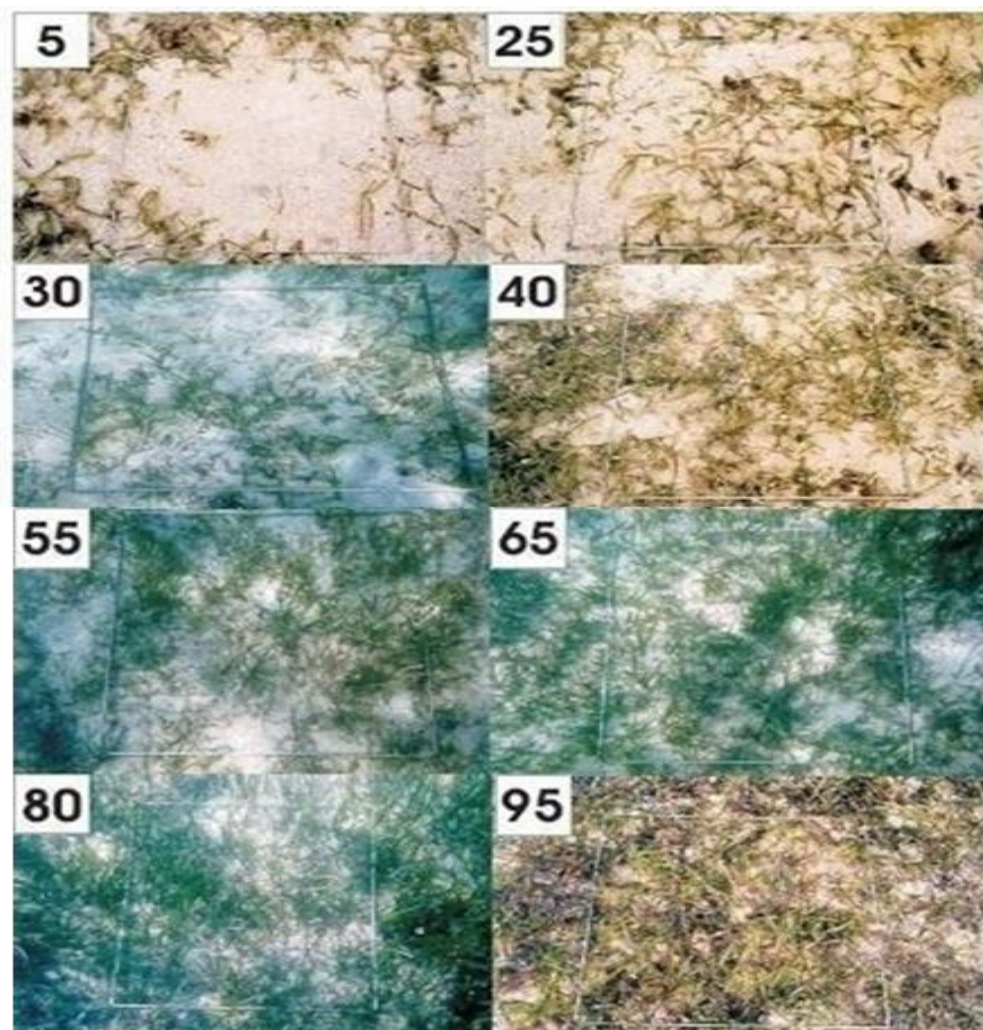
Pengambilan data lapangan (*ground truthing*) dilakukan pada setiap titik koordinat dan melakukan pengamatan tutupan lamun. Selain melakukan pengamatan tutupan lamun, juga dilakukan identifikasi jenis lamun menggunakan buku panduan identifikasi lamun. Pengambilan data di lapangan dilakukan dengan mengelilingi seluruh sisi P. Kodingareng Lompo menggunakan perahu berdasarkan desain rute pengambilan sampel yang telah dibuat. Selain itu, data pendukung yang diambil berupa data wawancara dengan melakukan wawancara kepada beberapa warga di P. kodingareng Lompo.

Data lapangan tutupan lamun diperoleh melalui metode foto transek. Pengambilan data lapangan (persentase tutupan lamun) dilakukan dengan membuat area seluas 10x10 m (ukuran 1 piksel Citra Sentinel-2A) menggunakan tali, kemudian menempatkan transek kuadrat 1x1 m tepat di atas tutupan lamun yang berada dalam area (10x10 m) kemudian difoto secara vertikal (tegak lurus). Tiap titik *sampling* dilakukan empat kali foto transek dengan jarak antar transek adalah 5 m tiap sisi yang mewakili piksel citra Sentinel-2A (Roelfsema, 2010). Ilustrasi pengambilan data tutupan lamun di lapangan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Ilustrasi Metode Pengambilan Data Tutupan Lamun

Pengamatan persentase tutupan lamun dilakukan dengan mengestimasi berapa persen lamun menutupi area dalam transek menggunakan kamera. Hasil foto tutupan lamun kemudian diidentifikasi menggunakan gambar estimasi kelas persentase penutupan lamun (Gambar 7) (McKenzie, 2003).



Gambar 7. Kelas Persentase Penutupan Lamun (McKenzie, 2003)

c. Penentuan Kelas Persentase Tutupan Lamun

Citra hasil analisis regresi *random forest* dalam mengestimasi persentase tutupan lamun dibagi menjadi empat kelas berdasarkan panduan monitoring padang lamun yang di keluarkan COREMAP-CTI tahun 2014 yaitu kelas jarang, sedang, padat, dan sangat padat dengan menggunakan metode *natural breaks*. Metode yang membagi kelas data menjadi kelas-kelas berdasarkan pengelompokan nilai tutupan dari hasil regresi *random forest* (Tabel 2) (Rahmawati, *et al.*, 2014). Mengacu pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Tahun 2004 No. 200 tentang penentuan status/kondisi lamun dengan memodifikasi kategori 'sehat' menjadi 'baik' ($\geq 60\%$), 'kurang sehat' menjadi 'sedang' (30-59,9%), dan 'miskin' menjadi 'jelek' ($< 29,9\%$) (Tabel 3) (Supriyadi, *et al.*, 2018).

Tabel 2. Skala Kategori Padang Lamun Berdasarkan Persentase Tutupan Lamun

Kelas	Persentase Tutupan (%)	Kategori/Kelas
1	0-25	Jarang
2	26-50	Sedang
3	51-75	Padat
4	76-100	Sangat padat

Sumber: Modifikasi kelas presentase tutupan lamun (Rahmawati, *et al.*, 2014).

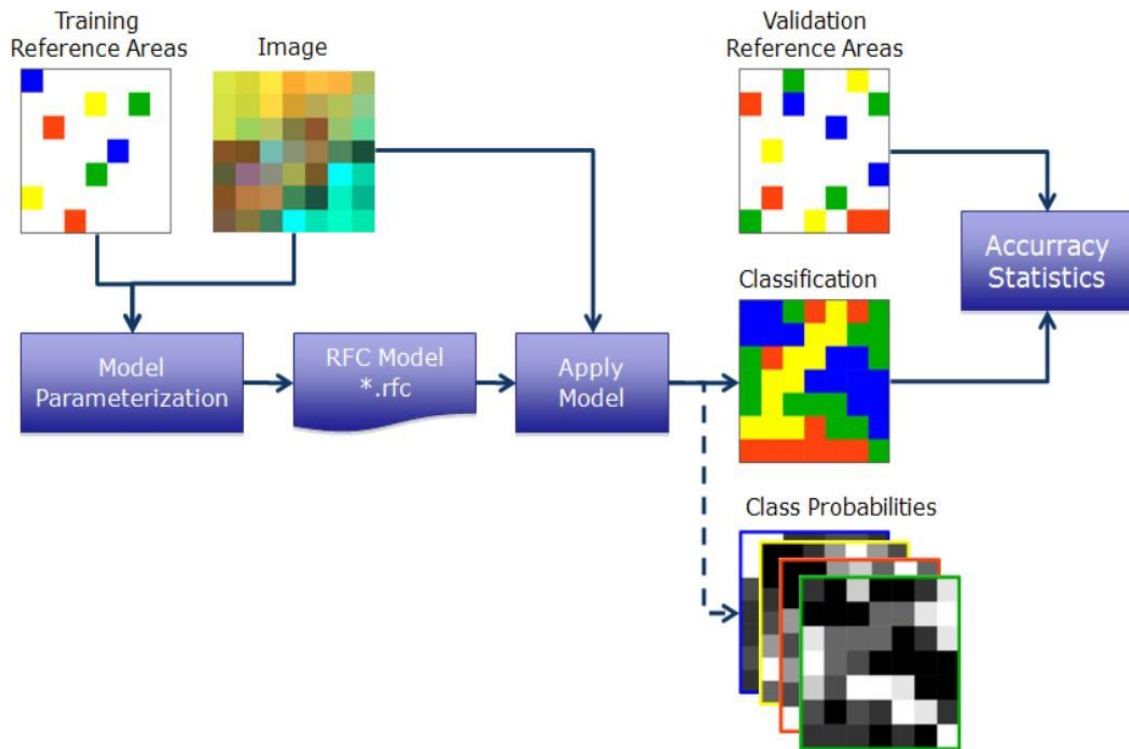
Tabel 3. Status Kondisi Padang Lamun

	Kondisi	Penutupan (%)
Baik	Kaya/Sehat	≥ 60
Rusak	Kurang Kaya/Kurang Sehat	30 – 59,9
	Miskin	$\leq 29,9$

Sumber: Modifikasi status/kondisi lamun (Kepmen LH No. 200, 2004).

4. Analisis Data

Persentase penutupan lamun diolah menggunakan algoritma *Regresi Random Forest* (RFR) menggunakan *plugin* Enmap-Box dari *software* Quantum GIS. RFR bertujuan untuk klasifikasi terbimbing dan analisis regresi data citra penginderaan jauh. Kemudian mengimplementasikan pendekatan *machine learning* dari Random Forests yang menggunakan beberapa pohon keputusan (*decision tree*) pembelajaran mandiri untuk membuat parameter model dan menggunakannya untuk memperkirakan variabel kategori atau kontinu (Gambar 8), sehingga menghasilkan klasifikasi kondisi (persentase tutupan) lamun (Berger, *et al.*, 2018).



Gambar 8. Diagram Alir Mekanisme Kerja Regresi Random Forest (*imageRF*)

Hasil *seagrass masking* Citra Sentinel-2A diinput ke Enmap-Box. *Random Forest* diintegrasikan ke dalam EnMap Box melalui *imageRF* untuk klasifikasi terbimbing dan analisis regresi data citra penginderaan jauh. Pendekatan *machine learning* diimplementasikan dari *Random Forest* yang menggunakan *training data* (sampel lapangan) untuk membuat peta persentase tutupan lamun dan menggunakannya untuk memperkirakan variabel kontinu. Algoritma *Random Forest* dapat melakukan perhitungan keputusan beberapa kali sehingga membentuk sebuah forest (hutan). Teknik ini memiliki tingkat akurasi yang cukup baik karena mengambil rata-rata dari sekian banyak prediksi. Semakin banyak keputusan semakin baik dalam memprediksi jumlah estimasi sebenarnya.

Hasil klasifikasi tutupan lamun yang diperoleh kemudian dihitung luas areanya menggunakan *tool Calculate Geometry* pada aplikasi ArcGis 10.4. Perubahan luasan tutupan lamun dapat diketahui dengan melakukan penumpukkan lapisan citra tahun 2015, 2018 dan 2022, sehingga akan terlihat daerah yang mengalami perubahan luasan.

5. Uji Akurasi

Uji akurasi bertujuan untuk mengetahui tingkat kesesuaian hasil pendugaan luasan tutupan lamun terhadap data lapangan. Ketelitian hasil interpretasi citra penting untuk diketahui dalam analisis yang dilakukan selanjutnya dengan mengetahui tingkat

ketelitian antara hasil klasifikasi dengan hasil sebenarnya yang dilihat di lapangan (Short, 1982). Uji akurasi dilakukan untuk menilai kualitas peta yang dihasilkan. Uji ketelitian ini dapat menghitung besarnya ketelitian seluruh hasil interpretasi. Ketentuan yang dipakai sebagai acuan keakurasian hasil interpretasi yakni minimal 85% untuk pemetaan wilayah perairan (Badan Informasi Geospasial, 2014).

Uji akurasi menggunakan persamaan *standard error of estimate* (SE) dan akurasi relatif dari SE yang diterapkan pada masing-masing peta tutupan lamun. Data uji akurasi diperoleh langsung dari lapangan yang berbeda dari data untuk pembuatan model (Wicaksono, 2015).

$$SE = \sqrt{\frac{\sum(Y - Y')^2}{n - 2}}$$

Keterangan:

SE : *Standard Error*

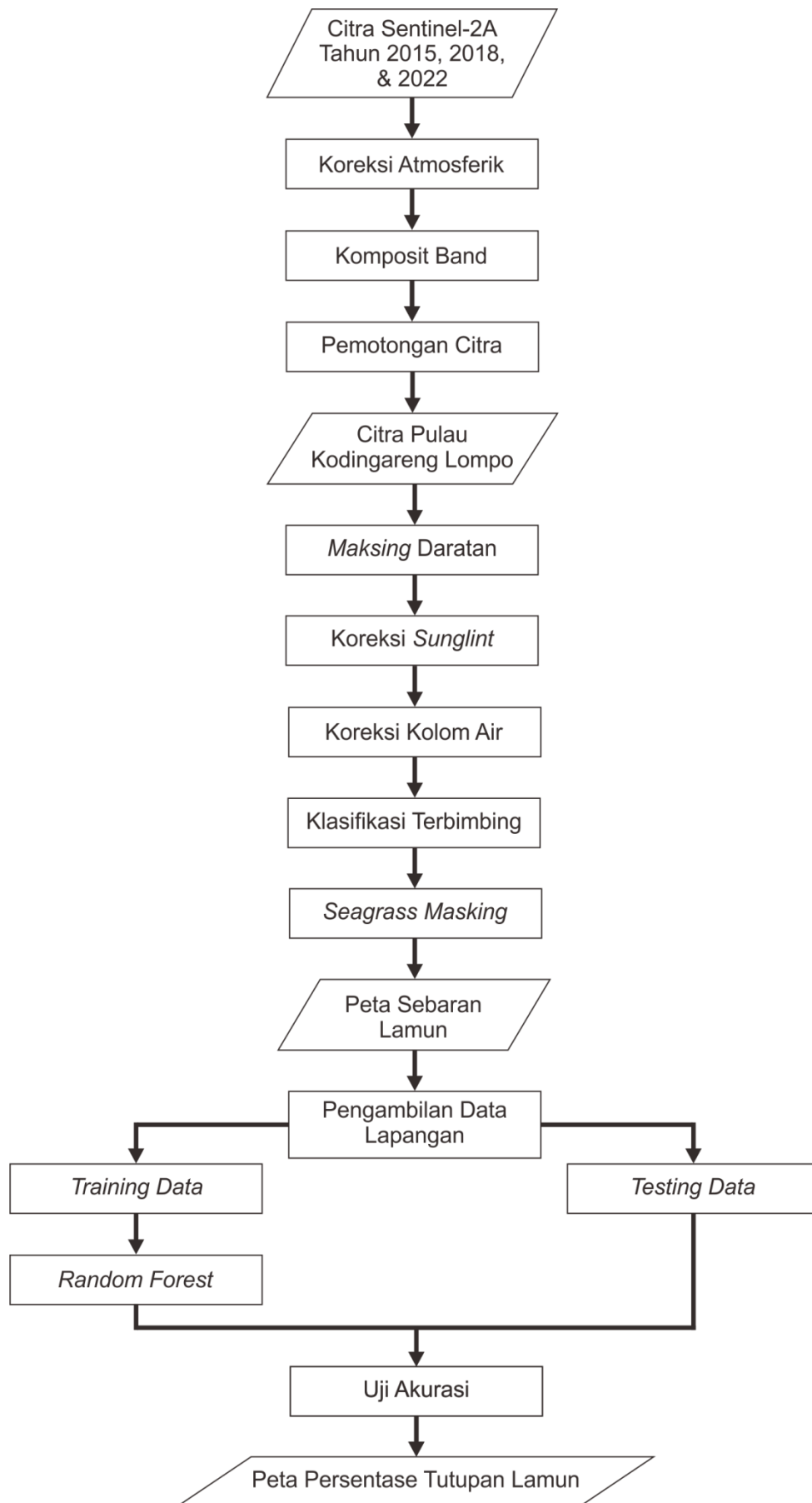
Y : Data lapangan

Y' : Data referensi

n : Jumlah sampel uji akurasi

- 1) Hitung mean dari data lapangan
- 2) Mencari standar deviasi dari data referensi
- 3) Menghitung level kepercayaan 95% mean dari data referensi
- 4) Mencari batas limit atas dan bawah dari level kepercayaan 95%
- 5) Melanjutkan perhitungan ke formula berikut:

<i>Max Error (%)</i>	= (SE/Lower limit) x 100
<i>Min Error (%)</i>	= (SE/Upper limit) x 100
<i>Max Accuracy (%)</i>	= 100 – Min error
<i>Min Accuracy (%)</i>	= 100 – Max error



Gambar 9. Diagram Alir Penelitian

IV. HASIL

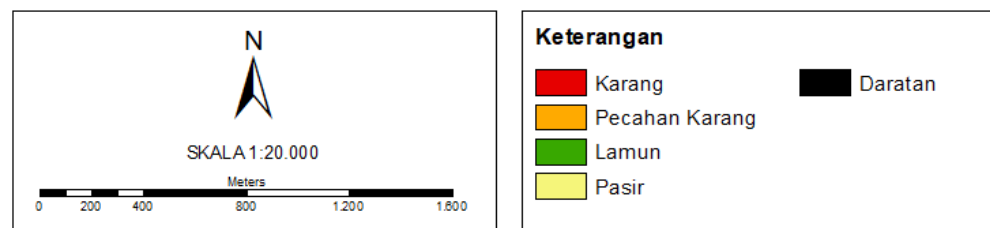
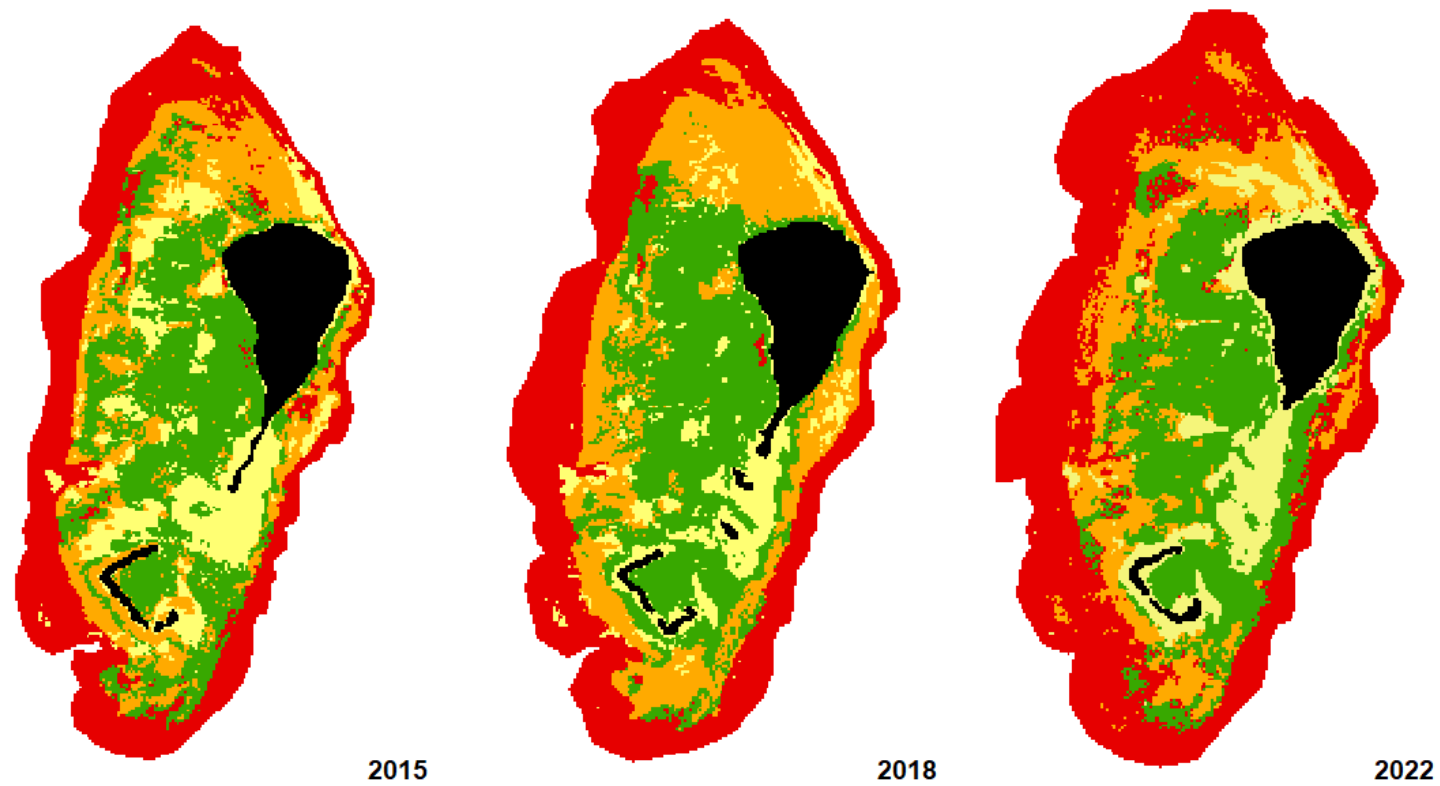
A. Pengolahan Data Citra Sentinel-2A

Pengklasifikasian habitat dasar perairan dangkal menghasilkan lima kelas habitat, yaitu padang lamun, pecahan karang (*rubble*), karang hidup, pasir, dan daratan. Peta habitat dasar perairan dangkal (tahun 2022) dijadikan sebagai peta tentatif/peta kerja sebagai acuan rute pengambilan sampel data lapangan (desain rute pengambilan sampel) dengan melihat sebaran lamun yang ada di perairan P. Kodingareng Lompo. Adapun luas total tiap habitat (kelas) dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Luas Habitat Dasar Perairan Dangkal P. Kodingareng Lompo Hasil Klasifikasi Citra Sentinel-2A

Habitat/Kelas	Tahun					
	2015		2018		2022	
	Luas		Luas		Luas	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Lamun	70,49	27,54	75,54	27,84	78,14	24,12
Pasir	37,21	14,54	28,35	9,32	31,84	10,44
Pecahan Karang (<i>rubble</i>)	48,01	18,76	64,78	22,32	53,38	16,00
Karang Hidup	75,76	29,60	89,79	31,56	127,24	41,73
Daratan Pulau	24,51	9,57	25,46	8,97	23,51	7,71
Total	255,98	100	283,91	100	314,11	100

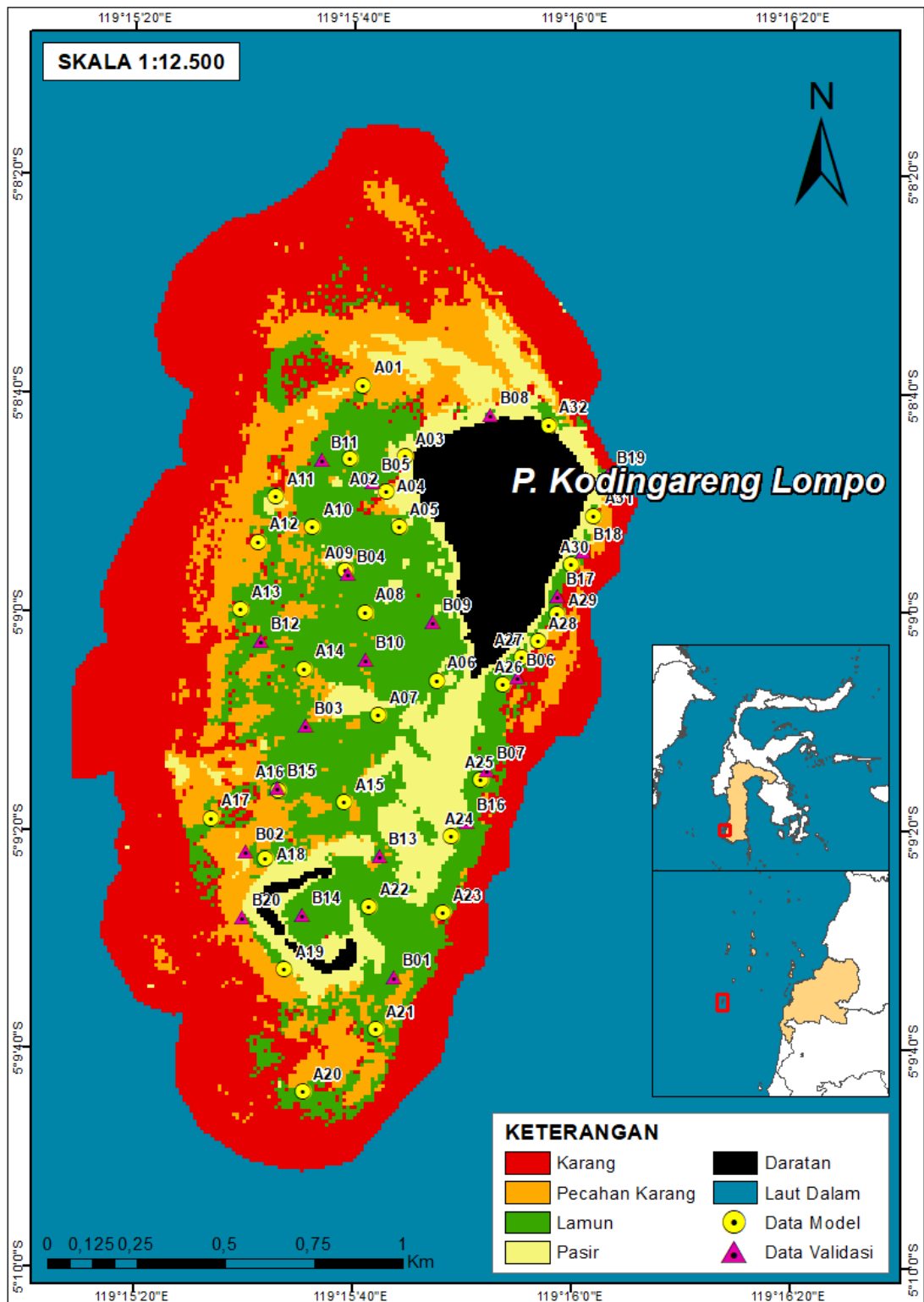
Tabel 4 menunjukkan ada lima kelas objek klasifikasi yaitu lamun, pasir, pecahan karang (*rubble*), karang hidup, yang diperoleh dari klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) algoritma *Maximum Likelihood* (ML), dan daratan yang diperoleh dari proses *masking* daratan (*land masking*). Kelas yang paling mendominasi habitat dasar perairan dangkal di P. Kodingareng Lompo adalah kelas karang hidup dengan luas $\pm 75,76$ Ha pada tahun 2015, $\pm 89,79$ Ha pada tahun 2018, dan $\pm 127,24$ Ha pada tahun 2022. Luas total padang lamun di perairan P. Kodingareng Lompo pada tahun 2015 sebesar $\pm 70,49$ Ha, tahun 2018 sebesar $\pm 75,54$ Ha, dan tahun 2022 sebesar $\pm 78,14$ Ha. Luas total padang lamun tersebut merupakan luas total sebelum dilakukan proses reklasifikasi. Serta luas rata-rata daratan P. Kodingareng Lompo (termasuk gusung) sebesar $\pm 24,51$ Ha. Peta habitat dasar perairan dangkal P. Kodingareng Lompo tahun 2015, 2018, dan 2022 dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil Klasifikasi *Supervised Maximum Likelihood*

B. Survei Persentase Tutupan Lamun

Hasil dari survei persentase tutupan lamun yang dilakukan diperoleh sebanyak 52 data lapangan. Sebaran titik pengambilan sampel aktual di lapangan dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Sebaran Titik Pengambilan Sampel di Lapangan Pada Saat *Ground Truthing*

Data persentase tutupan lamun dibagi menjadi dua kategori, yaitu data model (*training data*) dan data validasi (*testing data*). Data persentase tutupan lamun aktual di lapangan dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Data Model (*Training Data*)

Kode Plot	Titik Koordinat (X,Y)		Persentase Tutupan (%)
	X	Y	
A01	119,261278	-5,144250	60
A02	119,260944	-5,146111	70
A03	119,262333	-5,146056	70
A04	119,261861	-5,146944	65
A05	119,262194	-5,147861	90
A06	119,263167	-5,151750	80
A07	119,261694	-5,152639	65
A08	119,261333	-5,150028	70
A09	119,260833	-5,148972	70
A10	119,260000	-5,147861	65
A11	119,259083	-5,147083	0 (Terumbu Karang)
A12	119,258639	-5,148250	5
A13	119,258194	-5,149972	10
A14	119,259806	-5,151472	75
A15	119,260833	-5,154861	65
A16	119,259167	-5,154556	50
A17	119,257444	-5,155278	10
A18	119,258833	-5,156306	65
A19	119,259333	-5,159111	5
A20	119,259806	-5,162222	0 (Terumbu Karang)
A21	119,261639	-5,160639	15
A22	119,261472	-5,157528	50
A23	119,263333	-5,157667	75
A24	119,263556	-5,155722	70
A25	119,264278	-5,154278	80
A26	119,264833	-5,151861	80
A27	119,265306	-5,151167	0 (Pasir, Pecahan Karang)
A28	119,265722	-5,150750	70
A29	119,266222	-5,150056	90
A30	119,266556	-5,148806	85
A31	119,267167	-5,143722	70
A32	119,265972	-5,145250	60

Tabel 6. Data Validasi (*Testing Data*)

Kode Plot	Titik Koordinat (X,Y)		Persentase Tutupan (%)
	X	Y	
B01	119,260222	-5,146139	60
B02	119,261500	-5,146722	45
B03	119,263056	-5,150278	15
B04	119,261361	-5,151222	60
B05	119,260889	-5,149056	80
B06	119,258694	-5,150778	65
B07	119,259833	-5,152917	50
B08	119,259139	-5,154500	65
B09	119,258333	-5,156111	90
B10	119,258250	-5,157806	65
B11	119,262083	-5,159306	75
B12	119,259778	-5,157722	50
B13	119,261722	-5,156222	65
B14	119,263944	-5,155361	85
B15	119,264444	-5,154028	60
B16	119,265194	-5,151667	80
B17	119,266194	-5,149611	5
B18	119,266861	-5,148472	20
B19	119,267472	-5,146528	65
B20	119,264500	-5,145000	0 (Pecahan karang)

Tabel 5 dan Tabel 6 menunjukkan bahwa tingkat penutupan padang lamun tiap plot cukup bervariasi, dimana tingkat penutupan lamun yang terendah yaitu 5% dan yang tertinggi yaitu 90%. Dapat dilihat juga ada beberapa titik plot yang tidak terdapat lamun (0%). Hasil pengolahan citra menunjukkan area piksel-piksel tersebut (A11, A20, A27, dan B10) terbaca sebagai lamun. Saat *ground truth* pada area piksel-piksel tersebut tidak terdapat lamun sama sekali. Pada area piksel A11 dan A20 merupakan area terumbu karang, area piksel A27 merupakan area pasir, dan area piksel B10 merupakan area pecahan karang (*rubble*).

Hasil survei lapangan di perairan P. Kodingareng Lompo ditemukan enam jenis lamun yaitu *Thalassia hemprichii*, *Halodule uninervis*, *Syringodium isoetifilium*, *Cymodocea rotundata*, *Halophila ovalis*, dan *Enhalus acoroides*. Dari keenam jenis lamun tersebut yang paling mendominasi adalah *T. hemprichii*. Hal ini sesuai dengan yang ditemukan oleh Syarif, *et al.* (2016) dan Rais (2021) pada penelitannya dimana jenis lamun yang terdapat pada P. Kodingareng Lompo ada enam jenis yaitu *Halophila ovalis*, *Cymodocea rotundata*, *Enhalus acoroides*, *Thalassia hemprichii*, dan *Syringodium isoetifilium*, dan *Halodule uninervis*.

C. Sebaran dan Kondisi Padang Lamun

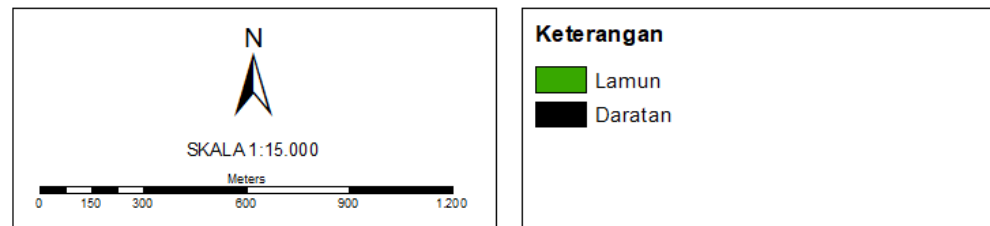
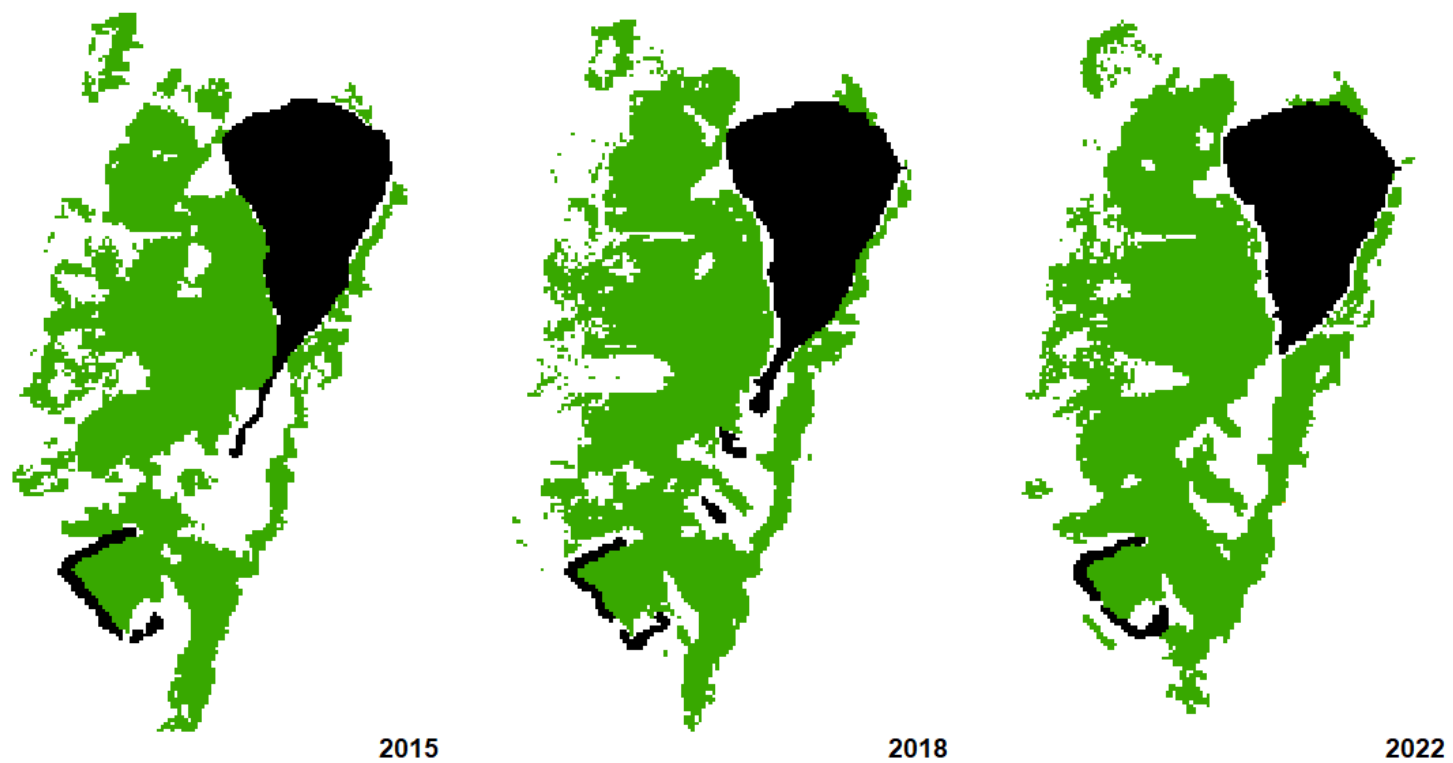
Sebelum melakukan *seagrass masking* perlu dilakukan tahap reklasifikasi atau pengklasifiasian ulang. Pada hasil klasifikasi citra terdapat kesalahan pengklasifikasian oleh sistem, dimana ada beberapa piksel pada citra yang terbaca sebagai lamun namun dari hasil *ground truth* ternyata piksel tersebut bukan lamun, begitupun sebaliknya. Oleh karena itu perlu dilakukan tahap reklasifikasi nilai-nilai lamun untuk memvalidasi hasil olah data citra yang telah dilakukan berdasarkan hasil pengamatan/survei lapangan. Peta sebaran lamun hasil reklasifikasi dapat dilihat pada Gambar 12.

Hasil reklasifikasi sebaran padang lamun menunjukkan bahwa padang lamun tersebar di seluruh sisi pulau (bagian utara, timur laut, timur, tenggara, selatan, barat daya, barat, dan barat laut) Kodingareng Lompo. Namun pada sisi luar pulau gusung memiliki sebaran lamun yang sangat kecil. Pada tiap sisi pulau memiliki luasan padang lamun yang beragam, dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Sebaran Padang Lamun Pulau Kodingareng Lompo Tahun 2015, 2018, 2022

Wilayah	2015		2018		2022	
	Luas		Luas		Luas	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Utara	0,37	0,53	0,65	0,87	0,75	0,96
Timur Laut	0,04	0,06	0,07	0,09	0,06	0,08
Timur	1,02	1,46	0,82	1,08	1,12	1,43
Tenggara	1,24	1,76	1,13	1,50	1,50	1,91
Selatan	10,07	14,33	11,93	15,84	13,42	17,13
Barat Daya	30,71	43,72	30,82	40,90	31,41	40,08
Barat	20,56	29,27	21,66	28,74	21,92	27,97
Barat Laut	6,23	8,88	8,27	10,97	8,18	10,44
Total	70,24	100	75,35	100	78,37	100

Sebaran padang lamun pada tahun 2015, 2018, dan 2022 didominasi pada wilayah barat daya, masing-masing seluas $\pm 30,71$ Ha (43,72%), $\pm 30,82$ Ha (40,90%), dan $\pm 31,41$ Ha (40,08%). Sedangkan sebaran padang lamun pada tahun 2015, 2018, dan 2022 yang paling kecil terdapat pada wilayah timur laut pulau, masing-masing seluas $\pm 0,04$ Ha (0,06%), $\pm 0,07$ Ha (0,09%), dan $\pm 0,08$ Ha (0,08%).



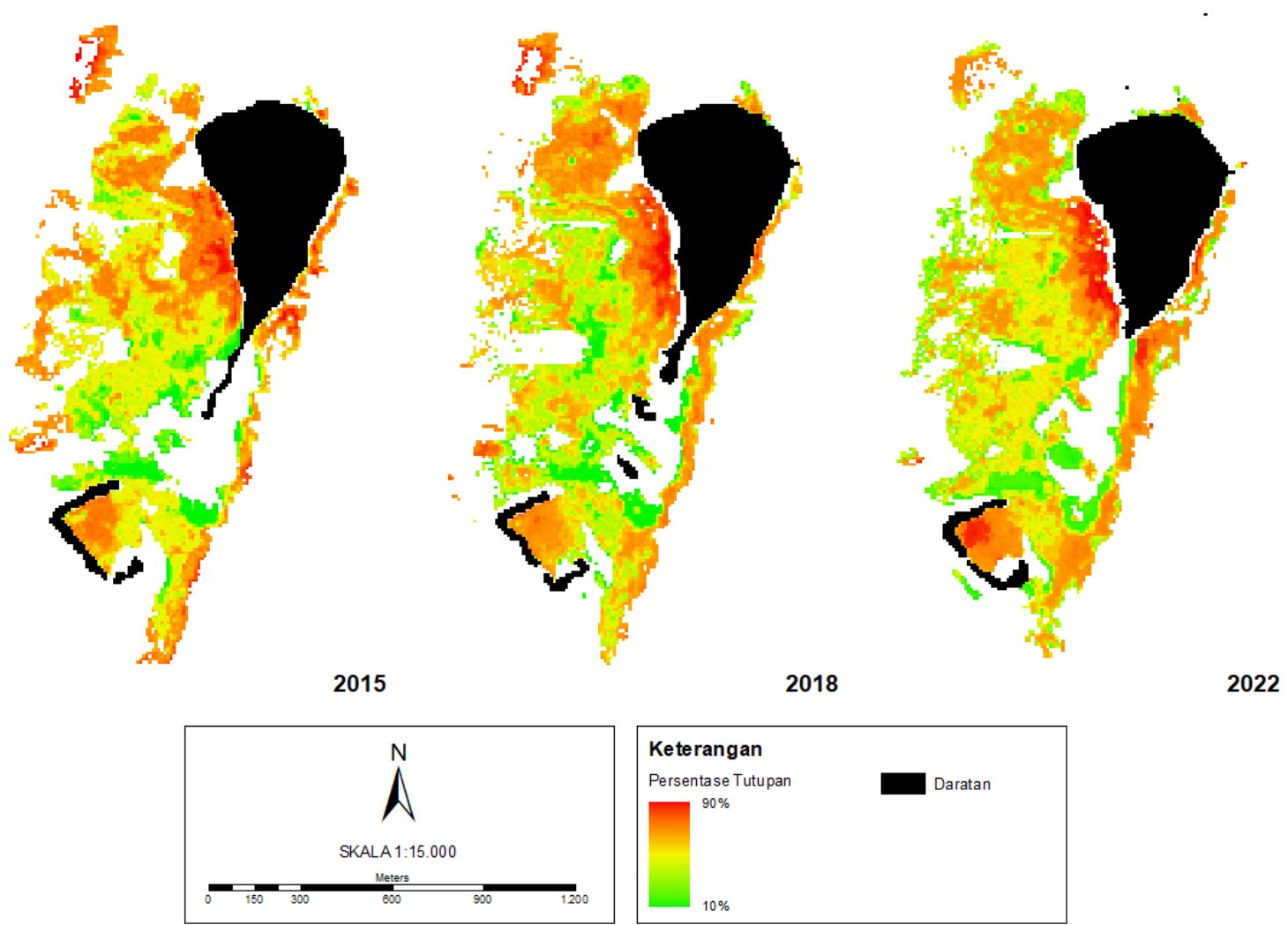
Gambar 12. Peta Sebaran Lamun Hasil Reklasifikasi

Pada hasil klasifikasi persentase tutupan lamun menggunakan metode Regresi Random Forest (RFR) diperoleh tingkat persentase penutupan lamun yang beragam. Persentase penutupan lamun tahun 2015, 2018 dan 2022 yang tertinggi sebesar 90% dan yang terendah sebesar 10% (Gambar 13).

Hasil analisis RFR menunjukkan pada tahun 2015 kategori penutupan padang lamun berdasarkan Rahmawati, *et al.* (2014) di P. Kodingareng Lompo yang paling dominan adalah kategori padat dengan luas $\pm 37,30$ Ha atau sebesar $\pm 53,08\%$, sedangkan yang paling kecil adalah kategori jarang dengan luas $\pm 9,16$ Ha atau sebesar $\pm 9,16\%$. Pada tahun 2018 kategori penutupan padang lamun di P. Kodingareng Lompo yang paling dominan adalah kategori padat dengan luas $\pm 42,31$ Ha atau sebesar $\pm 56,15\%$, sedangkan yang paling kecil adalah kategori jarang dengan luas $\pm 7,69$ Ha atau sebesar $\pm 10,21\%$. Pada tahun 2022 kategori penutupan padang lamun di P. Kodingareng Lompo yang paling dominan adalah kategori padat dengan luas $\pm 41,30$ Ha atau sebesar $\pm 52,70\%$, sedangkan yang paling kecil adalah kategori sangat padat dengan luas $\pm 5,52$ Ha atau sebesar $\pm 7,04\%$. Dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Kategori/Kelas Penutupan Padang Lamun Tahun 2015, 2018, dan 2022

Wilayah	2015		2018		2022	
	Luas		Luas		Luas	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Jarang (0-25)	6,43	9,16	7,69	10,21	9,09	11,60
Sedang (25-50)	16,26	23,16	17,23	22,87	22,46	28,66
Padat (50-75)	37,27	53,08	42,31	56,15	41,30	52,70
Sangat Padat (75-100)	10,25	14,60	8,12	10,78	5,52	7,04
Total	70,21	100	75,35	100	78,37	100



Gambar 13. Peta Persentase Tutupan Lamun Pulau Kodingareng Lompo Tahun 2015, 2018 dan 2022

Pengategorian status/kondisi padang lamun berdasarkan tingkat persentase penutupan lamun oleh Menteri Negara Lingkungan Hidup melalui Kepmen-LH No. 200 (2004), menunjukkan bahwa kondisi padang lamun di P. Kodingareng Lompo pada tahun 2015 didominasi oleh kondisi sehat dengan luas \pm 32,52 Ha atau sebesar \pm 46,30%. Kondisi padang lamun di P. Kodingareng Lompo pada tahun 2018 didominasi oleh kondisi kurang sehat dengan luas \pm 35,30 Ha atau sebesar \pm 46,85%. Kondisi padang lamun di P. Kodingareng Lompo pada tahun 2022 didominasi oleh kondisi sehat dengan luas \pm 34,82 Ha atau sebesar \pm 44,43%. Dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Status/Kondisi Padang Lamun Tahun 2015, 2018, dan 2022

Wilayah		2015		2018		2022	
		Luas		Luas		Luas	
		Ha	%	Ha	%	Ha	%
Baik	Kaya/Sehat	32,52	46,30	31,67	42,03	34,82	44,43
	Kurang Kaya/Kurang	29,18	41,54	35,30	46,85	31,17	39,77
Rusak	Sehat	8,54	12,16	8,38	11,12	12,38	15,80
	Miskin						
Total		70,24	100	75,35	100	78,37	100

D. Perubahan Luasan Tutupan Lamun

Hasil pengolahan citra memperlihatkan total luasan padang lamun yang bervariasi tiap tahunnya. Pada tahun 2015 memiliki total luasan padang lamun sebesar \pm 70,24 Ha, pada tahun 2018 sebesar \pm 75,35 Ha, dan pada tahun 2022 sebesar \pm 78,37 Ha. Laju perubahan luasan tutupan lamun tiap tahunnya (2015-2018, dan 2018-2022) dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Perubahan Luasan Tutupan Lamun Tahun 2015-2022

Tahun	Luas Total Padang Lamun (Ha)	Perubahan Luas Total	
		Ha	%
2015	70,24	-	-
2018	75,35	+ 5,11	+ 6,78
2022	78,37	+ 3,02	+ 3,85
Total		+ 8,13	+ 10,37

Perubahan luasan total padang lamun P. Kodingareng Lompo dari tahun 2015-2018 (rentang waktu 3 tahun) mengalami penambahan luas sebesar \pm 5,11 Ha atau sebesar \pm 6,78%, dan dari tahun 2018-2022 (rentang waktu 4 tahun) mengalami penambahan luas sebesar \pm 3,02 Ha atau sebesar \pm 3,85%. Sehingga dapat diestimasi perubahan luasan total padang lamun P. Kodingareng Lompo

dalam rentang waktu 7 tahun (2015-2022) mengalami penambahan luas sebesar \pm 8,13 Ha atau sebesar \pm 10,37%.

E. Uji Akurasi Pengolahan Data Citra

Hasil analisis uji akurasi hasil pengolahan data Citra Sentinel-2A dengan data aktual di lapangan diperoleh nilai akurasi yang berbeda untuk setiap citra (tahun). Nilai akurasi Citra Sentinel-2A untuk tahun 2015, 2018, dan 2022 secara berturut-turut adalah 89,10%, 90,34%, dan 92,58%. Sehingga diperoleh rata-rata nilai akurasi sebesar 90,67%. Nilai akurasi tersebut berada di atas batas standar nilai ketelitian berdasarkan Peraturan Badan Informasi Geospasial (BIG) Nomor 15 Tahun 2014, yang menyatakan bahwa nilai standar untuk uji ketelitian pemetaan wilayah perairan yaitu 85%.

Tabel 11. Nilai Akurasi Data Citra

Tahun	Nilai Akurasi (%)
2015	89,10
2018	90,34
2022	92,58
Rata-rata	90,67

V. PEMBAHASAN

A. Pengolahan Data Citra Sentinel-2A

Penelitian ini menggunakan Citra Sentinel-2A dengan tiga tahun yang berbeda yaitu tahun 2015, 2018, dan 2022. Penelitian serupa dilakukan oleh Fauzan, *et al.* (2018) tentang perubahan tutupan lamun di Pulau Derawan dari tahun 2016-2017 menggunakan delapan citra dengan rentang waktu 1-3 bulan tiap citra. Hal tersebut dilakukan agar memperoleh data perubahan tutupan lamun yang bersifat kontinu. Semakin banyak citra yang digunakan (dari waktu ke waktu) maka semakin banyak fenomena perubahan tutupan lamun yang diketahui, sehingga data perubahan yang dihasilkan juga lebih lengkap dan bersifat kontinu (Fauzan, *et al.*, 2018). Oleh karena itu penelitian ini menggunakan 3 Citra Sentinel-2A (tahun 2015, 2018, 2022) dengan rentang waktu tiap citranya 3-4 tahun agar data yang dihasilkan bersifat kontinu dan perubahan luasan tutupan lamunnya dapat terlihat dengan jelas.

B. Survei Persentase Tutupan Lamun

Persentase tutupan lamun berdasarkan pengukuran secara aktual di lapangan memiliki tingkat yang bervariasi, hal ini disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya yaitu adanya perbedaan jenis, ukuran, jumlah, dan kerapatan tumbuhan lamun di P. Kodingareng Lompo. Jika melihat karakteristik Pulau Kodingareng Lompo berdasarkan data batimetri pada sisi barat, utara, dan selatan adalah kawasan perairan dangkal (1-2 meter). Pada sisi barat memiliki substrat pasir, sisi selatan memiliki substrat pasir bercampur pecahan karang (*rubble*), sedangkan pada sisi utara didominasi oleh substrat pecahan karang dan banyak dijumpai bulu babi, dan pada sisi timur adalah kawasan lebih dalam (>2 meter) dimana lebih didominasi oleh terumbu karang dan merupakan jalur kapal nelayan. Penyebaran lamun memang sangat bervariasi tergantung pada topografi pantai dan pola pasang surut (Rais, 2021).

Kondisi/penutupan padang lamun tidak merata secara spasial, dimana pada data persentase tutupan lamun aktual di lapangan (Tabel 4 dan Tabel 5) menunjukkan beberapa titik plot yang memiliki tutupan lamun yang rendah. Hal ini diduga disebabkan beberapa faktor, diantaranya yaitu kondisi lingkungan, aktivitas antropogenik, dan predator. Menurut Nontji (2010), penutupan lamun akan semakin tinggi pada daerah yang jauh dari pantai. Hal ini berbeda dengan yang didapatkan pada penelitian ini dimana pada hasil survei penutupan lamun bahwa tingkat penutupan lamun yang berada di dekat pesisir pulau (A05, A06, A26, A29, A30, dan

B09) justru lebih tinggi jika dibandingkan dengan penutupan lamun yang berada jauh dari pesisir pulau (A01, A02, A07, A08, A09, A10, A14, A15, A18 A22, A23, A24, B01, B03, B04, B07, B10, B11, B12, B13, dan B15). Hal ini diduga disebabkan karena adanya buangan limbah rumah tangga yang mengandung nutrisi sehingga mempengaruhi pertumbuhan lamun. Hal ini sesuai dengan pernyataan Fahrudin, *et al.* (2017) bahwa semakin arah ke laut nilai penutupan semakin berkurang, dimana semakin ke arah laut kandungan nutrisi pada substrat semakin kecil, penutupan lamun berkaitan erat dengan habitat atau bentuk morfologi dan ukuran suatu jenis lamun. Penelitian yang dilakukan oleh Angelica (2022) tentang identifikasi sampah laut di P. Kodingareng Lompo menunjukkan bahwa sampah rumah tangga sebagian besar merupakan bahan organik, seperti sampah dari dapur, sisa makanan, tepung, daging, sayuran, kulit buah dan daun. Menurut Feryatun, *et al.* (2012), penutupan dan sebaran lamun sangat dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi pada substrat sehingga lamun hanya tumbuh pada titik tertentu. Menurut Kiswara (2004) ada beberapa faktor yang memengaruhi tutupan dan kerapatan jenis lamun, yaitu diantaranya adalah kedalaman, kecerahan, arus air, dan tipe substrat.

Titik plot yang berada pada sisi luar Pulau Kodingareng Lompo dan pada sisi luar gusung (A19) diperoleh tutupan lamun yang rendah, hal ini diduga dikarenakan pada lokasi tersebut merupakan daerah peralihan dari ekosistem lamun ke ekosistem terumbu karang yang memiliki substrat berupa pecahan karang sehingga menyebabkan lamun sukar untuk tumbuh. Umumnya titik plot pengambilan data yang memiliki persentase tutupan lamun rendah berada di daerah peralihan ekosistem lamun ke ekosistem terumbu karang (A12, A13, A17, A19, A21, B07, B02, B12, B17 dan B18). Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Mirdayanti (2019) bahwa jenis substrat yang kasar seperti pecahan karang cukup sukar ditumbuhi oleh tumbuhan lamun karena harus memiliki akar yang kuat untuk mencekram substrat agar dapat bertahan dari arus dan gelombang.

Hasil pengklasifikasian habitat benthik berdasarkan survei lapangan yang telah dilakukan terdapat beberapa titik plot yang tidak sesuai. Beberapa titik pada peta hasil klasifikasi habitat perairan dangkal menunjukkan kelas lamun, namun pada saat *ground truth* pada titik-titik tersebut tidak terdapat lamun. Hal tersebut disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya yaitu kesalahan pembacaan nilai piksel oleh sistem dan kesalahan *user* saat membuat *training area*. Kesalahan pembacaan nilai piksel oleh sistem disebabkan pada area piksel-piksel tersebut di lapangan terdapat alga yang menutupi terumbu karang dan pecahan karang (Lampiran 7), sedangkan kesalahan *user* disebabkan karena ketidaktahuan kondisi di lapangan yang sebenarnya. Oleh karena itu perlu dilakukan proses reklasifikasi

untuk memperoleh hasil yang lebih akurat. Menurut Prawoto & Hartono (2018) reklasifikasi merupakan kegiatan klasifikasi kembali setelah adanya kegiatan lapangan, sehingga hasil klasifikasi sebelum lapangan akan dikoreksi dengan data lapangan. Tujuan utama reklasifikasi ini adalah agar informasi yang diberikan pada peta akan lebih akurat karena telah dikombinasikan dengan kegiatan lapangan yang tentunya hasilnya sesuai dengan kondisi sebenarnya (Prawoto & Hartono, 2018).

C. Sebaran dan Kondisi Tutupan Padang Lamun

Padang lamun P. Kodingareng Lompo tersebar secara menyeluruh diseluruh sisi pulau, namun sebaran tersebut tidak merata begitupun dengan kondisi tutupan padang lamunnya yang tidak merata. Keragaman tersebut menghasilkan nilai tutupan lamun yang diperoleh dari Citra Sentinel-2A berdasarkan analisis RFR juga beragam, dimana nilai piksel tutupan padang lamun disesuaikan dengan berdasarkan data aktual di lapangan. Menurut Taufikurrahman, (2017) nilai hasil pengolahan citra umumnya akan meningkat seiring dengan meningkatnya persen penutupan lamun begitupun sebaliknya. Hal ini diperkuat dengan pernyataan Hochberg *et al.*, (2003) yang mengatakan bahwa aspek-aspek yang berkaitan dengan tingkat persentase tutupan lamun aktual di lapangan dapat terlihat pada nilai pantulan spektral sehingga menghasilkan nilai persentase tutupan lamun tiap piksel menjadi beragam. Selanjutnya Hochberg *et al.*, (2003) menjelaskan nilai indeks vegetasi yang tinggi dapat memberikan gambaran bahwa area yang diamati terdapat vegetasi lamun yang mempunyai tingkat penutupan lamun yang tinggi, begitupun sebaliknya.

Sebaran padang lamun di perairan P. Kodingareng Lompo lebih banyak dijumpai pada sisi sebelah barat hingga barat daya pulau. Hal tersebut disebabkan karena pada wilayah barat pulau terdapat banyak buangan limbah rumah tangga (organik dan anorganik) sehingga mempengaruhi kadar nutrien di sisi barat pulau yang dapat menunjang pertumbuhan lamun, hal ini sesuai dengan pernyataan Handayani, *et al.* (2016) bahwa buangan limbah daratan (domestik, industri, pertanian, peternakan, dan sisa pakan) yang akan terurai oleh bakteri menjadi zat hara berupa nutrien yang dimanfaatkan oleh tumbuhan laut seperti lamun untuk proses pertumbuhan dan perkembangannya. Selain itu Rayyis, *et al.* (2021) berpendapat bahwa kadar nutrien di perairan berperan dalam faktor pertumbuhan lamun. Nutrien yang berpengaruh pada pertumbuhan lamun adalah nitrogen (N) dan fosfor (P) (Rugebregt, *et al.*, 2020). Selain itu pada sisi barat daya pulau memiliki perairan yang dangkal yaitu memiliki kedalaman rata-rata 1-2 meter dan tipe substrat yang dominan berpasir, hal tersebut merupakan beberapa kriteria habitat yang sesuai untuk menunjang pertumbuhan lamun. Namun

pada wilayah barat daya pulau gusung memiliki luasan dan persentase tutupan lamun yang rendah, hal tersebut dikarenakan pada daerah tersebut memiliki substrat pecahan karang (kasar). Hal ini sesuai dengan pernyataan Fahrudin, *et al.* (2017), bahwa hampir semua tipe substrat dapat dihuni oleh lamun, mulai dari lumpur lunak sampai batu-batuan, tetapi daerah yang paling luas dijumpai pada substrat yang lunak dan yang paling jarang dijumpai pada substrat yang keras/kasar.

Sama halnya dengan sisi luar pulau gusung, pada sisi sebelah utara pulau sangat jarang dijumpai lamun, hal tersebut disebabkan karena pada sebelah utara pulau memiliki jenis substrat yang kasar yaitu pecahan karang (*rubble*), hal ini sesuai dengan pernyataan Nybakken (1992), bahwa semakin kasar suatu substrat maka kemampuan untuk menahan nutrisi semakin buruk. Hal ini juga serupa dengan hasil penelitian oleh Wangkayasa, *et al.* (2017) di Pantai Tongkenia Manado yang menjelaskan bahwa terdapat perbedaan pertumbuhan lamun pada substrat yang berbeda, ditemukan rata-rata kerapatan lamun tertinggi pada substrat berlumpur, diikuti substrat pasir berlumpur, dan terendah ditemukan pada substrat pecahan karang. Namun demikian, menurut Pamungkas (2016) dan Nadya (2021) syarat utama dari substrat yang mampu ditumbuhi oleh lamun adalah kedalaman sedimen atau substrat yang cukup dalam. Peranan kedalaman substrat dalam stabilitas sedimen mencakup pelindung tanaman dari arus laut dan tempat pengolahan dan pemasok nutrisi ke lamun (Pamungkas, 2016). Selain itu pada sisi sebelah utara pulau dijumpai cukup banyak hewan bulu babi, dimana hewan tersebut merupakan pemakan (*predator*) tumbuhan lamun sehingga jumlah atau luasan lamun di sebelah utara relatif kecil (Pamungkas, 2016).

Pada bagian sisi timur hingga tenggara pulau tingkat persentase tutupan lamun tergolong baik namun memiliki luasan yang relatif kecil. Hal tersebut dikarenakan pada wilayah tersebut memiliki *reef flat* (rata-rata terumbu karang) yang sempit dan langsung terdapat *slope* setelah beberapa meter dari tepi pulau (pantai). Kedalaman merupakan salah satu hal yang mempengaruhi intensitas cahaya matahari yang masuk ke perairan yang menyebabkan kurangnya energi matahari yang diserap lamun untuk melakukan pertumbuhan, sehingga luasan tutupan lamun di sisi timur pulau relatif kecil. Hal ini diperkuat berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Maulida, *et al.* (2018) tentang struktur komunitas padang lamun, bahwa penetrasi cahaya matahari atau kecerahan sangat penting bagi tumbuhan lamun, karena lamun biasanya tumbuh pada perairan dangkal yang membutuhkan cahaya untuk melakukan proses fotosintesis. Selain itu menurut Kasim *et al.* (2013), nutrisi terakumulasi pada kedalaman yang lebih rendah sehingga jumlah kandungan nutrisi baik yang tersuspensi maupun kandungan nutrisi dalam substrat akan mempengaruhi

kehidupan lamun. Faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan lamun diantaranya yaitu, jenis substrat, kedalaman, intensitas cahaya matahari (kecerahan), dan arus (Hidayah, *et al.*, 2019).

Penelitian yang dilakukan oleh Khasanah (2013) menunjukkan bahwa lamun di wilayah perairan Pantai Sanur tumbuh pada kedalaman yang kurang dari 4 meter. Ada beberapa hal yang menyebabkan kedalaman berpengaruh terhadap pertumbuhan padang lamun, hal ini berhubungan dengan tekanan yang diterima biota di dalam air, sebab tekanan yang disebabkan oleh air laut bertambah seiring dengan bertambahnya kedalaman (Khasanah, 2013). Selain itu, kedalaman suatu perairan juga berhubungan erat dengan produktivitas, suhu vertikal, penetrasi cahaya, densitas, kandungan oksigen, dan unsur hara pada perairan tersebut (Khasanah, 2013). Sebagai tumbuhan, lamun membutuhkan cahaya matahari untuk proses fotosintesis (Khasanah, 2013). Kedalaman perairan dimana lamun dapat tumbuh sangat bergantung pada kecerahan, semakin jernih perairan, maka semakin dalam daerah yang dapat ditumbuhi lamun (Pamungkas, 2016). Kemampuan tumbuh lamun pada kedalaman tertentu sangat dipengaruhi oleh saturasi cahaya (Pamungkas, 2016). Kekeruhan yang disebabkan oleh suspensi sedimen dapat menghambat penetrasi cahaya, dan secara otomatis kondisi ini akan mempengaruhi pertumbuhan lamun (Pamungkas, 2016). Kekeruhan juga dapat disebabkan oleh fitoplankton, limbah domestik, dan limbah organik, yang semuanya dapat menurunkan keberadaan energi cahaya untuk pertumbuhan lamun (Pamungkas, 2016).

Kondisi padang lamun di P. Kodingareng Lombo berdasarkan hasil survei lapangan dan pengolahan citra tergolong baik/sehat. Kondisi padang lamun dari tahun 2015 hingga 2022 tidak terlalu berubah secara signifikan. Pada tahun 2015 di dominasi oleh kondisi lamun sehat dengan luas $\pm 32,52$ Ha atau sebesar $\pm 46,85\%$, namun pada tahun 2018 status padang lamun di dominasi oleh kondisi lamun kurang sehat yaitu dengan luas $\pm 36,30$ Ha atau sebesar $\pm 46,85\%$, meskipun demikian pada tahun 2022 kembali di dominasi oleh kondisi lamun sehat dengan luas $\pm 34,82$ Ha atau sebesar $\pm 44,43\%$. Hal tersebut disebabkan oleh kesadaran penduduk yang meningkat terhadap pentingnya menjaga ekosistem perairan, berdasarkan hasil wawancara beberapa warga mereka menyebutkan sudah ada beberapa mahasiswa/peneliti yang melakukan penyuluhan/edukasi tentang pentingnya menjaga kebersihan lingkungan dan ekosistem yang ada di perairan. Namun dapat dilihat pada hasil pengolahan citra pada sisi sebelah barat pulau bahwa telah terjadi kemunduran ekosistem lamun dari garis pantai sejauh 5-20 meter, hal tersebut disebabkan oleh cukup banyaknya sampah plastik di wilayah pesisir barat pulau. Menurut Mandasari (2017) sampah plastik umumnya merupakan bahan yang tahan lama dan tahan terhadap biodegradasi,

akibatnya tidak mudah terurai di lingkungan laut. Sampah plastik yang terdegradasi dapat menjadi potongan-potongan kecil karena disebabkan oleh terjadinya gelombang air laut, sinar ultraviolet dan terbentur atau tersangkut kemudian terlepas dari batu dan pasir, hal ini dapat memengaruhi keberadaan dan pertumbuhan lamun. Selain itu aktivitas antropogenik cukup banyak terjadi di bagian sisi barat pulau dekat pesisir, seperti tempat penjangkaran perahu nelayan. Menurut Hidayah, *et al.* (2019) faktor yang dapat mempengaruhi keberadaan lamun selain substrat, yaitu pengaruh aktivitas pelayaran dan juga jangkar kapal.

D. Perubahan Luasan Tutupan Lamun

Pengolahan data citra dan *ground truthing* di lapangan diperoleh total luasan padang lamun di P. Kodingareng Lompo pada tahun 2015 sebesar $\pm 70,24$ Ha, tahun 2018 sebesar $\pm 75,35$ Ha, dan pada tahun 2022 sebesar $\pm 78,37$ Ha. Luas tutupan lamun di P. Kodingareng Lompo mengalami perubahan secara spasial dan temporal (Gambar 12). Pengamatan perubahan luasan tutupan lamun di P. Kodingareng Lompo dari tahun 2015 hingga 2022 menggunakan penginderaan jauh, menunjukkan telah terjadi perubahan berupa penambahan luasan tutupan lamun sebesar $\pm 8,13$ Ha atau sebesar $\pm 10,37\%$. Menurut Novitasari (2018) terjadinya penambahan luasan tutupan lamun disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu faktor antropogenik dan faktor alami. Faktor antropogenik yang dapat memengaruhi tutupan lamun antara lain yaitu pembuangan limbah rumah tangga yang memiliki kandungan nutrient (Novitasari, 2018). Menurut Mirdayanti (2019) bahwa pertumbuhan lamun sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor internal, seperti fisiologi dan metabolisme, serta faktor eksternal seperti nutrien, tingkat kesuburan substrat, dan faktor lingkungan lainnya.

Hasil wawancara yang dilakukan saat penelitian pada beberapa warga di P. Kodingareng Lompo menyebutkan bahwa sejak tahun 2015 hingga sekarang (2022) telah terjadi penambahan penduduk yang cukup signifikan, baik dari penduduk lokal maupun penduduk luar pulau yang datang dan menetap di pulau. Berdasarkan data BPS menunjukkan bahwa telah terjadi penambahan penduduk di P. Kodingareng Lompo sebanyak 134 orang (BPS, 2015 & BPS, 2022). Pertambahan penduduk tersebut diduga menyebabkan aktivitas antropogenik khususnya di wilayah perairan juga bertambah. Mata pencaharian penduduk pulau didominasi oleh nelayan, dimana terdapat banyak kapal/perahu yang melakukan penjangkaran di wilayah barat pulau. Limbah-limbah yang dihasilkan oleh penduduk pulau beranekaragam. Pembuangan masing-masing limbah pun beragam, limbah anorganik dibakar, limbah organik dan limbah cair (air cucian) biasanya dibuang langsung ke perairan. Mereka juga menyebutkan sudah ada beberapa mahasiswa/peneliti yang melakukan

penyuluhan/edukasi kepada penduduk tentang pentingnya menjaga ekosistem perairan. Beberapa peneliti yang pernah mengedukasi di P. Kodingareng Lompo yaitu Syahid, *et al.* (2018) tentang pengelolaan sampah terpadu di P. Kodingareng Lompo serta pola hidup sehat dan bersih. Meskipun demikian tak sedikit ditemukan sampah anorganik di pesisir barat pulau.

Hasil pengolahan citra memperlihatkan dari tahun 2015-2018 terjadi penambahan luas tutupan padang lamun sebesar $\pm 5,11$ Ha atau sebesar $\pm 6,78\%$ dan dari tahun 2018-2022 sebesar $\pm 3,02$ Ha atau sebesar $\pm 3,85\%$. Dapat dilihat bahwa penambahan luas tutupan lamun tahun 2015-2018 lebih besar dibandingkan dengan penambahan luas tutupan lamun tahun 2018-2022 dengan selisih $\pm 2,09$ Ha atau sebesar $\pm 2,93\%$. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan penduduk di P. Kodingareng Lompo tidak membuat ekosistem lamun di pulau tersebut berkurang.

E. Uji Akurasi Pengolahan Data Citra

Nilai akurasi rata-rata data citra pada penelitian ini yaitu sebesar 90,67%. Penelitian tentang pemetaan padang lamun di P. Kodingareng Lompo dilakukan oleh Sabilah (2018) tentang perbandingan perbandingan Citra Landsat-8 dengan Citra Sentinel-2 dalam memetakan kondisi lamun menunjukkan bahwa nilai akurasi Citra Landsat-8 sebesar 88,10% sedangkan nilai akurasi Citra Sentinel-2A sebesar 89,20%, sehingga dapat disimpulkan bahwa Citra Sentinel-2A lebih unggul dari Citra Landsat-8 dalam memetakan kondisi lamun. Hal tersebut menunjukkan bahwa akurasi yang diperoleh pada penelitian ini lebih baik. Ada beberapa hal yang dapat memengaruhi nilai akurasi pemetaan, yaitu kualitas (resolusi) citra, metode pengolahan citra, dan kualitas (*user*) pengolahan citra (Andiko, *et al.*, 2019).

Penelitian yang dilakukan oleh Rais (2021) tentang pemetaan padang lamun di P. Kodingareng Lompo menggunakan Citra SPOT-7 yang memiliki nilai akurasi sebesar 94,98%. Hal tersebut menunjukkan bahwa Citra SPOT-7 memiliki keunggulan dibandingkan dengan Citra Sentinel-2A dalam hal akurasi untuk memetakan tutupan padang lamun. Hal tersebut karena Citra SPOT-7 memiliki resolusi yang lebih tinggi dibanding dengan Citra Sentinel-2A yaitu sebesar 6x6 m. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Andiko, *et al.* (2019) tentang perbandingan Citra Landsat-8, Sentinel-2, dan SPOT-7 dari segi efisiensi dan kualitas, menunjukkan hasil nilai akurasi Citra Landsat-8, Sentinel-2A, dan SPOT-7 berturut sebesar 87%, 89%, 94%, sehingga dapat disimpulkan bahwa Citra SPOT-7 memiliki keunggulan dibandingkan dengan Citra Landsat-8 dan Sentinel-2A dalam hal akurasi. Meskipun demikian Citra Sentinel-2A memiliki keunggulan dapat diakses dengan mudah dan gratis, dengan nilai akurasi yang cukup bahkan sudah di atas batas standar nilai

akurasi (ketelitian) untuk pemetaan wilayah perairan berdasarkan Badan Informasi Geospasial yaitu sebesar 85%.

VI. SIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Tutupan lamun di P. Kodingareng Lompo dari tahun 2015-2022 mengalami penambahan luas.
2. Pertambahan luas tutupan lamun di P. Kodingareng Lompo paling besar terjadi pada wilayah selatan pulau.
3. Kondisi tutupan lamun di P. Kodingareng Lompo tergolong baik/sehat.

B. Saran

Adanya perbedaan penambahan luasan lamun tahun 2015-2018 yang lebih besar dibanding penambahan luasan lamun tahun 2018-2022, sehingga perlu dilakukan penelitian mengenai penyebab penurunan laju penambahan luasan lamun di P. Kodingareng Lompo.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, I.G.N. 2006. Statistika Penerapan Model Rerata-Sel Multivariat dan Model Ekonometri dengan SPSS. Yayasan Sad Satria Bhakti.
- Alifatri, L. O., Prayudha, B., & Anggraini, K. 2022. Klasifikasi Habitat Benthik Berdasarkan Citra Sentinel-2 di Kepulauan Kei, Maluku Tenggara. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*. 27(3), 372–384.
- Andiko, J. A., Duryat, & A. Darmawan. 2019. Efisiensi Penggunaan Citra Multisensor untuk Pemetaan Tutupan Lahan. *Jurnal Sylva Lestari*. 7(3), 342-349.
- Angelica, P. G. 2022. Identifikasi Sampah Laut (Marine Debris) Pada Kawasan Pantai di Pulau Kodingareng Lompo Kota Makassar. [Skripsi]. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Anggoro, A., Siregar, V P., & Agus, S B.. 2016. The Effect of Sunlight on Benthic Habitats Mapping in Pari Island Using Worldview-2 Imagery. *Procedia Environmental Sciences*. Vol-33. Pages 487-495.
- Badan Informasi Geospasial. 2014. Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. *Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014*. Hal. 15.
- Berger, K., *et al.* 2018. Preparing to Exploit the Science Potentials: Environmental Mapping and Analysis Program (EnMAP). Hal. 28.
- Daeng, B. 2018. Keterkaitan Jenis dan Kerapatan Lamun dengan Tekstur Sedimen di Dusun Biringkassi Desa Sapanang Kecamatan Binamu Kabupaten Jeneponto. [Skripsi]. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin. Makassar, 43.
- Dahuri, R. 2003. Keanekaragaman Hayati Laut: Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia. Gramedia Pustaka Utama.
- Danoedoro, P. 2012. Pengantar Penginderaan Jauh Digital. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- European Space Agency. 2012. ESA's Optical High-Resolution Mission for GMeS Operational Services. ESA Communication, Noordwijk: 80 hlm.
- Fauzan, M.A., Hartono & Wicaksono, P. 2018. Pantauan Perubahan Tutupan Padang Lamun Menggunakan Citra Sentinel-2 MSI *Time-Series* di Wilayah Pesisir Pulau Derawan.
- Fahrudin, M., Yulianda, F., & Setyobudiandi, I. 2017. Kerapatan dan Penutupan Ekosistem Lamun di Pesisir Desa Bahoi, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 9(1), 375-383.
- Feryatun, Fiki, Boedi Hendarto, and Niniek Widyorini. 2012. "Kerapatan dan Distribusi Lamun (Seagrass) Berdasarkan Zona Kegiatan yang Berbeda di Perairan Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu."
- Gani, P. J. A., & Ikhsan, A. M. Teknologi Biopori Pada Ruang Terbuka Hijau Studi Kasus: Pulau Kodingareng Lompo, Kepulauan Sangkarrang, Makassar. *Jurnal Arsitektur ZONASI*, 3(3), 346-355.
- Green, E., A.J. Edwards, & C. Clark. 2000. Remote Sensing Handbook For Tropical Coastal Management. *Unesco Pub.* Paris (FR). 316 p.
- Handayani, D. R., Armid, & Emiyarti. 2016. Hubungan Kandungan Nutrien dalam Substrat Terhadap Kepadatan Lamun di Perairan Desa Lalowaru Kecamatan Moramo Utara. *Sapa Laut*. 1(2), 42-53.

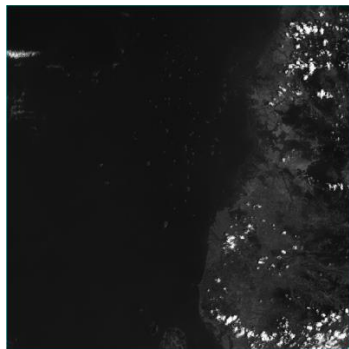
- Harpiansyah., Pratomo, A., & Yandri, F. 2014. Struktur Komunitas Padang Lamun di Perairan Desa Pengudang Kabupaten Bintan. Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjung Pinang, Kepulauan Riau.
- Hidayah, H., Fauzi, M., & Adriman. 2019. Types and Density of Seagrass in The Genting Beach, Tanjung Medang Village, Rupert Utara District, Bengkalis Regency, Riau Province. *Asian Journal of Aquatic Sciences*. Vol. 2, Issue (2), 119-126.
- Hochberg, E.J. , Atkinson, M.J. & Andréfouët, S. 2003. Spectral Reflectance of Coral Reef Bottom-Types Worldwide and Implications for Coral Reef Remote Sensing. *Remote Sensing of Environment*. 85(2):159–173.
- Ikram, A. 2021. Pemanfaatan Citra Pleiades-1A untuk Memetakan Persentase Tutupan Lamun di Pulau Barrang Lompo, Kota Makassar. [Skripsi]. Universitas Hasanuddin. Makassar
- Kadir, K. 2010. Statistika untuk Penelitian Ilmu-ilmu Sosial. Jakarta: Penerbit Rosemata Sampurna.
- Kasim, M., Arief Pratomo, and Muzahar. 2013. “Pada Kedalaman yang Berbeda di Perairan Community Structure Seagrass Bad in Different Depth in Aquatic NO.”
- Kepmen LH No. 200. 2004. Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Status Padang Lamun. *Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia*. Hal. 16.
- Khasanah, U. 2013. Analisis Kesesuaian Perairan untuk Lokasi Budidaya Rumput Laut *Eucheuma cottonii* di Perairan Kecamatan Sajoanging Kabupaten Wajo. Skripsi. Makassar: Program Studi Ilmu Kelautan, Universitas Hasanuddin.
- Kiswara, Wawan, and Malikusworo Hutomo. 2004. “Habitat dan Sebaran Geografik Lamun” X (1): 21–30
- Kordi, M.G.H. 2011. Ekosistem Lamun (*seagrass*); fungsi, potensi dan pengelolaan. Rineka Cipta. Jakarta. 170.
- Kusumowidagdo, M., Budi, T., Bunowati, E., & Liesnoor, D. 2007. Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra. Pusat Data Penginderaan jauh Lapan dan Jurusan Geografi: Universitas Semarang
- Ledheng, L., & Sila, V. U. R. 2017. Studi Komunitas Padang Lamun di Perairan Pantai Wini. *Partner*, 22(2), 518-528.
- Marini, Y., Hawariyah, S., & Hartuti, M. 2014. Perbandingan Metode Klasifikasi Supervised Maximum Likelihood dengan Klasifikasi Berbasis Objek Untuk Inventarisasi Lahan Tambak di Kabupaten Maros. *Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh*. Hal. 505-516.
- Maulida, A., Rahimi, S. A. E., & Kurnianda V. 2018. Struktur Komunitas Padang Lamun Pada Kedalaman yang Berbeda di Teluk Ahmad Rhang Manyang Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*. 3(2), 1-11.
- Mirdayanti. 2019. Pengaruh Substrat Terhadap Morfometrik Lamun Jenis *Thalassia Hemprichii* di Perairan Pulau Barrangcaddi Kota Makassar dan Perairan Teluk Laikang Kabupaten Takalar. [Skripsi]. Universitas Hasanddin. Makassar.
- McKenzie, & Pamela J. 2003. A Model of Information Practices in Accounts of Everyday Life Information Seeking. *Journal of Documentation*. 59 (1): 19–40. <https://doi.org/10.1108/00220410310457993>.

- Nadya, N. 2021. Pemanfaatan Teknologi Penginderaan Jauh Untuk Pemetaan Sebaran Lamun di Perairan Desa Sijago-Jago Kabupaten Tapanuli Tengah. [Skripsi]. Universitas Sumatera Utara. Tapanuli Tengah.
- Nainggolan, P. 2011. Distribusi Spasial dan Pengelolaan Lamun (*Seagrass*) di Teluk Bakau, Kepulauan Riau. [Skripsi]. IPB. Bogor. 14, 243-253.
- Nontji, A. 2010. "Lamun: Kehidupan, Pemanfaatan Dan Pelestariannya." Harian Kompas, 2010.
- Novitasari, A. 2018. Jenis dan Kondisi Lamun Hubungannya Dengan Aktivitas Antropogenik yang Berbeda di Pulau Barrang Lompo. [Skripsi]. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Nuraulia, N. J. 2020. Pemetaan Padang Lamun Menggunakan Citra Sentinel-2a di Perairan Sari Ringgung Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung. [Skripsi]. Universitas Sriwijaya.
- Nybakken, James W. 1992. Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis. Jakarta: Gramedia.
- Pasya, K. 2019. Pemetaan Sebaran Padang Lamun menggunakan Citra Landsat 8-Oli di Perairan Pulau Kelagian Teluk Lampung. [Skripsi]. Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Patty, S. I. 2016. Pemetaan Kondisi Padang Lamun di Perairan Ternate, Tidore dan Sekitarnya. *Jurnal Ilmiah Platax*. 4(1), 9-18.
- Prawoto, C. D., & Hartono, H. 2018. Pemetaan Habitat Benthik dengan Citra Multispektral Sentinel-2A di Perairan Pulau Menjangan Kecil dan Menjangan Besar, Kepulauan Karimunjawa. *Jurnal Bumi Indonesia*. 7(3).
- Prayuda, B. 2014. Panduan Teknis Pemetaan Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal. Pemetaan Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal. Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, CRITC COREMAP II LIPI.
- Rahmawati, S., Irawan, A., Supriyadi, I. H., & Azkab, M. H. 2014. Panduan Monitoring Padang Lamun Pusat Penelitian Oseanografi. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, CRITC COREMAP CTI LIPI.
- Rais, M. 2021. Estimasi Stok Karbon Padang Lamun Menggunakan Citra Spot-7 di Perairan Pulau Kodingarenglompo, Kecamatan Sangkarrang, Kota Makassar. [Skripsi]. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Rayyis, A., Suryono, & Supriyantini, E. 2021. Pengaruh Nitrat Dan Fosfat dalam Sedimen terhadap Kerapatan Lamun di Jepara. *Journal of Marine Research*. 10(2), 259-266.
- Raharjo, S. 2017. Panduan Lengkap Uji Analisis Regresi Linear Sederhana dengan SPSS. Diambil dari [http://www. Spssindonesia. Com/2017/03/uji-analisisregresilinear-sederhana](http://www.Spssindonesia.Com/2017/03/uji-analisisregresilinear-sederhana). Html pada Selasa. 5.
- Roelfsema & Chris. 2010. Integrating Field Data with High Spatial Resolution Multispectral Satellite Imagery for Calibration and Validation of Coral Reef Benthic Community Maps. *Journal of Applied Remote Sensing*. 4(1): 043527. <https://doi.org/10.1117/1.3430107>.
- Rugebregt, M. J., Matuanakotta, C., & Syafrizal. Keanekaragaman Jenis, Tutupan Lamun, dan Kualitas Air di Perairan Teluk Ambon. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 18(3), 589-594.
- Sabilah, A. A. 2018. Perbandingan Kondisi Padang Lamun yang Diperoleh dari Citra Landsat - 8 dan Sentinel – 2. [Skripsi]. Universitas Hasanuddin. Makassar.

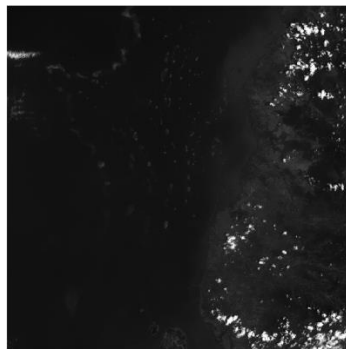
- Sari, C. A., *et al.* 2020. Pemetaan Habitat Bentik Menggunakan Citra Satelit Sentinel-2A di Pulau Liki, Papua. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*. 17(1), 33-42.
- Short, F., Carruthers T., Dennison W., dan Waycott, M. 2007. Global seagrass distribution and diversity: a bioregional model. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 1:350.
- Sjafrie, N. D. M., *et al.* 2018. Status Padang Lamun Indonesia 2018 Ver. 02. Jakarta Utara: COREMAP-CTI Pusat Penelitian Oseanografi-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Supriyadi, I. H., Iswari, M. Y., & Suyarso. 2018. Kajian Awal Kondisi Padang Lamun di Perairan Timur Indonesia. *Jurnal Segara*. 14(3), 169-177.
- Syah, A. F. 2010. Penginderaan Jauh dan Aplikasinya di Wilayah Pesisir dan Lautan. *Jurnal Kelautan*. 3(1), 18-28.
- Syahid, M., Ridwan I., & Puspitha, A. 2018. Pengelolaan Sampah Terpadu Pulau Kodingareng Lompo Melalui Program Kuliah Kerja Nyata Pembelajaran Dan Pemberdayaan Masyarakat. *Warta Pengabdian*. 12(3), 343-350.
- Syarif, N. R., Selamat, B. M., dan Amran, M. A. 2016. Mapping The Condition Of Seagrass In Kodingareng Lompo Island Using Landsat 8 Pansharpening. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Tangke, U. 2010. Ekosistem Padang Lamun (manfaat, fungsi dan rehabilitasi). *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, 3(1), 9-29.
- Tanjung, R. M. 2017. Studi Tutupan dan Kerapatan Lamun di Pesisir Pulau Unggeh Kabupaten Tapanuli Tengah Provinsi Sumatera Utara. [*Skripsi*]. Universitas Sumatera Utara. Tapanuli Tengah.
- Taufikurrahman, T., Selamat, M.B. & Mashoreng, S. 2017. Karakterisasi Spektral Kondisi Padang Lamun Menggunakan Citra Landsat 8 Oli. *Jurnal Ilmu Kelautan Spermonde*. 3(2).
- Ulum, B. 2020. Tutupan dan Distribusi Padang Lamun di Pantai Jhembangan dan Pasir Putih Pulau Bawean Kabupaten Gresik Provinsi Jawa Timur. *Doctoral dissertation*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Wangkunusa, M. S., Kondoy, K. I. F., & Rondonowu, A. 2017. Identifikasi Kerapatan dan Karakteristik Morfometrik Lamun *Enhalus acoroides* pada Substrat yang Berbeda di Pantai Tongkenia Kota Manado. *Jurnal Ilmiah Platax*. 5(2), 210-22.
- Wirawandi, Y. 2019. Pemetaan Sebaran dan Kerapatan Lamun di Pulau Bauluang, Kecamatan Mappakasunggu, Kabupaten Takalar. [*Skripsi*]. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Wicaksono, P. 2015. Pengembangan Model Penginderaan Jauh untuk Pemetaan Stok Karbon Padang Lamun dan Hutan Mangrove.

LAMPIRAN

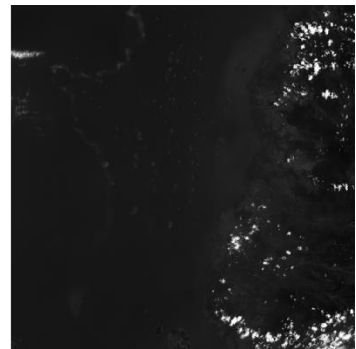
Lampiran 1. Komposit Band Citra *Natural Color* 432 (Merah, Hijau, Biru)



Band 4 (*Red*)



Band 3 (*Green*)



Band 2 (*Blue*)



Hasil Komposit 432 (*Natural Color*)

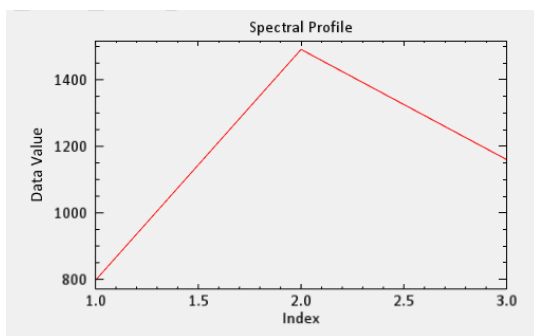
Lampiran 2. Koreksi Atmosferik Citra Sentinel-2A Leve-1C (DOS)



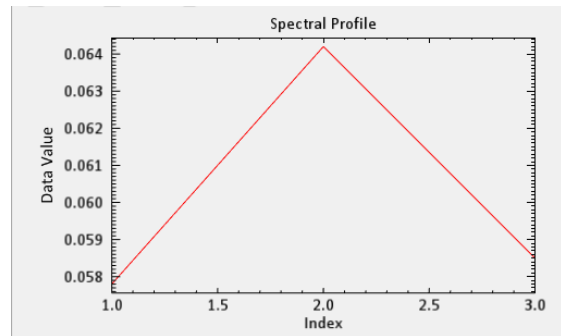
Sebelum Koreksi Atmosfer



Setelah Koreksi Atmosfer

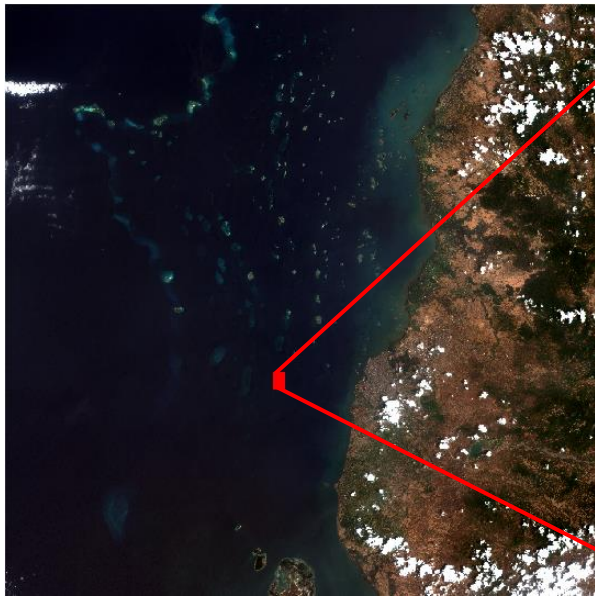


Profil Spektral Citra Sebelum Koreksi Atmosfer



Profil Spektral Citra Setelah Koreksi Atmosfer

Lampiran 3. *Cropping* Citra Sentinel-2A 50MQV Wilayah Pulau Kodingareng Lompo



Sebelum *Cropping*



Sesudah *Cropping*

Lampiran 4. *Masking Daratan (Land Masking)*

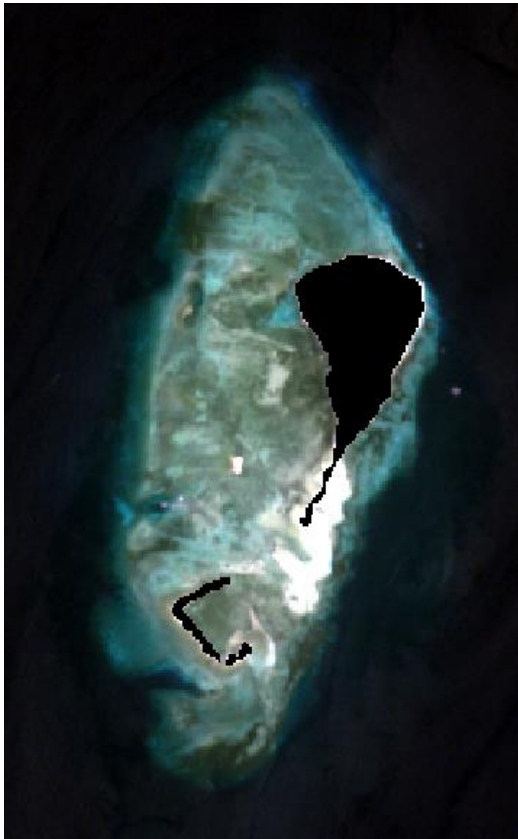


Sebelum *Land Masking*



Setelah *Land Masking*

Lampiran 5. Koreksi Efek *Glint* (*Sunglint*) pada Citra

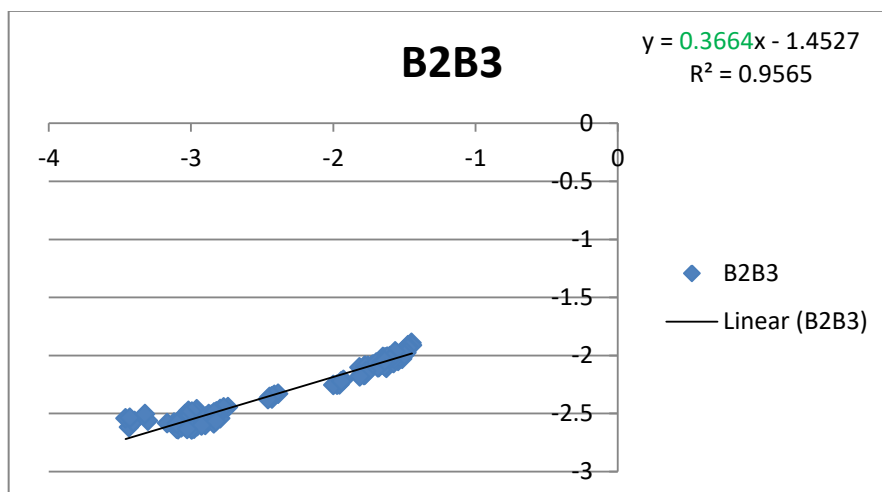
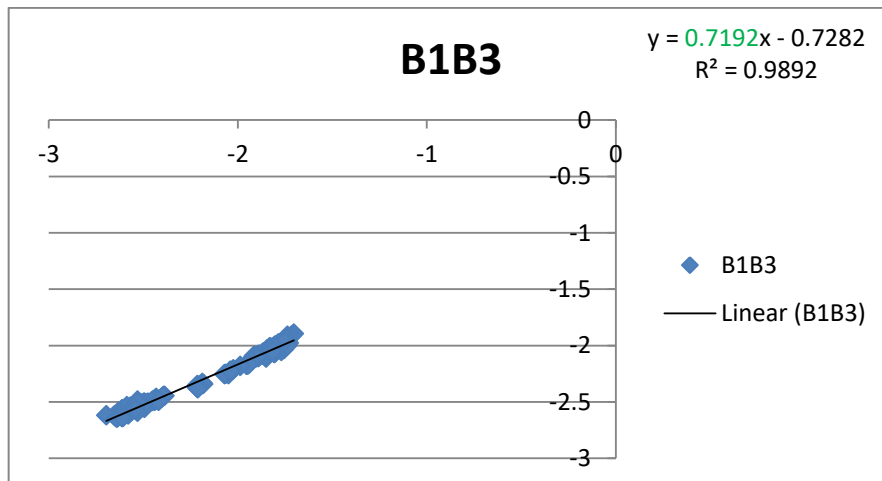
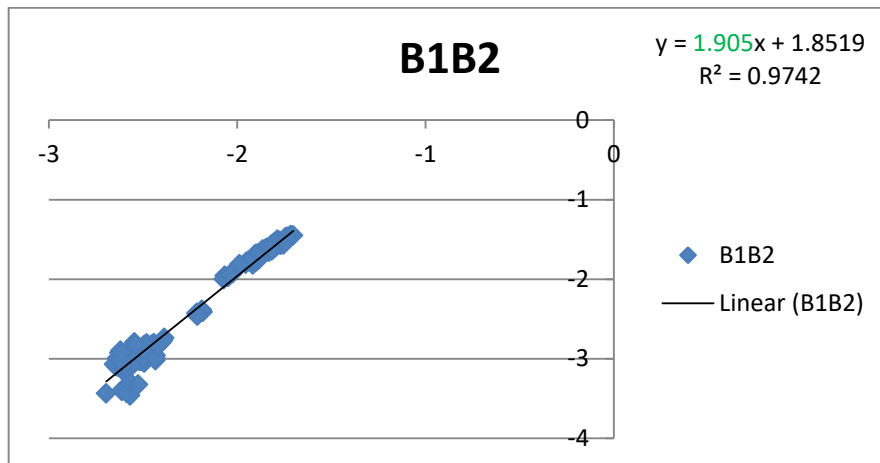


Sebelum Koreksi *Sunglint*

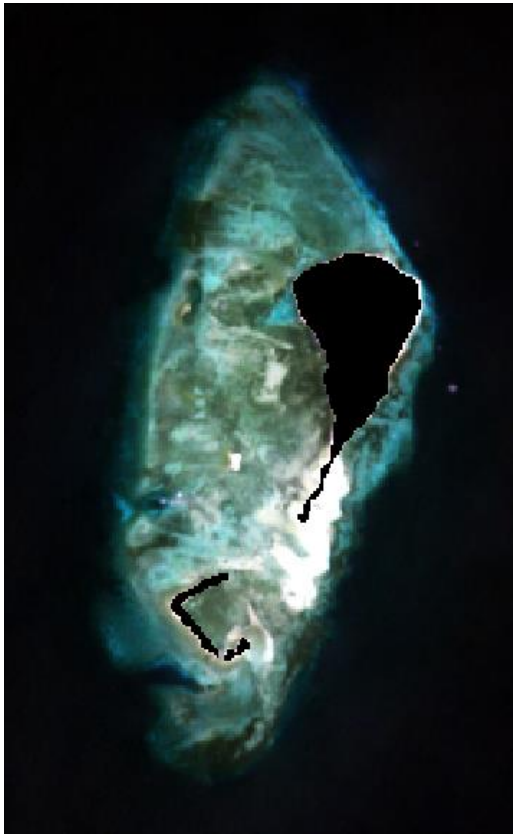


Setelah Koreksi *Sunglint*

Lampiran 6. Rasio Koefisien Atenuasi Koreksi Kolom Air DII



Lampiran 7. *Seagrass Masking Citra*



Sebelum Seagrass Masking

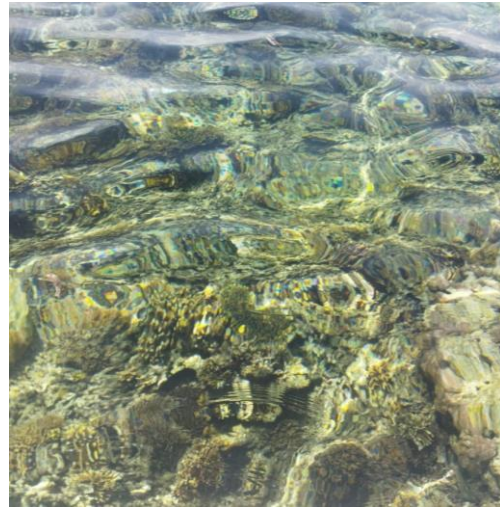


Setelah Seagrass Masking

Lampiran 8. Kondisi Lapangan yang Menyebabkan Kesalahan Pembacaan Piksel



Kondisi Titik A11



Kondisi Titik A20



Kondisi Titik A27



Kondisi Titik B20

Lampiran 9. Uji Akurasi

Uji Akurasi Citra Tahun 2015

<i>SE</i>	7,45
<i>Upper Limit</i>	68,41
<i>Lower Limit</i>	49,17
<i>Max Error</i>	15,16
<i>Min Error</i>	10,90
<i>Max Acc</i>	89,10
<i>Min Acc</i>	84,84

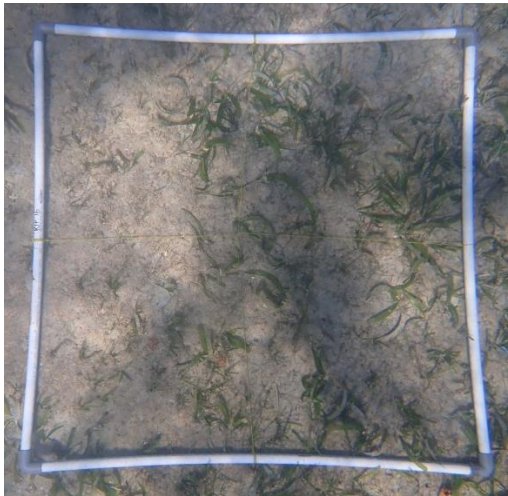
Uji Akurasi Citra Tahun 2018

<i>SE</i>	6,67
<i>Upper Limit</i>	69,03
<i>Lower Limit</i>	47,67
<i>Max Error</i>	13,99
<i>Min Error</i>	9,66
<i>Max Acc</i>	90,34
<i>Min Acc</i>	86,01

Uji Akurasi Citra Tahun 2022

<i>SE</i>	5,12
<i>Upper Limit</i>	69,05
<i>Lower Limit</i>	48,53
<i>Max Error</i>	10,56
<i>Min Error</i>	7,42
<i>Max Acc</i>	92,58
<i>Min Acc</i>	89,44

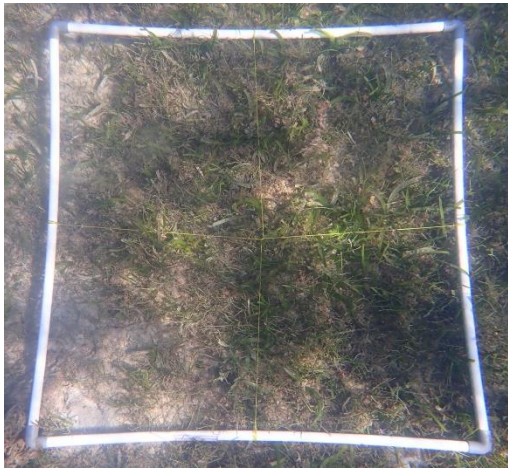
Lampiran 10. Dokumentasi Pengambilan Data Lapangan



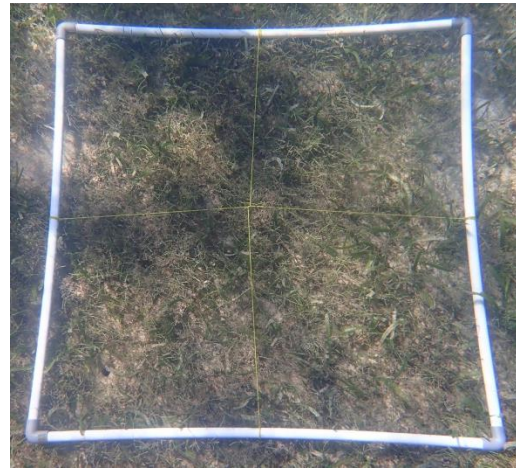
Persentase Tutupan Lamun 25%



Persentase Tutupan Lamun 75%



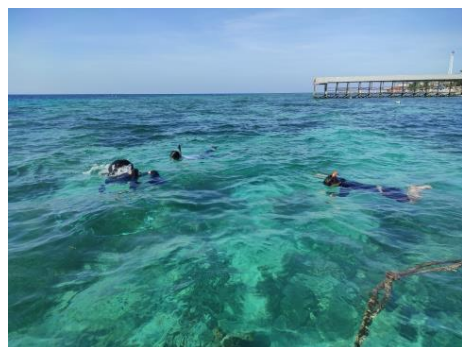
Persentase Tutupan Lamun 80%



Persentase Tutupan Lamun 95%



Dokumentasi Lapangan 1



Dokumentasi Lapangan 2



Dokumentasi Lapangan 3