

SKRIPSI

**PERUBAHAN TUTUPAN LAMUN DI PERAIRAN PULAU
BONETAMBUNG, TAHUN 2015 – 2022**

Disusun dan diajukan oleh:

SARAH ESTAFANI

L011 19 1145



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**PERUBAHAN TUTUPAN LAMUN DI PERAIRAN PULAU
BONETAMBUNG, TAHUN 2015 - 2022**

**SARAH ESTAFANI
L011191145**

SKRIPSI

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



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

**PERUBAHAN TUTUPAN LAMUN DI PERAIRAN PULAU BONETAMBUNG, TAHUN
2015 – 2022**

Disusun dan diajukan oleh

**SARAH ESTAFANI
L011191145**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin pada tanggal 10 Juli 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Prof. Dr. Ir. Rohani Ambo Rappe, M.Si.
NIP. 196909131993032004

Pembimbing Pendamping,

Dr. Muh. Anshar Amran, M.Si.
NIP. 196402181992031002

Kelua Program Studi Ilmu Kelautan,

Dr. Khairul Amri, S.T., M.Sc. Stud
NIP: 196907061995121002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Sarah Estafani
NIM : L011191145
Program Studi : Ilmu Kelautan
Jenjang : S1

Menyatakan bahwa Skripsi dengan Judul : "Perubahan Tutupan Lamun di Perairan Pulau Bonetambung, Tahun 2015 - 2022" ini adalah karya penelitian saya sendiri dan bebas plagiat, serta tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik serta tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali tertulis digunakan sebagai acuan dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber acuan serta daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam karya ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan (Permendiknas No. 17, tahun 2007).

Makassar, 10 Juli 2023



Sarah Estafani
NIM. L011191145

PERNYATAAN AUTHORSHIP

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Sarah Estafani

NIM : L011191145

Program Studi : Ilmu Kelautan

Jenjang : S1

Menyatakan bahwa publikasi sebagian atau keseluruhan isi Skripsi/Tesis/Disertasi 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, 10 Juli 2023

Mengetahui,

Ketua Departemen Ilmu Kelautan,



Dr. Khairul Amri, S.T., M.Sc.Stud
NIP. 196907061995121002

Penulis,



Sarah Estafani
NIM. L011191145

ABSTRAK

Sarah Estafani. L011191145. Perubahan Tutupan Lamun di Perairan Pulau Bonetambung, Tahun 2015 - 2022. Dibimbing oleh **Rohani Ambo Rappe** sebagai Pembimbing Utama dan **Muh. Anshar Amran** sebagai Pembimbing Anggota.

Ekosistem lamun berperan penting dalam menunjang kehidupan organisme di perairan. Lamun sangat rentan terhadap kerusakan karena berada di perairan yang dangkal sehingga dapat dengan mudah dijangkau oleh masyarakat terutama pulau yang berpenghuni. Kerusakan padang lamun dapat terjadi secara alami maupun dari aktivitas manusia. Faktor lingkungan yang mempengaruhi kualitas perairan berkaitan dengan pertumbuhan lamun yaitu suhu, kecerahan, salinitas dan arus. Pemantauan untuk melihat kondisi atau tutupan lamun dapat menggunakan metode penginderaan jauh. Tujuan penelitian ini adalah memetakan dan mengkaji sebaran, kondisi dan perubahan tutupan lamun di Pulau Bonetambung tahun 2015-2022 dengan menggunakan citra Sentinel-2A. Pengambilan data lamun terdiri dari identifikasi jenis lamun dan tutupan lamun. Setiap titik pengukuran data lamun dilakukan dengan menggunakan transek kuadran berukuran $10 \times 10 \text{ m}^2$ yang di dalamnya terdapat lima transek kuadran berukuran $1 \times 1 \text{ m}^2$ diletakkan di setiap sudut dan bagian tengah. Nilai persentase tutupan lamun diperoleh melalui interpretasi foto plot lamun, interpretasi dilakukan dengan cara klasifikasi unsupervised menggunakan metode Isodata pada aplikasi ENVI. Penerapan algoritma *Depth Invariant Index* (DII) atau pengoreksian kolom air dengan algoritma Lyzenga pada citra. Metode klasifikasi unsupervised yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Isodata dan uji akurasi menggunakan *confusion matrix*. Uji akurasi menghasilkan nilai *overall accuracy* sebesar 80%. Terdapat 5 jenis lamun yang ditemukan di Pulau Bonetambung yaitu *Enhalus acoroides*, *Halodule uninervis*, *Halophila ovalis*, *Thalassia hemprichii* dan *Cymodocea rotundata*. Kondisi tutupan lamun didominasi lamun kurang sehat dengan persentase tutupan antara 43-54%. Luas tutupan lamun tahun 2015 seluas 14,15 ha dan pada tahun 2022 seluas 13,47 ha. Lamun kurang sehat mengalami peningkatan luasan sebesar 0,68 ha, lamun miskin mengalami penurunan luasan sebesar 0,79 ha dan lamun sehat mengalami penurunan luasan sebesar 0,58 ha.

Kata Kunci : Lamun, Sentinel-2A, Pulau Bonetambung, Penginderaan Jauh

ABSTRACT

Sarah Estafani. L011191145. Changes in Seagrass Cover in the Waters of Bonetambung Island, 2015 - 2022. Supervised by **Rohani Ambo Rappe** as the principal supervisor and **Muh. Anshar Amran** as the co-supervisor.

Seagrass ecosystems play an important role in supporting the life of organisms in the waters. Seagrasses are very vulnerable to damage because they are located in shallow waters so that they can be easily reached by people, especially inhabited islands. Seagrass damage can occur naturally or from human activities. Environmental factors that affect water quality related to seagrass growth are temperature, brightness, salinity and current. Monitoring to see the condition or cover of seagrass can use remote sensing methods. The purpose of this research is to map and assess the distribution, condition and changes in seagrass cover on Bonetambung Island in 2015-2022 using Sentinel-2A imagery. Seagrass data collection consists of identification of seagrass species and seagrass cover. Each seagrass data measurement point was carried out using a 10×10 m² quadrant transect in which there were five 1×1 m² quadrant transects placed in each corner and the center. The percentage value of seagrass cover is obtained through photo interpretation of seagrass plots, interpretation is done by means of unsupervised classification using the Isodata method in the ENVI application. Application of Depth Invariant Index (DII) algorithm or water column correction with Lyzenga algorithm on the image. The unsupervised classification method used in this research is the Isodata method and the accuracy test uses confusion matrix. The accuracy test resulted in an overall accuracy value of 80%. There are 5 seagrass species found in Bonetambung Island, namely *Enhalus acoroides*, *Halodule uninervis*, *Halophila ovalis*, *Thalassia hemprichii* and *Cymodocea rotundata*. Seagrass cover conditions are dominated by unhealthy seagrasses with a percentage cover between 43-54%. The seagrass cover area in 2015 was 14.15 ha and in 2022 was 13.47 ha. Unhealthy seagrass has increased in area by 0.68 ha, poor seagrass has decreased in area by 0.79 ha and healthy seagrass has decreased in area by 0.58 ha.

Keywords: Seagrass, Sentinel-2A, Bonetambung Island, Remote Sensing

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT, atas segala berkat dan rahmat-Nya saya selaku penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Perubahan Tutupan Lamun di Perairan Pulau Bonetambung, Tahun 2015 - 2022”. Skripsi ini dibuat berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan guna memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin.

Penyelesaian Skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak baik berupa saran maupun kritikan yang bersifat membangun. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis atas segala doa, nasehat, kasih sayang dan bimbingan yang tak pernah terputus hingga detik ini. Terima kasih kepada adik penulis yang selalu menyemangati dan mendukung dalam penyelesaian Skripsi ini.
2. Terima kasih kepada keluarga terutama adik penulis yaitu Yuliana Winanda dan Restu Ananda Amelia yang selalu menyemangati dan mendukung dalam penyelesaian Skripsi ini.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Rohani Ambo Rappe, M.Si. selaku dosen penasehat akademik dan dosen pembimbing utama serta Bapak Dr. Muh. Anshar Amran, M.Si. selaku dosen pembimbing anggota yang telah banyak meluangkan waktu dan pikirannya untuk mendampingi, memberikan arahan, masukan serta bimbingan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi.
4. Bapak Dr. Muh. Banda Selamat, S.T., M.Si. selaku dosen penguji utama dan bapak Dr. Supriadi Mashoreng, S.T., M.Si. selaku dosen penguji anggota yang memberikan saran dan kritikan serta memberi banyak ilmu dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Dekan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Bapak Safruddin, S.Pi., MP., Ph.D, Ketua Program Studi Ilmu Kelautan Bapak Dr. Khairul Amri, S.T., M.Sc.Stud beserta seluruh dosen dan staf pegawai yang telah memberikan sebagian ilmu dan membantu dalam pengurusan penyelesaian tugas akhir ini.
6. Tim Lapangan: Dirga Anindra, Rafa Muh. Syafiq Tantular, Tomy Petrus, Arif Rahmanul H., Indra Syukri, Mudhiyyah Irman, Sherly Silfanny dan Fadya Dinda Amara. Terima kasih atas pengalaman dan kekompakan selama di lapangan.

7. Teman teman seperjuangan yang membantu, mendukung dan menyemangati penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, terutama Yunita Nur Fatanah, Mudhiyyah Irman, Nur Afifa Nawing, Dwinahdah Asti dan Sherly Silfanny.
8. Terima kasih kepada kak Erwan Saputra dan kak Edwin Kevin yang telah membantu dan mendukung dalam penyelesaian Skripsi ini.
9. Seluruh teman-teman MARIANAS 19 dan Keluarga Mahasiswa Jurusan Ilmu kelautan (KEMAJIK FIKP-UH) terima kasih atas persaudaraan, kekompakan dan pengalaman selama masa kuliah.
10. Kepada semua pihak yang telah membantu namun belum sempat disebutkan satu per satu, terima kasih untuk segala bantuannya, semoga Allah SWT membalas semua bantuan kebaikan dan ketulusan yang telah diberikan.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih jauh dari sempurna, penulis sangat mengharapkan saran-saran guna perbaikan dan kesempurnaan di masa yang akan datang. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Makassar, 10 Juli 2023

Penulis,

Sarah Estafani

BIODATA PENULIS



Sarah Estafani lahir di Benteng pada tanggal 15 Mei 2001. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Sabiruddin dan Ratu Intang. Penulis menyelesaikan pendidikan formal di SD Inpres Benteng 2 Selayar dan lulus pada tahun 2013. Selanjutnya pada tahun 2016 penulis menyelesaikan pendidikan di SMP Negeri 1 Selayar. Pada tahun 2019 penulis menyelesaikan pendidikan di SMA Negeri 1 Selayar dan pada tahun yang sama penulis diterima sebagai mahasiswa di program studi Ilmu Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin Makassar melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama masa studi di Universitas Hasanuddin, penulis diamanahkan menjadi asisten laboratorium di beberapa mata kuliah seperti Penginderaan Jauh Kelautan, Sistem Informasi Geografis serta Perbenihan dan Penangkaran Biota Laut. Penulis menyelesaikan rangkaian tugas akhir pada tahun 2022 yakni dengan melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) gelombang 107 di Desa Binanga Sombaiya, Kecamatan Bontosikuyu, Kabupaten Kepulauan Selayar. Kemudian sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Fakultas Ilmu kelautan dan Perikanan penulis menyusun Skripsi yang berjudul: Perubahan Tutupan Lamun di Perairan Pulau Bonetambung, Tahun 2015 – 2022.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN AUTHORSHIP	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
BIODATA PENULIS	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan dan Kegunaan.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Lamun.....	4
B. Jenis-Jenis Lamun	4
1. <i>Enhalus acoroides</i>	5
2. <i>Halodule uninervis</i>	5
3. <i>Halophila ovalis</i>	6
4. <i>Thalassia hemprichii</i>	6
5. <i>Cymodocea rotundata</i>	7
6. <i>Syringodium isoetifolium</i>	7
7. <i>Halophila minor</i>	8
C. Kondisi Padang Lamun.....	8
D. Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Sebaran Lamun	10
1. Suhu	10
2. Kedalaman.....	10
3. Salinitas	11
4. Arus	11
5. Substrat	12
6. Kekkeruhan.....	12
E. Penginderaan Jauh.....	12

F.	Citra Sentinel-2	14
G.	Algoritma Lyzenga	16
H.	Pemetaan Lamun menggunakan Citra Sentinel-2	16
III.	METODE PENELITIAN	18
A.	Waktu dan Tempat.....	18
B.	Alat dan Bahan	18
C.	Prosedur Kerja.....	20
1.	Tahap Persiapan.....	20
2.	Tahap Pengolahan Citra Awal.....	20
3.	Tahap Pengambilan Data Lapangan	23
4.	Analisis Data.....	26
IV.	HASIL	27
A.	Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	27
B.	Kondisi Oseanografi Perairan	27
1.	Suhu	27
2.	Salinitas	28
3.	Kekeruhan.....	28
4.	Arus	29
5.	Ukuran Butir Sedimen	30
C.	Pengolahan Citra Sentinel-2A.....	30
1.	Koreksi Atmosferik	30
2.	Koreksi Geometrik.....	31
3.	Pemotongan Citra (<i>Cropping</i>).....	32
4.	<i>Masking</i>	32
5.	Metode Algoritma Lyzenga.....	33
6.	Klasifikasi Unsupervised	34
D.	Jenis dan Tutupan Lamun.....	37
1.	Jenis Lamun.....	37
2.	Tutupan Lamun	37
E.	Uji Akurasi.....	38
F.	Perubahan Tutupan Lamun di Pulau Bonetambung.....	38
V.	PEMBAHASAN	45
A.	Kondisi Oseanografi Perairan	45
1.	Suhu	45
2.	Salinitas	46

3.	Kekeruhan.....	46
4.	Arus	46
5.	Ukuran Butir Sedimen	47
B.	Pengolahan Citra Sentinel-2A.....	48
1.	Koreksi Atmosferik	48
2.	Registrasi Koordinat.....	49
3.	Pemotongan (<i>Cropping</i>).....	49
4.	Metode Algoritma Lyzenga.....	49
5.	Klasifikasi Unsupervised	50
C.	Jenis dan Tutupan Lamun.....	50
1.	Jenis Lamun.....	50
2.	Tutupan Lamun	50
D.	Uji Akurasi.....	51
E.	Perubahan Tutupan Lamun di Pulau Bonetambung.....	51
VI.	PENUTUP	56
A.	Kesimpulan	56
B.	Saran	56
	DAFTAR PUSTAKA	57
	LAMPIRAN.....	63

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Spesifikasi teknis kanal pada Sentinel-2 (Drusch <i>et al.</i> , 2012).....	15
Tabel 2. Alat.....	18
Tabel 3. Bahan.....	19
Tabel 4. Titik Koordinat Lokasi Penelitian.....	23
Tabel 5. Skala Wentworth untuk mengklasifikasikan partikel-partikel sedimen (Hutabarat dan Evans, 1985)	25
Tabel 6. Kriteria status padang lamun	26
Tabel 7. Rata-rata hasil pengukuran parameter oseanografi di perairan Pulau Bonetambung.....	27
Tabel 8. Nilai RMS error pada koreksi geometrik	31
Tabel 9. Persentase Luas Tutupan Lamun di Pulau Bonetambung	38
Tabel 10. Uji akurasi citra	38
Tabel 11. Perubahan luas tahun 2015-2017.....	43
Tabel 12. Perubahan luas tahun 2017-2019.....	43
Tabel 13. Perubahan luas tahun 2019-2022.....	44
Tabel 14. Perubahan luas tahun 2015-2022.....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Lamun <i>Enhalus acoroides</i> (McKenzie & Yoshida, 2014).....	5
Gambar 2. Lamun <i>Halodule uninervis</i> (McKenzie & Yoshida, 2014).....	6
Gambar 3. Lamun <i>Halophila ovalis</i> (McKenzie & Yoshida, 2014).....	6
Gambar 4. Lamun <i>Thalassia hemprichii</i> (McKenzie & Yoshida, 2014)	7
Gambar 5. Lamun <i>Cymodocea rotundata</i> (McKenzie & Yoshida, 2014)	7
Gambar 6. Lamun <i>Syringodium isoetifolium</i> (McKenzie & Yoshida, 2014)	8
Gambar 7. Lamun <i>Halophila minor</i> (McKenzie & Yoshida, 2014)	8
Gambar 8. Perbandingan Resolusi Spasial dan Karakteristik Panjang Gelombang Sentinel-2 Instrumen Multispektral (MSI), <i>Operational Land Imager (OLI) On-Board Landsat-8</i> , dan Spot 6/7 Instrumen (Cai, 2019).	15
Gambar 9. Peta Lokasi Penelitian	18
Gambar 10. Modifikasi skema penempatan transek	23
Gambar 11. Suhu	28
Gambar 12. Salinitas	28
Gambar 13. Kekeruhan	29
Gambar 14. Kecepatan arus	29
Gambar 15. Arah arus	30
Gambar 16. Ukuran Butir Sedimen.....	30
Gambar 17. Histogram sebelum dan setelah koreksi atmosferik pada band 2,3 dan 431	
Gambar 18. Nilai RMS <i>error</i>	32
Gambar 19. Sebelum (a) dan setelah (b) proses <i>cropping</i>	32
Gambar 20. Sebelum (a) dan setelah (b) proses <i>masking</i>	33
Gambar 21. Citra hasil penggunaan algoritma lyzenga (a,b) citra tahun 2015 (c,d) citra tahun 2017 (e,f) citra tahun 2019 (g,h) citra tahun 2022	34
Gambar 22. Citra hasil reclassify (a) citra tahun 2015 (b) citra tahun 2017 (c) citra tahun 2019 (d) citra tahun 2022.....	36
Gambar 23. Hasil klasifikasi foto lamun menggunakan software ENVI	37
Gambar 24. Hasil rata-rata persentase tutupan lamun pada tiap stasiun di Pulau Bonetambung.....	37
Gambar 25. Hasil analisis overlay tutupan lamun tahun 2015-2017	39
Gambar 26. Hasil analisis overlay tutupan lamun tahun 2017-2019	40
Gambar 27. Hasil analisis overlay tutupan lamun tahun 2019-2022	41
Gambar 28. Hasil analisis overlay tutupan lamun tahun 2015-2022	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data identifikasi jenis lamun di Pulau Bonetambung pada stasiun I.....	64
Lampiran 2. Data identifikasi jenis lamun di Pulau Bonetambung pada stasiun II.....	65
Lampiran 3. Data identifikasi jenis lamun di Pulau Bonetambung pada stasiun III.....	66
Lampiran 4. Data persentase tutupan lamun di Pulau Bonetambung pada stasiun I ...	68
Lampiran 5. Data persentase tutupan lamun di Pulau Bonetambung pada stasiun II ..	75
Lampiran 6. Data persentase tutupan lamun di Pulau Bonetambung pada stasiun III ..	81
Lampiran 7. Identitas Citra Sentinel-2A	88
Lampiran 8. Nilai ki/kj	89
Lampiran 9. Ukuran Butir Sedimen.....	89
Lampiran 10. Perubahan yang terjadi di Pulau Bonetambung tahun 2015-2017	90
Lampiran 11. Perubahan yang terjadi di Pulau Bonetambung tahun 2017-2019	90
Lampiran 12. Perubahan yang terjadi di Pulau Bonetambung tahun 2019-2022	91
Lampiran 13. Perubahan yang terjadi di Pulau Bonetambung tahun 2015-2022	91
Lampiran 14. Perubahan luas tahun 2015-2017	92
Lampiran 15. Perubahan luas tahun 2017-2019.....	92
Lampiran 16. Perubahan luas tahun 2019-2022.....	92
Lampiran 17. Perubahan luas tahun 2015-2022.....	93
Lampiran 18. Dokumentasi pengambilan sampel di lapangan.....	93
Lampiran 19. Dokumentasi pengukuran parameter di laboratorium.....	94

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Ekosistem lamun berperan penting dalam menunjang kehidupan organisme. Lamun berfungsi sebagai sumber makanan (*feeding ground*), tempat berlindung, tempat asuhan bagi organisme akuatik (*nursing ground*), tempat pemijahan (*spawning ground*), menopang (*food chains*) dan penyerap karbon (Pamungkas, 2016). Karakteristik morfologi daun lamun dapat menghambat pergerakan air laut oleh gelombang dan arus sehingga air laut di sekitarnya dapat jernih dan menjadi tenang. Akar dan rimpang lamun dapat menahan dan mengikat sedimen sehingga menghambat pengikisan (erosi) dan menstabilkan dasar permukaan (Azkab, 2000).

Ekosistem lamun sangat rentan terhadap kerusakan karena berada di perairan yang dangkal sehingga dapat dengan mudah dijangkau oleh masyarakat terutama pulau yang berpenghuni. Kerusakan padang lamun dapat terjadi secara alami maupun dari aktivitas manusia. Secara alami, kerusakan padang lamun dapat disebabkan oleh bencana alam, aktivitas hewan-hewan herbivora misalnya penyu, dugong, invertebrata herbivora dan ikan herbivora. Aktivitas manusia yang bisa menyebabkan kerusakan pada padang lamun yaitu perikanan, pelabuhan, kegiatan pembangunan, wisata, pencemaran air, pengerukan dan penimbunan yang tidak terkontrol baik secara langsung maupun tidak langsung (Sari *et al.*, 2021).

Faktor lingkungan yang mempengaruhi kualitas perairan berkaitan dengan pertumbuhan lamun yaitu suhu, kecerahan, salinitas dan arus. Yushra *et al.*, (2020) dalam penelitiannya mengemukakan bahwa faktor lingkungan tersebut mempengaruhi pertumbuhan lamun di Kepulauan Spermonde, Sulawesi Selatan. Faktor lingkungan lain yang dapat mempengaruhi pertumbuhan lamun yaitu tipe substrat. Substrat berperan sebagai media tumbuh dan sumber nutrisi. Wangkanusa *et al.*, (2017) dalam penelitiannya mengemukakan bahwa perbedaan tipe substrat akan menyebabkan perbedaan kesuburan pertumbuhan lamun, kerapatan lamun dan jenis lamun.

Keadaan padang lamun dapat dinyatakan dengan beberapa parameter, antara lain keanekaragaman jenis tumbuhan, kerapatan vegetasi dan rasio tutupan lamun. Keanekaragaman jenis tersebut ditandai dengan besarnya keanekaragaman jenis lamun yang tumbuh di perairan masing-masing. Persentase tutupan lamun berupa sedimen yang ditumbuhi tumbuhan lamun per satuan luas, jika dipantau secara vertikal sedangkan kerapatan lamun berupa jumlah individu lamun per satuan luas (Amran, 2011).

Pemantauan untuk melihat kondisi atau tutupan lamun dapat menggunakan metode penginderaan jauh. Fauzan (2018) melakukan penelitian pemantauan perubahan tutupan padang lamun menggunakan citra Sentinel-2 di wilayah pesisir Pulau Derawan dari tahun 2016 hingga 2018 yang menunjukkan persentase tutupan lamun di wilayah pesisir Pulau Derawan bervariasi dari waktu ke waktu. Citra Sentinel-2 dapat digunakan untuk klasifikasi tutupan lamun karena 4 band yang dimiliki untuk spektral vegetasi. Citra Sentinel-2 memiliki 4 band spektral pada resolusi spasial 10 meter, 6 band di resolusi spasial 20 meter (4 band untuk spektral vegetasi) dan 3 band spektral pada resolusi spasial 60 meter (*European Space Agency*, 2012).

Nuraulia (2020) dalam penelitiannya melakukan pemetaan menggunakan data citra Sentinel-2 dalam memetakan padang lamun. Penelitiannya dilakukan dengan cara survey lapangan dan pengolahan citra. Penentuan ekosistem lamun dilakukan dengan metode algoritma Lyzenga menggunakan kanal biru dan hijau. Hasil pengolahan citra memetakan luasan lamun di Perairan Sari Ringgung seluas 55.84 ha. Tutupan lamun di Perairan Sari Ringgung dapat dikatakan sebagai kategori lamun sedang. Hal tersebut dikarenakan jumlah dari persentase setiap tutupan lamun yaitu 42.73 % di mana masuk ke dalam kategori sedang. Metode algoritma Lyzenga banyak digunakan dalam melakukan koreksi kolom perairan. Nurdin (2009) dalam penelitiannya menggunakan metode algoritma Lyzenga untuk citra yang diolah dalam memberikan penampakan lebih jelas mengenai gambaran jenis dasar perairan.

Pulau Bonetambung merupakan salah satu pulau yang berada di kota Makassar dengan luas lamun yang cukup luas dan terdapat berbagai jenis lamun. Pada tahun 2014, luas padang lamun di pulau Bonetambung yaitu 15.1 ha (Selamat *et al.*, 2014). Yushra *et al.* (2020) menemukan total luasan padang lamun di pulau Bonetambung yang didapatkan berdasarkan hasil analisis citra yaitu 14.175 ha yang didominasi oleh kategori tutupan lamun jarang dengan luas 7.08 ha, lamun sedang dengan luas 6.05 ha, lamun padat dengan luas 0.78 ha dan lamun sangat padat dengan luas 0.24 ha. Nurdin (2020) menyatakan bahwa terjadi perubahan tutupan dasar perairan dangkal di Pulau Bonetambung dalam kurun waktu 44 tahun, yakni pada tahun 1972 sampai 2016.

Belum ada informasi atau penelitian terkini tentang perubahan tutupan lamun di Pulau Bonetambung. Citra Sentinel-2 sebaiknya digunakan untuk melakukan pemetaan sebaran, kondisi dan perubahan tutupan lamun pada tahun 2015-2022. Padang lamun akan tetap mampu memberikan manfaat bagi masyarakat secara berkelanjutan dengan pengelolaan tepat yang harus menyesuaikan dengan perubahan kondisi yang terjadi di ekosistem padang lamun. Oleh karena itu, informasi mengenai pemetaan sebaran, kondisi dan perubahan tutupan lamun padang lamun menjadi sangat penting untuk diketahui.

B. Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Memetakan sebaran, kondisi dan perubahan tutupan lamun di Pulau Bonetambung.
2. Mengkaji perubahan tutupan lamun di Pulau Bonetambung pada tahun 2015-2022.

Kegunaan dari penelitian ini adalah mendapatkan data dan informasi sebagai bahan referensi mengenai pemetaan sebaran, kondisi dan perubahan tutupan lamun pada tahun 2015-2022 dalam kegiatan pengelolaan ekosistem padang lamun di Pulau Bonetambung.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Lamun

Lamun adalah tumbuhan berbunga (*angiospermae*) yang memiliki biji satu (*monokotil*) dan memiliki akar, rimpang, daun, bunga dan buah yang sudah sepenuhnya menyesuaikan diri untuk hidup terbenam di lingkungan laut dengan salinitas yang tinggi (Sjafrie *et al.*, 2018). Kondisi lingkungan yang berbeda dengan kehidupan di darat menyebabkan lamun memiliki struktur morfologi yang berbeda dibandingkan tumbuhan darat. Bentuk daun lamun bervariasi ada yang berbentuk pita, lidi dan lonjong panjang (Putra, 2019). Rimpang lamun adalah batang yang beruas-ruas tumbuh terbenam, mendatar dan merayap ke substrat. Akar dan rimpang (*rizoma*) yang dimiliki lamun sehingga dapat tumbuh menancapkan diri dengan kokoh di substrat dan tahan terhadap arus dan gelombang (Nontji, 2005).

Padang Lamun (*seagrass bed*) adalah hamparan tumbuhan lamun yang menutupi suatu area pesisir atau laut dangkal yang dapat terbentuk oleh satu jenis lamun (*monospecific*) atau lebih (*mixed vegetation*) dengan kerapatan tanaman yang padat (*dense*), sedang (*medium*) atau jarang (*sparse*). Ekosistem lamun adalah satu sistem ekologi padang lamun yang di dalamnya terjadi hubungan timbal balik antara komponen abiotik dan komponen biotik (Azkab, 2006; Sjafrie *et al.*, 2018).

B. Jenis-Jenis Lamun

Di Indonesia ditemukan 12 jenis dominan yang termasuk ke dalam 7 marga dan 2 suku (*Hydrocharitaceae* dan *Potamogetonaceae*). Apabila termasuk jenis *Halophila beccarii*, *Halophila sulawesii* dan *Ruppia maritima* maka jumlahnya 15 jenis. 12 jenis lamun yang dominan dapat dijumpai yaitu *Enhalus acoroides*, *Thalassia hemprichii*, *Cymodocea rotundata*, *Cymodocea serrulata*, *Halodule pinifolia*, *Halodule uninervis*, *Halophila decipiens*, *Halophila ovalis*, *Halophila minor*, *Halophila spinulosa*, *Syringodium isoetifolium*, dan *Thalassodendron ciliatum* (Priyambodo, 2007; Zurba, 2018).

Tujuh jenis lamun ditemukan di Kepulauan Spermonde yaitu *Enhalus acoroides*, *Cymodocea rotundata*, *Syringodium isoetifolium*, *Thalassia hemprichii*, *Halodule uninervis*, *Halophila ovalis* dan *Halophila minor* (Gosari & Haris, 2012). Di pulau Bonetambung ditemukan beberapa jenis lamun, lamun yang ditemukan didominasi oleh jenis *Enhalus acoroides*, *Thalassia hemprichii* dan *Halophila ovalis* (Jompa *et al.*, 2005). Sementara dalam penelitian Mashoreng *et al.* (2022) di pulau Bonetambung ditemukan beberapa jenis lamun yaitu *Enhalus acoroides*, *Halodule uninervis*, *Halophila ovalis* dan *Thalassia hemprichii*.

Berikut beberapa jenis lamun tersebut adalah sebagai berikut :

1. *Enhalus acoroides*

Enhalus acoroides merupakan spesies lamun yang paling umum, banyak ditemukan, sangat mudah dikenali dan berukuran lebih besar jika dibandingkan dengan jenis lamun lainnya. Spesies ini ditemukan pada seluruh titik pada stasiun pengamatan. Karakteristik dari lamun jenis ini yaitu memiliki daun yang tebal, bentuk daun memanjang seperti pita (*strap-like*) dengan apeks berbentuk bulat. Spesies ini memiliki 3-5 helai daun dalam satu tegakan dengan ukuran panjang daun berkisar antara 2,0-54,3 cm dan lebar antara 0,6-1,5 cm. Rizoma berukuran antara 1-8,3 cm, pada bagian ini juga diselubungi oleh sabut tebal berwarna hitam, selain itu terdapat akar-akar berwarna putih kecoklatan yang berukuran 1-27,7 cm (Wagey & Sake, 2013). Adapun bentuk lamun jenis *Enhalus acoroides* dapat dilihat seperti pada gambar di bawah.



Gambar 1. Lamun *Enhalus acoroides* (McKenzie & Yoshida, 2014)

2. *Halodule uninervis*

Halodule uninervis memiliki rizoma berukuran kecil dan berwarna putih. *Halodule uninervis* memiliki karakteristik tulang daun yang tidak lebih dari tiga, ciri khas spesies ini adalah ujung daun yang berbentuk seperti trisula. Rata-rata panjang daun 37,83 mm dan rata-rata lebar daun 2,22 mm (Rawung, *et al.*, 2018). *Halodule uninervis* merupakan tanaman yang lurus, daun kadang-kadang melengkung pada ujungnya dan sempit pada bagian pangkal (panjang 5-15 cm, lebar 1-4 mm), dan mempunyai sel-sel tanin yang kecil. Urat atau tulang daun bagian tengah jelas. Ujung daun dengan dua gigi bagian samping dan satu gigi di tengah yang berakhir pada tulang daun. Rimpang menjalar (diameter 1-2 mm) (Faishol *et al.*, 2016). Adapun bentuk lamun jenis *Halodule uninervis* dapat dilihat seperti pada gambar di bawah.



Gambar 2. Lamun *Halodule uninervis* (McKenzie & Yoshida, 2014)

3. *Halophila ovalis*

Halophila ovalis memiliki sepasang daun yang berbentuk oval, dengan ujung daun atau apeks bulat. Pada setiap tegakan ditemukan sepasang tunas yang disebut lutsinar, yang terdapat pada pangkal (*node*) yang terletak diantara batang dan rizoma. Panjang rizoma 0,2-3,2 cm sedangkan panjang lutsinar ini yaitu berkisar antara 0,2-0,6 cm. Panjang daun yang dimiliki *H.ovalis* berkisar antara 0,3-2,7 cm dengan lebar daun 0,5-1,6 cm. Jumlah tulang daun (*cross vein*) yaitu 5-20. Selain itu *H. ovalis* ini juga memiliki tangkai daun (*petiolate*) dengan panjang antara 0,1-4,1 cm dan akar 0,2-5,3 cm (Wagey & Sake, 2013). Adapun bentuk lamun jenis *Halophila ovalis* dapat dilihat seperti pada gambar di bawah.



Gambar 3. Lamun *Halophila ovalis* (McKenzie & Yoshida, 2014)

4. *Thalassia hemprichii*

Spesies ini jika dilihat sekilas, memiliki kesamaan dengan spesies *Cymodocea rotundata*. Karakteristik yang membedakan antara *Thalassia hemprichii* dan *Cymodocea rotundata* yaitu pada rizoma dari *Thalassia hemprichii* yang lebih tebal dan terdapat parutan (*scars*). Selain itu *Cymodocea rotundata* memiliki daun yang lebih tipis dengan lebar daun yang lebih kecil, lebar daun berkisar antara 0,2-0,6 cm, sedangkan panjang daun berkisar antara 0,6-19,0 cm dengan jumlah helaian dalam satu tegakan yaitu 2-4 helaian. Bagian ujung daun yang berbentuk bulat dan agak tajam. Bagian batang jenis ini

memiliki panjang yaitu berkisar antara 0,5-5,5 cm. Adapun panjang rizoma berkisar antara 0,8-8,9 cm. Akar yang tumbuh tidak beraturan dan terletak di bawah node memiliki ukuran panjang antara 1,9-13,6 cm (Wagey & Sake, 2013). Adapun bentuk lamun jenis *Thalassia hemprichii* pada gambar di bawah.



Gambar 4. Lamun *Thalassia hemprichii* (McKenzie & Yoshida, 2014)

5. *Cymodocea rotundata*

Tanaman ramping, mirip dengan *Cymodocea serrulata*, daun seperti garis lurus (panjang 6-15 cm, lebar 2-4 mm), bentuk daun lurus sampai agak bulat, tidak menyempit sampai ujung daun. Ujung daun bulat dan seludang daun keras. Rimpang ramping (diameter 1-2 mm, panjang antara ruas 1-4 cm) (Faishol *et al.*, 2016). Adapun bentuk lamun jenis *Cymodocea rotundata* dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar 5. Lamun *Cymodocea rotundata* (McKenzie & Yoshida, 2014)

6. *Syringodium isoetifolium*

Karakteristik dari lamun jenis ini yaitu daunnya berujung runcing, berbentuk silinder berjumlah 1-2, berukuran panjang antara 0,5-18,0 cm dengan diameter 0,1-0,2 cm. Antara daun dan rizoma terhubung oleh batang yang agak keras dengan Panjang berkisar antara 1,0-5,0 cm. Dari bagian pangkal daun sampai batang diselubungi oleh upih yang berwarna putih kecoklatan. Akar tumbuh di bagian bawah pangkal yaitu antara batang dan rizoma atau disebut juga node. Panjang rizoma dan akar berkisar antara 0,4-

9,0 cm dan 0,8-6,4 cm. Spesies *S. isoetifolium* memiliki ciri khas bentuk daun yang silinder (Wagey & Sake, 2013). Adapun bentuk lamun jenis *S. isoetifolium* dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar 6. Lamun *Syringodium isoetifolium* (McKenzie & Yoshida, 2014)

7. *Halophila minor*

Lamun jenis ini serta helaian daunnya sangat mirip dengan *Halophila ovalis* tetapi lebih kecil (panjang 0,7-1,4 cm) dan jumlah urat daun juga lebih sedikit (3-pasang). Rimpang tipis dan mudah patah (Faishol *et al.*, 2016). Adapun bentuk lamun jenis *Halophila minor* dapat dilihat seperti pada gambar di bawah.



Gambar 7. Lamun *Halophila minor* (McKenzie & Yoshida, 2014)

C. Kondisi Padang Lamun

Kondisi padang lamun dapat dinyatakan dengan beberapa parameter antara lain keanekaragaman jenis, kerapatan vegetasi dan tutupan lamun. Keanekaragaman jenis ditandai dengan besarnya keanekaragaman jenis lamun yang tumbuh di perairan masing-masing. Persentase tutupan lamun berupa sedimen yang ditumbuhi tumbuhan lamun per satuan luas, jika dipantau secara vertikal sedangkan kerapatan lamun berupa jumlah individu lamun persatuan luas (Amran, 2011).

Di Indonesia, kondisi padang lamun telah dikategorikan dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup nomor 200 tahun 2004. Dalam Kepmen tersebut, kondisi

padang lamun terbagi menjadi 3 kategori, yaitu sehat, kurang sehat dan miskin. Kategori sehat jika penutupan lamun di suatu daerah > 60%, kurang sehat jika 30-59,9% dan tidak sehat jika penutupan antara 0-29,9%. Secara umum persentase tutupan lamun di Indonesia yang dihitung dari 166 stasiun pengamatan adalah 42.23%. Apabila nilai tersebut digolongkan mengikuti Keputusan Menteri Lingkungan Hidup 200 tahun 2004, maka status padang lamun di Indonesia termasuk dalam kondisi kurang sehat (Sjafrie *et al.*, 2018).

Hasil asesmen terhadap kondisi padang lamun di Indonesia menunjukkan bahwa Pembangunan pesisir (17%) adalah penyebab paling umum hilangnya lamun, dengan reklamasi lahan (12,5%) dan sedimentasi sebagai akibat dari deforestasi (8%) juga menjadi faktor yang signifikan. Penyebab lainnya termasuk pertanian rumput laut (8%), penambangan pasir dan karang (8%) dan eksploitasi berlebihan herbivora (4%). Sebagian besar ahli berpendapat pemulihan lamun bersifat terbatas atau tidak ada sama sekali (Putra, 2019).

Tutupan lamun dipengaruhi oleh kerapatan lamun dan morfologi lamun terutama lebar daun. Karena semakin lebar daun lamunnya maka daerah substratnya akan semakin tertutupi. Penutupan lamun berkaitan dengan tingkat kesehatan dari ekosistem lamun di suatu perairan, semakin tinggi persen tutupannya maka tingkat kesehatan ekosistem lamun juga tinggi (Fahrudin *et al.* 2017).

Persentase penutupan lamun menggambarkan seberapa luas lamun yang menutupi suatu perairan. Tingginya persen penutupan lamun tidak selamanya linear dengan tingginya jumlah jenis maupun tingginya kerapatan jenis karena pengamatan penutupan yang dilihat adalah helaian daun sedangkan pada kerapatan jenis yang dilihat adalah jumlah tegakan. Lebar helaian daun sangat berpengaruh pada penutupan substrat, makin lebar helaian daun dari jenis lamun tertentu maka semakin besar menutupi substrat semakin besar (Kasim *et al.*, 2013).

Luas padang lamun di pulau Bonetambung pada tahun 2014 yaitu 15.1 ha (Selamat *et al.*, 2014). Yushra, *et al.* (2020) menemukan total luasan padang lamun di pulau Bonetambung yang didapatkan berdasarkan hasil analisis citra yaitu 14.175 ha yang didominasi oleh kategori tutupan lamun jarang dengan luas 7.08 ha, lamun sedang dengan luas 6.05 ha, lamun padat dengan luas 0.78 ha dan lamun sangat padat dengan luas 0.24 ha. Selama 6 tahun terakhir terlihat bahwa terjadi perubahan luasan padang lamun di Pulau Bonetambung yaitu sebesar ± 1 ha. Nurdin (2020) menyatakan bahwa terjadi perubahan tutupan dasar perairan dangkal di Pulau Bonetambung yakni pada tahun 1972 sampai 2016. Kategori tutupan yang mengalami penurunan luasan seperti karang hidup dan tutupan yang mengalami kenaikan luasan tutupan seperti karang mati beralga, pecahan karang, dan lamun pada tahun 1972 sampai 2002.

D. Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Sebaran Lamun

Kondisi perairan merupakan faktor penting dalam kelangsungan kehidupan biota atau organisme di suatu perairan laut. Kondisi perairan sangat menentukan kelimpahan dan penyebaran organisme di dalamnya, akan tetapi setiap organisme memiliki kebutuhan dan preferensi lingkungan yang berbeda untuk hidup yang terkait dengan karakteristik lingkungannya. Berikut beberapa faktor yang mempengaruhi sebaran lamun, antara lain :

1. Suhu

Suhu adalah faktor fisik suatu badan air yang dapat mengganggu makhluk hidup akuatik seperti proses fisiologis (fotosintesis), pertumbuhan dan reproduksi.. Makhluk hidup memiliki adaptasi suhu masing-masing sesuai dengan kemampuan fisiologisnya. Proses penyerapan unsur hara sangat bergantung pada suhu air, sehingga suhu dapat mempengaruhi proses fotosintesis pada lamun. Lamun dapat tumbuh optimal pada suhu 23°C hingga 32°C. Kisaran suhu 38°C mengakibatkan stres dan kisaran suhu 48°C mengakibatkan kematian pada lamun. Peningkatan suhu yang berturut-turut dapat mengakibatkan kematian massal dengan kisaran suhu 43°C (Zurba, 2018).

Collier & Waycott (2014) menambahkan bahwa pada suhu 43 °C dapat menyebabkan kematian massal lamun setelah dua hingga tiga hari, sehingga dengan kenaikan suhu yang ekstrim akan mempengaruhi fungsi ekologis lamun pada daerah tropis. Temperatur yang terlalu ekstrim dapat menyebabkan penurunan kepadatan daun dan kematian (*mortality*) pada lamun. Peristiwa tersebut berbeda-beda pada tiap spesies lamun tergantung pada tingkat sensitivitas spesies lamun tersebut terhadap temperatur perairan yang ekstrim. Lamun sendiri memiliki kemampuan untuk adaptasi dengan temperatur perairan yang tinggi yaitu menjaga kelembabannya dengan cara tetap berada dekat dengan sedimen dan penguapan. Peristiwa meningkatnya temperatur perairan dapat memiliki dampak besar bagi produktivitas dan komposisi spesies padang lamun pada masa yang akan datang (Collier & Waycott, 2014).

2. Kedalaman

Lamun tumbuh pada saat air surut dan pasang hingga kedalaman 30 meter. Kondisi geografis pesisir yang miring mengakibatkan sedimentasi menjadi tak terkendali. Laju sedimentasi tinggi menyebabkan pesisir mengalami pengikisan. Keberadaan lamun dipengaruhi juga dengan faktor kedalaman yaitu pada kedalaman <10 m, penetrasi cahaya akan semakin berkurang sehingga dapat menghambat proses fotosintesis yang akan terjadi (Zurba, 2018).

Berdasarkan kedalaman yang erat kaitannya dengan kondisi kekeruhan, lamun dapat ditemukan di daerah pesisir yang dangkal dengan distribusi kedalaman lamun bergantung pada ketersediaan cahaya di dalam air dan dapat berkisar dari 1 meter (kondisi keruh) hingga 30-61 meter di perairan yang sangat jelas (La Nafie, 2016). Parameter ini sangat terkait dengan kebutuhan lamun akan cahaya matahari untuk kegiatan fotosintesis. Kedalaman yang masih dapat ditembus oleh matahari tentunya menjadi tempat yang baik bagi lamun (Dahuri, *et al.*, 2001).

3. Salinitas

Padang lamun memiliki toleransi terhadap salinitas yang berbeda-beda, namun sebagian besar memiliki kisaran yang lebar terhadap salinitas antara 10-40 ‰. Nilai optimum toleransi terhadap salinitas di air laut adalah 35 ‰. Penurunan salinitas akan menurunkan kemampuan fotosintesis spesies lamun. Interaksi antara salinitas, temperatur dan padang lamun tropik di mana spesies yang mempunyai toleransi lebih rendah dari salinitas normal dan pada temperatur yang rendah tidak mampu mempertahankan hidupnya pada salinitas yang sama dan dalam kondisi temperatur yang lebih tinggi (Dahuri *et al.*, 2001).

4. Arus

Arus merupakan faktor pembatas yang penting bagi organisme perairan. Pergerakan arus dibutuhkan oleh organisme akuatik sebagai pembawa makanan berupa bahan organik dan sebagai pembersih terhadap endapan lumpur atau pasir yang dapat mengendap pada tubuh organisme akuatik yang dapat mempengaruhi pertumbuhan. Arus berperan penting dalam penyusunan komposisi substrat. Arus akan mentransportasi sedimen atau partikel yang tersuspensi perairan dari kedalaman yang tinggi menuju kedalaman yang rendah dan pengadukan partikel yang terlarut akan semakin berkurang ketika mendekati pada kedalaman yang rendah atau arah menuju pantai, tetapi sedimentasi akan semakin tinggi (Kasim *et al.*, 2013).

Sedimen terperangkap di kedalaman rendah tersebut menjadikan komposisi substrat mengalami perbedaan dengan kedalaman yang lebih dalam. Substrat di kedalaman yang lebih dalam mempunyai tipe yang cenderung kasar dibandingkan dengan tipe substrat di kedalaman rendah yang lebih halus (Kasim *et al.*, 2013). Pengaruh keadaan kecepatan arus perairan tampak dari produktivitas padang lamun. Kondisi perairan dengan arus yang tenang ini juga didukung oleh pendapat Phillips & Menez (1988) yang menyatakan bahwa lamun umumnya dapat tumbuh pada perairan tenang dengan kecepatan arus sampai 3,5 knots (0,7 m/s).

5. Substrat

Kehidupan lamun sangat erat kaitannya dengan substrat. Beberapa jenis lamun menyukai habitat substrat tertentu. Hampir semua jenis lamun yang ditemui di Indonesia mampu hidup pada substrat berpasir, substrat berlumpur sampai substrat berbatu. Lamun tumbuh dan berkembang dengan menancapkan akar ke dalam substrat dan memungkinkan lamun untuk menyerap unsur hara yang ada di dalam substrat sebagai sumber makanan (Putra, 2019).

Padang lamun yang luas lebih sering ditemukan di substrat lumpur-berpasir yang tebal antara hutan rawa mangrove dan terumbu karang. Substrat berperan menentukan stabilitas kehidupan lamun, sebagai media tumbuh bagi lamun sehingga tidak terbawa arus dan gelombang, sebagai media untuk daur unsur hara. Perbedaan komposisi jenis substrat dapat menyebabkan perbedaan komposisi jenis lamun, juga dapat mempengaruhi perbedaan kesuburan lamun karena memiliki perbedaan nutrisi bagi pertumbuhan lamun dan proses dekomposisi dan mineralisasi yang terjadi di dalam substrat (Wangkunusa, 2017).

Semakin kecil ukuran sedimen maka semakin besar pula ketersediaan unsur hara nitrat dan fosfat di substrat tersebut. Karena semakin kecil ukuran partikel substrat maka energi yang digunakan akar untuk masuk ke dalam substrat untuk memperoleh nutrisi tidak banyak. Berbeda dengan substrat yang memiliki tekstur yang kasar (Steven, 2013).

6. Kekeruhan

Berdasarkan Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut, nilai kekeruhan untuk wisata dan biota laut adalah <5 NTU. Lamun membutuhkan intensitas cahaya yang tinggi untuk membantu dalam proses fotosintesis. Hal tersebut diperlihatkan dengan adanya observasi yang distribusinya terbatas pada perairan dengan kedalaman perairan tidak lebih dari 10 meter. Beberapa aktivitas yang meningkatkan muatan sedimentasi pada badan air akan berakibat pada tingginya turbiditas sehingga berpotensi untuk mengurangi penetrasi cahaya. Sehingga dapat mengganggu produktivitas primer dari ekosistem padang lamun (Dahuri *et al.*, 2001).

E. Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh adalah teknik dan ilmu untuk memperoleh data dan informasi permukaan bumi dengan menggunakan alat yang tidak langsung berhubungan dengan objek atau benda yang dikaji. Contohnya adalah pemotretan bumi dari udara, foto udara, satelit dan gantole. Penginderaan jauh memanfaatkan radiasi gelombang

elektromagnetik atau spektrum energi lain, serta mempunyai empat komponen yang penting, yaitu sumber radiasi, objek, atmosfer dan sensor (Muhsoni, 2015).

Menurut Muhsoni (2015) secara rinci empat komponen penting tersebut sebagai berikut.

- a. Sumber radiasi gelombang elektromagnetik, antara lain pantulan cahaya matahari dan pancaran panas permukaan. Berdasarkan sumber energi penginderaan jauh terbagi menjadi dua, yaitu sistem pasif dan sistem aktif. Penginderaan jauh yang menggunakan energi matahari sebagai sumber radiasi termasuk pada sistem pasif. Sedangkan yang menggunakan tenaga pulsa disebut sistem penginderaan jauh aktif, contohnya radar.
- b. Objek di permukaan bumi dapat berupa tanah, air, vegetasi, tambak budidaya manusia dan lainnya. Fenomena-fenomena yang ada di permukaan bumi.
- c. Interaksi atmosfer adalah energi elektromagnetik melalui atmosfer berbentuk distorsi dan hamburan. Atmosfer sendiri terdiri atas uap air, gas dan debu.
- d. Sensor adalah alat perekam radiasi elektromagnetik yang berinteraksi dengan permukaan bumi dan atmosfer, contohnya kamera udara, scanner, dan radiometer. Sensor dalam penginderaan jauh menerima informasi dalam berbagai bentuk, antara lain sinar atau cahaya, gelombang bunyi dan daya elektromagnetik. Sensor digunakan untuk melacak, mendeteksi, dan merekam suatu objek dalam daerah jangkauan tertentu.

Citra digital diperoleh melalui proses peniruan atas penampakan nyata. Informasi nyata dapat berupa kenampakan di permukaan bumi, dapat pula berupa gambar atau citra yang diperoleh melalui proses lain, misalnya peta hasil penggambaran tangan. Alat yang paling umum mengubah kenampakan bukan digital menjadi digital adalah *scanner*. *Scanner* adalah alat optik elektronik yang digunakan untuk menangkap informasi pantulan atau pancaran gelombang elektromagnetik dari suatu permukaan secara tidak serentak. Tidak serentak maksudnya bagian demi bagian yang direkam oleh sensor secara berurutan sebagai fungsi waktu dan informasi pantulan tiap bagian tersebut dicatat oleh komputer.

Misalnya proses perekaman dari ujung kiri atas, ke kanan sampai pojok kanan objek, dan kemudian kembali lagi ke kiri, dengan baris baru. Tiap band pada gambar yang dihasilkan terdiri atas sel-sel penyusun gambar yang disebut piksel (*pixel*, kependekan dari *picture element*). Tiap piksel mewakili satu luasan tertentu dan tiap piksel punya nilai pantulan tertentu. Jadi piksel merupakan data yang punya aspek spasial (ukuran luas yang terwakili) dan sekaligus aspek spektral (besarnya nilai pantulan yang tercatat) (Danoedoro, 2012).

F. Citra Sentinel-2

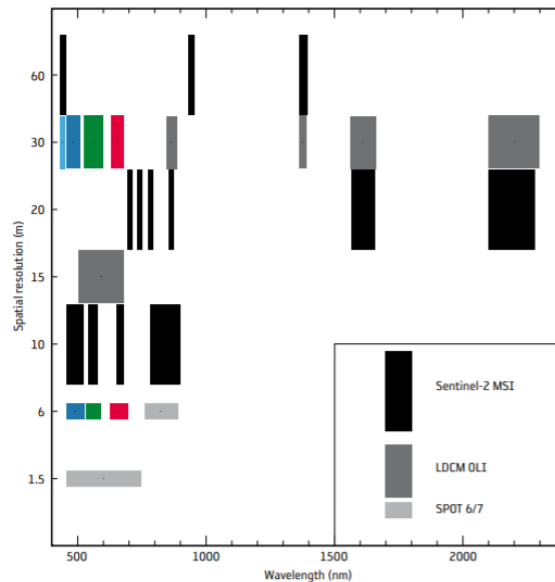
Sentinel-2 merupakan satelit yang diluncurkan oleh kerja sama antara *The European Commission* dan *European Space Agency* di dalam program *Global Monitoring for Environment and Security* (GMES). Sentinel-2 memanfaatkan teknologi dan pengalaman yang diperoleh di Eropa dan Amerika Serikat untuk mendukung pasokan data operasional untuk layanan seperti manajemen resiko (banjir dan kebakaran hutan, penurunan dan tanah longsor), penggunaan/perubahan lahan, pemantauan hutan, keamanan pangan/ sistem peringatan dini, pengelolaan air dan perlindungan tanah, pemetaan perkotaan, bahaya alam, pemetaan terestrial untuk bantuan kemanusiaan dan pembangunan, serta pemantauan kondisi perairan darat dan laut (Berger *et al.*, 2012; *European Space Agency*, 2017).

Data MSI Sentinel-2 berbeda secara signifikan dari AVHRR dan MODIS data mengenai ruang, waktu dan resolusi spektral. Pertama, Sentinel-2 memiliki resolusi spasial 10-60 meter dengan pengamatan kontur permukaan bumi yang jelas memungkinkan pencocokan permukaan bumi yang lebih akurat oleh area pengamatan, dan memungkinkan klasifikasi tutupan lahan yang lebih tepat. Sentinel-2 MSI menyediakan pengamatan di band merah yang menambah peluang baru untuk menangkap spektral karakteristik vegetasi. Karena volume data yang besar dan karakteristik spasial/temporal Sentinel-2, penggunaan data Sentinel-2 untuk mengamati vegetasi pada skala global atau regional memerlukan pertimbangan pengolahan data, data manajemen dan metode aplikasi data (Cai, 2019).

Sentinel-2 merupakan citra multispektral yang digunakan untuk deteksi tutupan lahan, penggunaan lahan, perubahan penggunaan lahan, variabel biogeofisika seperti kandungan klorofil daun, kandungan, pemetaan risiko, akuisisi dan pengiriman gambar yang cepat untuk mendukung upaya bantuan bencana. Satelit Sentinel-2 memiliki misi menggabungkan kemampuan SPOT dan Landsat untuk memindai permukaan bumi yaitu cakupan daratan global yang sistematis dari 56°LS hingga 84°LU termasuk perairan pesisir, laut Mediterania, dan Antartika; resolusi temporal tinggi yaitu setiap 5 hari di khatulistiwa dengan kondisi penampakan yang sama; multi resolusi spasial yaitu 10 m, 20 m, dan 60 m; 13 kanal multispektral termasuk VNIR dan SWIR; bidang pandang yang luas yaitu 290 km. Satelit sentinel-2 terdiri dari 2 satelit kembar yang memindai permukaan bumi secara simultan pada sudut 180° tiap satelitnya (*European Space Agency*, 2015).

Tiga belas kanal yang dipasang pada satelit Sentinel-2 memiliki karakteristik tersendiri. Empat kanal dengan resolusi spasial 10 m memastikan kesesuaian dengan SPOT 4/5 dan memenuhi persyaratan pengguna untuk klasifikasi tutupan lahan.

Resolusi spasial 20 m yang dimiliki oleh 6 kanal menjadi persyaratan untuk parameter pengolahan level 2 lainnya. Kanal dengan resolusi spasial 60 m dikhususkan untuk koreksi atmosfer dan penyaringan awan (443 nm untuk aerosol, 940 nm untuk uap air, dan 1375 untuk deteksi awan tipis). Resolusi sebesar 60 m dianggap cukup untuk menangkap variabilitas spasial parameter geofisika atmosfer (Drusch *et al.*, 2012).



Gambar 8. Perbandingan Resolusi Spasial dan Karakteristik Panjang Gelombang Sentinel-2 Instrumen Multispektral (MSI), *Operational Land Imager* (OLI) *On-Board Landsat-8*, dan Spot 6/7 Instrumen (Cai, 2019).

Tabel 1. Spesifikasi teknis kanal pada Sentinel-2 (Drusch *et al.*, 2012).

Nomor Kanal	Panjang Gelombang (nm)	Lebar Kanal (nm)	Resolusi Spasial (m)	Kegunaan
1	443	20	60	Koreksi atmosferik (hamburan aerosol)
2	490	65	10	Perkembangan vegetasi, karotenoid, keadaan tanah, koreksi atmosferik (hamburan aerosol);
3	560	35	10	Puncak sinar hijau, sensitif terhadap total klorofil pada vegetasi
4	665	30	10	Absorpsi klorofil maksimum
5	705	15	20	Konsolidasi koreksi atmosferik/ dasar fluoresensi, posisi tepi kanal merah
6	740	15	20	Deteksi batas warna merah; koreksi atmosferik; penerimaan beban aerosol
7	783	20	20	Indeks area daun, tepi puncak NIR
8	842	115	10	Indeks area daun
8b	865	20	20	Puncak NIR yang sensitif dengan total klorofil, biomassa, Indeks tepi daun dan protein; referensi penyerapan uap air; penerimaan beban dan tipe aerosol
9	945	20	60	Koreksi atmosferik untuk mengetahui absorpsi uap air

10	1380	30	60	Koreksi atmosferik untuk mengetahui awan yang tipis (<i>cirrus</i>)
11	1610	90	20	Sensitif terhadap lignin, pati dan hutan di atas biomassa tanah; pemisahan salju/es/awan
12	2190	180	20	Penilaian kondisi vegetasi; perbedaan tanah liat untuk pemantauan erosi tanah; perbedaan antara biomassa hidup, mati dan tanah.

G. Algoritma Lyzenga

Koreksi kolom perairan menggunakan algoritma Lyzenga, koreksi kolom perairan diekstrak dari objek yang diidentifikasi pada area citra untuk jenis substrat yang sama pada kedalaman yang berbeda. Salah satu objek yang dapat dikenali dari citra satelit adalah pengenalan objek bawah air sampai kedalaman tertentu. Secara teoritis jika dasar perairan terlihat, maka dapat dibentuk suatu hubungan antara kedalaman perairan dengan sinyal pantul yang diterima oleh sensor. Namun kenyataannya tidak, karena hal ini banyak dipengaruhi oleh parameter lain, seperti kekeruhan air, kandungan klorofil, suspensi sedimen, pantulan dasar perairan dan pembiasan pada atmosfer (Lyzenga, 1978).

Metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan ketelitian informasi di bawah permukaan perairan dangkal tersebut dikenal dengan sebagai metode untuk mencari nilai Indeks Kedalaman Invarian (*Depth Invariant Index*) yang didasarkan pada kenyataan bahwa cahaya yang dipantulkan dari bawah merupakan fungsi linear dari reflektansi dasar perairan dan fungsi eksponensial dari kedalaman air. Metode penggunaan algoritma yang dikenal dengan *Exponential Attenuation Model* memiliki variabel-variabel berupa variabel kedalaman yang sangat cocok digunakan untuk air jernih. Asumsi ini menjelaskan bahwa pada prosesnya dibuat dalam satu kedalaman yang sama untuk penggunaan tiap pasang band (X_i dan X_j) (Lyzenga, 1978).

H. Pemetaan Lamun menggunakan Citra Sentinel-2

Fauzan (2018) melakukan penelitian pemantauan perubahan tutupan padang lamun menggunakan citra Sentinel-2 di wilayah pesisir pulau Derawan dari tahun 2016 hingga 2018 yang menunjukkan persentase tutupan lamun bervariasi dari waktu ke waktu. Metode pengumpulan data lapangan yang digunakan merupakan foto transek dan *Global Positioning System* (GPS). Variasi ini terjadi mengikuti musim, di mana persentase tutupan lamun meningkat pada bulan Juni dan menurun pada bulan September. Pemanfaatan citra Sentinel-2 *time-series* dan teknik analisis regresi sederhana terbukti dapat berguna dalam pemantauan perubahan padang lamun.

Fauzi *et al.* (2020) melakukan penelitian untuk mendeteksi dan memetakan sebaran lamun di perairan Kepulauan Kei Kecil. Keberadaan habitat lamun di perairan dapat dipetakan melalui teknologi penginderaan jauh menggunakan citra satelit Sentinel-2 yang beresolusi 10 meter dengan penerapan algoritma *Lyzenga*. Pengambilan data lapangan menggunakan metode *Seagrass Watch* di 13 titik pengamatan. Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan terdapat tujuh jenis lamun yaitu; *Enhalus acoroides*, *Thalassia hemprichii*, *Cymodocea rotundata*, *Syringodium isoetifolium*, *Halophila ovalis*, *Halodule uninervis* dan *Thalassodendrum ciliatum*. Hasil analisis citra menunjukkan luas habitat lamun di perairan Kei Kecil adalah 8.681,47 hektar terbagi di perairan Kabupaten Maluku Tenggara sebesar 3.424,54 hektar dan 5.256,93 hektar di perairan Kota Tual.

Nuraulia (2020) melakukan penelitian pemetaan menggunakan data citra Sentinel-2 dalam memetakan padang lamun. Penelitiannya dilakukan dengan cara survey lapangan dan pengolahan citra. Penentuan ekosistem lamun dilakukan dengan metode algoritma *Lyzenga* menggunakan kanal biru dan hijau. Lokasi yang dilakukan untuk survey berdasarkan metode *purposive sampling* di mana di temukannya lamun. Parameter lingkungan yang diukur yaitu suhu, pH, salinitas, kecerahan, kedalaman dan kecepatan arus. Hasil pengolahan citra memetakan luasan lamun di Perairan Sari Ringgung seluas 55.84 ha. Tutupan lamun di Perairan Sari Ringgung dapat dikatakan sebagai kategori lamun sedang. Hal tersebut dikarenakan jumlah dari persentase setiap tutupan lamun yaitu 42.73 % termasuk ke dalam kategori sedang.