

SKRIPSI

**ESTIMASI STOK KARBON PADA PADANG LAMUN DENGAN MENGGUNAKAN
TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH DI PANTAI PANRANGLUHU,
DESA BIRA KECAMATAN BONTOLAHARI KABUPATEN BULUKUMBA,
SULAWESI SELATAN.**

Disusun dan diajukan oleh:

MUH NABIL AKBAR

L111 16 529



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

2021

**ESTIMASI STOK KARBON PADA PADANG LAMUN DENGAN
MENGUNAKAN TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH DI PANTAI
PANRANGLUHU, DESA BIRA KECAMATAN BONTOLAHARI
KABUPATEN BULUKUMBA, SULAWESI SELATAN.**

MUH NABIL AKBAR

L111 16 529

SKRIPSI



**DEPARTEMEN ILMU KELAUTAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2021

LEMBAR PENGESAHAN

**ESTIMASI STOK KARBON PADA PADANG LAMUN DENGAN
MENGUNAKAN TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH DI PANTAI
PANRANGLUHU, DESA BIRA KECAMATAN BONTOLAHARI KABUPATEN
BULUKUMBA, SULAWESI SELATAN.**

Disusun dan diajukan oleh

MUH NABIL AKBAR
L111 16 529

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 19 APRIL 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

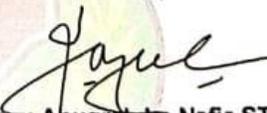
Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Ahmad Faizal, ST, M.Si.
NIP: 19750727 200112 1 003

Pembimbing Pendamping,



Dr. Yuyu Anugrah La Nafie, ST, M.Sc.
NIP: 19710823 200003 2 002

Ketua Program Studi,



Dr. Ahmad Faizal, ST, M.Si.
NIP: 19750727 200112 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muh Nabil Akbar
NIM : L111 16 529
Program Studi : Ilmu Kelautan
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

Menyatakan bahwa Skripsi dengan Judul:

Estimasi Stok Karbon Pada Padang Lamun Dengan Menggunakan Teknologi
Penginderaan Jauh Di Pantai Panrangluhu , Desa Bira Kecamatan Bontobahari
Kabupaten Bulukumba,Sulawesi Selatan.

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 dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 19 April 2021

Yang Menyatakan,



Muh Nabil Akbar

PERNYATAAN AUTHORSHIP

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muh Nabil Akbar
NIM : L111 16 529
Program Studi : Ilmu Kelautan
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

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, 19 April 2021

Mengetahui,



Dr. Ahmad Faizal, ST, M.Si.
NIP: 19750727 200112 1 003

Penulis



Muh Nabil Akbar
NIM: L11116529

ABSTRAK

Muh Nabil Akbar. L11116520. Estimasi Stok Karbon Pada Padang Lamun Dengan Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh Di Pantai Panrangluhu , Desa Bira Kecamatan Bontobahari Kabupaten Bulukumba, Sulawesi Selatan. Dibimbing oleh **Ahmad Faizal** sebagai Pembimbing Utama dan **Yayu Anugrah La Nafie** sebagai Pembimbing Anggota.

Tumbuhan lamun mempunyai peranan yang sangat penting, salah satunya adalah sebagai penyimpan karbon. Namun, informasi tentang simpanan karbon lamun di perairan pantai Indonesia masih belum banyak tersedia, termasuk perairan pantai Panrangluhu. Penelitian ini bertujuan mengestimasi simpanan karbon lamun di Perairan pantai Panrangluhu dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh dan citra Sentinel-2A. Citra diolah terlebih dahulu sebelum dilakukan klasifikasi unsupervised dan dihasilkan peta klasifikasi kondisi lamun (miskin, kurang sehat dan sehat). Berdasarkan peta, dilakukan pemilihan lokasi sampling secara acak. Pengamatan di lapangan meliputi kondisi lamun, sampel biomassa dan pengukuran parameter oseanografi (suhu dan salinitas). Sampel dibawa ke laboratorium untuk dihitung biomassa dan kandungan karbon untuk dapat mengestimasi stok karbon serta membuat peta stok karbon. Hasil menunjukkan stok karbon tertinggi untuk biomass atas lamun dimiliki oleh *Syringodium isoetifolium* (7,16 gC/m²) dan terendah oleh *Halophila ovalis* (1,24gC/m²). Biomassa bawah substrat tertinggi dimiliki oleh *Enhalus acoroides* (26,50 gC/m²) dan terendah oleh *Halophila ovalis* (5,56 gC/m²). Total stok karbon di Perairan pantai Panrangluhu adalah sebesar 19,97 ton.

Kata kunci : Lamun, stok Karbon, Pantai Panrangluhu, Bulukumba, Citra Sentinel-2A.

ABSTRACT

Muh Nabil Akbar. L11116529 Seagrass Carbon Stock Estimation in Panrangluhu Coastal Waters, Bulukumba Regency, South Sulawesi, Indonesia, by Using Remote Sensing Technology Under supervision of **Ahmad Faizal** (main-supervisor) and **Yayu Anugrah La Nafie** (co-supervisor).

Seagrass has many important roles, including in storing carbon in their biomass. However, information on carbon stock in seagrass in Indonesian coastal waters is still very little, including the Panrangluhu. This study aims to estimate the carbon storage of seagrass in Panrangluhu coastal waters by using remote sensing technology and Sentinel-2A imagery. The image was initially processed before unsupervised classification and a map of the classification of seagrass conditions (poor, unhealthy and healthy) was produced. Based on the map, a random sampling location was chosen. Field observations included seagrass conditions, biomass samples and measurement of oceanographic parameters (temperature and salinity). Samples were taken to the laboratory to calculate biomass and carbon content in order to estimate carbon stocks and create carbon stock maps. The results showed that the highest carbon stock for aboveground biomass of was *Syringodium isoetifolium* (7.16 gC / m²) and the lowest was *Halophila ovalis* (1.24gC / m²). Meanwhile, the highest belowground biomass was *Enhalus acoroides* (26.50 gC / m²) and the lowest was *Halophila ovalis* (5.56 gC / m²). The total carbon stock in Panrangluhu coastal waters was 19.97 tonnes.

Keywords: Seagrass, Carbon Stock, Panrang Luhu Beach, Bulukumba, Sentinel-2A Image.

UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan Syukur kita panjatkan kepada Allah SWT yang senantiasa memberi Nikmat, Rahmat dan Karunia kepada penulis sehingga skripsi yang berjudul “Estimasi Stok Karbon Pada Padang Lamun Dengan Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh Di Pantai Panrangluhu, Desa Bira Kecamatan Bontobahari Kabupaten Bulukumba, Sulawesi Selatan” sekaligus menjadi syarat kelulusan sebagai mahasiswa pada Departemen Ilmu Kelautan, dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat serta Salam semoga selalu tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW, para keluarga, sahabat, serta para ummat Islam di Muka Bumi.

Selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi, ada berbagai pihak yang banyak memberikan bantuan, bimbingan serta arahan yang sangat berharga sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi sebagaimana aturan yang ditetapkan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin. Olehnya itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada;

1. Kedua orang tua, Ayahanda Ir. Abdullah La Nafie dan Ibunda Rayani Karim atas segala doa, perjuangan, kasih sayang, nasihat serta motivasi yang menjadi mukjizat bagi penulis sehingga setiap langkah dalam hidup penulis menjadi lebih mudah.
2. Saudara kandung, Muhammad Khaidar Akbar, Nabilah Qurratu'ain, dan Muhammad Furqan Akbar yang selalu memberikan semangat dan dukungan.
3. Ibu Dr. Ir. St. Aisjah Farhum, M.Si, Dekan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin beserta seluruh staf.
4. Bapak Dr. Ahmad Faizal, ST, M.Si., Ketua Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin beserta seluruh staf.
5. Ibu Dr. Ir. Shinta Werorilangi, M.Sc, selaku pembimbing akademik yang senantiasa meluangkan waktu untuk memberikan arahan, bantuan serta motivasi kepada penulis sejak memasuki bangku perkuliahan hingga selesainya masa perkuliahan.
6. Bapak Dr. Ahmad Faizal, ST, M.Si., selaku pembimbing utama yang senantiasa meluangkan waktu untuk memberikan arahan, bantuan serta motivasi kepada penulis sejak perancangan penelitian hingga hasil penelitian.
7. Ibu Dr. Yuyu Anugrah La Nafie, ST, M.Sc., selaku pembimbing anggota yang telah banyak membantu, membimbing serta mengarahkan penulis dalam perancangan penelitian hingga hasil penelitian.

8. Ibu Dr. Ir. Shinta Werorilangi, M.Sc, dan bapak Dr. Supriadi, ST, M.Si., selaku penguji yang senantiasa memberi saran serta arahan dalam penulisan skripsi ini.
9. Septian Fakhruwahid M dan Dicky Darmawan yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk berpartisipasi dan membantu penulis melakukan penelitian di Pantai Panrangluhu , Desa Bira Kecamatan Bontobahari Kabupaten Bulukumba, Sulawesi Selatan.
10. Teman-teman seperjuangan AM (Anggota Muda MSDC-UH) angkatan XVII, Ahmad Sahlan Ridwan, Indah Dewi Cahyani, Rizky Madjid, Siti Nasiroh Fitriani, Puspita Lestari Khanna, dan lainnya sebagai tempat bertukar cerita dan pengalaman selama penulis berorganisasi.
11. Seluruh Teman-teman seperjuangan ATHENA'16 (Angkatan Kelautan 2016) yang senantiasa memberikan motivasi, bantuan dan dorongan selama penulis berstatus mahasiswa di program studi Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin.
12. Teman-teman seperjuangan Video editing Kita-kita Production Kendari, Adnan Maulana, Bagus Setioraharja, Daud Rozayid, Ferina Septi Bulandari, Muhammad Adil Nashrulhaq, Muhammad Ayi Al Ma'Rif, Nur Hafizah Aisyah, Nurindah Sari, Muh Refri Septian Y, dan Yolanda Dwi Reski.
13. Seluruh pihak tanpa terkecuali yang telah memberi banyak bantuan dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini terdapat banyak kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan, sehingga penulis memohon maaf dengan mengharap segala bentuk kritik serta saran yang membangun kepada para pembaca sehingga bisa menjadi bahan penyempurnaan pada penulisan yang serupa.

Terima Kasih,

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Jalesveva Jayamahe

Makassar, 19 April 2021

Penulis



Muh Nabil Akbar

RIWAYAT HIDUP



Muhammad Nabil Akbar, putra (anak) pertama dari empat bersaudara yang dilahirkan di Muara bulian pada tanggal 05 Desember 1997 dari pasangan Bapak Ir Abdullah La Nafie dan Ibu Rayani Karim. Penulis mengawali pendidikan formal di Sekolah Dasar, SDN 18 Baruga hingga tahun 2010. Setelah itu, penulis melanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 4 Kendari hingga tahun 2013 dan ke Sekolah

Menengah Akhir di SMA Negeri 5 Kendari-Sulawesi Tenggara hingga tahun 2016. Pada tahun 2016 penulis diterima menjadi mahasiswa di Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin melalui jalur Non-Subsidi (JNS). Selama masa studi, Penulis pernah menjadi asisten Laboratorium pada berbagai mata kuliah seperti Dasar-dasar Komputasi, Botani Laut, dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Di bidang keorganisasian Penulis pernah bergabung di Keluarga Mahasiswa Ilmu Kelautan Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin sebagai anggota di bidang keilmuan dan keprofesional di periode 2016-2017. Unit Kegiatan Mahasiswa UKM Baset Unhas dan Anggota Muda Marine Science Diving Club (MSDC) Pada tahun 2017. Penulis pernah menjabat sebagai Favorit Putra Maritim Sulawesi Selatan periode 2019-2020 di Paguyuban Putra-Putri Maritim Indonesia Region Sulawesi Selatan. Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Tematik Gelombang 104 pada tahun 2019 di Desa Tamalate, Kecamatan Galesong Utara, Kabupaten Takalar. Sedangkan untuk memperoleh gelar Sarjana Kelautan, Penulis melakukan penelitian yang berjudul **“Estimasi Stok Karbon Pada Padang Lamun Dengan Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh Di Pantai Panrangluhu , Desa Bira Kecamatan Bontobahari Kabupaten Bulukumba,Sulawesi Selatan”** pada tahun 2021 dibawah bimbingan Dr. Ahmad Faizal, ST, M.Si dan Dr. Yuyu Anugrah La Nafie, ST, M.Sc.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Syukur Alhamdulillah, segala puji Penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulisan skripsi dengan judul "Estimasi Stok Karbon Pada Padang Lamun Dengan Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh Dii Pantai Panrangiuhu , Desa Bira Kecamatan Bontobahari, Kabupaten Bulukumba, Sulawesi Selatan" dapat diselesaikan. Skripsi ini disusun berdasarkan data-data hasil penelitian sebagai tugas akhir untuk memperoleh gelar sarjana dari Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin. Dengan adanya penelitian ini, Penulis berharap dapat memberikan manfaat, informasi dan membawa kepada suatu kebaikan.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan yang terdapat dalam skripsi ini. Maka dari itu, Penulis menerima kritik dan saran yang membangun dari para pembaca. Akhirnya, kepada semua pihak yang berperan pada kesempatan ini Penulis mengucapkan banyak terima kasih dengan tumpuan harapan semoga Allah SWT membalas segala budi baik para pihak yang telah berperan dalam penulis ini dan kesemuanya menjadi satu ibadah.

Amin.

Wassalamualaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Makassar, 19 April 2021

Penulis



Muh Nabil Akbar

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
PERNYATAAN AUTHORSHIP	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
UCAPAN TERIMA KASIH	viii
RIWAYAT HIDUP	x
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar belakang	1
B. Tujuan Penelitian	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
A. Lamun.....	3
B. Biomassa.....	4
C. Karbon	4
D. Penginderaan jauh bawah air.....	5
E. Mengetahui kondisi lamun dengan Citra satelit	6
F. Algoritma Lyzenga dalam penginderaan jauh bawah air	7
G. Spesifikasi citra satelit sentinel 2A	9
III. METODE PENELITIAN	11
A. Waktu dan Tempat.....	11
B. Alat dan Bahan	11
1. Alat.....	11
2. Bahan	11
C. Prosedur Penelitian.....	12
1. Pengolahan Citra	12

2. Survei Lapangan	17
3. Analisis Data	21
IV. HASIL	24
A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian	24
1. Kondisi Geografi.....	24
2. Kondisi Oseanografi.....	24
B. Hasil Pengolahan Citra	25
1. DII (Depth Invariant Index)	25
2. Uji ketelitian.....	26
3. Luasan lamun berdasarkan klasifikasi tidak terbimbing (<i>Unsupervised classification</i>).....	27
C. Jenis lamun dan Frekuensi Kemunculan.....	27
D. Persentase tutupan lamun	28
E. Biomassa dan Kandungan Karbon per Jenis Lamun.....	28
F. Stok Karbon per jenis Lamun	30
G. Stok karbon dari masing-masing kategori kondisi lamun	31
H. Biomassa dan stok karbon berdasarkan kondisi lamun.....	32
I. Total stok karbon lamun berdasarkan luasan	33
V. PEMBAHASAN.....	35
A. Jenis lamun dan frekuensi kemunculan	35
B. Persentase tutupan lamun	35
C. Biomassa dan Kandungan Karbon per Jenis Lamun.....	36
D. Stok karbon per jenis lamun.....	37
E. Stok Karbon dari masing-masing kategori kondisi Lamun	38
F. Biomassa dan stok karbon berdasarkan kondisi lamun.....	38
G. Estimasi Total Stok Karbon Lamun Berdasarkan Luasan.....	39
H. Sentinel 2A dan stok karbon lamun.....	39
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	41
A. Kesimpulan.....	41
B. Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42

DAFTAR GAMBAR

NOMOR	HALAMAN
1. Peta lokasi penelitian	12
2. Citra Sentinel-2 akuisisi 28 agustus 2020. Scene Bulukumba	14
3. Citra Komposit band (RGB=432) Sentinel 2A	15
4. Masking daerah lamun	15
5. Citra hasil Depth Invariant Index (DII)	16
6. Peta penentuan titik pengamatan di Lapangan	18
7. Standar estimasi penutupan lamun berdasarkan McKenzie (2003)	19
8. Bagan Alir Penelitian	23
9. Persentase tutupan lamun pada titik-titik sampling di pantai Panrangluhu	28
10. Biomassa (atas dan bawah substrat) per jenis lamun di Perairan Pantai Panrangluhu	29
11. Kandungan Karbon (%) per jenis Lamun (Biomassa atas dan bawah substrat) di Perairan Pantai Panrangluhu.	30
12. Hasil Estimasi stok karbon (grC/m ²) per jenis lamun dan Total di Perairan Pantai Panrangluhu	31
13. Stok karbon berdasarkan kategori kondisi tutupan lamun	32
14. Nilai Biomassa atas (BM-A) dan bawah (BM-B) substrat dan Total dari masing- masing kategori kondisi lamun di Perairan Pantai Pangrangluhu	32
15. Nilai Stok karbon pada Biomassa atas (BM-A) dan bawah (BM-B) substrat dan Total dari masing-masing kategori kondisi lamun di Perairan Pantai Pangrangluhu.	33
16. Peta Rata - rata peta sebaran stok karbon beserta Luasan	34

DAFTAR TABEL

NOMOR	HALAMAN
1. Tingkat kemampuan penyadapan informasi obyek dasar perairan dangkal	6
2. Status Kondisi Padang lamun, KepMen LH No. 200 tahun 2004	17
3. Parameter oseanografi	25
4. Nilai Ki/Kj metode Lyzenga	26
5. Hasil uji ketelitian klasifikasi citra menggunakan algoritma Lyzenga	26
6. Hasil klasifikasi kondisi lamun serta luasannya	27
7. Frekuensi kemunculan Jenis Lamun.(Ket: perbedaan warna menandakan kategori kondisi lamun, merah = miskin; kuning = kurang sehat; hijau=sehat).....	27
8. Luas masing-masing kategori kondisi lamun berdasarkan hasil klasifikasi unsupervised, stok karbon berdasarkan biomass atas permukaan (BM-A) dan bawah permukaan (BM-B) dan total stok karbon (ton)	33

DAFTAR LAMPIRAN

NOMOR	HALAMAN
1. Peta hasil klasifikasi (metode unsupervised) Pantai panrangluhu	48
2. Nilai K_i/K_j pada algoritma Lyzenga	49
3. <i>Kruskall wallis test</i> pada perbedaan rata-rata kandungan karbon dari masing-masing kategori kondisi lamun.....	50
4. Hasil uji lanjut <i>Kruskal-Wallis test</i> dengan menggunakan <i>Dunn's Multiple Comparison Tests</i>	51

I. PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Lamun merupakan kelompok tumbuhan berbunga yang hidup di laut. Tumbuhan ini hidup di habitat perairan pantai yang dangkal (Romimohtarto & Juwana, 2001) dan merupakan komponen pendukung wilayah pesisir dan pantai yang memiliki berbagai fungsi dan manfaat yang tidak bisa tergantikan (Kawaroe, 2016).

Fungsi ekosistem lamun antara lain sebagai peredam kekuatan energi gelombang dan arus menuju pantai, penyedia makanan, dan sebagai tempat perlindungan bagi peranakan biota-biota laut (Heminga dan Duarte, 2000). Selain itu, lamun sebagai produsen primer menyerap karbondioksida melalui proses fotosintesis sehingga berperan dalam mereduksi emisi karbon di udara dan dalam memitigasi perubahan iklim. Karbon terserap ini disimpan sebagai simpanan karbon di dalam jaringan hidup yaitu pada daun (di atas permukaan substrat), rhizoma dan akar (di bawah permukaan substrat) dan pada sedimen (Alongi et al, 2016). Kemampuan padang lamun dalam menyerap karbon lebih baik dan lebih besar dibandingkan ekosistem pesisir lainnya. Selain itu, karbon yang telah diendapkan mampu dipertahankan hingga jutaan tahun (Nellemann, 2009) sehingga lebih meningkatkan peranan lamun sebagai penyimpan karbon.

Pemetaan objek perairan dangkal seperti karang, mangrove dan lamun telah banyak dilakukan dengan menggunakan data citra satelit. Namun di Indonesia, khususnya pemetaan stok karbon pada padang lamun dengan menggunakan data citra satelit masih jarang dilakukan walaupun sudah ada beberapa yang telah menggunakan citra satelit untuk mengestimasi stok karbon di lamun. Adapun beberapa penelitian yang telah menggunakan model estimasi stok karbon melalui citra Quickbird level 2A di Pulau Kemujan, Kepulauan Karimunjawa, Jawa Tengah (Hafizt, 2017) dan menggunakan Citra ALOS AVNIR2 di wilayah perairan Nusa Lembongan, Bali (Prawira, 2013). Namun informasi tersebut masih sangat kurang dibandingkan dengan luasan lamun di perairan Indonesia.

Penginderaan jarak jauh adalah salah satu teknik atau metode alternatif yang dapat digunakan untuk mengkaji stok karbon pada suatu wilayah dan dapat memberikan solusi dalam pemantauan area yang relatif luas, pengamatan berkala, serta dapat menjadi sarana tambahan penting untuk metode konvensional (Jaya, 2010). Penginderaan jauh memiliki potensi yang besar untuk pengembangan metode pengukuran stok karbon dalam hal efektivitas biaya, waktu dan pengukuran yang lebih mudah (Hafizt, 2017).

Wilayah pesisir Panrangluhu, Kabupaten Bulukumba memiliki hamparan lamun yang cukup luas. Secara visual sebaran lamun yang ada di Pantai Panrangluhu cukup luas dan kemungkinan memiliki kapasitas yang cukup besar dalam menyimpan karbon, namun informasi mengenai kondisi tutupan serta simpanan karbon lamun di Panrangluhu belum tersedia. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk estimasi simpanan karbon padang lamun di Panrangluhu dengan memanfaatkan teknik penginderaan jarak.

B. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi stok karbon pada lamun di Pantai Panrangluhu, Desa Bira Kecamatan Bontobahari Kabupaten Bulukumba, Sulawesi Selatan dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan data spasial terkait estimasi stok karbon pada padang lamun yang berada di Pantai Panrangluhu, Desa Bira Kecamatan Bontobahari Kabupaten Bulukumba, Sulawesi Selatan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan data spasial terkait estimasi stok karbon pada padang lamun yang berada di Pantai Panrangluhu, Desa Bira Kecamatan Bontobahari Kabupaten Bulukumba, Sulawesi Selatan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Lamun

Lamun merupakan tumbuhan laut monokotil yang secara utuh memiliki perkembangan sistem perakaran dan rhizoma yang baik (Kawaroe, 2009). Ekosistem padang lamun memiliki banyak manfaat, baik secara ekologis maupun ekonomis. Fungsi fisik padang lamun dapat melindungi pantai dari gerusan ombak serta sebagai tempat hidup dan berlindung berbagai organisme (Supriadi *et al.*, 2004).

Lamun dapat ditemukan pada daerah pesisir yang dangkal di daerah tropis dan beriklim sedang. Serta dapat hidup bercampur dengan jenis spesies lamun lain. Lamun juga sering dijumpai pada ekosistem terumbu karang 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 terdapat di perairan laut antara hutan rawa mangrove dan terumbu karang (Dahuri, 2001). Lamun bereproduksi secara seksual ataupun aseksual lamun menghasilkan bunga dan menyebarkan polen dari bunga jantan ke bunga betina (Larkum *et al.*, 2006).

Lamun menghasilkan biji yang akan tetap dorman untuk beberapa bulan, jika menemukan kondisi habitat yang sesuai biji tadi akan tumbuh menjadi tanaman baru. Lamun juga dapat bereproduksi secara aseksual (vegetatif). Perkembangbiakkan secara vegetatif dilakukan dengan cara pemanjangan dan percabangan dari rhizome, dengan cara ini lamun dapat pulih setelah terpaan badai ataupun hilang dimakan oleh herbivora (Coles *et al.*, 2004). Indonesia memiliki 12 jenis lamun sedangkan untuk Asia Tenggara ditemukan 16 jenis yang ditemukan di Filipina. Sebenarnya menurut Kiswara Indonesia memiliki 14 jenis lamun berdasarkan data herbariumnya. Di Indonesia, kondisi padang lamun telah dikategorikan dalam Keputusan Menteri Kependudukan dan Lingkungan Hidup nomor 200/ 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 miskin jika penutupan antara 0-29,9%. Parameter lingkungan yang mempengaruhi distribusi dan pertumbuhan ekosistem padang lamun adalah kecerahan, temperatur, salinitas, substrat, dan kecepatan arus (Rahmawati & Kiswara, 2012)

B. Biomassa

Biomassa adalah total bahan organik yang dihasilkan oleh suatu tumbuhan yang dinyatakan dalam satuan ton berat kering persatuan luas (Rianzani *et al.*, 2016). Nilai biomassa dapat dipengaruhi oleh morfologi dari jenis lamun itu sendiri. Beberapa faktor yang mempengaruhi biomassa pada lamun yaitu nutrient, salinitas, suhu dan cahaya. Pada suhu, jika suhu dibawah 15°C maka akan menyebabkan produktivitas yang terbatas pada lamun, sedangkan pada suhu 10°C tidak adak terjadi pertumbuhan pada lamun, namun tumbuhan tersebut tidak dikatakan telah mati. Biomassa daun pada lamun akan sangat berkurang jika kadar pada sedimen tersebut berupa *silt* dan *clay* memiliki komposisi yang melebihi 15%.

Dikatakan demikian karena substrat juga memiliki hubungan terhadap jumlah kandungan nutrisi yang dapat disimpan oleh lamun tersebut. Ketersediaan nutrisi yang baik akan mempengaruhi fotosintesis pada lamun yang akan dapat membuat peningkatan terhadap biomassa pada daun maupun pada akar seiring dengan ketersediaan nutrisi pada lamun (Assuyuti *et al.*, 2016).

Secara umum biomassa adalah total kandungan material organik suatu organisme hidup pada tempat dan waktu tertentu. Nilai biomassa dipengaruhi oleh morfologi dari jenis lamun itu sendiri. Nilai biomassa juga dapat dipengaruhi oleh kerapatan, dimana semakin tinggi kerapatan lamun maka semakin tinggi biomassa yang dihasilkan (Azizah *et al.*, 2016).

C. Karbon

Karbon merupakan komponen penting penyusun biomassa tanaman diperkirakan kadar karbon sekitar 45–46% bahan kering dari tanaman (Brown, 1997). Akumulasi karbon di dalam padang lamun diperoleh secara langsung dari fiksasi karbon (fotosintesis) berlebih, sebagian dialokasikan secara langsung ke dalam sedimen sebagai rimpang dan akar (Duarte & Cebrián, 1996). Sementara itu, karbon organik secara tidak langsung diperoleh dari filtrasi partikel pada kolom air oleh kanopi lamun yang ditambahkan ke dalam sedimen (Hendriks *et al.*, 2008).

Padang lamun mendukung sebuah biomassa yang penting, namun biomassa menunjukkan persentase kecil dari cadangan karbon pada padang lamun yang lebih didominasi oleh karbon di dalam sedimen (Duarte *et al.*, 2011). Indonesia memiliki padang lamun terluas ke dua setelah Australia yaitu sekitar 30.000 km² (Green & Short, 2003).

Informasi mengenai lamun dan fungsinya sebagai penyimpan karbon masih terbatas terutama di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui fungsi vegetasi tunggal *Enhalus acoroides* sebagai penyimpan karbon dengan menghitung jumlah karbon yang diserap dan yang dilepaskan, serta menghitung jumlah cadangan karbon yang terdapat di dalam vegetasi.

D. Penginderaan jauh bawah air

Penginderaan Jauh adalah ilmu dan seni untuk mendapatkan informasi tentang obyek, daerah, atau gejala dengan cara menggunakan analisis data yang diperoleh dan menggunakan alat tanpa kontak langsung terhadap obyek, daerah, atau gejala yang dikaji (Lillesand dan Kiefer, 1999).

Secara umum gelombang elektromagnetik yang digunakan dalam penginderaan jauh meliputi spektrum cahaya tampak, inframerah dan gelombang mikro. Luasnya wilayah laut dan jangkauan wilayah pesisir Indonesia tentu memiliki tantangan tersendiri, dibutuhkan waktu yang tidak singkat dan tenaga yang tidak sedikit untuk mengetahui potensi yang ada di dalamnya. Dengan berkembangnya teknologi Penginderaan Jauh dan komputisasi SIG telah memberikan pencerahan untuk kemudahan perencanaan dan pengembangan wilayah perairan di Indonesia. Informasi mengenai obyek yang terdapat pada suatu lokasi di permukaan bumi diambil dengan menggunakan sensor satelit, kemudian sesuai dengan tujuan kegiatan yang akan dilakukan, informasi mengenai obyek tersebut diolah, dianalisa, diinterpretasikan dan disajikan dalam bentuk informasi spasial dan peta tematik tata ruang dengan menggunakan SIG, demikian hubungan kedua teknologi secara umum (Ekadinata *et al.*, 2008).

Informasi geospasial yang ditampilkan tentunya tidak hanya sekedar informasi letak dan koordinat namun disertakan pula informasi penggunaan lahan, kondisi pasang surut, potensi perikanan, potensi tambang, potensi penduduk, kebudayaan dan informasi lainnya (Sarno, 2013). Kemampuan penyadapan citra satelit untuk obyek yang berada di bawah permukaan air, rata-rata maksimal 20 meter. Penetrasi cahaya pada perairan yang jernih optimal pada kedalaman 20 meter (Faizal dan Jompa, 2010). (Tabel 1) :

Tabel 1. Tingkat kemampuan penyadapan informasi obyek dasar perairan dangkal

Kenampakan	Tingkat Kemudahan	Kenampakan Pada Citra
Darat	Mudah	Rona gelap (nilai spektral 0)
Batas darat dan laut	Mudah	Dibatasi dengan rona darat gelap dan rona laut terang
Pasir	Sedang - Sulit	Rona mirip dengan terumbu karang mati
Lamun	Sedang - Sulit	Rona mirip dengan terumbu karang mati <50%
Terumbu karang mati	Sedang - Sulit	Rona mirip dengan pasir
Terumbu karang persen tutupan < 50%	Sedang - Sulit	Rona mirip dengan lamun
Terumbu karang persen tutupan >50%	Sedang	Rona cerah berbeda dengan, objek lainnya, namun ada kesulitan dalam menentukan batas dengan persen tutupan <50% dan lamun

(Sumber : Faizal dan Jompa,2010)

Keterangan : **Mudah** : jika obyek dapat langsung dikenali; **Sedang** : jika kenampakan obyek pada citra kurang jelas dan **Sulit** : jika kenampakan obyek pada citra, dalam pengambilan keputusan perlu dianalisis secara deduksi. Kemampuan penyadapan citra satelit untuk obyek yang berada di bawah permukaan air, rata-rata maksimal 20 meter. Penetrasi cahaya pada perairan yang jernih optimal pada kedalaman 20 meter. (Faizal dan Jompa, 2010).

E. Mengetahui kondisi lamun dengan Citra satelit

Pengideraan jauh digunakan untuk penerapan teknologi dalam pemetaan padang lamun, namun selama ini masih sebatas mendeteksi keberadaan padang lamun saja (hanya berupa luasan), belum sampai pada perolehan informasi mengenai kondisi padang lamun seperti presentase tutupan dan kerapatan. Oleh karena itu, diperlukan adanya suatu penelitian yang hasilnya dapat diterapkan dalam perolehan informasi tentang

kondisi padang lamun (Amran, 2011).

Pendeteksian padang lamun menggunakan citra satelit adalah dengan memanfaatkan nilai reflektansi langsung yang khas dari tiap objek didasar perairan yang kemudian direkam oleh sensor. Sinar biru dan hijau adalah 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 (Arief, 2013).

F. Algoritma Lyzenga dalam penginderaan jauh bawah air

Algoritma Lyzenga atau dapat disebut juga *Depth-Invariant Index* (DII) merupakan algoritma yang diterapkan pada citra untuk koreksi kolom perairan. Pada prinsipnya metode ini menggunakan kombinasi band sinar tampak citra satelit. Karena perairan bahama memiliki perairan yang jernih maka teknik ini pernah di uji coba. Sebelumnya teknik ini digambarkan untuk mengetahui kondisi dasar perairan dengan menggunakan citra Landsat berdasarkan nilai pantulan dasar perairan yang diduga dari fungsi linear reflektansi dasar perairan dan fungsi ekponensial kedalaman air (Lyzenga, 1981).

Dalam pengolahan citra satelit untuk pemetaan Lamun, terdapat beberapa metode yang bisa digunakan. Salah satunya adalah metode Lyzenga yaitu dikenal dengan nama metode *depth-invariant index* atau *water column correction* (koreksi kolom air). Koreksi kolom air bertujuan untuk meminimalisir kesalahan identifikasi spektral habitat karena faktor kedalaman. Metode ini menghasilkan indeks dasar yang tidak dipengaruhi kedalaman dan berhasil baik pada perairan dangkal yang jernih seperti di wilayah habitat terumbu karang (Maritorena, 1996).

Salah satu obyek yang dapat dikenali dari citra satelit adalah pengenalan obyek bawah air, hingga kedalaman tertentu. Secara teoritis jika dasar perairan terlihat, maka dapat di bentuk suatu hubungan antara kedalaman perairan dengan sinyal pantul yang diterima oleh sensor. Namun kenyataannya tidak, karena hal ini banyak di pengaruhi oleh parameter lain, seperti kekeruhan air, kandungan klorofil, suspensi sedimen, pantulan dasar perairan dan pembiasan pada atmosfer (Lyzenga, 1981).

Lyzenga (1981) menyatakan bahwa Proses penajaman citra yang digunakan dengan menggunakan algoritma Lyzenga juga banyak digunakan untuk memetakan substrat dasar perairan (karang, pasir dan lamun). Salah satu cara untuk dapat menginterpretasikan objek dasar perairan dangkal yaitu dengan cara melakukan

penggabungan 2 sinar tampak yaitu band 1 dan band 2. Sehingga akan mendapatkan citra baru yang menampakkan dasar perairan dangkal yang lebih informatif. Hasil transformasi citra tersebut di bagi menjadi beberapa kelas dan disesuaikan berdasarkan histogram hasil transformasi.

Metode algoritma Lyzenga dalam prosesnya menggunakan operator Depth Invarian Index (DII) dengan mengikut sertakan koreksi kolom perairan (nilai K_i / K_j). Nilai K_i/K_j dapat menentukan homogenitas suatu perairan dari suatu citra satelit. Salah satu citra satelit yang dapat digunakan untuk mengetahui ekosistem pada kolom perairan adalah citra satelit Sentinel-2A. Menurut Fletcher (2012), data Sentinel-2 merupakan kombinasi data dari beberapa citra satelit seperti citra Landsat dan SPOT. Sentinel-2A telah mengembangkan mutu dan kualitas produk pengindraannya, sehingga pemantauan terumbu karang menggunakan Sentinel-2A mampu menghasilkan tingkat keakuratan yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan citra SPOT dan Landsat (Lyzenga, 1981). Radiansi yang dipantulkan dasar perairan merupakan fungsi linier reflektansi dasar dan fungsi eksponensial kedalaman perairan. Hal tersebut menyebabkan intensitas penetrasi cahaya berkurang secara eksponensial dengan peningkatan kedalaman perairan atau disebut dengan istilah *attenuation*. Lyzenga mengemukakan pendekatan sederhana berbasis citra untuk mengkompensasi pengaruh variabel kedalaman dalam pemetaan dasar perairan yang dikenal dengan teknik koreksi kolom perairan. Prediksi reflektansi dasar perairan yang lebih sulit dibandingkan metode ini menghasilkan Depth Invariant Index (DII) dari setiap pasangan kanal spektral (Wahiddin, 2015).

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).Metode ini menyatakan beberapa anggapan bahwa:

- Hubungan antara pantulan dan exponential attenuation dengan tiap kedalaman adalah linear dengan persamaan sebagai berikut:

$$X_{ij} = \ln(L_i) \dots\dots\dots (Persamaan 1)$$

$$\ln(L_i) = - [(k_i/k_j) \ln(L_j)] \dots\dots\dots (Persamaan 2)$$

Dimana:

L_i dan L_j : nilai reflektansi dari band ke- i dan ke- j

K_i/K_j : adalah ratio *coeffisient attenuation* dari band ke- i dan ke- j

- Nilai ratio koefisien attenuation (K_i/K_j) merupakan nilai hasil determinasi dari transformasi nilai bi-plot pantulan dari dua saluran (L_i dan L_j). Perbandingan data bi-plot tersebut berasal dari dasar yang substratnya seragam kecuali variabel kedalaman dengan persamaan:

$$K_i/K_j = a + \sqrt{\frac{X_i X_j}{X_i + X_j}} \dots \dots \dots \text{(Persamaan 3)}$$

$$\frac{X_i X_j}{X_i + X_j} \dots \dots \dots \text{(Persamaan 4)}$$

Dimana: X_i : Variance of band i, X_j : Variance of band j dan $X_i X_j$: Covariance of band ij.

Algoritma yang disusun digunakan untuk memperoleh gambaran visual lebih baik sehingga obyek dalam sampel dapat terlihat dengan baik untuk diinterpretasikan, dimana pada proses penyusunannya menggunakan dua saluran yaitu saluran 1 dan 2 (logaritma natural). Metode ini merupakan metode yang dikembangkan oleh Siregar (1998) dan Rianti A, (1999) dalam Faizal (2001). Proses penajaman citra yang digunakan dengan menggunakan algoritma Lyzenga juga banyak digunakan untuk memetakan substrat dasar perairan (karang, pasir dan lamun). Salah satu cara untuk mampu menginterpretasikan objek dasar perairan dangkal yaitu melakukan penggabungan 2 sinar tampak yaitu band 1 dan band 2. Sehingga akan di dapat citra baru yang menampakkan dasar perairan dangkal yang lebih informatif. Hasil transformasi citra tersebut dibagi menjadi beberapa kelas berdasarkan histogram hasil transformasi (Lyzenga, 1981).

G. Spesifikasi citra satelit sentinel 2A

Sentinel-2A merupakan salah satu program yang diusung oleh European Commission (EC) dan European Space Agency (ESA). Program ini bertujuan untuk kemajuan pembangunan Eropa dalam penyediaan dan penggunaan informasi pemantauan lingkungan dan keamanan. Peran ESA di GMES Global (Monitoring for Environment and Security) adalah untuk memberikan definisi dan pengembangan elemen berbasis sistem ruang dengan meluncurkan Sentinel-2A yang memiliki resolusi spasial tinggi. Namun dalam perkembangannya ESA sedang mengembangkan lima misi Sentinel, yaitu Sentinel-1, Sentinel-2A, Sentinel-3 dan misi Jason-CS (didasarkan pada konstelasi dua satelit di bidang orbit yang sama).

Sentinel-2A Multi-Spectral Instrument (MSI) memiliki 13 band spektral yang membentang dari yang terlihat dan Visible and Near Infrared (VNIR) ke Short-Wave Infrared (SWIR), dimana citra ini menampilkan empat band spektral di 10 m yaitu biru

klasik (490 nm), hijau (560 nm), merah (665 nm) dan inframerah dekat (842 nm); enam band di 20 m yaitu empat band di vegetasi spektral (705 nm, 740 nm, 783 nm dan 865 nm) dan dua band SWIR besar (1.610 nm dan 2190 nm); dan tiga band pada resolusi spasial 60 m yaitu didedikasikan untuk koreksi atmosfer dan screening awan (443 nm untuk pengambilan aerosol, 945 nm untuk pengambilan uap air dan 1380 nm untuk deteksi awan cirrus) seperti yang digambarkan pada Gambar. 9. Konfigurasi ini, terpilih sebagai kompromi terbaik dari segi kebutuhan pengguna dan kinerja misi, serta biaya dan risiko, tambahan domain spektral (merah) memungkinkan menilai status vegetasi, dan band khusus untuk koreksi awan cirrus pada atmosfer. Selain itu satelit ini memiliki waktu pengamatan rata-rata perorbit adalah 17 menit (ESA, 2012).