

**ESTIMASI STOK KARBON PADANG LAMUN MENGGUNAKAN  
CITRA SPOT-7 DI PERAIRAN PULAU KODINGARENGLOMPO,  
KECAMATAN SANGKARRANG, KOTA MAKASSAR**

**SKRIPSI**

**MUH. RAIS**



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN  
DEPARTEMEN PERIKANAN  
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2021**

**ESTIMASI STOK KARBON PADANG LAMUN MENGGUNAKAN  
CITRA SPOT-7 DI PERAIRAN PULAU KODINGARENGLOMPO,  
KECAMATAN SANGKARRANG, KOTA MAKASSAR**

**MUH. RAIS  
L211 15 503**

**SKRIPSI**

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



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN  
DEPARTEMEN PERIKANAN  
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2021**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**ESTIMASI STOK KARBON PADANG LAMUN MENGGUNAKAN CITRA SPOT-7 DI  
PERAIRAN PULAU KODINGARENG LOMPO, KECAMATAN SANGKARRANG, KOTA  
MAKASSAR**

**Disusun dan diajukan oleh**

**MUH. RAIS  
L211 15 503**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Dr. Supriadi Mashoreng, ST., M.Si  
NIP. 19691201 199503 1 002

Pembimbing Pendamping,

Dwi Fajriyati Inaku, S.Kel, M.Si  
NIP. 19870502 201404 2 001

Ketua Program Studi  
Manajemen Sumberdaya Perairan,



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

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muh. Rais  
NIM : L211 15 503  
Program Studi : Manajemen Sumberdaya Perairan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

Estimasi Stok Karbon Padang Lamun Menggunakan Citra Spot-7 Di Perairan  
Kodingareng Lompo, Kecamatan Sangkarrang, Kota Makassar

Adalah karya tulis 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, 23 Februari 2021

Yang Menyatakan



Muh. Rais

## PERNYATAAN AUTHORSHIP

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muh. Rais  
NIM : L211 15 503  
Program Studi : Manajemen Sumber Daya Perairan  
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

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

Makassar, 23 Februari 2021

Mengetahui,

Ketua Program Studi



Dr. Ir. Nadiarti, M. Sc  
NIP. 196801061991032001

Penulis



Muh. Rais  
NIM. L211 15 503

## ABSTRAK

**Muh. Rais.** L21115503. “Estimasi Stok Karbon Padang Lamun Menggunakan Citra Spot-7 di Perairan Pulau Kodingarenglombo, Kecamatan Sangkarrang, Kota Makassar” dibimbing oleh **Supriadi** sebagai Pembimbing Utama dan **Dwi Fajriati Inaku** sebagai Pembimbing Anggota.

---

Lamun adalah ekosistem yang paling efektif dalam menyerap karbon. Kemampuan lamun untuk menyerap CO<sub>2</sub> dari atmosfer jauh melampaui ekosistem darat. Oleh karena itu keberadaan ekosistem padang lamun sangat penting dalam penyerapan karbon bebas di atmosfer, sehingga padang lamun perlu dilestarikan. Metode pengolahan citra serta informasi mengenai potensi cadangan karbon pada padang lamun selanjutnya dapat dijadikan sebagai dasar pengelolaan stok karbon yang terdapat di pesisir dan pulau-pulau kecil. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi stok karbon padang lamun di perairan Pulau Kodingarenglombo menggunakan teknologi penginderaan jauh. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu informasi secara spasial mengenai informasi stok karbon lamun yang dapat dijadikan sebagai bahan acuan dan pertimbangan dalam kegiatan pengelolaan ekosistem padang lamun yang berkelanjutan. Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Maret sampai Agustus 2020. Tahap survey lapangan yaitu mengidentifikasi persentase penutupan jenis padang lamun sebanyak 62 plot titik. Stok karbon lamun diketahui berdasarkan data persentase tutupan lamun menggunakan persamaan regresi. Estimasi stok karbon padang lamun pada daerah kajian dibedakan menjadi dua yaitu AGC dan BGC. Tahap pengolahan citra yaitu dengan menggunakan algoritma *regresi random forest* dalam memetakan stok karbon lamun. Hasil survei penelitian ini mendapatkan enam jenis lamun yaitu *Cymodocea rotundata*, *Enhalus acoroides*, *Halodule uninervis*, *Halophila ovalis*, *Thalassia hemprichii* dan *Syringodium isoetifolium* dan didominasi oleh 2 jenis lamun yaitu *Thalassia hemprichii* dan *Enhalus acoroides*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penginderaan jauh dapat digunakan untuk memetakan stok karbon lamun. Stok karbon lamun dapat dipetakan dengan akurasi maksimum 67% (SE = 1,96 KgC/Piksel), 85% (SE = 7,86 KgC/Piksel) untuk AGC dan BGC. Dari model tersebut, total stok karbon ekosistem pada lamun di perairan Pulau Kodingarenglombo diperkirakan sekitar 178, 98 ton karbon organik dengan luas padang lamun yaitu 81,29 hektar. Ketersediaan peta stok karbon lamun sangat penting untuk memberikan pemahaman yang lebih baik tentang sebaran dinamika karbon spasial dan temporal. Selain itu, peta stok karbon bermanfaat untuk membantu berbagai kegiatan pengelolaan termasuk menentukan kawasan lindung, membantu proses konservasi, penetapan baseline inventarisasi sumber daya alam, dan evaluasi.

Kata Kunci : Lamun, SPOT-7, Random Forest, Persentase Tutupan, Stok Karbon, Pulau Kodingarenglombo

## ABSTRACT

**Muh. Rais.** L21115503. "Estimated Seagrass Beds Carbon Stock Using Spot-7 Imagery in the Waters of Kodingarenglompo Island, Sangkarrang District, Makassar City" was guided by Supriadi as The Main Supervisor and Dwi Fajriati Inaku as Member Supervisor.

---

Seagrass is the most effective ecosystem in absorbing carbon. Seagrass's ability to absorb CO<sub>2</sub> from the atmosphere far outpaces land ecosystems. Therefore, the existence of seagrass ecosystems is very important in the absorption of free carbon in the atmosphere so, seagrass beds need to be preserved. The method of processing imagery and information about potential carbon reserves in seagrass beds can then be used as the basis for managing carbon stocks found on the coast and small islands. This study aims to estimate seagrass carbon stocks in the waters of Kodingarenglompo Island using remote sensing technology. The results of this research are expected to be one of spatial information about seagrass carbon stock information that can be used as a reference and consideration in sustainable seagrass ecosystem management activities. This research was conducted from March to August 2020. The field survey stage is to identify the percentage of seagrass species closing as much as 62 plot points. Seagrass carbon stocks are known based on seagrass cover percentage data using regression equations. The estimated carbon stock of seagrass beds in the study area is distinguished into two namely AGC and BGC. The stage of image processing is by using random forest regression algorithm in mapping seagrass carbon stock. The results of this study showed that there are six types of seagrasses namely *Cymodocea rotundata*, *Enhalus acoroides*, *Halodule uninervis*, *Halophila ovalis*, *Thalassia hemprichii* and *Syringodium isoetifolium* and dominated by 2 types of seagrass namely *Thalassia hemprichii* and *Enhalus acoroides*. The results showed that remote sensing could be used to map seagrass carbon stocks. Seagrass carbon stocks can be mapped with a maximum accuracy of 67% (SE = 1.96 KgC/Pixel), 85% (SE = 7.86 KgC/Pixel) for AGC and BGC. From this model, the total carbon stock of ecosystems in seagrasses in the waters of Kodingarenglompo Island is estimated at 178.98 tons of organic carbon with a seagrass field area of 81.29 hectares. The availability of seagrass carbon stock maps is essential to provide a better understanding of the distribution of spatial and temporal carbon dynamics. In addition, carbon stock maps are useful to assist a variety of management activities including determining protected areas, assisting with conservation processes, determining natural resource inventory baselines, and evaluating.

Keywords : Seagrass, SPOT-7, Random Forest, Percentage Cover, Carbon Stocks, Kodingarenglompo Island

## KATA PENGANTAR

Segala puja dan puji syukur kehadirat Allah SWT, atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan Departemen Perikanan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin ini dengan judul **“Estimasi Stok Karbon Padang Lamun Menggunakan Citra Spot-7 Di Perairan Pulau Kodingarenglompo, Kecamatan Sangkarrang, Kota Makassar”**. Skripsi ini merupakan salah satu syarat kelulusan dalam memperoleh gelar sarjana.

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. **Bapak Dr. Supriadi, ST., M.Si** selaku Pembimbing Utama dan **Ibu Dwi Fajriyati Inaku, S.Kel., M.Si** selaku pembimbing kedua yang telah banyak memberikan motivasi dan dorongan hingga terselesainya skripsi penelitian ini.
2. **Ibu Dr. Ir. Dewi Yanuarita, M.Si** dan **Ibu Dr. Nita Rukminasari, S.Pi, MP.** sebagai dosen penguji yang telah meluangkan waktunya dan memberikan banyak masukan agar skripsi penelitian ini bisa lebih baik.
3. Dekan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Ketua Program Studi Manajemen Sumberdaya perairan dan seluruh staff dan pengajar.
4. Bapak Athar Abdulrahman B, S.Si dan Bapak Zhylzal S.Si., M.Sc yang telah membimbing proses pengolahan data di Stasiun Bumi Penginderaan Jauh-Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN).
5. Ibu Wilma J.C. Moka, S.Kel., M.Agr., Ph.D. yang telah mensupport penelitian ini melalui hibah penelitian internal UNHAS.
6. Kepada Bapak Muh. Akis dan Ibu Nurlinda selaku orang tua yang telah mengasuh, membesarkan mendidik penulis dengan seluruh kemampuannya serta ketabahan dan kesabaran juga doa-doa yang tak pernah henti dipanjatkan demi keberhasilan penulis dalam menuntut ilmu, serta seluruh keluarga tercinta atas segala doa dan dukungannya.
7. Kepada saudara Rizkyawan Alwi, Adi Saputro, Rahmat Maulana, Privendhy dan A. Ade Ikram sebagai pendukung utama penulis dalam pengerjaan penyusunan skripsi.
8. Kepada saudara seperjuangan Manajemen Sumberdaya Perairan (MSP) 15 yang memberikan banyak dukungan dan kontribusinya dalam pengerjaan skripsi.



9. Semua pihak yang ikut membantu baik secara langsung maupun tak langsung yang tak sempat saya sebutkan namanya satu persatu dalam penyusunan skripsi ini.

Tentu, penulis telah berusaha sebaik mungkin agar skripsi ini dapat dipersembahkan dengan baik di hadapan pembaca. Namun tentunya penulis juga menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam proposal ini. Baik kekurangan dari segi isi skripsi maupun struktur penulisan skripsi.

Makassar, 23 Februari 2021

Penulis

Muh. Rais

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Muh. Rais. Lahir di Wajo pada tanggal 28 Januari 1997, dan merupakan anak dari pasangan bapak Muh. Akis dan ibu Nurlinda. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Riwayat pendidikan penulis dimulai pada umur 6 tahun pada Sekolah Dasar SDN 021 Monto, Luwu Utara dan lulus pada tahun 2009. Setelah itu penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 3 Sabbang, Luwu Utara dan lulus pada tahun 2012. Kemudian jenjang pendidikan Menengah Atas di SMA Negeri 13 Makassar, dan berhasil lulus pada tahun 2015. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan di Perguruan Tinggi Negeri Universitas Hasanuddin, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Departemen Perikanan pada Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan pada tahun 2015. Selama menjalani studi sebagai mahasiswa, penulis aktif pada organisasi kemahasiswaan perikanan (KEMAPI), serta menjabat sebagai BPH KMP MSP KEMAPI FIKP UH. Penulis juga aktif sebagai asisten Planktonologi dan Limnologi (2018-2019), asisten Pemetaan Sumberdaya Perairan (2019-2020). Penulis menyelesaikan rangkaian tugas akhir yaitu Kuliah Kerja Nyata (KKN Tematik) di Desa Wawondula, Kecamatan Towuti, Kabupaten Luwu Timur angkatan 102 tahun 2019. Praktik Kerja Lapangan (PKL) di LAPAN Parepare dengan judul “Pemetaan Habitat Bentik Perairan Dangkal Di Pulau Barranglompo, Kota Makassar Berbasis Penginderaan Jauh”.

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xv</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Tujuan dan Kegunaan .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
A. Karbon Biru .....	4
B. Lamun.....	5
C. Peranan Padang Lamun .....	7
D. Peranan Padang Lamun Sebagai penyimpanan Karbon .....	7
E. Penginderaan Jauh .....	8
F. Pantulan Spektral Padang Lamun .....	10
G. Random Forest.....	13
H. Penelitian Terkait .....	14
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>16</b>
A. Waktu dan Tempat .....	16
B. Alat dan Bahan .....	16
1. Alat.....	16
2. Bahan .....	17
C. Prosedur Penelitian .....	17
1. Penentuan Stasiun Pengamatan .....	17
2. Pengolahan Data Citra SPOT-7 .....	18
a. Koreksi Radiometri .....	18
b. Koreksi Geometrik .....	19
c. <i>Cropping</i> Citra .....	19
d. Menghilangkan Nilai Daratan ( <i>Land Masking</i> ) .....	19
e. Koreksi Kolom Air ( <i>Deep Invariance Index</i> ) .....	19
f. Menghilangkan Nilai Selain Lamun ( <i>Seagrass Masking</i> ) .....	20
g. Mengklasifikasi Persentase Tutupan Lamun .....	20
h. Perolehan Citra Tematik Stok Karbon.....	20

3. Survei Lapangan Padang Lamun .....	20
4. Pendugaan Stok Karbon Lamun .....	21
5. Analisi Data .....	22
6. Uji Akurasi .....	22
<b>IV. HASIL.....</b>	<b>24</b>
A. Klasifikasi Padang Lamun.....	24
B. Persentase Tutupan Padang Lamun .....	27
C. Pemetaan Stok Karbon Padang Lamun .....	27
D. Estimasi Total Cadangan Karbon Padang Lamun .....	32
<b>V. PEMBAHASAN .....</b>	<b>33</b>
A. Klasifikasi Padang Lamun.....	33
B. Pemetaan Persentase Tutupan Lamun .....	34
C. Pemetaan Stok Karbon Padang Lamun .....	35
D. Estimasi Total Cadangan Karbon .....	36
<b>V. PENUTUP .....</b>	<b>39</b>
A. Kesimpulan.....	39
A. Saran .....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>40</b>
<b>Lampiran .....</b>	<b>45</b>

## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Alur Penyerapan dan penyimpanan Karbon oleh Mangrove dan Padang Lamun ...	5
2. Peta sebaran jenis lamun di Indonesia.....	6
3. Kurva reflektansi spektral untuk vegetasi (tumbuhan), soil (tanah), water (air) .....	9
4. Mekanisme perekaman oleh sensor satelit .....	9
5. Pola reflektansi lima jenis lamun.....	11
6. Reflektansi cahaya yang mengenai permukaan daun lamun .....	12
7. Diagram alir mekanisme kerja imageRF pada software EnMap Box.....	14
8. Peta lokasi penelitian .....	16
9. Peta Lokasi Pengambilan Sampel .....	18
10. Persentase tutupan dan kode spesies lamun.....	21
11. Alur Kerja Penelitian .....	23
12. Hasil klasifikasi <i>supervised maximum likelihood</i> .....	24
13. Peta persentase tutupan lamun di perairan Pulau Kodingarenglompo.....	26
14. Peta sebaran karbon bagian atas (AGC) di Pulau Kodingarenglompo.....	29
15. Peta sebaran karbon bagian bawah (BGC) di Pulau Kodingarenglompo.....	30
16. Grafik korelasi BGC lamun dengan AGC lamun .....	31

## DAFTAR TABEL

<b>Nomor</b>	<b>Halaman</b>
1. Ciri karakteristik citra satelit SPOT-7 .....	12
2. Persamaan regresi polynomial antara penutupan dengan simpanan karbon lamun .....	22
3. Persentase tutupan dan jenis lamun tiap plot.....	25
4. Stok karbon atas (AGC) dan stok karbon bawah (BGC) tiap plot .....	27
5. Nilai Standard error of estimate (SE) dan % akurasi model stok karbon .....	31
6. Nilai stok karbon padang lamun pada AGC dan BGC .....	32

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Nomor</b>	<b>Halaman</b>
1. Hasil Koreksi Atmosferik Metode FLASSH.....	46
2. Hasil Koreksi Geometrik.....	47
3. Grafik regresi dan koefisien determinasi citra koreksi kolom air .....	48
4. Plot uji akurasi persen tutupan lamun dan stok karbon.....	49
5. Perhitungan SE dan % akurasi stok karbon lamun .....	50

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Padang lamun merupakan suatu ekosistem di kawasan pesisir yang memiliki tingkat keanekaragaman hayati yang cukup tinggi dan sebagai penyumbang nutrisi yang potensial bagi perairan di sekitarnya karena memiliki tingkat produktivitas yang tinggi. Lamun selain berperan sebagai produsen utama juga dapat menjadi penyerap dan penyimpan karbon dimana gas karbondioksida yang terlarut dalam kolom air akan diserap oleh lamun (Lembi, 2014). Padang lamun melakukan penyerapan karbon jangka panjang melalui deposisi karbon ke sedimen mencapai 10-50 kali lebih baik dari pada ekosistem di darat (Laffoley dan Grimsditch, 2015). Karbon yang tersimpan dalam padang lamun juga mampu dipertahankan lebih lama hingga jutaan tahun dibanding dengan ekosistem pesisir lainnya. Karbon yang tersimpan di dalam ekosistem lamun disebut sebagai *blue carbon* atau karbon biru. Besarnya daya serap dan penyimpanan karbon yang dimiliki padang lamun menjadikan padang lamun sebagai salah satu fokus utama *blue carbon* (Brief, 2017). Oleh karena itu keberadaan ekosistem padang lamun sangat penting dalam penyerapan karbon bebas di atmosfer.

Kepulauan Spermonde memiliki kandungan ekosistem padang lamun yang cukup besar dengan spesies yang cukup banyak. Kepulauan Spermonde memiliki sebaran lamun yang luas dengan potensi keanekaragaman lamun yang cukup tinggi dengan memiliki 7 jenis lamun (Gosari *et al.*, 2013). Informasi mengenai stok Karbon yang tersimpan pada padang lamun di Kepulauan Spermonde masih sangat sedikit, padahal kondisi padang lamun di beberapa pulau di kepulauan spermonde masih tergolong baik. Salah satu pulau yang juga terdapat di wilayah kepulauan Spermonde yang memiliki hamparan padang lamun yang cukup luas adalah Pulau Kodingarenglompo. Potensi pulau ini belum banyak terungkap khususnya stok karbon ekosistem padang lamun dimana fungsi dari ekosistem ini sebagai penyerap karbon belum banyak diketahui. Agar potensi ini dapat dimanfaatkan secara optimal maka diperlukan suatu manajemen yang berkelanjutan untuk melindungi bahkan meningkatkan luasan padang lamun yang ada di Indonesia. Pengelolaan ekosistem lamun dapat dilakukan dengan cara memahami distribusi padang lamun dalam konteks spasial yang berhubungan langsung dengan kandungan karbonnya menggunakan teknologi penginderaan jauh (Hafizt, 2013).

Penginderaan jauh memiliki kemampuan untuk menembus tubuh air melalui saluran tampak untuk mengidentifikasi habitat dasar termasuk padang lamun, dimana cahaya masih melimpah pada kedalaman tersebut. Penginderaan jauh memiliki kemampuan untuk menyediakan data *spatio-temporal* tentang sumber daya alam, termasuk dinamika karbon



di berbagai ekosistem darat dan pesisir (Wicaksono *et al.*, 2011). IPCC (2003), menyatakan bahwa data yang dapat digunakan untuk pengukuran karbon harus lengkap, representatif, konsisten waktu, dan transparan. Penginderaan jauh mampu memenuhi tiga persyaratan tersebut. Memanfaatkan kemampuan alat bantu teknologi penginderaan jauh, maka dapat menentukan estimasi stok karbon di padang lamun secara efektif dan efisien serta menyeluruh.

Informasi yang berkaitan dengan kemampuan padang lamun untuk menyimpan cadangan karbon atau stok karbon telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Mashoreng *et al.* (2018), meneliti hubungan antara persen tutupan dan stok karbon padang lamun di Pulau Barrang Lompo dan menghasilkan persamaan regresi untuk mengetahui stok karbon lamun berdasarkan persen tutupan lamun. Pada perairan yang sama yaitu di Pulau Kodingarenglombo, Rahmadani (2019) menghitung kandungan karbon yang dapat disimpan oleh lamun pada tiga kompartemen yaitu akar, daun, dan sedimen. Indriani *et al.* (2017) juga melakukan penelitian cadangan karbon yang tersimpan di area padang lamun pesisir pulau Bintan, Kepulauan Riau, penelitian tersebut menunjukkan bahwa estimasi stok karbon sedimen lebih besar dibanding stok karbon dari biomassa lamun. Pada tahun yang sama di Pulau Bintan, Irawan (2017) meneliti potensi cadangan dan serapan karbon oleh padang lamun di bagian utara dan timur pulau dan berhasil mengestimasi cadangan dan serapan karbon pada sisi utara dan timur pulau.

Penelitian stok karbon lamun juga pernah dilakukan di perairan Australia dan Kenya. Samper-villarreal *et al.* (2018) meneliti perbedaan nilai karbon lamun antara wilayah pesisir dan aliran sungai di Teluk Moreton, Australia, hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa karbon atas di wilayah pesisir dan aliran sungai nilainya sama, karbon bawah lebih tinggi di pesisir, sedangkan karbon sedimen lebih tinggi pada aliran sungai. Juma *et al.* (2020) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa stok karbon memiliki perbedaan secara signifikan pada dua anak sungai di Teluk Gazi, Kenya.

Penelitian-penelitian stok karbon lamun tersebut umumnya belum bisa mengkalkulasi total karbon secara keseluruhan di lokasi kajian. Berbagai penelitian yang menggunakan penginderaan jauh dalam mengestimasi stok karbon lamun telah banyak dilakukan. Wicaksono (2015) yang memanfaatkan beberapa citra beresolusi tinggi dan berhasil membuat model pemetaan dalam mengestimasi stok karbon lamun di Kepulauan Karimunjawa dengan akurasi yang baik. Hafizt (2013) melakukan kajian estimasi *standing carbon stock* padang lamun menggunakan citra Quickbird di Pulau Kemujan, dengan hasil penelitian dapat mengestimasi stok karbon di pulau tersebut dengan membagi menjadi kelas *E. acoroides* dan non-*E. acoroides*. Oleh karena itu, dilakukan kajian lanjutan pada penelitian ini menggunakan teknologi penginderaan jauh dengan memanfaatkan citra

SPOT-7 untuk mendapatkan informasi distribusi spasial stok karbon padang lamun di perairan Pulau Kodingarenglompo.

## **B. Tujuan dan Kegunaan**

Tujuan dari penelitian yang dilaksanakan yaitu untuk mengestimasi stok karbon padang lamun di perairan Pulau Kodingarenglompo menggunakan teknologi penginderaan jauh. Kegunaan dari penelitian yang dilaksanakan yaitu, dapat melakukan inventarisasi informasi biofisik padang lamun di perairan Pulau Kodingarenglompo menggunakan citra resolusi tinggi SPOT-7 dan mengetahui besarnya estimasi stok karbon padang lamun serta distribusinya di Kodingarenglompo, yang nantinya dapat dijadikan sebagai dasar untuk menjaga dan mengelola keseimbangan ekosistem tersebut sebagai penyerap karbon.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

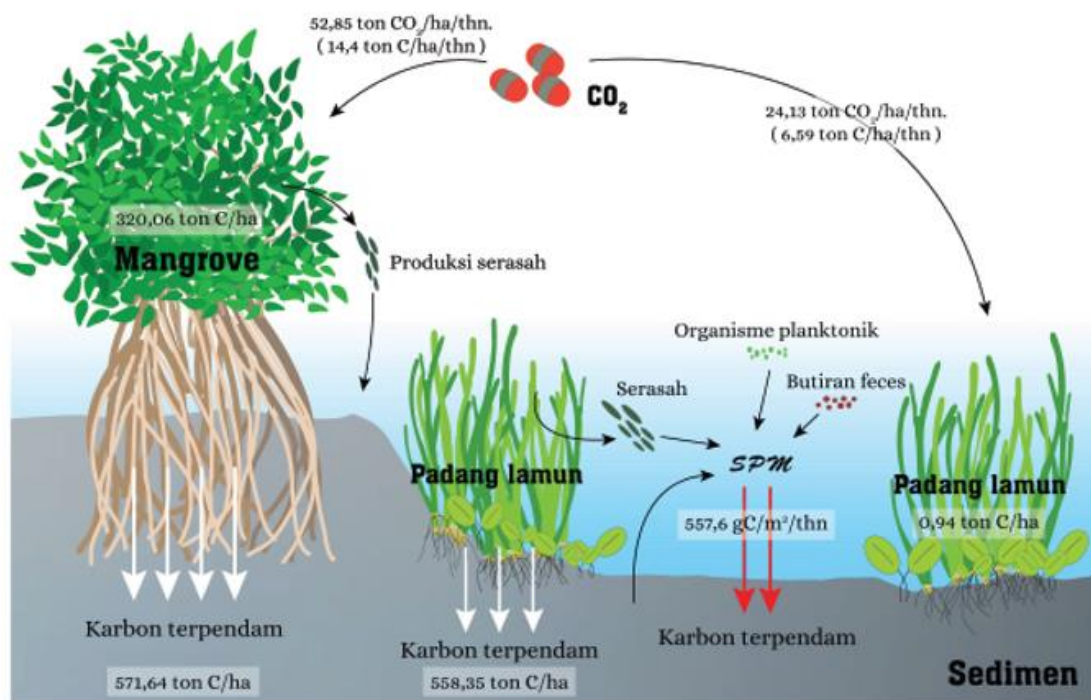
### A. Karbon Biru

Karbon merupakan komponen penting penyusun biomassa tanaman. Hasil rangkuman berbagai studi terhadap berbagai jenis pohon diperkirakan kadar karbon sekitar 45–46% bahan kering dari tanaman (Brown, 1997). Tempat penyimpanan utama karbon adalah dalam biomassa pohon (termasuk bagian atas yang meliputi batang, cabang, ranting, daun, bunga dan buah, bagian bawah yang meliputi akar), bahan organik mati (nekromassa), serasah, tanah, dan yang tersimpan dalam bentuk produk kayu. (Kumar dan Ramachandran Nair, 2011)

Karbon merupakan zat yang telah ada semenjak proses terbentuknya bumi. Karbon terdapat pada semua benda mati dan makhluk hidup. Karbon terdapat di udara dalam bentuk gas karbondioksida. Pada tumbuhan, karbon terdapat pada batang, daun, akar, buah, juga pada daun-daun kering yang telah berguguran. Sebagian karbon pada tumbuhan membentuk suatu zat yang disebut hidrat arang atau karbohidrat. Hidrat arang merupakan zat yang sangat dibutuhkan oleh manusia maupun hewan sebagai sumber tenaga dan pertumbuhan. Karbon dari tumbuhan berpindah ke tubuh manusia dan hewan ketika mereka memakannya.

*Blue carbon* merupakan konsep baru untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub> di Bumi dengan memanfaatkan keberadaan hutan mangrove, padang lamun, rumput laut dan ekosistem pesisir. Vegetasi pesisir ini diyakini mampu menyimpan karbon 100 kali lebih cepat dan lebih permanen dibandingkan dengan hutan di daratan. *Blue carbon sink* adalah segala habitat pesisir atau laut dengan kemampuan untuk menyerap CO<sub>2</sub> dari atmosfer. Di antara *blue carbon sink*, habitat pesisir bervegetasi (*vegetated coastal habitats*) yang terdiri dari padang lamun, mangrove, dan rawa garam, adalah salah satu kolam karbon terpadat di bumi. Kemampuan habitat pesisir bervegetasi untuk melakukan penyerapan karbon jangka panjang melalui penguburan karbon ke sedimen mencapai 10-50 kali lebih baik daripada habitat darat (Laffoley dan Grimsditch, 2015).

Karbon biru pesisir adalah salah satu layanan yang terdapat pada kawasan pesisir yang diberikan oleh ekosistem mangrove dan lamun (*Seagrass*). Padang lamun merupakan salah satu potensi karbon biru pesisir karena berperan dalam pemanfaatan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) untuk proses fotosintesis dan menyimpannya dalam stok biomassa dan sedimen. Karbon diakumulasi pada biomassa bagian atas dan bawah serta dalam sedimen. Karbon yang terakumulasi dalam biomassa lamun dapat mengalami resirkulasi untuk kembali ke atmosfer melalui mekanisme respirasi dan dekomposisi Seperti yang disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penyerapan dan penyimpanan Karbon oleh Mangrove dan Padang Lamun

Ekosistem laut dan darat membantu mengatur iklim bumi dengan menambahkan dan mengurangi efek gas rumah kaca (*Greenhouse gas/GHG*s) seperti karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dari dan ke atmosfer. Rawa pantai, mangrove dan lamun secara khususnya menyimpan sejumlah besar karbon dalam sedimen, daun, dan bentuk-bentuk biomassa lainnya. Ekosistem laut mengumpulkan karbon dalam sedimen, menciptakan penyimpanan jangka panjang yang besar. Dengan menyimpan karbon, ekosistem laut menjaga CO<sub>2</sub> keluar dari atmosfer sehingga akan berkontribusi pada perubahan iklim. Aktivitas manajemen yang mengubah tutupan vegetasi pantai, seperti restorasi padang lamun dan membersihkan hutan bakau, mengubah kemampuan daerah pesisir dan laut untuk menyimpan dan menyerap karbon (Nelson *et al.*, 2018).

## B. Lamun

Lamun adalah tumbuhan berbunga (Angiospermae) yang hidup terendam dalam kolom air dan berkembang dengan baik di perairan laut dangkal. Tumbuhan lamun terdiri dari daun dan seludang, batang menjalar yang biasanya disebut rimpang (*rhizome*), dan akar yang tumbuh pada bagian rimpang (Kuo, 2007). Lamun merupakan tumbuhan yang memiliki kemampuan beradaptasi secara penuh di perairan yang memiliki fluktuasi salinitas tinggi, hidup terbenam di dalam air dan memiliki rimpang, daun, dan akar sejati (Graha *et al.*, 2016). Tumbuhan ini tumbuh subur terutama di daerah perairan terbuka pasang surut

yang memiliki dasar berupa lumpur, pasir, kerikil, dan patahan karang mati, sampai dengan kedalaman 4 meter (Nontji, 2002).

Di perairan pantai, lamun tumbuh membentuk hamparan yang disebut padang lamun. Hamparan vegetasi lamun yang menutup suatu area pesisir/ laut dangkal, terbentuk dari satu jenis atau lebih dengan kerapatan padat atau jarang. Lamun tumbuh pada sedimen dasar laut dengan daun yang panjang dan tegak dan batang yang terbenam dalam sedimen (*rhizome*) serta akar (Short *et al.* 2007). Padang lamun merupakan suatu ekosistem di kawasan pesisir yang memiliki tingkat keanekaragaman hayati yang cukup tinggi dan sebagai penyumbang nutrisi yang sangat potensial bagi perairan disekitarnya karena memiliki tingkat produktivitas yang tinggi. Ekosistem padang lamun memberikan habitat bagi biota laut. Disebut padang lamun karena ekosistem padang lamun tersebut berasosiasi dengan berbagai jenis biota laut yang bernilai sangat penting dengan tingkat keragamannya yang tinggi (Kamaruddin *et al.*, 2016).

Indonesia memiliki 12 jenis lamun yaitu *Enhalus acoroides*, *Thalassia hemprichii*, *Cymodocea rotundata*, *Cymodocea Serrulata*, *Halophila decipiens*, *Halophila minor*, *Halophila Ovalis*, *Halophila Spinulosa*, *Halodule pinifolia*, *Halodule Uninervis*, *Syringodium isoetifolium*, dan *Thalassodendron ciliatum*. Sebenarnya Indonesia memiliki 2 jenis lamun berupa herbarium di museum herbarium Bogor, tetapi sampai saat ini 1 spesies masih belum ditemukan diperairan yaitu lamun jenis *Halophila beccarii* satu jenis lainnya yaitu jenis *Ruppia maritima* yang herbariumnya dapat ditemukan di Ancol, Jakarta dan Pasir Putih, Jawa Timur (Green dan Short, 2010). Pada tahun 2007, Kuo menemukan 1 spesies lamun di Kepulauan Spermonde yaitu *Halophila sulawesii*, sehingga saat ini Indonesia memiliki 15 jenis lamun tersaji pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta sebaran jenis lamun di Indonesia (Sumber: Hernawan *et al.*, 2017)

### **C. Peranan Padang Lamun**

Padang lamun memiliki peranan ekologi penting bagi lingkungan laut dangkal dan juga penyedia jasa bagi manusia (Kiswara dan Hutomo, 1985). Peranan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Sebagai produsen primer, sebagian besar karbon organik difiksasi oleh lamun untuk masuk kedalam rantai makanan baik melalui pemangsaan oleh herbivora maupun melalui proses dekomposisi serasah (Kiswara dan Hutomo, 1985).
2. Sebagai habitat bagi biota, banyak biota yang memanfaatkan lamun sebagai tempat perlindungan dan juga alga yang menempel pada lamun (Kiswara dan Hutomo 1985). menemukan bahwa padang lamun dijadikan oleh beberapa jenis ikan sebagai daerah asuhan dan daerah penggembalaan.
3. Sebagai penangkap sedimen: Daun lamun yang lebat akan memperlambat air yang disebabkan oleh arus dan ombak, sehingga perairan disekitarnya menjadi tenang. Disamping itu, rimpang dan akar lamun dapat menahan dan mengikat sedimen, sehingga dapat menguatkan dan menstabilkan dasar permukaan (Thorhaug & Austin, 1976).
4. Sebagai pendaur zat hara, metabolisme lamun dan struktur dari padang lamun berpengaruh pada kondisi fisik dan kimia badan air dan sedimen tempat lamun tumbuh. Sehingga lamun mampu mengurai bahan organik menjadi nutrisi yang dibutuhkan lamun sendiri maupun biota lainnya (Marba *et al.*, 2001) sebagai penunjang kehidupan sehari-hari manusia. Beberapa masyarakat pantai di dunia menggunakan lamun sebagai sumber pupuk hijau, bahan makanan, bahan baku untuk tempat tinggal, tikar, pengisi bantal, bahan pembuat tali (Romimohtarto & Djuwana, 2007). Daun dari *Halophila ovata* biasa digunakan sebagai bahan dasar menyembuhkan berbagai penyakit kulit (Kenworthy *et al.*, 2000).
5. Mampu memfiksasi CO<sub>2</sub> terutama dalam bentuk bikarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) untuk fotosintesis dalam pembentukan biomassa (Beer *et al.*, 2002) yang kemudian sebagian besar masuk ke dalam sistem daur rantai makanan.
6. Sebagai penghasil oksigen (Nybakken, 1988).
7. Mampu menjadi bioindikator bagi limbah-limbah logam (Rustam *et al.* 2015).

### **D. Peranan Padang Lamun Sebagai penyimpanan Karbon**

Peranan padang lamun yang mampu memfiksasi CO<sub>2</sub> menjadikannya dapat menyimpan karbon dalam biomassa maupun sedimennya. Menurut penelitian *Nature Geosciences* oleh (Fourqurean *et al.*, 2012), hamparan ini menyimpan 19.9 miliar metrik

ton karbon, walaupun luasannya hanya 0.2% dari permukaan bumi. Temuan ini mendukung ide yang menyatakan bahwa melindungi padang lamun dan melakukan restorasi bisa menjadi sebuah langkah signifikan untuk mencegah perubahan iklim. Setelah melakukan studi di hampir seribu hamparan padang lamun di seluruh dunia, penelitian ini menemukan bahwa ekosistem ini mampu menyimpan 83.000 metrik ton karbon dalam setiap kilometer persegi. Angka ini adalah dua kali lipat dari kemampuan hutan menyerap karbon: yaitu sekitar 30.000 metrik ton dalam setiap kilometer persegi. Dengan kemampuan menyimpan karbon di bagian tanah, para peneliti menyatakan bahwa hamparan lamun menyimpan 10% dari kandungan karbon di lautan di seluruh dunia.

Penyimpanan karbon dalam ekosistem lamun terbagi dalam 3 kompartemen yaitu biomassa hidup lamun bagian atas, meliputi batang dan helai daun, biomassa lamun bagian bawah, meliputi rimpang dan akar lamun, dan sedimen, baik yang bersumber dari ekosistem (*autochthonous*), maupun dari luar ekosistem (*allochthonous*) (Fourqurean, 2014). Kandungan karbon terbesar ekosistem lamun berada pada cadangan karbon sedimen. Pada umumnya, lamun tumbuh pada sedimen karbonat (pasir dari pecahan cangkang dan pecahan karang) yang tinggi kandungan karbonnya, sedangkan penyimpanan karbon berdasarkan cadangan karbon biomassa sangat rendah dibandingkan dua ekosistem karbon biru lainnya yaitu mangrove dan rawa payau. Namun, sistem perakaran lamun yang kompleks dan padat membuat karbon dalam sedimen terperangkap dan terus bertambah seiring dengan bertambah luasnya padang lamun (Rustam *et al.*, 2019). Secara geografis, stok karbon pada sedimen lamun di daerah tropis relatif tinggi (Mashoreng *et al.*, 2018).

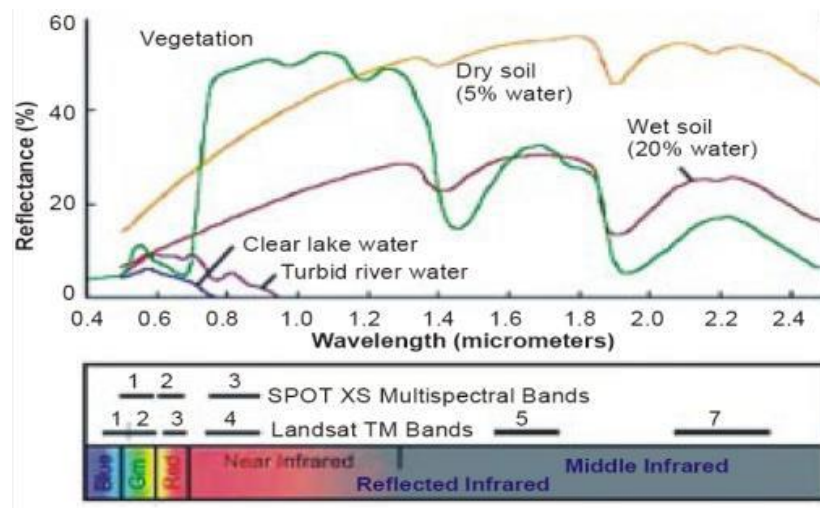
## **E. Penginderaan Jauh**

Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang penginderaan jauh, hasil perekaman wahana penginderaan jauh ini merupakan alternatif terbaik untuk dapat membantu mendeteksi kondisi permukaan bumi. Sebagai mana diketahui bahwa faktor kunci dalam penginderaan jauh adalah arah dari energi gelombang/sinar matahari, refleksi, refraksi, hamburan yang mana porsi distribusi dari energi (refleksi, refraksi, hamburan) tergantung pada sudut datang energi matahari dan material objeknya.

Grafik reflektansi spektral suatu obyek sebagai fungsi panjang gelombang disebut kurva reflektansi spektral. Konfigurasi kurva reflektansi spektral memberikan informasi tentang karakteristik spektral suatu obyek dan berpengaruh besar pada pemilihan saluran panjang gelombang pada penginderaan jauh untuk terapan tertentu. Kurva setiap jenis tumbuhan digambarkan sebagai suatu pita 7 pantulan spektral, bukan sebagai suatu garis. Hal ini disebabkan karena pantulan spektral akan berbeda pada suatu kelas material



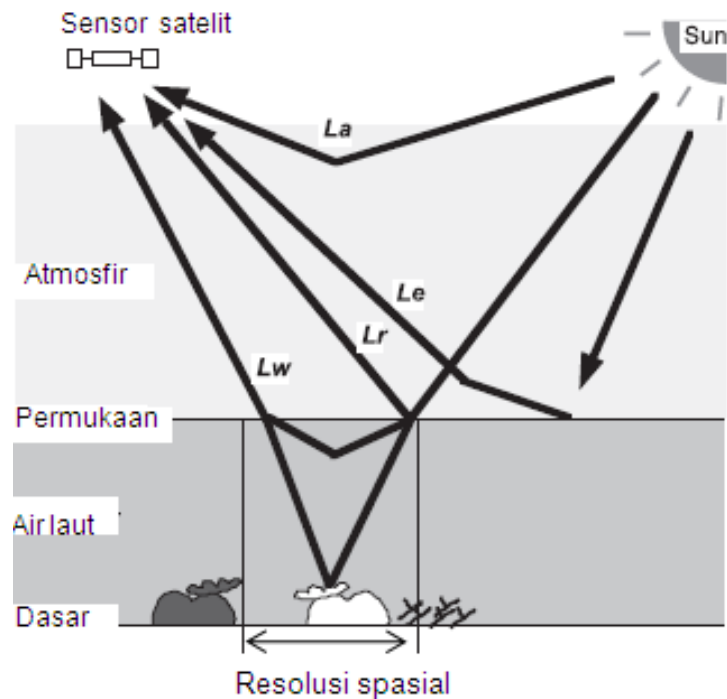
tertentu. Artinya pantulan spektral suatu spesies dengan spesies lain tidak pernah sama, bahkan pantulan spektral pohon dari spesies yang sama tidak persis sama (Gambar 3).



Gambar 3. Kurva reflektansi spektral untuk vegetasi (tumbuhan), soil (tanah), water (air).  
(Sumber : Aggarwal, 1973)

Pada Gambar 4 menunjukkan energi satu pixel (*picture element*) yang ditangkap oleh sensor satelit penginderaan jauh dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain: energi refleksi, refraksi, hamburan, yang mana porsi radiasi yang dipantulkan, diserap atau diteruskan akan berbeda. Hal ini tergantung pada kondisi dan jenis bahan/materialnya serta pada panjang gelombang yang disebut dengan spektral. Spektral reflektansi yang direkam tergantung pada reflektansi objek dan kedalaman. Pada cahaya tampak, variasi spektral menghasilkan efek visual yang disebut warna, dan nilai reflektansi sebuah objek dapat dihitung dengan mengukur porsi radiasi yang dipantulkan sebagai fungsi dari panjang gelombang yang disebut reflektansi spektral.





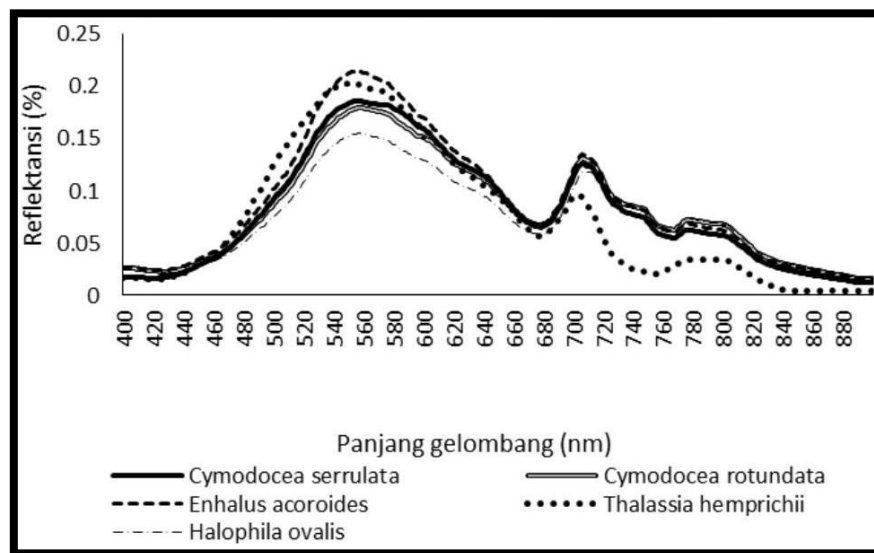
Gambar 4. Mekanisme perekaman oleh sensor satelit

Penggunaan teknologi penginderaan jauh merupakan salah satu alternatif yang tepat untuk mendeteksi padang lamun bagi negara yang mempunyai wilayah yang sangat luas dan memerlukan waktu yang relatif singkat serta biaya murah (Green dan Short 2010). Obyek bawah/dasar perairan dangkal lainnya dapat dideteksi dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh didasarkan pada analisa karakteristik respon spektral gelombang elektromagnetik dari setiap band yang direkam oleh sensor satelit, karena setiap obyek memiliki respon yang spesifik terhadap radiasi elektromagnetik (Lillesand dan Kiefer, 2004).

#### F. Pantulan Spektral Padang Lamun

Apabila pada suatu luasan tertentu terdapat beberapa jenis benda maka masing – masing benda akan memberikan pantulan dan atau pancaran elektromagnetik yang dapat diterima oleh suatu sensor. Setiap benda pada dasarnya mempunyai struktur partikel yang berbeda, baik mikro maupun makro. Perbedaan struktur ini memengaruhi pola respon elektromagnetiknya. Oleh karena itu, pengenalan atas perbedaan respons elektromagnetik tersebut dapat dijadikan landasan bagi pembedaan objek. Gelombang elektromagnetik terdiri atas sekumpulan pita (band) atau saluran/kanal dengan wilayah julat panjang gelombang yang berbeda – beda. Tiap wilayah elektromagnetik dengan julat panjang gelombang tertentu inilah yang disebut dengan spektrum (jamak spektral). Setiap objek yang sama ternyata mempunyai respons yang relatif serupa pada tiap spektrum maka respons elektromagnetik sering dinyatakan sebagai respon spektral (Danoedoro, 2012).

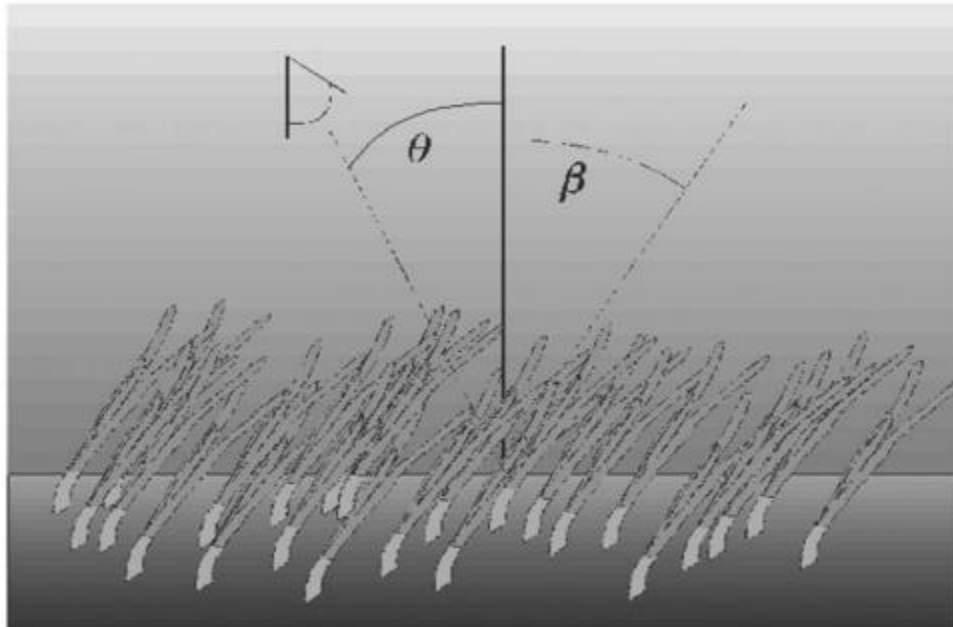
Pada Gambar 5 kurva pantulan untuk vegetasi hijau yang sehat mempunyai karakter yaitu menyerap gelombang biru (400 – 500 nm) dan merah (600 – 700 nm) dan memantulkan gelombang hijau secara radiasi (500 – 600 nm) dan sangat kuat memantulkan infra merah dekat (700 – 1300 nm) dan infra merah tengah (1300 – 2600 nm) (Fyfe, 2004).



Gambar 5. Pola reflektansi lima jenis lamun (Azizah *et al.* 2015)

Kedalaman maksimum yang dapat dideteksi oleh citra satelit, merupakan fungsi dari panjang gelombang dan kecerahan perairan. Jika kondisi perairan jernih, kanal spektral 490 nm dapat mendeteksi kedalaman hingga 30 m. Untuk kondisi perairan yang sama, kanal dengan spektrum 430 hingga 580 nm dan 400 hingga 610 mampu mendeteksi kedalaman hingga berturut-turut 20 m dan 10 m. Variasi spektral per kedalaman ini, adalah dasar dari sistem penginderaan jauh (sinar tampak) untuk mendeteksi objek dasar perairan dan batimetri (IOCCG, 2000).

Logika di balik kemampuan data penginderaan jauh untuk memetakan lamun bergantung pada hubungan berantai antara *reflecting tissue* lamun dan *downwelling irradiances*, terutama dengan saluran tampak. Energi yang jatuh ke lamun akan ada yang dipantulkan, ditransmisikan atau diserap jaringan lamun, sehingga menghasilkan respon spektral yang unik untuk jenis dan karakteristik lamun tertentu. Singkatnya, pantulan spektral dari suatu padang lamun merepresentasikan karakteristik biofisiknya yang unik seperti terlihat pada Gambar 6 (Wicaksono, 2015).



Gambar 6. Reflektansi cahaya yang mengenai permukaan daun lamun.  $\beta$  : sudut cahaya yang datang mengenai daun lamun,  $\theta$  : sudut cahaya yang dipantulkan dari daun lamun. (Sumber :Kurniasih, 2013)

Untuk menghitung estimasi cadangan karbon padang lamun berbasis penginderaan jauh perlu menggunakan citra beresolusi tinggi (Simarmata *et al.*, 2019). Salah satu citra beresolusi tinggi dengan sistem pasif adalah SPOT-7 dengan karakteristik tersaji pada Tabel 1 (Airbus Defence and Space, 2013).

Tabel 1. Ciri karakteristik citra satelit SPOT-7 (Airbus Defence and Space, 2013)

Mode Pencitraan	Pankromatik	Multispektral
Resolusi spasial	1.5 m	6 m
Spectral band	450-745 nm	Blue (455-525 nm) Red (530-590 nm) Green (625-695 nm) NIR (760-890 nm)
Resolusi radiometrik		12 bit

Sensornya dilengkapi dengan panjang gelombang 0.6 – 0.7 $\mu\text{m}$  (*band* merah) dan 0.7 – 1.0  $\mu\text{m}$  (*band* infra merah) yang memiliki tingkat kepekaan tinggi terhadap obyek vegetasi. Hasil perhitungan pada citra rasio, pada citra normalisasi juga menggunakan data *band* merah dan *band* inframerah. *Band* merah mempunyai tingkat kepekaan terhadap vegetasi yang menyebabkan adanya penyerapan terhadap radiasi cahaya yang datang yang dilakukan saat fotosintesis, sedangkan *band* inframerah terdapat dalam daerah spektral dimana struktur daun *sponge mesophyll* menyebabkan adanya pantulan terhadap radiasi cahaya. Dataset SPOT-7 menawarkan citra yang sangat baik. Cakupan satelit ini dapat digunakan untuk mendeteksi lapisan tanah dan vegetasi baik di darat maupun di

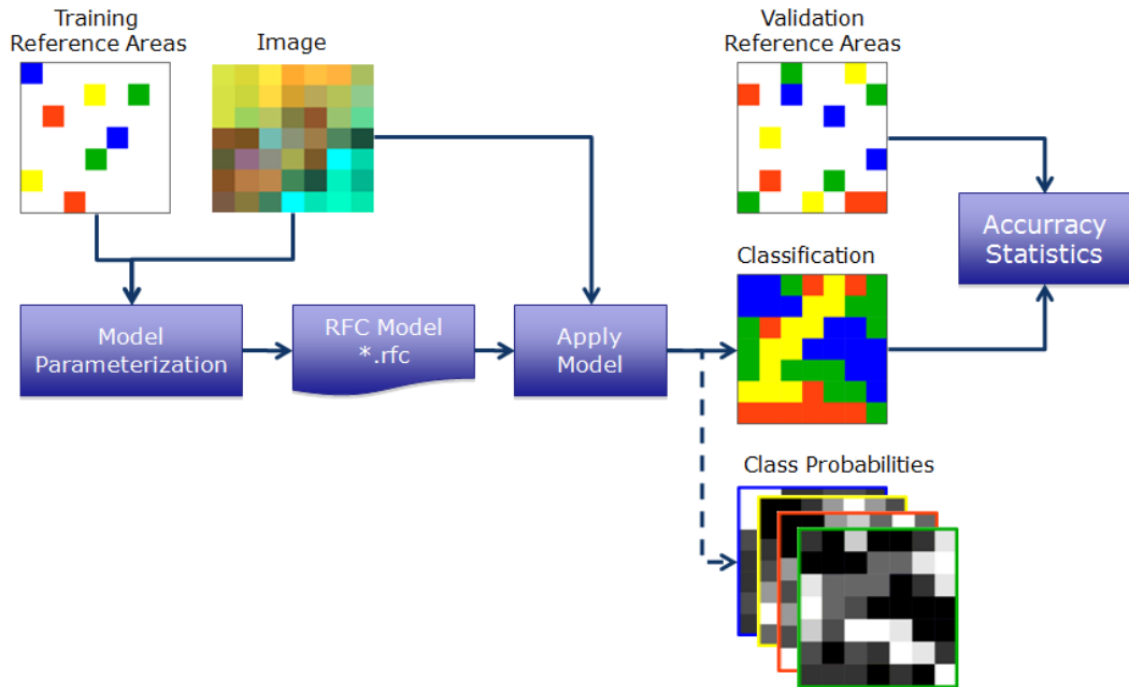
bawah permukaan air, sehingga sangat cocok digunakan dalam mendeteksi padang lamun (Simarmata *et al.*, 2019).

## G. Random Forest

*Machine Learning* adalah sistem dimana komputer melakukan pembelajaran pada setiap data yang di input. Dalam *machine learning* metode *Random Forest* sering digunakan untuk menyelesaikan permasalahan salah satunya yaitu dalam mengestimasi persentase tutupan lamun. Metode *Random Forest* merupakan salah satu metode dalam *Decision Tree*. *Decision Tree* atau pohon pengambil keputusan adalah sebuah diagram alir yang berbentuk seperti pohon yang memiliki sebuah *root node* yang digunakan untuk mengumpulkan data, Sebuah *inner node* yang berada pada *root node* yang berisi tentang pertanyaan tentang data dan sebuah *leaf node* yang digunakan untuk memecahkan masalah serta membuat keputusan. *Decision tree* mengklasifikasikan suatu sampel data yang belum diketahui kelasnya kedalam kelas – kelas yang ada. Penggunaan *decision tree* agar dapat menghindari *overfitting* pada sebuah set data saat mencapai akurasi yang maksimum (Breiman 2001).

*Random forest* adalah kombinasi dari masing – masing *tree* yang baik kemudian dikombinasikan ke dalam satu model. *Random Forest* bergantung pada sebuah nilai *vector random* dengan distribusi yang sama pada semua pohon yang masing masing *decision tree* memiliki kedalaman yang maksimal. *Random forest* adalah *classifier* yang terdiri dari *classifier* yang berbentuk pohon  $\{h(\mathbf{x}, \theta_k), k = 1, \dots\}$  dimana  $\theta_k$  adalah random vector yang didistribusikan secara independen dan masing masing tree pada sebuah unit kan memilih kelas yang paling populer pada input  $x$  (Breiman 2001).

Pada *machine learning*, *random forest* diintegrasikan ke dalam EnMap Box melalui *imageRF*, alat berbasis IDL untuk klasifikasi terbimbing dan analisis regresi data citra penginderaan jauh. Kemudian mengimplementasikan pendekatan *machine learning* dari *Random Forests* yang menggunakan beberapa pohon keputusan pembelajaran mandiri untuk membuat parameter model dan menggunakannya untuk memperkirakan variabel kategori atau kontinu (Gambar 7) (Katja Berger *et al.*, 2018).



Gambar 7. Diagram alir mekanisme kerja *imageRF* pada software EnMap Box

## H. Penelitian Terkait

Penelitian ini menyajikan alternatif dalam mengestimasi stok karbon padang lamun, yang mampu menghitung stok karbon dengan cepat, murah, dan menyeluruh. Informasi spasial mengenai stok karbon dari *blue carbon sink* menjadi sangat penting dan dibutuhkan. Pendekatan penginderaan jauh adalah yang terbaik untuk mendapatkan informasi distribusi spasial stok karbon dari *blue carbon sink*.

Pengetahuan dalam metodologi penginderaan jauh untuk padang lamun yang saat ini terbatas pada distribusi spasial, persen tutupan, LAI, biomassa, dan komposisi spesies. Beberapa penelitian telah dilakukan dalam mengestimasi stok karbon padang lamun, Mashoreng *et al.* (2018), telah melakukan penelitian dengan melihat hubungan antara persen tutupan padang lamun dengan stok karbon padang lamun di perairan Pulau Barrang Lompo, hasilnya menunjukkan bahwa korelasi antara persen tutupan padang lamun dengan stok karbon berbanding lurus dan juga telah membuat model persamaan stok karbon berdasarkan komposisi jenis lamun. Rahmadani (2019), telah melakukan penghitungan kemampuan simpanan karbon padang lamun, penelitian tersebut berhasil mengetahui simpanan karbon pada ketiga kompartemen penyimpan stok karbon, yaitu biomassa bagian atas (*above ground*), biomassa bagian bawah (*below ground*), dan sedimen yang memiliki korelasi sedang dengan persentase tutupan lamun di perairan Pulau Kodingarenglompo. Penelitian tersebut terbatas pada distribusi spasial padang lamun, sehingga tidak dapat mengetahui total stok karbon yang disimpan padang lamun di pulau

tersebut. Penginderaan jauh mampu memetakan dan mengetahui distribusi spasial dan persen tutupan padang lamun. Memanfaatkan data hasil penghitungan stok karbon lamun berbasis persentase tutupan lamun, dapat dijadikan acuan hitung untuk mengestimasi serta distribusi spasial stok karbon yang tersimpan di perairan Pulau Kodingarenglompo.

Berdasarkan penjelasan tersebut, penginderaan jauh dapat digunakan untuk membantu menyediakan informasi persen tutupan dari distribusi spasial padang lamun, yang dapat membantu dalam mengestimasi stok karbon keseluruhan padang lamun. Sehingga diharapkan dapat membantu dalam pengelolaan padang lamun.