



ESTIMASI STOK KARBON SEDIMEN PADA AREA PADANG LAMUN DI KEPULAUAN SPERMONDE, SULAWESI SELATAN

Yushra¹, Galih Setyo Adiguna², Lukas Wibowo Sasongko², dan Ragil Putri Widyastuti³

¹ Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Barat, Indonesia.

² Program Studi Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan, Politeknik Negeri Pontianak

³ Program Studi Budidaya Tanaman Perkebunan, Politeknik Negeri Pontianak

Email: yushra@unukalbar.ac.id

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian yang bertujuan mengestimasi stok karbon dalam sedimen pada ekosistem padang lamun di kepulauan Spermonde, khususnya di Pulau Bonetambung dan Pulau Lae-Lae, Makassar. Pengambilan sedimen dilakukan pada area padang lamun dengan menggunakan *sediment core* berdiameter 5 cm dan kedalaman alat sampai 30 cm. Luasan tutupan lamun diperoleh dari analisis citra satelit Landsat-8 dan kondisi lamun yaitu dengan menggunakan petak contoh berukuran 100cm x 100cm. Hasil analisis citra landsat-8 didapatkan luasan tutupan ekosistem padang lamun di Pulau Bonetambung yakni 14.18 ha dimana didapatkan 4 kategori tutupan lamun yaitu sangat padat (0.2 ha), padat (0.7 ha), sedang (6 ha) dan jarang (7 ha). Sedangkan pada Pulau Lae-Lae diperoleh luasan ekosistem padang lamun yakni 5,04 ha dan didapatkan 3 kategori tutupan lamun yaitu jarang (0,36 ha), sedang (3,42 ha) dan padat (1,23 ha). Hasil analisis contoh sedimen didapatkan pada Pulau Bonetambung dan Pulau Lae-Lae didominasi oleh tipe sedimen pasir kasar. Didapatkan nilai rerata kandungan karbon sedimen pada ekosistem padang lamun yaitu di Pulau Bonetambung 9,6 MgCha-1 pada kedalaman 0-30 cm sedangkan di Pulau Lae-Lae diperoleh 8,98 MgCha-1. Total Stok karbon sedimen pada area padang lamun Pulau Bonetambung yaitu 136,08 MgC atau setara dengan 503,5 MgCO₂ e sedangkan di Pulau Lae-Lae didapatkan 44,86 MgC atau setara dengan 165,9 MgCO₂ e. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekosistem lamun berperan sangat penting dalam menjaga stok karbon di laut sehingga perlu mendapat perhatian untuk konservasinya.

Kata Kunci : *Bonetambung, Lae-Lae, Lamun, Karbon Sedimen*

PENDAHULUAN

Lamun merupakan tumbuhan berbunga (*Angiospermae*) yang memiliki kemampuan beradaptasi secara penuh di perairan yang memiliki fluktuasi salinitas tinggi, hidup terbenam di dalam air dan memiliki rhizome, daun, dan akar sejati (Sitania, 1998). Besarnya peranan ekosistem lamun bagi kehidupan manusia terbagi atas dua kategori yaitu sebagai penyedia sumber daya alam dan sebagai penyedia jasa.

Peranan ekosistem lamun sebagai penyedia sumber daya alam lainnya adalah ekosistem lamun sebagai habitat berbagai jenis biota, yang meliputi sekitar 360 spesies ikan, 117 makro alga, 24 jenis moluska seperti kima pasir (*Hyppopus hyppopus*), 70 jenis krustase dan 45 jenis ekhinodermata seperti teripang (*Holothuria sp*) dan bulu babi (*Trineuptes gratilla*) (Kiswara 2009). Ekosistem lamun sebagai penyedia jasa

antara lain: 1) sebagai penyedia ruang untuk budidaya, wisata pemancingan dan penerima limbah, 2) pendaur zat hara, perangkap sedimen dan peredam arus, serta 3) kemampuannya memfiksasi karbon (CO_2 dan HCO_3^-) dari kolom air (Beer *et al.* 2002) yang kemudian masuk ke dalam rantai makanan ataupun disimpan sebagai karbon rosot/sink baik dalam biomassa atau di sedimen (Duarte 2002; Nelleman *et al.* 2009), 4) sebagai stabilisasi ekosistem (Duffy, 2006).

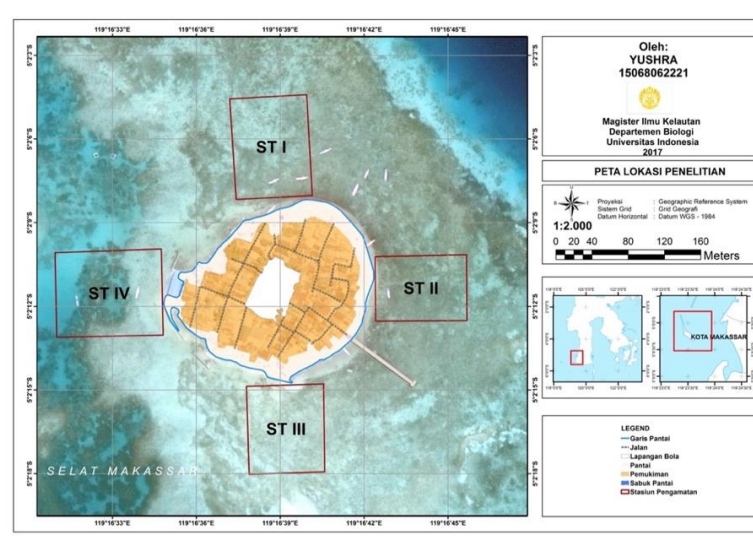
Potensi lamun sebagai karbon biru (*blue carbon*) terbesar pada bagian bawah lamun yang terdiri dari *rhizome* dan akar lamun. Boer (2000) mendapatkan bahwa rasio biomassa bagian atas dan bagian bawah berdasarkan berat kering *Zostera capensis* adalah 1:11 sedangkan *Halodule wrightii* hanya 1:1.13 di daerah temperate Pulau Inhaca, Mozambique. Selain itu potensi peranan lamun sebagai penyimpan karbon di sedimen cukup besar, karbon organik yang dihasilkan lamun 16 % tersimpan dalam sedimen dengan kecepatan penguburan untuk *Posidonia oceanic* 58 gC/m²/tahun di perairan Mediterania (Mateo *et al.* 1997).

Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi stok karbon dalam sedimen pada area ekosistem padang lamun. Hasil dari penelitian ini mungkin akan menjadi referensi dalam penelitian mengenai peranan ekosistem padang lamun. Serta dapat menjadi informasi untuk pemerintah terkait dalam penyusunan kebijakan mengenai perencanaan mitigasi bencana perubahan iklim.

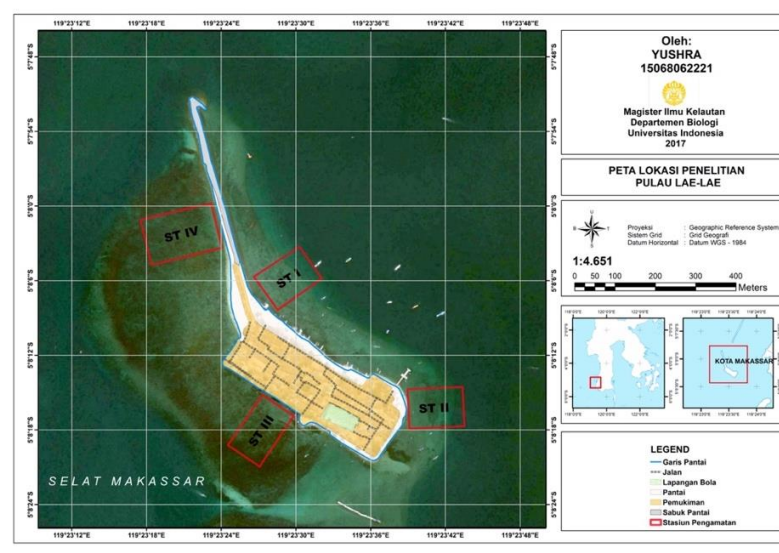
METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei – Juli 2017 yang meliputi kegiatan survei awal, studi literatur, pengambilan data dan analisis data. Lokasi stasiun pengamatan Pulau Bonetambung dan Pulau Lae-Lae ditetapkan 4 stasiun pengamatan dan pengukuran yang masing-masing stasiun pengamatan menempati area yang berbeda. Stasiun I terletak pada bagian Utara, Stasiun II terletak pada bagian Timur, Stasiun III terletak pada bagian Selatan dan Stasiun 4 berada pada bagian Barat (Gambar 1 dan Gambar 2).



Gambar 1 Lokasi Penelitian Pulau Bonetambung.



Gambar 2 Lokasi Penelitian Pulau Lae-Lae.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk pengambilan data lapangan pada penelitian ini adalah GPS, untuk menentukan koordinat sampel penelitian; Transek kuadran 100x100 cm digunakan untuk survey kondisi tutupan lamun; Meteran digunakan untuk menentukan jarak plot; Alat selam dasar, digunakan untuk dapat mempermudah menjangkau dan melihat sampel secara jelas; Layang-layang arus, stopwatch dan kompas bidik digunakan untuk menentukan arah dan kecepatan arus; sekop plastic dan *sediment core*, digunakan dalam pengambilan sampel sedimen; Tongkat berskala, digunakan untuk mengukur kedalaman; *Termometer*, digunakan untuk mengukur suhu; *Handrefraktometer*, digunakan untuk mengukur salinitas; Laptop, digunakan untuk mengolah data yang diperoleh; Software pengolah raster dan pengolah vektor (ArcGIS 10.3 berlisensi) digunakan sebagai software untuk mengolah citra dan *layout* peta; Kamera digital, digunakan untuk dokumentasi selama penelitian.

Alat-alat yang digunakan untuk analisis tekstur antara lain: *sieve net* dengan diameter

<0.063-2 mm untuk mengayak sampel sedimen, *beaker glass* tipe BGIF, timbangan digital tipe JP 300 untuk mengukur berat sampel dan cawan petri sebagai wadah dalam menimbang sedimen.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra Landsat-8 dengan path row 114/64 akuisisi bulan Maret 2017.

Cara Kerja

Pengambilan Data Kondisi Ekosistem Lamun

Data lapangan yang diambil yaitu presentase penutupan lamun. Pengukuran kondisi lamun dilakukan dengan menggunakan transek kuadran 100 x 100 cm. Hal ini bertujuan untuk mempermudah dalam proses pengukuran. Metode pengukuran presentase tutupan lamun yang digunakan merupakan metode yang diajukan oleh McKenzie, *et al.* (2003).

Tabel 1. Skala Kondisi Padang Lamun Berdasarkan Presentaseutupan Lamun.

Kelas	Interval Presentase Tutupan (%)	Kondisi
1	0-25	Jarang
2	26-50	Sedang
3	51-75	Padat
4	76-100	Sangat Padat

Sumber: Modifikasi presentaseutupan lamun Short *et al.*, 2004 dalam Rahmawati *et al.*, 2014 (COREMAP CTI-LIPI).

Pengambilan Data Sedimen

Pengambilan sampling sedimen di perairan diperlukan sebuah *core sediment* yang berdiameter 6.5 cm sampai pada kedalaman 30 cm kemudian sampel terbagi dua interval kedalaman berbeda (0-15 cm dan 16-30 cm). Selanjutnya disimpan dalam kantong plastik sebelum dianalisis di laboratorium.

Parameter Oseanografi Perairan

Pengambilan data parameter fisika dibutuhkan dalam penelitian ini karena data-data yang diperoleh dibutuhkan dalam menyimpulkan penyebab suatu perubahan atau dapat pula dikatakan data pendukung dalam penelitian ini. Adapun parameter fisika-kimia yang diukur antara lain: Salinitas, pH, arus, suhu dan kecerahan perairan.

Analisis Besar Butir dan Stok Karbon

Sampel sedimen yang telah diambil kemudian dianalisis di laboratorium dengan

menggunakan metode pengayakan kering yang selanjutnya diklasifikasikan menurut kriteria *Wenworth*. Perhitungan stok karbon dibutuhkan data persentaseutupan lamun, kandungan karbon dalam sedimen, serta luasanutupan lamun yang diperoleh dari analisis citra. Data tersebut kemudian dikombinasikan dan dihubungkan sehingga estimasi stok karbon dalam sedimen dapat diperoleh. Sampel ditimbang berat basah dan dikeringkan di oven pada temperatur 60°C selama 48 jam atau lebih sampai sampel kering kemudian didapatkan berat kering. Analisis *bulk density* didapat dengan perhitungan pada rumus sebagai berikut (Kauffman dan Donato 2012):

$$Bulk\ Density = \frac{\text{berat kering sampel (g)}}{\text{volume sampel (cm}^3\text{)}}$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan kandungan karbon dalam sedimen dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Kauffman dan Donato 2012):

$$Karbon\ sedimen\ (MgCha^{-1}) = bulk\ density\ (g\ cm^{-3}) \times interval\ kedalaman\ (cm) \times \%C\ (3.3)$$

$$Total\ Stok\ Karbon\ (MgC) = Kandungan\ Karbon\ (MgC\ ha^{-1}) \times Luas\ Area\ (ha)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kondisi Oseanografi

Tabel 2. Hasil Pengukuran Parameter Lingkungan Perairan Pulau Bonetambung dan Pulau Lae-Lae.

Parameter	Pulau Bonetambung				Pulau lae Lae			
	Stasiun				Stasiun			
	U	T	S	B	U	T	S	B
Suhu (°C)	29	29	28	31	28	27	27	28
Salinitas (‰)	30	29.5	30	27	25	15	30	29
Kecerahan (%)	100	100	100	100	100	100	100	100
Kec. Arus (m/det.)	0.082	0.067	0.037	0.185	0.178	0.034	0.010	0.050

Keterangan: U = Utara, T = Timur, S = Selatan, B = Barat

Parameter oseanografi perairan yang diukur hanya sebatas faktor lingkungan utama yang mempengaruhi distribusi ekosistem padang lamun antara lain: suhu, kecerahan, salinitas dan kecepatan arus dan substrat. Tabel 2 menyajikan hasil pengukuran parameter lingkungan perairan Pulau Bonetambung dan Pulau Lae – Lae

1) Suhu

Hasil pengukuran suhu di Pulau Bonetambung dan Pulau Lae-Lae didapatkan pada kisaran $27 - 31^{\circ} \text{C}$ dan menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan antar stasiun serta masih berada dalam kisaran yang normal. Nilai tersebut tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Rappe (2010) mendapatkan hasil yang relatif sama di Pulau Barranglompo yaitu berkisar $28.8 - 32^{\circ} \text{C}$. Nilai terendah yang didapatkan yaitu 27°C pada bagian Timur dan Barat Pulau Lae-Lae. Hal ini diasumsikan karena bagian Timur dan Barat Pulau Lae-Lae berbatasan dengan pesisir Kota Makassar sehingga daerah ini menjadi tempat bertemunya dua suhu perairan yang berbeda, dari laut lepas dan dari daratan Kota Makassar. Menurut keputusan Menteri Lingkungan Hidup (2004), baku mutu suhu perairan untuk biota laut khususnya padang lamun yaitu berada pada kisaran $28 - 30^{\circ} \text{C}$.

2) Kecerahan

Kecerahan perairan Pulau Lae-Lae dan Pulau Bonetambung pada semua Stasiun adalah 100%, yang berarti dapat terlihat penetrasi cahaya hingga ke dasar perairan. Hal ini karena lokasi penelitian berada pada perairan dangkal dan termasuk zona intertidal. Hutomo (1997) menegaskan bahwa cahaya merupakan salah satu faktor pembatas pertumbuhan dan produksi lamun di perairan pantai yang keruh.

3) Salinitas

Hasil pengukuran salinitas di dua lokasi penelitian menunjukkan perbedaan yang signifikan. Nilai salinitas berkisar $15 - 30 \text{‰}$, dimana menurut keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004 tentang baku mutu parameter salinitas bagi biota laut khususnya tumbuhan lamun antara $33 - 34 \text{‰}$ yang berarti nilai yang terukur berada di bawah baku mutu. Nilai salinitas terendah yang terukur yaitu 15‰ didapatkan di bagian Timur Pulau Lae-Lae. Rendahnya nilai salinitas ini diduga disebabkan lokasi Pulau Lae-Lae bagian Timur berbatasan dengan Kota Makassar. Kondisi tersebut diasumsikan dapat mempengaruhi besarnya nilai salinitas yang terukur. Hal itu sesuai dengan yang dikemukakan oleh Nontji (2007), bahwa sebaran salinitas di laut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan dan aliran sungai.

4) Kecepatan Arus

Kecepatan arus yang terukur untuk Pulau Bonetambung dan Pulau Lae-Lae berkisar $0.010 \text{ m/det} - 0.185 \text{ m/det}$. Kecepatan arus ini tergolong dalam kategori arus yang lambat. Faktor yang diduga cukup dominan memengaruhi kecepatan arus di perairan tersebut adalah angin. Saat pengambilan data, angin yang berhembus tidak kencang sehingga arus permukaan air lambat. Selain itu, dangkalnya perairan dan keberadaan lamun juga memberikan pengaruh dalam memperlambat pergerakan arus. Kecepatan arus berpengaruh terhadap ukuran partikel yang mengendap. Menurut Van Duin *et al.*, (2001) bahwa partikel pasir dapat mengendap pada kecepatan $< 0,2 \text{ m/dtk}$ dan partikel-partikel yang berukuran lebih kecil dibanding pasir dapat mengendap pada kecepatan arus yang sangat rendah.

B. Analisis Citra

Citra yang digunakan pada penelitian ini yaitu citra Landsat-8 diluncurkan oleh NASA dan kemudian dikelola oleh USGS. Meskipun tersedia secara *open access*, citra ini memiliki keunggulan yang sangat cocok untuk digunakan untuk keperluan pemetaan ekosistem perairan. Salah satu keunggulannya yaitu citra Landsat-8 dapat menangkap panjang gelombang elektromagnetik lebih rendah, sehingga lebih sensitif terhadap perbedaan reflektan air laut atau aerosol. Band ini unggul dalam membedakan konsentrasi aerosol di atmosfer dan mengidentifikasi karakteristik tampilan air laut pada kedalaman berbeda.

a. Klasifikasi Citra

Berdasarkan hasil klasifikasi dengan menggunakan algoritma Lyzenga didapatkan 4 kelas penutupan lamun untuk Pulau Bonetambung yaitu kategori sangat padat (kelas 76-100%), padat (kelas 51-75%), sedang (kelas 26-50%) dan jarang (Kelas 0-25%). Sedangkan untuk Pulau Lae-Lae didapatkan 3 kelas kategori tutupan lamun yakni kategori padat (kelas 51-75%), sedang (kelas 26-50%) dan jarang (Kelas 0-25%). Nilai luasan tutupan lamun pada masing-masing kategori tutupan lamun dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Luas Tutupan Lamun Pulau Bonetambung.

Kategori Tutupan Padang Lamun	Jumlah Pixel	Luas Area (h)
Sangat Padat (76-100%)	25	0.2475
Padat (51-75%)	79	0.7875
Sedang (26-50%)	605	6.0525
Jarang (0-25%)	709	7.0875
Total		14.175

Tabel 4. Luas Tutupan Lamun Pulau Lae-Lae.

Kategori Tutupan Padang Lamun	Jumlah Pixel	Luas Area (h)
Jarang (0-25%)	36	0.36
Sedang (26-50%)	342	3.42
Padat (51-75%)	123	1.23
Total		5.04

Nilai luasan untuk masing-masing kategori kelas klasifikasi tutupan lamun pada tabel diatas didapatkan dari perkalian jumlah pixel yang dihasilkan dari masing-masing kategori tutupan lamun dengan nilai resolusi spasial citra yang digunakan yaitu 10 x 10 m (100 m²). Perbedaan luasan dari masing-masing kategori yang dihasilkan merupakan hasil analisis citra yang telah disesuaikan dengan kondisi di lapangan, angka tersebut menunjukkan perbedaan luasan tutupan dari masing-masing katogori tutupan padang lamun.

b. Pulau Bonetambung

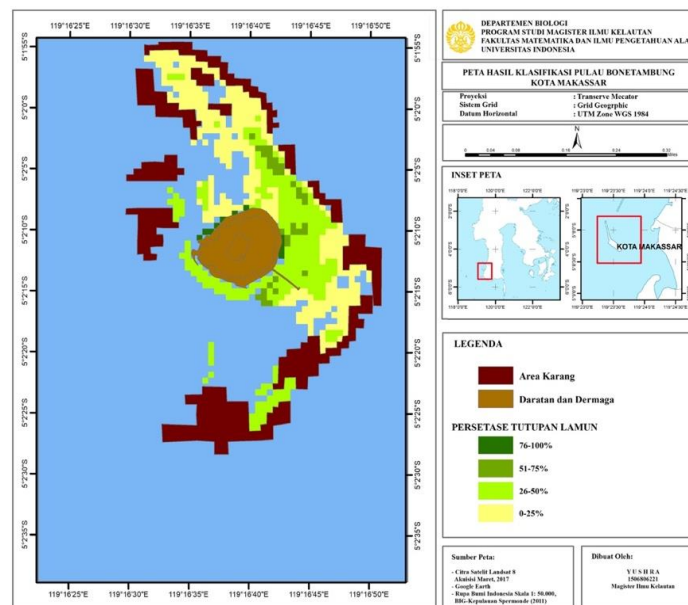
Total luasan ekosistem padang lamun di Pulau Bonetambung yang didapatkan berdasarlan hasil analisis citra yakni 14.175 ha. Dimana, didominasi oleh kategori tutupan lamun jarang dengan luasan 7.08 ha. Selanjutnya secara berturut-turut diikuti oleh kategori tutupan lamun sedang (6.05 ha), lamun padat (0.78 ha) dan lamun sangat padat (0.24 ha). Selamat (2013) menemukan bahwa total luasan ekosistem padang lamun yakni 15.1 ha. Terlihat bahwa selama 4 tahun terjadi penurunan luas ekosistem

padang lamun di Pulau Bonetambung namun tidak signifikan yakni 1 ha.

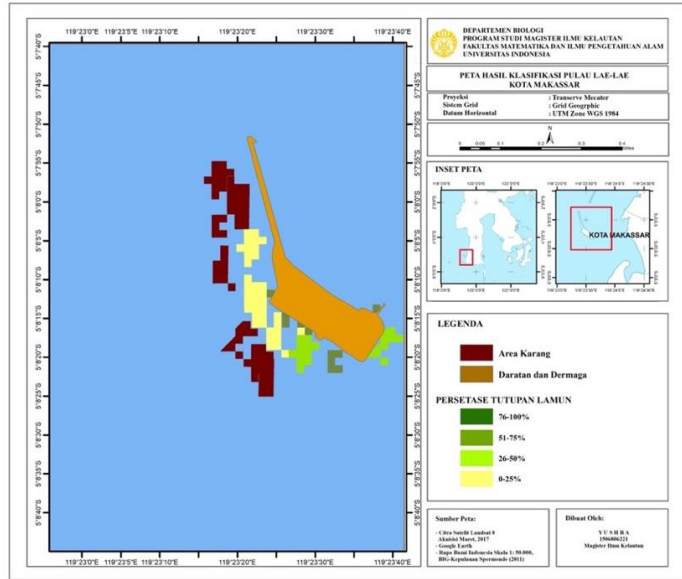
c. Pulau Lae-Lae

Berdasarkan analisis citra Landsat-8, diperoleh hasil tutupan lamun di Pulau Lae-Lae yakni 5.04 ha. Dimana didominasi oleh kategori lamun sedang dengan luas 3.42 ha, kemudian diikuti oleh kategori lamun padat (1.23 ha) dan lamun jarang (0.36 ha). Pola sebaran ekosistem padang lamun terlihat hanya pada bagian timur pulau dan beberapa ditemukan di bagian barat

pulau. Hal tersebut disebabkan karena bagian timur Pulau Lae-Lae berbatasan langsung dengan perairan Kota Makassar. Sehingga diasumsikan, tingginya pencemaran dan sedimentasi membatasi pertumbuhan lamun di area ini. Sedangkan pada bagian utara Pulau Lae-Lae merupakan area lalu lintas kapal-kapal yang akan bersandar di Kota Makassar. Sehingga tingginya aktivitas antropogenik dapat diasumsikan sebagai faktor pembatas pertumbuhan lamun di area ini.



Gambar 3. Hasil Klasifikasi Citra Landsat-8 Dengan Metode Komposit Pulau Bonetambung.



Gambar 4 Hasil Klasifikasi Citra Landsat-8 Dengan Metode Komposit Pulau Lae-Lae.

C. Kondisi Ekosistem Padang Lamun

a. Pulau Bonetambung

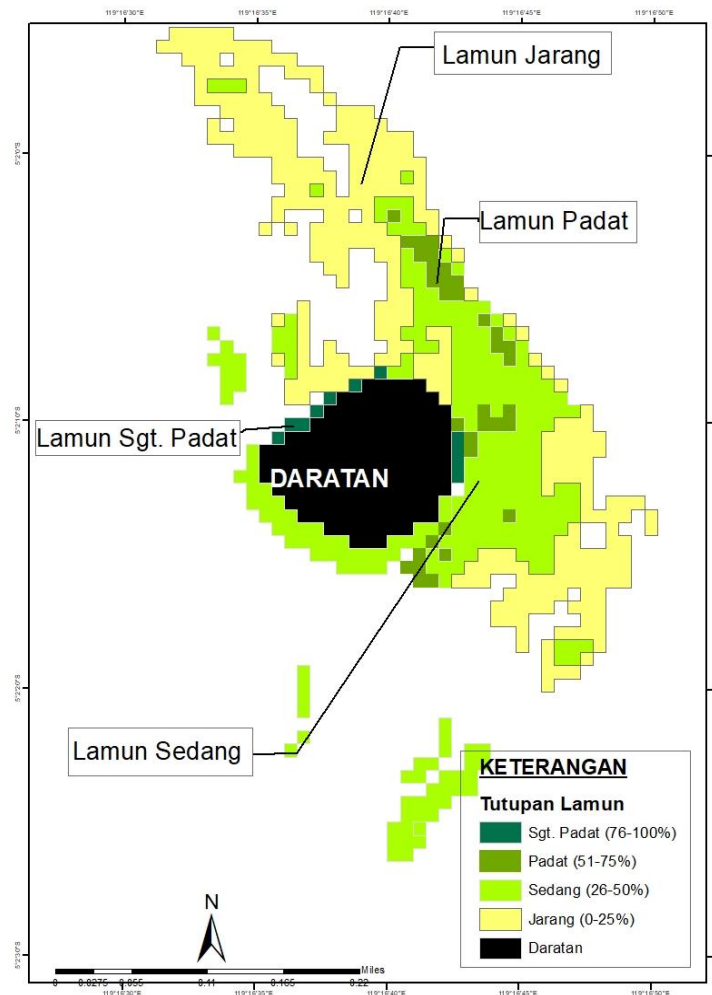
Berdasarkan hasil analisis citra Landsat-8 dan pengamatan secara *in-situ* didapatkan 4 tipe kondisi penyebaran ekosistem padang lamun, yakni sangat padat (76 – 100%), padat (51-75%), sedang (26-50%) dan jarang (0-25%) (Gambar 5 dan Tabel 6).

Berdasarkan Tabel 5, total luasan ekosistem padang lamun di Pulau Bonetambung yaitu 14.175 ha. Dimana, kategori lamun jarang (0-25%) merupakan kategori tutupan lamun yang mendominasi yakni 7.09 ha. Kemudian secara

berturut-turut diikuti oleh kategori lamun sedang (26-50%) dengan luas 6.05 ha, kategori lamun padat (51-75%) didapatkan 0.8 ha dan kategori sangat padat (76-100%) yakni 0.24 ha. Kondisi padang lamun Pulau Bonetambung termasuk dalam kategori kurang kaya (kurang sehat) dimana hasil pengamatan menunjukkan kisaran nilai rerata persentase penutupan di semua Stasiun pengamatan 30% - 59.9%. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 200/2004 tentang status padang lamun dengan persentase tutupan rata-rata 30% – 59.9% termasuk dalam kategori kurang kaya/kurang sehat.

Tabel 5. Distribusi Kategori Kondisi Ekosistem Padang Lamun Di Pulau Bonetambung.

Kategori Tutupan Padang Lamun	Luas Area (ha)	Persentase (%)
Sangat Padat (76-100%)	0,2475	1,75
Padat (51-75%)	0,7875	5,56
Sedang (26-50%)	6,0525	42,70
Jarang (0-25%)	7,0875	50,00
Total	14,175	100,00

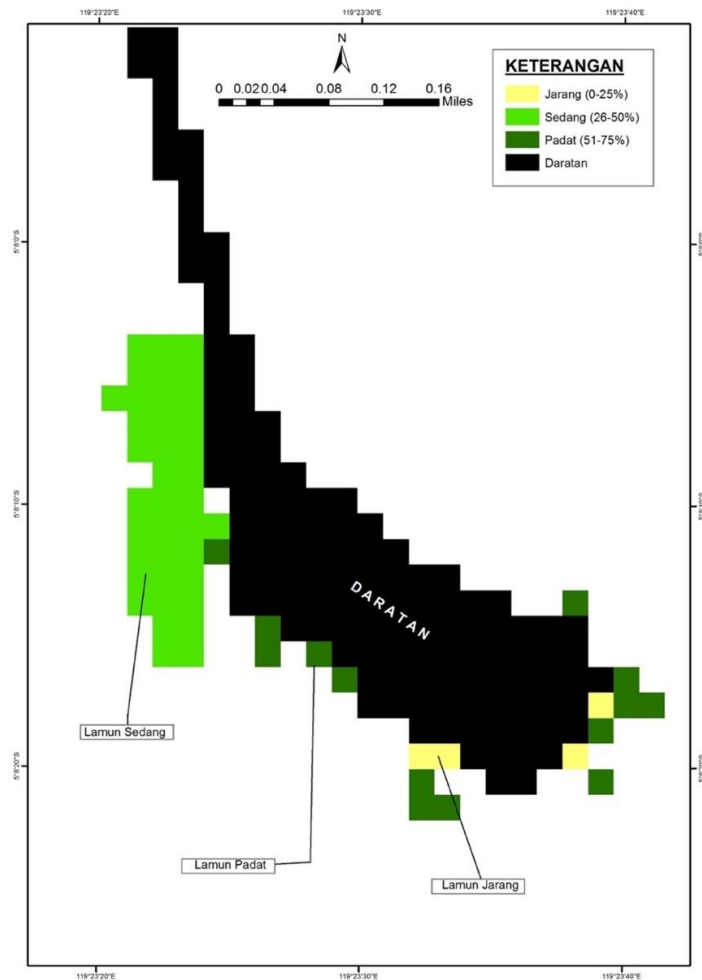


Gambar 5. Peta Sebaran Persentase Tutupan Lamun di Pulau Bonetambung.

b. Pulau Lae Lae

Komunitas padang lamun di Pulau Lae-Lae tergolong dalam kondisi yang sangat kurang atau miskin. Berdasarkan analisis citra Landsat-8 diperoleh 3 kategori tutupan lamun,

yakni kategori lamun padat (51-75%), lamun sedang (25-50%) dan kategori lamun jarang (0-25%) (Tabel 6). Pola distribusi kategori tutupan lamun di Pulau Lae-Lae secara spasial ditampilkan pada gambar 6.



Gambar 6. Peta Sebaran Persentase Tutupan Lamun di Pulau Lae – Lae

Tabel 6. Distribusi Kategori Kondisi Ekosistem Padang Lamun Di Pulau Lae-Lae.

Kategori Tutupan Padang Lamun	Luas Area (ha)	Persentase (%)
Jarang (0-25%)	0,36	7,14
Sedang (26-50%)	3,42	67,86
Padat (51-75%)	1,23	24,40
Total	5,04	100

Hasil analisis citra didapatkan total luasan ekosistem padang lamun di Pulau Lae-Lae yaitu 5.04 ha. Dimana didominasi oleh tutupan lamun kategori sedang (26-50%) dengan luas 3.42 ha. Selanjutnya, diikuti oleh kategori lamun padat (51-75%) dengan luas 1,23 ha dan yang terakhir yaitu kategori lamun jarang (0-25%) dengan total luasan yakni 0.36 ha. Berdasarkan keputusan kementerian lingkungan hidup No. 200/2004 tentang status padang lamun dengan persentase

tutupan rata-rata kurang dari 30% termasuk dalam kategori sangat kurang/miskin. Kondisi tersebut diasumsikan bahwa kondisi ekosistem perairan di Pulau Lae-Lae terkena imbas dari pencemaran Kota Makassar dan sedimentasi yang berasal dari kegiatan reklamasi pantai yang lokasinya tidak jauh dari Pulau Lae-Lae. Menurut Nainggolan (2011), kondisi substrat dan pencemaran lingkungan berperan dalam

penentuan frekuensi kemunculan jenis, kerapatan ataupun tutupan lamun.

D. Sedimen/Substrat Dasar Perairan

Dari hasil analisis sampel sedimen didapatkan perbedaan jenis sedimen di dua lokasi penelitian (Tabel 7). Tipe sedimen dasar perairan di Pulau Bonetambung ditemukan umumnya memiliki tekstur berpasir kasar, dimana tipe ini ditemui di setiap Stasiun penelitian. Tipe sedimen berpasir kasar yang didapatkan didominasi oleh jenis sedimen karbonat yang berasal dari pecahan-pecahan karang (rubble), cangkang bivalvia dan crustacea.

Menurut Verdugo (2011) tipe sedimen karbonat umumnya ditemukan di perairan yang

tidak mendapatkan pengaruh dari sedimentasi daratan ataupun memiliki jarak yang cukup jauh dari muara sungai.

Tipe sedimen dasar perairan yang ditemukan di Pulau Lae-Lae didominasi oleh sedimen berpasir kasar dan sangat kasar dimana didapatkan karakter sedimen campuran antara sedimen karbonat yang berasal dari pecahan-pecahan karang dan material lumpur yang berasal dari daratan dan muara sungai Kota Makassar. Hal ini disebabkan adanya pengaruh sedimentasi dari daratan kota makassar dan muara Sungai Tallo yang cukup berdekatan dengan Pulau Lae-Lae. Kondisi ini mempengaruhi distribusi tumbuhan lamun.

Tabel 7. Tipe Sedimen Dasar Perairan Pulau Bonetambung dan Pulau Lae-Lae

	Sub Stasiun	X	Y	Jenis Sedimen
Pulau Lae-Lae	1	119.39486	-5.1374444	Pasir Kasar
		119.39611	-5.1378888	Pasir sangat Kasar
		119.39653	-5.1383888	Pasir sangat Kasar
	2	119.39242	-5.1421388	Pasir Kasar
		119.39186	-5.1440833	Pasir Kasar
		119.39114	-5.1448888	Pasir Kasar
		119.39019	-5.1371666	Pasir Kasar
	3	119.38872	-5.1390555	Pasir sangat Kasar
		119.38756	-5.1353055	Pasir sangat Kasar
				Pasir Kasar
	4	119.39342	-5.135277	Pasir Sangat Kasar
				Pasir Sangat Kasar
Pulau Bonetambung	1	119.2784	-5.035546	pasir kasar
		119.2786	-5.035593	pasir kasar
		119.2785	-5.034856	pasir kasar
	2	119.2786	-5.036948	pasir sedang
		119.2787	-5.036707	pasir kasar
		119.2799	-5.03675	pasir sedang
	3	119.2803	-5.036815	Kasar
		119.2803	-5.036598	pasir sedang
		119.2774	-5.038495	pasir kasar
		119.2776	-5.039122	pasir kasar
	4	119.2773	-5.039042	Sedang
				pasir kasar

a. Dinamika Karbon Sedimen dan Stok Karbon

Berdasarkan hasil analisis karbon sedimen didapatkan rerata di Pulau Bonetambung $9,5 \text{ MgC ha}^{-1}$ atau setara dengan $37,87 \text{ MgCO}_2\text{e ha}^{-1}$ dan $8,98 \text{ MgC ha}^{-1}$ atau setara dengan $35,92 \text{ MgCO}_2\text{e ha}^{-1}$ di Pulau Lae-Lae. Berdasarkan Tabel 8, menunjukkan untuk lapisan pertama (0-15 cm) umumnya lebih tinggi dibandingkan lapisan kedua (15-30 cm). Hal ini diasumsikan karena penyusun sedimen dasar yakni sedimen karbonat sehingga lapisan atas memiliki nilai

karbon yang tinggi. Namun, di beberapa Stasiun didapatkan nilai yang rendah untuk lapisan atas dibandingkan dengan lapisan bawah yaitu pada Stasiun 1 di Pulau Lae-Lae. Stasiun ini berada pada bagian Timur Pulau Lae-Lae atau berhadapan dengan daratan Kota Makassar. Sehingga, rendahnya kandungan karbon pada lapisan atas disebabkan oleh adanya fenomena sedimentasi yang menyebabkan terjadinya transportasi sedimen tipe terrigenous (non-karbonat) yang terangkut dari daratan Kota Makassar ataupun sedimen non-karbonat yang berasal dari muara sungai.

Tabel 8. Kadungan Karbon Sedimen di Pulau Bonetambung dan Pulau Lae-Lae.

Lokasi	Stasiun	Tekstur Sedimen	Kandungan Karbon (MgC/Ha)		Karbon(0-30cm) \bar{x}
			0-15 cm	15-30 cm	
Pulau Lae-Lae	1	Pasir Sedang	5,08	10,69	7,885
	2	Pasir Sedang	9,37	8,82	9,095
	3	Pasir Kasar	11,79	7,50	9,645
	4	Pasir Kasar	11,36	7,23	9,295
Pulau Bonetambung	1	Pasir Sedang	6,98	8,23	7,605
	2	Pasir Sedang	7,38	10,00	8,69
	3	Pasir Kasar	13,81	8,94	11,375
	4	Pasir Kasar	13,05	6,65	9,85
	5	Pasir Kasar	11,43	9,54	10,485
	6	Pasir Kasar	9,59	7,98	8,785

Lamun yang tumbuh di Pulau Bonetambung dan Pulau Lae-Lae didominasi oleh jenis lamun *Enhalus acorides*. Supriadi *et al* (2014) melakukan penelitian di Pulau Barranglompo dan menemukan stok karbon untuk tumbuhan lamun (above ground dan below ground) jenis *Enhalus acoroides* yakni $0,90 \text{ ton/ha}$ ($0,82 \text{ MgC/ha}$), dimana simpanan terbesar tersimpan pada bagian *belowground* (jaringan akar dan rhizome). Stok karbon

yang didapatkan dalam satuan per hektar selanjutnya akan dikalikan dengan total luasan tutupan lamun yang dihasilkan dari analisis citra (Tabel 9) untuk mendapatkan estimasi besarnya stok karbon total (tumbuhan lamun dan sedimen di area ekosistem padang lamun).

Tabel 9. Stok karbon total (sedimen dan tumbuhan lamun) di Pulau Bontambung dan Pulau Lae-Lae.

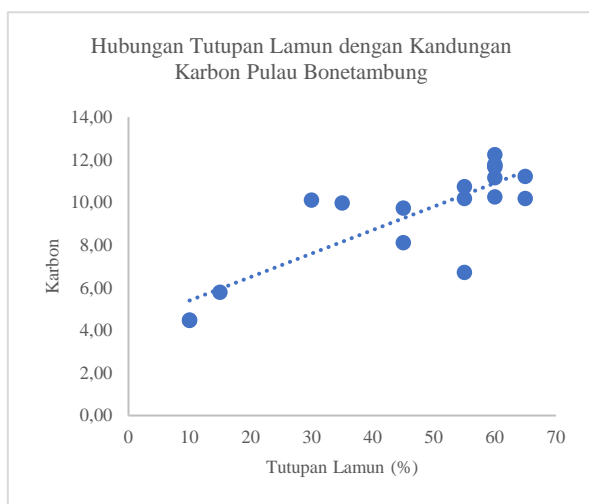
Lokasi	Stok Sedimen (MgCha ⁻¹)	Karbon Karbon Lamun (MgCha ⁻¹)	Total Luasan Lamun (ha)	Stok karbon Sedimen (MgC)	Stok karbon total (MgC)
Pulau Bonetambung	9,6	0,82	14,175	136,08	147,7
Pulau Lae-Lae	8,9	0,82	5,04	44,86	48,9

Stok karbon dalam sedimen yang didapatkan pada area ekosistem padang lamun yaitu 147,7 MgC atau setara dengan 546,49 MgCO₂e untuk Pulau Bonetambung dan 48,9 MgC atau setara dengan 180,93 MgCO₂e untuk Pulau Lae-Lae. Stok karbon sedimen pada ekosistem padang lamun di dua lokasi penelitian didapatkan perbedaan yang tidak signifikan. Hal ini diindikasikan bahwa di dua lokasi penelitian didominasi oleh jenis lamun yang sama yaitu *Enhalus acoroides* serta memiliki karakteristik sedimen dasar yang sama juga. Sehingga dapat disimpulkan bahwa stok karbon yang dihasilkan mewakili ekosistem padang lamun yang didominasi oleh jenis *Enhalus acoroides*. Supriadi *et al* (2014) menemukan stok karbon jaringan lamun *Enhalus acoroides* tertinggi berada pada *belowground* (akar dan rhizome) dibandingkan dengan *aboveground* (daun) yakni 81,9% dari total stok.

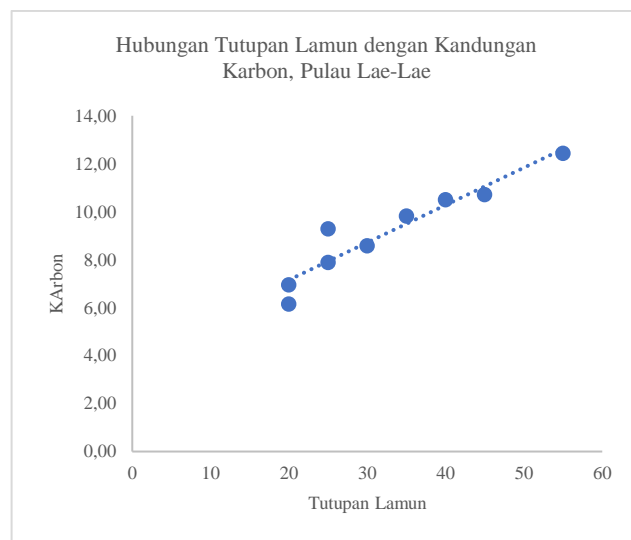
b. Hubungan antara Kandungan Karbon, Tipe Sedimen dan Kondisi Lamun.

Berdasarkan analisis regresi linear berganda yang dilakukan diperoleh persamaan

regresi yakni “ $Y = 0,07X_1 + 7,14X_2 + 7,12$ ” dengan nilai *R square* yakni 0,80 dimana, Y adalah kandungan karbon (variabel terikat), X₁ adalah persentase tutupan lamun dan X₂ adalah tipe sedimen dasar perairan. Terlihat bahwa kedua variabel bebas (persentase tutupan lamun dan tipe sedimen) bernilai positif yang artinya semakin tinggi tutupan lamun dan semakin kasar teksture sedimen akan meningkatkan stok karbon di Pulau Bonetambung. Hasil yang sama ditemukan di Pulau Lae-Lae, dimana diperoleh persamaan regresi yakni “ $Y = 0,14X_1 + 1,39X_2 + 3,56$ ” dengan nilai *R square* 0,89. Nilai *R square* mengindikasikan tingkat hubungan antara variabel, nilai yang mendekati angka satu menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara kondisi lamun, tipe sedimen dan kandungan karbon. Supriadi *et al* (2014) menemukan bahwa total kandungan karbon dipengaruhi oleh substrat dasar perairan dan jenis tumbuhan lamun dengan mendapatkan nilai korelasi positif antara jenis substrat yakni pasir kasar dan jenis lamun yaitu *Enhalus acoroides* terhadap total simpanan karbon di Pulau Barranglompo.



Gambar 7. Grafik Hubungan Persentase Tutupan Lamun dengan Kandungan Karbon Pulau Bonetambung



Gambar 8. Grafik Hubungan Persentase Tutupan Lamun dengan Kandungan Karbon Pulau Lae-Lae.

KESIMPULAN

Adapun Kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Total luas tutupan lamun di Pulau Bonetambung yakni 14,175 ha dimana didapatkan 4 kategori tutupan lamun yaitu lamun jarang (0-25%), lamun sedang (26-50%), lamun padat (51-75%) dan lamun sangat padat (76-100%). Kategori lamun jarang merupakan kategori tutupan lamun yang mendominasi yakni 7.09 ha. Kondisi tersebut termasuk dalam kategori kurang kaya. Sedangkan di Pulau Lae-Lae, total luas tutupan lamun yakni 5,04 ha dimana didominasi oleh tutupan lamun kategori sedang (26-50%) dengan luas 3.42 ha dan termasuk dalam kategori sangat kurang/miskin. Luas area ekosistem padang lamun di Pulau Bonetambung lebih luas dibandingkan dengan Pulau Lae-Lae.
2. Pulau Bonetambung dan Pulau Lae-Lae didominasi oleh jenis lamun yang sama yaitu lamun jenis *Enhalus acoroides*. Lokasi pulau dan karakteristik perairan yang berbeda

menyebabkan perbedaan kondisi ekosistem padang lamun, dimana Pulau Bonetambung berada di lautan lepas dengan rata-ran terumbu sedangkan Pulau Lae-Lae berbatasan langsung dengan Kota Makassar.

3. Estimasi stok karbon sedimen pada area padang lamun untuk Pulau Bonetambung didapatkan 136,08 MgC. Hasil tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan stok karbon sedimen di Pulau Lae-Lae yakni 44,86 MgC.

DAFTAR PUSTAKA

- Badria S. 2007. *Laju pertumbuhan daun lamun (Enhalus acoroides) pada dua substrat yang berbeda di Teluk Banten [skripsi]*. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Bogor. 94 hlm.
- Boer WF. 2000. Biomass dynamics of seagrasses and the role of mangrove and seagrass vegetation as different nutrient sources for an intertidal ecosystem in Mozambique. *Aqua Bot* 66:225-239.
- Brower JE, JH Zar dan CN Con Ende. 1990. *Field and Laboratory Methods for General*

- Ecology.3rd ed. Wim. C. Brown Pubi.,Dubuque. 237 pp.
- DC Donato, JB Kauffman RA Mackenzie, A Ainsworth, AZ Pflieger. 2012. Whole-island carbon stocks in the tropical Pacific: Implications for mangrove conservation and upland restoration. *Journal of Enviromental Management*.Vol.97. doi:10.1016/j.jenvman.2011.12.004
- Dahuri R, Jacub R, Septa PG dan Sitepu MJ. 2001. *Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Terpadu*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Duarte CM. 2002. The future of seagrass meadow. *Env Cons* 29(2):192-206. doi:10.1017/S0376892902000127.
- Duffy JE. 2006. Biodiversity and the functioning of seagrass ecosystems. *Mar Ecol Prog Ser* 311: 233-250.
- Hutomo H. 1997. Padang Lamun Indonesia : Salah Satu Ekosistem Laut Dangkal yang belum banyak dikenal. *Jurnal Puslitbang Oseanologi – LIPI*. Jakarta, Indonesia.
- Kiswara W. 2009. Potensi padang lamun sebagai penyerap karbon: Studi kasus di Pulau Pari, Teluk Jakarta. Disampaikan dalam PIT ISOI VI 16-17 November 2009. Bogor (ID).
- Kordi KMGH. 2011. *Ekosistem Lamun (Seagrass)*. Jakarta : PT. Rineka Cipta.
- La Nafie YA. 2016. *Seagrass Responses to Interacting Abiotic Stresses*. PhD thesis, Radboud University Nijmegen, 124p. With summaries in English, Dutch and Bahasa Indonesia.
- Mateo MA, Cebrian J, Dunton K dan Mutchler T. 2006. Carbon Flux in Seagrasses. In. Larkum, AWD., RJ., Orth, CM., Duarte (eds). *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*:1-23. Springer. Netherlands.
- McKenzie, Campbell SJ, Roder CA. 2003. *Seagrass watch:Manual for mapping & monitoring seagrass resources by community (citizen) volunteers 2sd edition*. The state of Queensland, Departement of Primary Industries, CRC Reef. Queensland. Pp 104.
- Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2004. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup tentang Kriteria Baku Kerusakan dan Pedoman Penentuan Status Padang Lamun. Kementerian Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia. Jakarta. Indonesia
- Nainggolan P. 2011. *Distribusi Spasial dan Pengelolaan Lamun (SEAGRASS) di Teluk Bakau, Kepulauan Riau* (Skripsi). Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Nelleman C, Corcoran E, Duarte CM, Valdes L, De Young C, Fonseca L dan Grimsditch G. 2009. Blue Carbon- The Role of Healthy Oceans in Binding Carbon. Report A New Rapid Response Assessment. Report Release 14 October 2009 at the Diversitas Conference, Cape Town Conference Centre, South Africa.
- Nontji A. 2005. Laut Nusantara. Jakarta.
- Rappe RA. 2010. Struktur komunitas ikan pada padang lamun yang berbeda di Pulau Barrang Lompo. Bogor Agricultural University. Bogor.
- Sitania G. 1998. Mengenal Lebih Dekat Jenis Lamun (Enhalus acoroides Linneaus F.) Royle. *Warta Konservasi Lahan Basah*. Volume 7 No. 2 halaman 7.
- Supriadi, Kaswadji RF dan Bengen DG. 2013. Potensi Penyimpanan Karbon Lamun Enhalus acoroides di Pulau Barranglompo Makassar. *Jurnal Kelautan*. Makassar.
- Van Duin, S Dasgupta, F Lorant, WA Goddard. 2001. ReaxFF: a reactive force field for hydrocarbons. *The Journal of Physical Chemistry A* 105 (41), 9396-9409