

## ESTIMASI POTENSI KARBON SEDIMEN MANGROVE PADA HUTAN ALAM DAN HUTAN REHABILITASI DI TAMAN HUTAN RAYA NGURAH RAI BALI

Clara Rosy Irawati<sup>1\*)</sup>, I Nyoman Merit<sup>2)</sup>, I Made Sudarma<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Balai Pengendalian Perubahan Iklim dan Kebakaran Hutan dan Lahan Wilayah JabalNusa

<sup>2)</sup>Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Pascasarjana, Universitas Udayana

<sup>3)</sup>Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan, Pascasarjana, Universitas Udayana

\*Email: [fregattaariel@gmail.com](mailto:fregattaariel@gmail.com)

### ABSTRACT

#### ESTIMATION OF POTENTIAL CARBON SEDIMENTS OF MANGROVE IN NATURAL FORESTS AND FOREST REHABILITATION AT NGURAH RAI GRAND FOREST PARK, BALI

Sediments play an important role in coastal ecosystems. Apart from being a growing medium, sediment is also a place for accumulation and storage of various components including carbon. Ngurah Rai Forest Park is the largest mangrove in Bali with a large potential for sediment carbon stocks. To determine the carbon storage of mangrove sediments in natural forest and rehabilitation forest and the relationship between diameter size and vegetation type to sediment carbon in two forest types, a study was conducted using purposive sampling method based on canopy density level with three repetitions with a plot size of 10 mx. 10 meters. Sampling was divided into three depths, namely 0-30 cm, 31-60 cm and 61-100 cm. The total carbon content of mangrove sediments in natural forest is 363,491.17 Mg C or equivalent to 363,491.17 tons C and rehabilitation forest is 160,401.33 Mg C or equivalent to 160,401.33 tons C. The total sediment carbon content in Ngurah Rai Forest Park is 523,892.50 Mg C or equivalent to 523,892.50 tons C. Tree diameter had no significant effect on sediment carbon content, while vegetation type significantly affected sediment carbon content. *Sonneratia alba* had a significant negative effect on natural forests, while *Rhizophora stylosa* had a significant positive effect on rehabilitation forests. The results of the study suggest that it is necessary to maintain the preservation of mangroves and carry out rehabilitation in damaged areas. To increase the carbon content of sediments in mangrove forests, consider selecting the type of vegetation *Rhizophora stylosa* for the implementation of rehabilitation activities, because the type of *Rhizophora stylosa* makes a positive contribution to increasing the carbon content of sediments, with a note that the rehabilitation location is suitable for Rhizoporaceae species.

Keywords: Mangrove; Nature Forest; Rehabilitation; Sediment.

### 1. PENDAHULUAN

Pembangunan di wilayah pesisir merupakan salah satu penyebab berkurangnya luas hutan mangrove di

Indonesia selain aktivitas penebangan dan budidaya perikanan darat (tambak) yang berlebihan. Kawasan tropis merupakan habitat yang cocok bagi mangrove untuk tumbuh dan mendukung ketersediaan jasa ekosistem seperti siklus hara dan perikanan.

Kontribusi hutan mangrove dalam menurunkan emisi karbon di atmosfer sangat besar namun akibat luas hutan mangrove yang terus berkurang sehingga besarnya emisi karbon yang dilepaskan belum diketahui secara pasti dikarenakan kurangnya data jumlah karbon sedimen dalam ekosistem ini (Donato *et al.*, 2011).

Karbon sedimen adalah karbon yang berasal dari seluruh bahan organik pada tanah yang diambil dengan kedalaman tertentu meliputi akar maupun serasah berukuran kecil dengan diameter tidak mencapai 2 mm (IPCC, 2006). Sedimen berperan sebagai media tumbuh dan tempat berbagai komponen termasuk karbon tersimpan dan terakumulasi. Kemampuan sedimen dalam menyimpan karbon di ekosistem pesisir diperkirakan di atas 50 % (Donato *et al.*, 2011). Hal ini sejalan dengan pendapat Kauffman *et al.* (2012) dimana karbon yang tersimpan pada sedimen di area mangrove memiliki kecenderungan lebih besar daripada jenis hutan lainnya. Bahan organik yang terakumulasi pada sedimen mangrove berasal dari guguran daun dan ranting vegetasi mangrove dan terdekomposisi dengan bantuan mikroorganisme (Susiana, 2011). Ekosistem mangrove, lamun dan rawa merupakan karbon biru yang diperkirakan memiliki kemampuan 50-99 % untuk menyimpan karbon dalam tanah. Kemampuan tanah menyimpan karbon bertahan hingga ribuan tahun dan mencapai kedalaman sampai enam meter dari permukaan tanah.

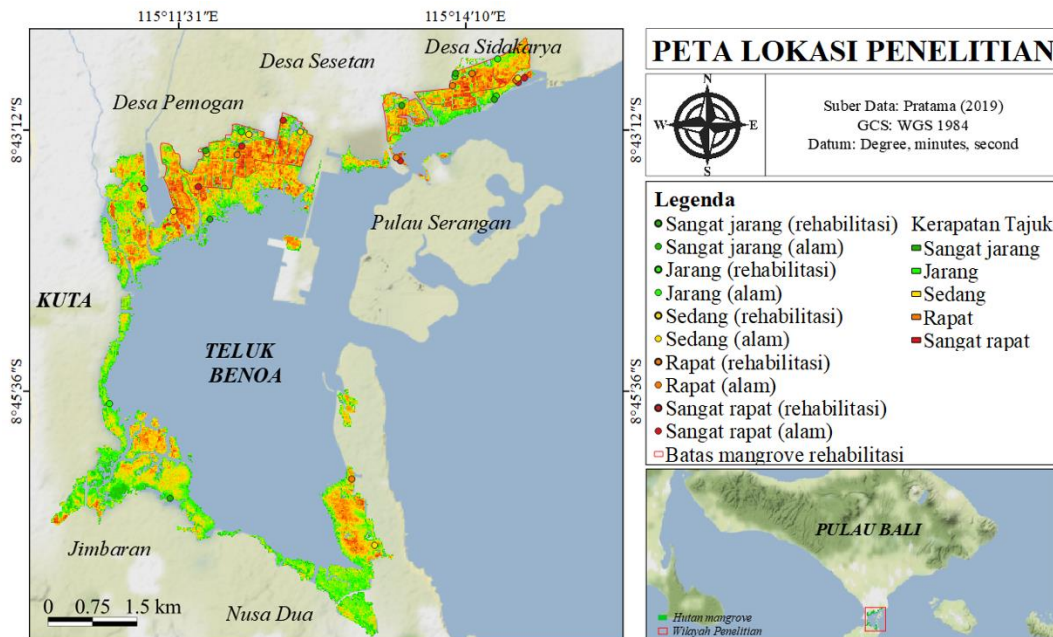
Di kawasan Tahura Ngurah Rai, ditemukan 33 species Mangrove yang terdiri dari 18 mangrove sejati dan 15 mangrove asosiasi (Hatori, 2004). Taman Hutan Raya Ngurah Rai terbentang dari Sanur-Nusa Dua. Berdasarkan tipe vegetasi, Tahura terbagi menjadi 2 (dua) yaitu vegetasi alam (hutan alam) dan hasil rehabilitasi (hutan rehabilitasi). Vegetasi alam didominasi oleh spesies *Sonneratia alba*, sedangkan hasil rehabilitasi didominasi oleh *Rhizophora spp.*

Tahura Ngurah Rai sebagai kawasan mangrove terbesar di Pulau Bali yang memiliki luas  $\pm 1.373,5$  Ha dengan kondisi yang bertutupan vegetasi seluas 1.002,22 ha yang terdiri dari hutan alam seluas 725,36 ha dan hutan rehabilitasi seluas 276,86 ha (Pratama *et al.*, 2019). Hutan alam mencapai kondisi klimaks pada pertumbuhan vegetasinya, dengan sedikit bantuan manusia (Arief, 2001). Hutan alam di Tahura Ngurah Rai didominasi oleh species *Sonneratia alba*, sedangkan hutan rehabilitasi dalam pertumbuhan vegetasinya memerlukan banyak bantuan manusia (Arief, 2001). Hutan rehabilitasi juga dapat diartikan sebagai hutan yang terbentuk sebagai hasil dari penanaman pohon yang dilakukan oleh manusia. Hutan rehabilitasi Tahura Ngurah Rai didominasi oleh *Rhizophoraceae* (*Rhizophora mucronata*, *R. stylosa*, *R. apiculata*). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis simpanan karbon sedimen dan menganalisis hubungan antara ukuran diameter pohon dan jenis vegetasi dengan simpanan karbon sedimen pada hutan alam dan hutan rehabilitasi di Tahura Ngurah Rai, Bali.

## 2. METODOLOGI

### 2.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan dari Januari sampai Mei 2021. Pengambilan data di lapangan dilaksanakan pada Januari hingga Maret 2021 selanjutnya analisis sampel sedimen dilaksanakan di Laboratorium dan pengolahan data dilakukan pada Februari sampai Mei 2021. Penelitian dilakukan di hutan hasil rehabilitasi dan hutan alam mangrove Tahura Ngurah Rai dengan mengambil sampel sedimen di lokasi penelitian. Peta lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1.  
Peta Penelitian  
Sumber: Pratama *et al.*, (2019)

**2.2. Alat dan Bahan**

Peralatan yang digunakan beserta bahan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan bahan

Instrumen	Kegunaan
GPS	Menentukan koordinat
Corer	Mengambil sampel sedimen
pH meter	Mengukur tingkat ke asaman
Hagameter	Mengukur tinggi pohon
Refraktometer	Mengukur salinitas
Kompas	Mengukur azimuth/sudut
Peta Kerja	Menentukan lokasi plot
Aplikasi “Tides”	Mengetahui pasang surut
Parang	Membuat rintisan
Tally sheet	Tabel untuk mencatat data
Alat Tulis	Untuk menulis
Kamera	Dokumentasi

**2.3. Teknik Pengambilan Sampel**

Sampel diambil dengan survei dan pengamatan dilanjutkan dengan mengambil sampel di lapangan. Pengambilan sampel difokuskan di bahan organik dalam tanah atau sedimen mangrove melalui metode *Purposive Sampling* dengan stratifikasi berdasarkan tingkat kerapatan tajuk dan kemudahan akses di lokasi penelitian (jalan

raya, jalan setapak, tanggul, alur sungai dan lain-lain). Plot sampel dibuat pada vegetasi hutan alam dan hutan rehabilitasi dengan tingkat kerapatan (sangat jarang, jarang, sedang, rapat, sangat rapat) dan diulang masing-masing sebanyak 3 (tiga) kali sehingga jumlah plot sampel pengamatan sebanyak 30 plot. Ukuran plot yang digunakan 10 m x 10 m (bentuk persegi). Pada plot sampel diambil contoh substrat

pada 3 titik dan untuk pengujian laboratorium akan di mix. Adapun tahapan kerja pengambilan sampel substrat sebagai berikut:

- a) Bersihkan permukaan tanah dari sampah organik dan daun hidup sebelum melakukan pengambilan sampel;
- b) Masukkan corer ke dalam tanah secara vertikal sedalam 1 (satu) meter, buka corer kemudian putar perlahan sampai corer terisi sedimen sampai penuh dan corer di tutup kembali, lalu corer di angkat dengan hati-hati;
- c) Pengambilan sampel untuk uji laboratorium dilakukan dengan cara memotong sampel secara horizontal pada 3 (tiga) kedalaman (0-30 cm, 31-60 cm, 61-100 cm). Sedimen yang akan di uji di laboratorium diambil sebanyak 10cm, sedimen di kedalaman 10-20cm mewakili 0-30cm, 40-50cm mewakili 31-60cm, 75-85cm mewakili 61-100cm;
- d) Masukkan sampel ke dalam kantong sampel yang telah disiapkan lalu beri label untuk memudahkan identifikasi dan analisis

*Loss on ignition* (LOI) merupakan metode analisis yang digunakan mengacu pada Howard *et al.*, (2014) dengan tahapan analisis sebagai berikut:

- a) Letakkan sampel sedimen pada cawan porcelain lalu keringkan dengan oven selama 48 jam pada suhu 60°C.
- b) Dengan menggunakan mortar, sampel kering dihaluskan hingga mencapai kondisi homogen setelah itu masukkan kembali ke dalam kantong sampel;
- c) Ambil 3 (tiga) gram sampel dan tempatkan dalam *crucible porcelain* untuk pembakaran pada suhu 450°C di *muffle furnace*. Pembakaran dilakukan dalam durasi 4 (empat) jam kemudian dilakukan penimbangan dan pencatatan berat sampel.

#### 2.4. Analisa Data

Penghitungan serta analisa data meliputi densitas tanah, pengabuan kering, % C, kepadatan karbon, dan total kandungan karbon tanah. Untuk menghitung data

tersebut digunakan rumus yang merujuk pada Howard *et al.* (2014):

- a) Densitas tanah.  
*Bulk density* atau densitas tanah dihitung menggunakan persamaan (1):

$$\text{Densitas tanah} = \frac{\text{oven} - \text{dry mass (g)}}{\text{sample volume (cm}^3\text{)}} \quad (1)$$

*Oven-dry mass* = Massa sampel yang dikeringkan (gram).  
*Sample volume* = Isi/volume sampel (cm<sup>3</sup>)

- b) *Lost on Ignition* (Pengabuan Kering) Pengabuan kering diperoleh berdasarkan persamaan (2):

$$\% \text{ BO} = \left( \frac{W_o - W_t}{W_o} \times 100. \right) \quad (2)$$

% = Nilai persentase bahan organik  
BO = sedimen yang hilang pada proses pembakaran

W<sub>o</sub> = Ukuran Berat awal (3 gram)

W<sub>t</sub> = Berat.akhir.setelah.pembakaran (gram)

- c) Menghitung % C mengacu pada persamaan (3):

$$\% \text{ C} = \left( \frac{1}{1,724} \times \% \text{ BO} \right) \quad (3)$$

% C = Persen kandungan karbon bahan sedimen organik

1,724 = Konstanta untuk mengkonversi % bahan organik menjadi % C organik

- d) Kepadatan karbon diperoleh menggunakan rumus (4):

$$\text{Soil C Density} = \% \text{ C} \times \text{BD (Densitas tanah)} \quad (4)$$

- e) Kandungan karbon pada tanah diestimasi dengan persamaan (5) :

$$\text{Soil C (Mg/ha)} = \text{BD} \times \text{SDI} \times \% \text{ C} \quad (5)$$

*Soil C* = Estimasi simpanan karbon.

SDI = Interval kedalaman sampel (cm).

Data yang telah terkumpul di analisis secara statistik. Untuk uji hipotesis tujuan (1) apakah ada perbedaan simpanan karbon sedimen pada hutan alam dan hutan rehabilitasi mangrove Tahura Ngurah Rai, Bali akan dilakukan analisis dengan uji Z. Persamaan uji Z sebagai berikut :

$$z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n}} \tag{6}$$

Keterangan :

- Z = nilai Z hitung
- $\bar{x}$  = rata-rata sampel
- $\mu_0$  = rata-rata yang ditentukan terlebih dahulu nilainya
- $\sigma$  = standar deviasi populasi
- n = banyaknya sampel

Apabila dari hasil analisis pada tujuan (2) menunjukkan ada hubungan antara ukuran diameter dan jenis pohon dengan simpanan karbon sedimen maka analisis regresi linear berganda akan digunakan sebagai uji lanjutan dengan rumus berikut:

$$Y' = a + bX + cD \tag{7}$$

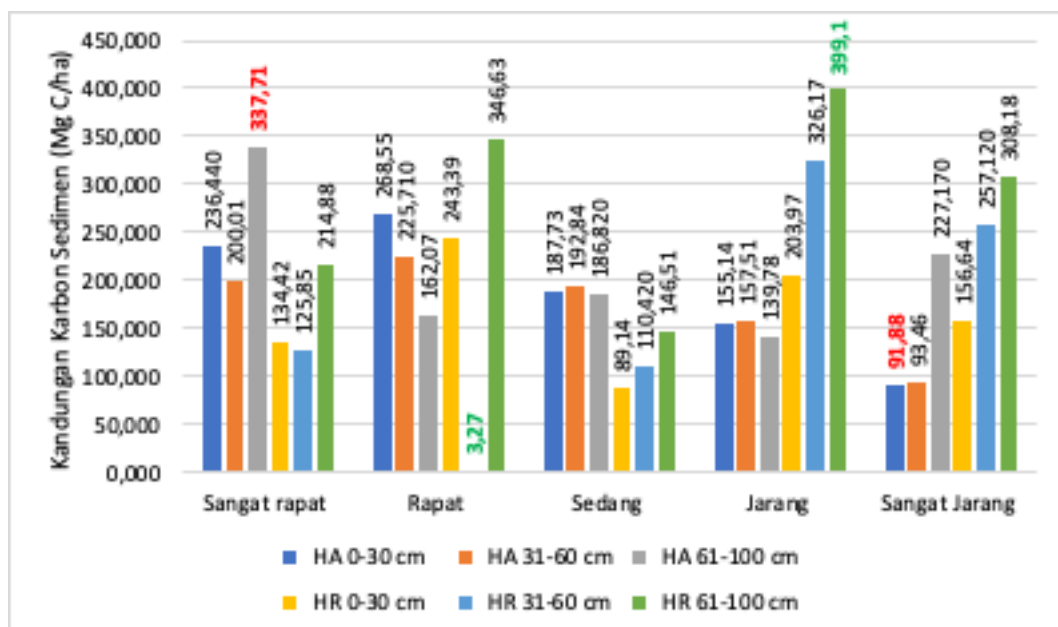
Keterangan:

- Y' = Jumlah simpanan karbon sedimen (ton ha<sup>-1</sup>)
- X = Diameter pohon (m)
- D = Jenis vegetasi (1 = vegetasi dominan, 0 = vegetasi lainnya)
- a = Konstanta
- b = Koefisien regresi
- c = Koefisien dummy

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Total Kandungan Karbon Sedimen Mangrove Per Hektar

Total kandungan karbon sedimen mangrove per hektar berdasarkan tingkat kerapatan tajuk dan kedalaman sampel sedimen dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2.

Histogram Total Kandungan Karbon Sedimen Mangrove Per Hektar Berdasarkan Tingkat Kerapatan dan Kedalaman Sampel Sedimen di Tahura Ngurah Rai

Berdasarkan Gambar 2. total kandungan karbon sedimen mangrove per hektar tertinggi di hutan alam terletak pada kerapatan tajuk sangat rapat sebesar 337,71 Mg C/ha di kedalaman 61-100 cm dan terendah pada kerapatan tajuk sangat jarang sebesar 91,88 Mg C/ha di kedalaman yang sama yakni 0-30 cm. Untuk total kandungan karbon sedimen mangrove per hektar tertinggi di hutan rehabilitasi terletak pada kerapatan tajuk rapat sebesar 399,1 Mg C/ha di kedalaman 61-100 cm dan terendah pada kerapatan tajuk rapat sebesar 3,27 Mg C/ha di kedalaman 31-60 cm.

### 3.2. Total Kandungan Karbon Sedimen Mangrove

Untuk mengetahui total kandungan karbon sedimen mangrove perlu terlebih dahulu mengetahui luas hutan berdasarkan tingkat kerapatan tajuk dan kedalaman sampel sedimen di hutan alam dan hutan rehabilitasi. Total kandungan karbon sedimen mangrove berdasarkan tingkat kerapatan tajuk dan kedalaman sampel sedimen dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Total Kandungan Karbon Sedimen Mangrove Berdasarkan Tingkat Kerapatan Tajuk dan Kedalaman Sampel Sedimen

Kerapatan Tajuk	Hutan Alam			Hutan Rehabilitasi		
	Kandungan karbon sedimen (Mg C/ha)	Luas (Ha)	Total Karbon (Mg C)	Kandungan karbon sedimen (Mg C/ha)	Luas (Ha)	Total Karbon (Mg C)
Sangat Rapat	774,160	2,03	1.571,54	475,15	1,21	574,93
Rapat	656,330	43,85	28.780,07	893,29	50,97	45.530,99
Sedang	567,390	206,55	117.194,40	346,07	126,45	437.60,55
Jarang	452,43	344,11	155.685,69	929,24	58,27	54.146,81
Sangat Jarang	412,510	146,08	60.259,46	721,94	22,7	16.388,04
<b>Total</b>		<b>742,62</b>	<b>363.491,17</b>		<b>259,6</b>	<b>160.401,33</b>
<b>Rata-rata</b>			<b>489,47</b>			<b>617,88</b>

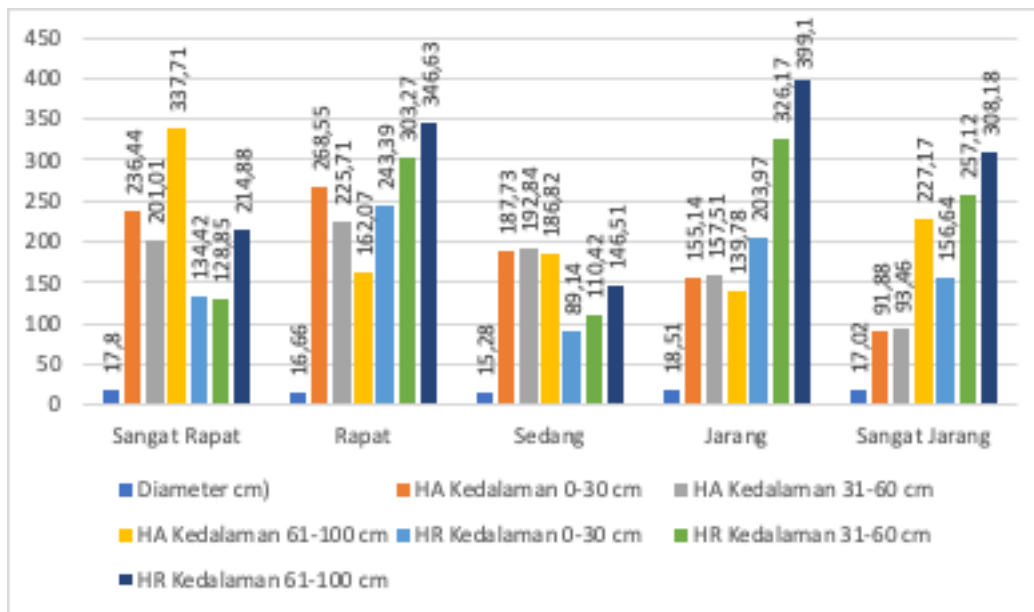
Berdasarkan Tabel 3. Total kandungan karbon sedimen mangrove pada hutan alam sebesar 363.491,17 Mg C atau setara 363.491,17 ton C dan pada hutan rehabilitasi sebesar 160.401,33 Mg C atau setara 160.401,33 ton C. Total kandungan karbon sedimen di Tahura Ngurah Rai sebesar 523.892,50 Mg C atau setara 523.892,50 ton C.

### 3.3. Hubungan antara Ukuran Diameter Pohon dan Jenis Vegetasi dengan Simpanan Karbon Sedimen pada Hutan Alam dan Hutan Rehabilitasi di Tahura Ngurah Rai

Data rata-rata diameter pohon pada masing-masing tingkat kerapatan tajuk

serta kandungan karbon sedimen rata-rata per plot sampel pada hutan alam dan hutan rehabilitasi di Tahura Ngurah Rai dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan Gambar 3. Rata-rata diameter pohon terbesar pada tingkat kerapatan jarang sebesar 18,51 cm dengan kandungan karbon tertinggi sebesar 399,1 Mg C/ha yang terdapat pada hutan rehabilitasi dengan kedalaman 61-100 cm. Sedangkan rata-rata diameter pohon terkecil pada tingkat kerapatan sedang sebesar 15,28 cm dengan kandungan karbon terendah sebesar 89,14 Mg C/ha yang terdapat pada hutan rehabilitasi dengan kedalaman 0-30 cm.



Gambar 3.

Histogram Rata-Rata Diameter Pohon pada Masing-masing Tingkat Kerapatan Tajuk serta Kandungan Karbon Sedimen Rata-rata per Hektar

### 3.4. Simpanan Karbon Sedimen

Berdasarkan output Tabel 3. dengan nilai signifikansi  $0,00 < 0,05$ , bermakna bahwa varians data heterogen untuk rerata kandungan karbon sedimen hutan alam dan hutan rehabilitasi. Selanjutnya untuk mengetahui apakah ada perbedaan yang nyata pada kandungan karbon sedimen di

hutan alam dan rehabilitasi berpatokan pada nilai signifikansi (2-tailed) pada baris “*Equal variances not assumed*” dengan nilai  $0,235 > 0,05$  yang bermakna bahwa nilai rerata karbon sedimen tidak berbeda nyata. Hasil uji statistik terhadap simpanan karbon sedimen Tahura Ngurah Rai dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. *Output Independent Samples Test* Kandungan Karbon Sedimen pada Hutan Alam dan Hutan Rehabilitasi Tahura Ngurah Rai

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Kandungan Karbon	'Equal variances assumed'	19.065	.000	-1.182	84	.241	32.70472	27.67046	-87.73047	22.32103
	'Equal variances not assumed'			-1.198	65.065	.235	32.70472	27.29616	-87.21790	21.80846

Meskipun secara statistik tidak berbeda nyata, kandungan karbon sedimen hutan rehabilitasi Tahura Ngurah Rai sejumlah

224,60 MgC/ha lebih tinggi dari hutan alam dengan kandungan sebesar 191,89 MgC/ha. Nilai rerata karbon pada sedimen hutan alam

tersebut melebihi kandungan karbon organik pada hutan alam di Perancak sebesar 185,97 Mg C ha<sup>-1</sup> (Indraiswari dan Putra, 2018). Membandingkan dengan penelitian serupa yang dilakukan oleh Mahasani *et al.* (2016) pada areal rehabilitasi mangrove di Taman Hutan Raya Ngurah Rai dimana total simpanan kandungan karbon organik sebesar 42.625.842,79 Mg C dengan luas area penelitian 318,559 Ha atau setara dengan 133.808,31 Mg C ha<sup>-1</sup> maka kandungan karbon rata-rata per hektar di hutan rehabilitasi pada penelitian ini lebih kecil. Hal ini diduga karena adanya perbedaan kedalaman sampel dan luas area penelitian. Demikian pula bila dibandingkan dengan kandungan karbon organik di Papua Barat yang meliputi wilayah Bintuni, Teminabuan dan Timika secara berturut-turut sebesar 1.032 Mg C ha<sup>-1</sup>; 964,9 Mg C ha<sup>-1</sup> dan 674.9 Mg C ha<sup>-1</sup> (Taberima *et al.*, 2014) maka kandungan karbon sedimen Tahura Ngurah Rai lebih kecil.

Rata-rata kandungan karbon sedimen pada hutan alam Tahura Ngurah Rai sebesar 191,89 Mg C ha<sup>-1</sup> lebih kecil dari rata-rata kandungan karbon sedimen pada hutan rehabilitasi yang sebesar 224,60 Mg C ha<sup>-1</sup>. Hal tersebut diduga dipengaruhi oleh jenis substrat, lokasi plot dan pengaruh pasang surut. Pada hutan rehabilitasi substrat didominasi oleh lumpur dengan lokasi pada zona tengah dengan pengaruh pasang surut yang tidak terlalu kuat sehingga kandungan karbon sedimen lebih besar. Namun pada hutan alam substrat dominan adalah pasir berlumpur dan berlokasi pada zona depan dengan pengaruh pasang surut yang lebih kuat sehingga kandungan karbon sedimen lebih kecil.

### 3.5. Hubungan antara Ukuran Diameter dan Jenis Pohon dengan Simpanan Karbon Sedimen pada Hutan Alam

Untuk mengetahui apakah diameter dan jenis pohon berpengaruh terhadap simpanan karbon sedimen pada hutan alam Tahura

Ngurah Rai, dilakukan analisis terhadap output uji statistic. Berdasarkan Tabel 4. diketahui nilai R sebesar 0,347 yang bermakna korelasi yang “rendah” (Sugiyono, 2010) pada variabel diameter dan jenis pohon dengan kandungan karbon sedimen pada hutan alam. Kategori korelasi berdasarkan Sugiyono (2010) sebagai berikut.

Untuk membuktikan apakah korelasi atau hubungan tersebut berpengaruh signifikan (nyata) atau tidak terhadap kandungan karbon sedimen pada hutan alam, maka perlu menafsirkan output *Coefficients* seperti pada Tabel 5.

Berdasarkan Tabel 5. diperoleh nilai signifikansi untuk rata-rata diameter 0,570 > 0,05, artinya diameter tidak memiliki pengaruh signifikan atau nyata terhadap kandungan karbon sedimen pada hutan alam Tahura Ngurah Rai. Untuk nilai signifikansi jenis dominan 0,028 < 0,05 bermakna bahwa jenis pohon berpengaruh signifikan atau nyata pada kandungan karbon sedimen pada hutan alam Tahura Ngurah Rai. Regresi kandungan karbon sedimen pada hutan alam sebagai berikut:

Kandungan Karbon HA = 171.052 + 3.098 X  
ns - 61.141D\*

Keterangan : X = Diameter pohon (cm)

D = Jenis Vegetasi (1 = *Sonneratia alba*, 0 = vegetasi lainnya)

ns = Non signifikan

\* = Nyata pada taraf 5%

Berdasarkan model persamaan regresi tersebut, diameter pohon (X) tidak berpengaruh nyata terhadap kandungan karbon sedimen pada hutan alam. Namun jenis vegetasi (D) berpengaruh nyata dengan koefisien penduga sebesar - 61.141. Tanda negatif pada peubah dummy dan bersifat nyata berarti bahwa kandungan karbon sedimen pada hutan alam dengan vegetasi *Sonneratia alba* lebih kecil dibandingkan dengan jenis vegetasi lainnya.



Tabel 4. *Output Model Summary* Hubungan Diameter dan Jenis Pohon terhadap Kandungan Karbon Sedimen pada Hutan Alam Tahura Ngurah Rai

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.347 <sup>a</sup>	.120	.075	79.51750

a. Predictors: (Constant), Jenis Dominan, Rata-rata Diameter

Kategori Korelasi	
0.00 - 0.199	Sangat rendah
0.20 - 0.399	Rendah
0.40 - 0.599	Sedang
0.60 - 0.799	Kuat
0.80 - 1.00	Sangat Kuat

Sumber : Sugiyono (2010)

Tabel 5. *Output Coefficients* Hubungan Diameter dan Jenis Pohon terhadap Kandungan Karbon Sedimen Tanah pada Hutan Alam Tahura Ngurah Rai

Coefficients <sup>a</sup>						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	171.052	88.440		1.934	.060
	Rata-rata Diameter	3.098	5.411	.094	.573	.570
	Jenis Dominan	-61.141	26.867	-.374	-2.276	.028

a. Dependent Variable: Kandungan Karbon Sedimen

### 3.6. Hubungan antara Ukuran Diameter dan Jenis Pohon dengan Simpanan Karbon Sedimen pada Hutan Rehabilitasi

Untuk mengetahui apakah diameter dan jenis pohon berpengaruh terhadap simpanan karbon sedimen pada hutan rehabilitasi Tahura Ngurah Rai, dilakukan analisis terhadap output uji statistik seperti Tabel 6.

Nilai R (0,405) pada Tabel 6. menunjukkan hubungan “sedang” (Sugiyono, 2010) antara diameter dan jenis pohon dengan kandungan karbon sedimen pada hutan alam. Untuk membuktikan korelasi atau hubungan tersebut berpengaruh signifikan (nyata) atau tidak terhadap kandungan karbon sedimen pada hutan rehabilitasi, maka perlu menafsirkan output *Coefficients* yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 6. *Output Model Summary* Hubungan Diameter dan Jenis Pohon terhadap Kandungan Karbon Sedimen pada Hutan Rehabilitasi Tahura Ngurah Rai

Model Summary <sup>b</sup>										
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics					Durbin-Watson
					R Square Change	F Change	df 1	df 2	Sig. F Change	
1	.405 <sup>a</sup>	.164	.123	152.14112	.164	4.020	2	41	.025	2.206

a. Predictors : (Constant), VegHR, DiameterHR

b. Dependent Variable : KKHR

Tabel 7. *Output Coefficients* Hubungan Diameter dan Jenis Pohon terhadap Kandungan Karbon Sedimen Tanah pada Hutan Rehabilitasi Tahura Ngurah Rai

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations		
	B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part
1 (Constant)	378.705	98.496		3.845	.000			
DiameterHR	-21.197	10.549	-.337	-2.009	.051	-.095	-.299	-.287
VegHR	156.682	56.828	.462	2.757	.009	.286	.395	.394

a. Dependent Variable: KKHR

Berdasarkan Tabel 7. diperoleh nilai signifikansi untuk rata-rata diameter 0,051 > 0,05 bermakna bahwa diameter pohon tidak memberikan pengaruh signifikan atau nyata pada kandungan karbon sedimen pada hutan rehabilitasi Tahura Ngurah Rai. Untuk nilai signifikansi jenis dominan sebesar 0,009 < 0,05 yang berarti bahwa jenis pohon berpengaruh signifikan atau nyata terhadap kandungan karbon sedimen pada hutan rehabilitasi Tahura Ngurah Rai. Regresi kandungan karbon sedimen pada hutan rehabilitasi sebagai berikut:

$$\text{Kandungan Karbon HR} = 378.705 - 21.197X^{ns} + 156.682D^*$$

Keterangan : X = Diameter pohon (cm)  
 D = Jenis Vegetasi (1 = *Sonneratia alba*, 0 = vegetasi lainnya)  
 ns = Non signifikan  
 \* = Nyata pada taraf 5%

Makna model persamaan regresi tersebut yakni diameter pohon (X) tidak berpengaruh nyata terhadap kandungan karbon sedimen pada hutan rehabilitasi. Namun jenis vegetasi (D) berpengaruh nyata dengan koefisien penduga sebesar +156.682. Tanda positif pada peubah dummy dan bersifat nyata berarti bahwa kandungan karbon sedimen pada hutan rehabilitasi dengan vegetasi *Rhizophora stylosa* lebih besar dibandingkan dengan jenis vegetasi lainnya. dapat disimpulkan bahwa jenis *Rhizophora stylosa* memberikan sumbangan karbon sedimen yang lebih besar dibandingkan dengan jenis lainnya pada hutan rehabilitasi.

#### 4. SIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1. Simpulan

1. Kandungan karbon sedimen per hektar pada hutan alam lebih kecil dibandingkan dengan hutan rehabilitasi. Nilai rata-rata kandungan karbon sedimen di hutan alam sebesar 489,47 Mg C dan di hutan rehabilitasi sebesar 617,88 Mg C. Secara statistik rata-rata kandungan karbon sedimen di hutan alam dan hutan rehabilitasi tidak berbeda nyata.
2. Ukuran diameter tidak berpengaruh signifikan terhadap kandungan karbon sedimen baik pada hutan alam dan hutan rehabilitasi. Namun jenis mangrove berpengaruh nyata pada simpanan karbon sedimen, dimana pada hutan alam jenis *Sonneratia alba* memberikan sumbangan lebih kecil terhadap kandungan karbon sedimen dibandingkan jenis lainnya, sebaliknya di hutan rehabilitasi jenis *Rhizophora stylosa* memberikan sumbangan lebih besar terhadap kandungan karbon sedimen dibandingkan dengan jenis *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora apiculata* dan *Bruguiera gymnorhiza*.

##### 4.2. Saran

1. Untuk menjaga fungsi mangrove sebagai penyerap karbon perlu mempertahankan kelestarian mangrove dan melakukan rehabilitasi pada kawasan yang rusak.
2. Untuk meningkatkan kandungan karbon sedimen pada hutan mangrove bisa

mempertimbangkan pemilihan jenis *Rhizophora stylosa* untuk pelaksanaan kegiatan rehabilitasi, karena jenis *Rhizophora stylosa* memberikan sumbangan positif terhadap peningkatan kandungan karbon sedimen. Tentunya dengan catatan bahwa lokasi rehabilitasi cocok untuk jenis Rhizoporaceae

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arief, A. 2001. *Hutan dan Kehutanan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Donato, D. C., Kauffman, J. B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M., & Kanninen, M. 2011. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience*, 4(5):293-297.
- Hatori, H. 2004. *Eko-Tour Gaido Manual*. The Mangrove Information Centre. Denpasar.
- Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Telszewski, M., Pidgeon, E. 2014. Coastal Blue Carbon: Methods for Assessing Carbon Stocks and Emission Factors in Mangroves, Tidal Salt Marshes, and Seagrass Meadows. *Conservation Internasional, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, Internasional Union for Conservastion of Nature*. Virginia, USA.
- Indraiswari, I.G.A.A.M., Putra, I.D.N.N. 2018. Estimasi Persentase Karbon Organik pada Tanah di Hutan Mangrove Alami, Perancak, Bali. *Journal of Marine Research and Technology* 1(1),1-4.
- IPCC. 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Japan: IGES.
- Kauffman, J.B., Donato, D.C., 2012. *Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests*. CIFOR Bogor, Indonesia: Working Paper 86.
- Mahasani, I.G.A.I., Karang, I.W.G.A., Hendrawan, I.G. 2016. Karbon Organik di Bawah Permukaan Tanah pada Kawasan Rehabilitasi Hutan Mangrove, Taman Hutan Raya Ngurah Rai, Bali. *Prosiding Seminar Nasional Kelautan 2016*. Universitas Trunojoyo Madura.
- Pratama, I.G.M.Y., Karang, I.W.G.A., Suteja, Y. 2019. Distribusi Spasial Kerapatan Mangrove Menggunakan Citra Sentinel-2A Di TAHURA Ngurah Rai Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences* 5(2), 192-202.
- Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta, CV.
- Susiana. 2011. "Diversitas dan Kerapatan Mangrove, Gastropoda dan Bivalvia di Estuari Perancak, Bali". (*Skripsi*). Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan Jurusan Perikanan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Taberima, S., Nugroho, Y.D., Mudiyarso, D. 2014. The Distribution of Carbon Stock in Selected Mangrove Ecosystem of Wetlands Papua: Bintuni, Teminabuan, and Timika Eastern Indonesia. *International Conference on Chemical, Environment & Biological Sciences (CEBS-2014)* Sept. 17-18, 2014 Kuala Lumpur (Malaysia).