

## KERAGAMAN VEGETASI DAN CADANGAN KARBON HUTAN PANTAI CAGAR ALAM PULAU SEMPU JAWA TIMUR

### *Vegetation Diversity and Carbon Storage of Coastal Forest in Sempu Island Nature Reserve East Java*

Setyawan Agung Danarto<sup>a</sup>, Ilham Kurnia Abywijaya<sup>a</sup>, R. Hendrian<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Purwodadi-LIPI, Jl. Surabaya-Malang Km. 65, Purwodadi, Pasuruan, Jawa Timur 67163 – setyawan.10535@gmail.com

<sup>b</sup>Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Cibodas-LIPI, PO. Box. 19 Sdl. Sindanglaya Cipanas Cianjur 43253

**Abstract.** Coastal forests has high biodiversity and environmental services that are beneficial to humans. The existence of global warming causes sea level rise that threatens the diversity of plants in the coastal areas so it is need inventory the diversity of plants which has potency in environmental services especially in carbon sequestration. Research on stand diversity and carbon stock in north coastal forest of Sempu Island Nature Reserve was conducted in May 2015. The study areas were focused on the coastal forest vegetation of Teluk Semut, Wedhen Cilik Beach, Caluk Ilang Beach, and Semenanjung Beach. The methods that used for data collection were quadran method  $20 \times 20 \text{ m}^2$  with total number of plots is 10 plots along the exploration track by considering the representation of vegetation condition. A total of 51 tree species were recorded (belonging to 40 generas and 26 families) within the study area. Two threatened tree species found, according to IUCN Red List, were *Myristica teysmannii* Miq. (status: Endangered) dan *Sindora javanica* (Koord. & Valeton) Backer (status: Vulnerable). Carbon storage of coastal forest in Sempu Island was high. Plants with diameter  $> 20 \text{ cm}$  had high contributor in Sempu Island coastal forest. *Maranthes corymbosa* was higher contributor for carbon storage in Sempu Island coastal forest.

Keywords: Carbon storage, coastal forest, Sempu Island Nature Reserve

(Diterima: 15-09-2017; Disetujui: 28-12-2017)

### 1. Pendahuluan

Ekosistem hutan pesisir merupakan salah satu tipe ekosistem hutan di Indonesia yang sangat penting. Ekosistem ini disebut sebagai *global diversity hotspot* sehingga memiliki keanekaragaman hayati, endemisitas tinggi (FWI, 2002; Newton *et al.*, 2003; Mittermeier *et al.*, 2004; Olsen dan Dinerstein, 2002; Myers, 2003). Ekosistem hutan pesisir menyediakan jasa lingkungan dan sumber daya alam hayati untuk memenuhi kebutuhan manusia (Barbier *et al.*, 2011; Mittermeier *et al.*, 2011). Kelestarian hutan pesisir semakin terancam yaitu kenaikan permukaan air laut serta permasalahan lingkungan yang serius antara lain abrasi, banjir rob, penyusupan air asin ke arah daratan serta pencemaran lingkungan yaitu limbah dan sampah (FWI, 2002; Karminarsih, 2007). Secara umum ekosistem hutan ini berada pada garis pasang tertinggi, dengan kondisi tanah berpasir, landai, dan berbatu, serta tidak dipengaruhi oleh kondisi iklim. Penyebarannya di Indonesia meliputi Sumatera, Jawa, Kalimantan Bali, dan Sulawesi (Tuheteru dan Mahfudz, 2012). Penelitian ekologi di pulau-pulau kecil masih merupakan kajian yang menarik untuk mengungkap keberadaan berbagai variasi vegetasi pulau kecil yang berkaitan dengan karakteristik habitatnya. Keterbatasan area distribusi dan ancaman degradasi lingkungan menjadikan pulau kecil sebagai habitat yang rentan dan perlu diprioritaskan dalam upaya

konservasi tumbuhan (Irawanto *et al.*, 2017).

Sebagian kecil ekosistem hutan pesisir Indonesia ini dapat ditemukan di Cagar Alam Pulau Sempu (CAPS), yaitu pulau kecil yang terletak di selatan Kabupaten Malang, Propinsi Jawa Timur. Pulau ini telah ditetapkan sebagai cagar alam karena potensi botanis estetis dan bentang alamnya yang khas berdasarkan SK Menhutbun No. 417/Kpts-II/1999 pada tanggal 15 Juni 1999. CAPS secara geografis terletak di antara  $11^{\circ}20'40''45''$ - $11^{\circ}20'42''45''$  BT dan  $8^{\circ}27'24''$ - $8^{\circ}24'54''$  LS, sekitar 0.5 km dari garis pantai sebelah selatan Jawa Timur. Pulau ini terbentang 3.9 km dari barat ke timur dan 3.6 km dari utara ke selatan. Bagian selatan dan timur langsung berbatasan dengan Samudera Indonesia, sedangkan bagian utara hingga ke barat dipisahkan dari daratan Pulau Jawa oleh Selat Sempu. Pulau Sempu merupakan habitat bagi satwa maupun tumbuhan endemis di kawasan tersebut. Pulau Sempu memiliki 4 ekosistem hutan antara lain hutan tropis, hutan mangrove, hutan pantai, dan hutan ekosistem danau. Hutan Pantai CAPS berada di sisi utara Pulau dan memanjang ke barat dengan jenis tanah pasiran. Hutan ekosistem danau ditemukan di tengah-tengah Pulau. Jumlah tumbuhan yang terekam dari berbagai penelitian ditemukan di CAPS dari 10 sub region (Telaga Lele, Telaga Dowo, Gladakan, Baru-Baru, Gua Macan, Teluk Ra'as, Teluk Semut, Air Tawar, dan Waru-Waru yang merepresentasikan hutan mangrove, hutan pantai, hutan dataran rendah kering,

dan savana tercatat 282 nomor, 166 genus dan 80 famili, dan 54 jenis masih teridentifikasi pada level genus (Irawanto *et al.*, 2015).

Keanekaragaman hayati dan ekosistem pesisir di Cagar Alam Pulau Sempu ini sangat rentan terhadap kerusakan lingkungan, baik karena faktor alamiah maupun karena ulah manusia. Salah satu bentuk ancaman serius terhadap ekosistem pesisir ini adalah fenomena perubahan iklim global yang menyebabkan kenaikan permukaan air laut, sehingga dapat mengancam kelestarian ekosistem pesisir (Curch *et al.*, 2007). Menurut Purnomo *et al.*, 2013, saat ini kawasan Cagar Alam Pulau Sempu menghadapi permasalahan pengelolaan yaitu adanya kegiatan wisata dalam kawasan yang bertentangan dengan UU RI No.5 Tahun 1990 pasal 17 ayat 1 yaitu dalam Cagar Alam hanya dapat dilakukan kegiatan penelitian, pengembangan ilmu pengetahuan, pendidikan, dan kegiatan yang menunjang budaya. Dampak negatif adanya kegiatan wisata alam di CAPS yang dimungkinkan terjadi pada kawasan adalah bibit tumbuhan eksotik mempunyai peluang masuk kawasan melalui pengunjung sehingga mengganggu keseimbangan ekosistem CAPS. Selain itu di lokasi banyak ditemukan limbah maupun sampah sehingga mengganggu kondisi tanah di kawasan CAPS. Kondisi tumbuhan bawah maupun herba yang sering diinjak pengunjung mengganggu regenerasi tumbuhan di CAPS.

Salah satu target utama dalam strategi global untuk konservasi tumbuhan *Global Strategy for Plant Conservation* (GSPC) adalah diketahuinya dan terdokumentasikannya keanekaragaman tumbuhan, khususnya pada habitat-habitat terancam yang menjadi prioritas. Salah satu usaha pendokumentasian tumbuhan melalui kegiatan analisis vegetasi tumbuhan maupun kajian floristik. Dalam pendokumentasian floristik dapat pula diukur jasa lingkungan suatu kawasan hutan misalnya kajian stok karbon. Ekosistem pesisir merupakan salah satu ekosistem di dunia yang turut membantu proses mitigasi perubahan iklim melalui sequestrasi dan penyimpanan karbon dalam jumlah yang signifikan (Donato *et al.*, 2012; Howard *et al.*, 2014) terutama dalam vegetasi. Adanya ancaman perubahan iklim dikhawatirkan mengancam ekosistem pulau kecil, mengingat ekosistem-ekosistem tropis yang berada pada daerah yang rendah diyakini akan menerima dampak yang paling parah dari fenomena perubahan iklim global. Salah satu usaha yang tepat untuk mengatasi ancaman terhadap kawasan hutan dataran rendah yaitu melalui upaya konservasi melalui skema pemanfaatan jasa lingkungan yaitu perdagangan karbon (skema REDD<sup>+</sup>). Dalam skema tersebut dibutuhkan dasar ilmiah yang kuat dan data akurat mengenai jumlah karbon tersimpan dalam suatu hutan (Suwardi *et al.*, 2013).

Data mengenai jasa lingkungan hutan pantai di Indonesia terutama fungsinya dalam sequestrasi karbon masih minim sehingga perlu dilakukan penelitian pengukuran cadangan karbon. Beberapa penelitian cadangan karbon pada ekosistem pesisir di Indonesia antara lain dilakukan pada hutan mangrove dan padang lamun. Penelitian yang sudah dilakukan di kawasan

pesisir antara lain di Sulawesi Utara yang mengalami penurunan luasan hutan mangrove sehingga menyebabkan penurunan cadangan karbon mangrove sebesar 27.41 Gg C/tahun (Wahyuni dan Suryawan, 2012). Hal ini membuktikan bahwa mangrove berkontribusi cukup besar dalam mitigasi pemanasan global. Penelitian lain di kawasan pesisir yaitu cadangan karbon komunitas lamun di Pulau Pari Kepulauan Seribu sebesar 2,005 Mg C/ha. Sebagian besar penelitian cadangan karbon di Pulau Jawa dilakukan pada hutan dataran rendah kering cadangan karbon pada berbagai ekosistem di bioregion Jawa bervariasi. Rerata cadangan karbon pada hutan lahan kering primer di Jawa sebesar 144.28 ton/ha lebih besar pada rerata cadangan karbon hutan lahan sekunder yaitu sebesar 96.28 ton/ha (Rochmayanto *et al.* 2014). Potensi wilayah pesisir dalam sequestrasi karbon perlu dikaji melalui penelitian pengukuran biomassa. Tujuan dari penelitian tersebut adalah mengetahui komposisi jenis tegakan yang terdapat di kawasan hutan pantai Pulau Sempu dan nilai cadangan karbonnya di hutan pantai utara Cagar Alam Pulau Sempu (CAPS), Kabupaten Malang sehingga dapat dijadikan bahan rujukan mengenai pengelolaan CAPS.

## 2. Metodologi

### 2.1. Kondisi Umum Area Studi

Cagar Alam Pulau Sempu terletak pada koordinat antara 112°40'45" BT – 112°42'45" BT dan 8°27'24" LS – 8°24'54" LS. Pulau ini memiliki luas 877 ha, dengan ukuran 3.9 km barat-timur dan 3.6 km utara-selatan. Pulau Sempu berbatasan dengan Samudera Indonesia pada sisi timur, selatan, dan barat; serta berbatasan dengan perariran Selat Sempu yang tenang di sisi utara. Pulau Sempu merupakan pulau kecil yang tidak berpenghuni yang terletak sekitar 0.5 km di selatan Pulau Jawa. Seluruh area Pulau Sempu merupakan kawasan cagar alam.

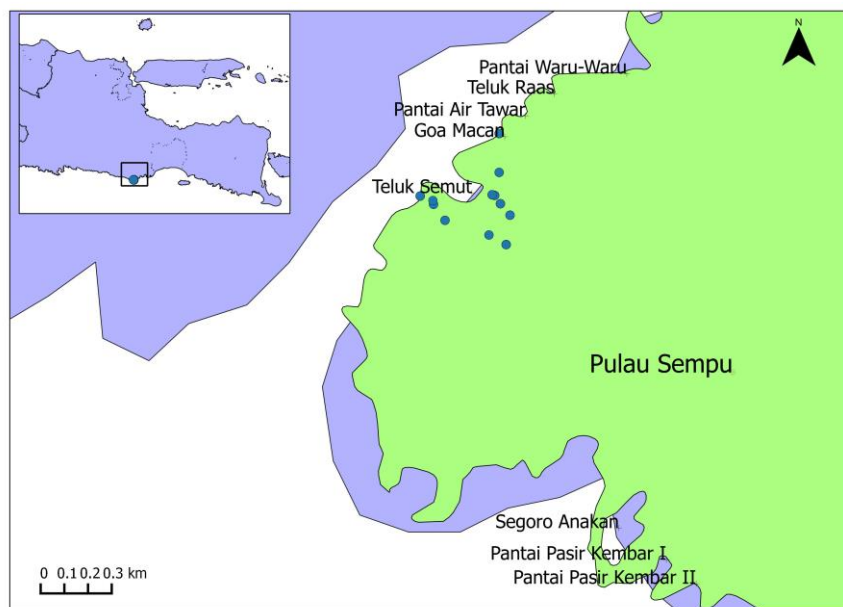
Secara umum Pulau Sempu didominasi oleh vegetasi hutan dataran rendah. Tipe vegetasi lain yang dapat dijumpai di pulau ini adalah vegetasi hutan mangrove pada sebagian kecil area di sepanjang pantai utara Pulau Sempu, dan hutan pantai di area pesisir yang mengelilinginya, serta vegetasi rawa-rawa di daerah Telaga Dowo dan Telaga Sat. Pada area pesisir pantai dapat dijumpai jenis tumbuhan *Sophora tomentosa*, dan jenis-jenis tumbuhan epifit seperti anggrek *Dendrobium subulatum*, anggrek *Thrixspermum subulatum*, *Hoya* sp., dan tumbuhan paku *Drynaria quercifolia* yang menempel pada pohon-pohon *Peltophorum pterocarpum*, *Streblus asper*, dan *Excoecaria agallocha*.

Dari hasil pengamatan lingkungan di lokasi penelitian, kawasan hutan pantai utara di kawasan Teluk Semut Cagar Alam Pulau Sempu memiliki topografi datar hingga berbukit dengan kondisi tanah tekstur pasir hingga lempungan dengan kondisi tanah masam dengan kisaran nilai pH 4–5. Temperatur udara

yang tercatat berkisar dari 27°C–30°C dengan kelembaban udara relatif 74%–93%. Intensitas cahaya terukur dari tutupan tajuk yang rapat tercatat 1700 lux sedangkan pada tutupan tajuk vegetasi yang terbuka mencapai 30,000 lux.

2.2 Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2015 dengan fokus area studi vegetasi hutan pantai pada ekosistem pesisir utara Cagar Alam Pulau Sempu, yaitu blok Teluk Semut, blok Pantai Caluk Ilang, blok Pantai Weden Cilik, dan blok Pantai Semenanjung. Lokasi penelitian terdapat di blok utara pesisir kawasan CAPS. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta titik-titik lokasi pengambilan data vegetasi di kawasan hutan pantai utara Cagar Alam Pulau Sempu

2.2. Bahan dan Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: alat tulis, GPS *Garmin GPSmap 62sc*, thermo-hyrometer clock *DM-303*, soil-tester *Demetra Bakelite E.M. System*, pita meter, tambang, dan kompas.

2.4. Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Pengumpulan data dilaksanakan dengan analisis vegetasi dengan metode kuadran. Ukuran petak yang digunakan sebesar 20 m × 10 m sebanyak 10 plot secara sistematis pada lokasi ekosistem hutan pantai CAPS. Pengumpulan data vegetasi meliputi jenis tumbuhan, jumlah, dan diameter setinggi dada. Tegakan tumbuhan yang didata adalah tegakan dengan diameter ≥ 10 cm. Sampling vegetasi dilaksanakan pada blok-blok kawasan yang dijelajahi di sepanjang pesisir utara Cagar Alam Pulau Sempu. Jenis tegakan tumbuhan yang diketahui dicatat dalam tabel. Sedangkan jenis tumbuhan yang tidak diketahui jenisnya dibuat herbariumnya untuk diidentifikasi di Kebun Raya Purwodadi.

2.5. Analisis Data

Analisis data yang dilakukan adalah penghitungan nilai kerapatan (K) (n/ha), frekuensi (F) (%) dan dominansi (D) (m<sup>2</sup>/ha), serta penghitungan Nilai

penting (NP) yang mengacu pada Indriyanto (2006), Dumbois and Ellenberg (1974), sebagai berikut:

$$Kerapatan (K) = \frac{Jumlah\ individu\ suatu\ jenis}{Luas\ seluruh\ petak}$$

$$Frekuensi (F) = \frac{Jumlah\ petak\ dijumpai\ jenis}{Jumlah\ seluruh\ petak}$$

$$Dominansi (D) = \frac{Luas\ bidang\ dasar\ suatu\ jenis}{Luas\ seluruh\ petak}$$

$$Kerapatan\ Relatif (KR) = \frac{Kerapatan\ suatu\ jenis}{Kerapatan\ seluruh\ jenis} \times 100\%$$

$$Frekuensi\ Relatif (FR) = \frac{Frekuensi\ suatu\ jenis}{Frekuensi\ seluruh\ jenis} \times 100\%$$

$$Dominansi\ Relatif (DR) = \frac{Dominansi\ suatu\ jenis}{Dominansi\ seluruh\ jenis} \times 100\%$$

$$Nilai\ Penting (NP) = KR + FR + DR$$

Selain itu juga dilakukan penghitungan tingkat kekayaan jenis menggunakan indeks kekayaan Margalef, mengacu pada Margalef (1958), dengan rumus sebagai berikut:

$$D_{mg} = \frac{(S - 1)}{\ln(N)}$$

dengan:  $D_{mg}$  = Indeks kekayaan Margalef  
 $S$  = Jumlah jenis  
 $N$  = Jumlah individu seluruh jenis

$$Sd = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n}$$

Tingkat keanekaragaman jenis dihitung menggunakan indeks keanekaragaman Shannon, mengacu pada Shannon dan Weaver (1949), dengan rumus sebagai berikut:

$$H' = - \sum_{i=1}^s (p_i \ln p_i) = - \sum_{i=1}^s \left[ \left( \frac{n_i}{N} \right) \ln \left( \frac{n_i}{N} \right) \right]$$

dengan:  $H'$  = Indeks keanekaragaman Shannon  
 $p_i$  = Kelimpahan proporsional  
 $n_i$  = Jumlah individu jenis ke- $i$   
 $N$  = Jumlah individu seluruh jenis

Selanjutnya tingkat pemerataan jenis dihitung menggunakan indeks pemerataan Pielou, mengacu pada Pielou (1969, 1975) diacu dalam Magurran (2004), dengan rumus:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} = \frac{H'}{\ln(S)}$$

dengan;  $J'$  = Indeks pemerataan Pielou  
 $H'$  = Indeks keanekaragaman Shannon  
 $S$  = Jumlah jenis

Nilai biomassa tumbuhan dihitung menggunakan persamaan allometrik untuk tipe tegakan hutan kering dengan curah hujan kering < 1500 mm/tahun menurut Chave *et al.* (2005), biomassa pohon dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$(AGB)_{est} = \rho \times \exp(-0.667 + 1.784 \ln(D) + 0.207 (\ln(D))^2 - 0.0281 (\ln(D))^3)$$

dengan  $(AGB)_{est}$  = Estimasi biomassa di atas tanah (Kg)  
 $\rho$  = Berat jenis kayu (gr/cm<sup>3</sup>)  
 $D$  = Diameter setinggi dada (cm)

Nilai berat jenis kering kayu kering diperoleh dari data sekunder *Global Wood Density Database* (Chave *et al.* 2009; Zanne *et al.* 2009), Selanjutnya nilai cadangan karbon tiap pohon dapat diketahui dari 46% nilai biomassa. Nilai cadangan karbon tiap plot diketahui dengan cara menjumlahkan secara total cadangan karbon pohon dalam plot. Rata-rata nilai cadangan pohon per plot dihitung menggunakan rumus:

Cadangan karbon rata-rata per plot dalam 10 plot contoh = (cadangan karbon plot 1 + cadangan karbon plot 2 + ..... + cadangan karbon plot 10) / 10

Sedangkan nilai simpangan baku cadangan karbon rata-rata per plot adalah:

Keterangan:

$x_i$  = nilai cadangan karbon per plot

—

$\bar{x}$  = rata-rata cadangan karbon per plot

$n$  = jumlah data

Perhitungan cadangan karbon per satuan luas lahan (ton/ha) dihitung dengan menjumlahkan secara total cadangan karbon tiap pohon (kg) seluruh plot kemudian dibagi dengan luasan total plot (m<sup>2</sup>). Nilai Hasil pembagian tersebut kemudian dikonversi dalam satuan ton/ha sehingga didapatkan nilai cadangan karbon dalam satuan ton/ha (Hairiah *et al.* 2011).

Nilai simpangan baku cadangan karbon total (*standart deviation*) dihitung menggunakan rumus (Gunardi dan Rakhman, 2003):

$$sd = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n}$$

keterangan:

$sd$  = simpangan baku cadangan karbon total

$x_i$  = nilai data

$\bar{x}$  = rerata total data

$n$  = jumlah data

## 2.6. Penentuan status konservasi

Penentuan status konservasi setiap jenis tumbuhan di CAPS mengikuti database Red List IUCN pada website [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org) (IUCN, 2017). Pencarian status konservasi dengan cara mengisi nama jenis tumbuhan dalam kolom “*search*” kemudian klik tombol “*search*” dan akan ditampilkan data mengenai status konservasi suatu tumbuhan. Dalam database tersebut akan didapatkan status konservasi antara lain (Primarck, 2007):

- Extinct* (Punah) yaitu suatu spesies yang telah punah atau tidak dapat ditemukan lagi dimanapun.
- Extinct in the wild* (punah di alam) yaitu suatu spesies yang hanya ditemukan di perkebunan maupun penangkaran atau terdapat sebagai populasi alam yang hidup di luar distribusi aslinya.
- Critically endangered* (kritis) yaitu suatu spesies yang menghadapi resiko kepunahan sangat tinggi di alam dalam waktu dekat (dalam waktu 10 tahun memiliki resiko kepunahan lebih besar 50%).
- Endangered* (genting) yaitu spesies yang memiliki resiko kepunahan yang sangat tinggi di alam dalam waktu dekat dan beresiko menjadi kritis (spesies yang dalam 20 tahun atau 5 generasi memiliki resiko kepunahan lebih besar dari 20%).
- Vurnerable* (rentan) yaitu suatu spesies dengan

- resiko punah dalam jangka menengah dan beresiko menjadi genting (spesies yang mempunyai resiko kepunahan lebih dari 10%.
- f. *Conservation dependent* (tergantung upaya konservasi) yaitu suatu spesies tidak terancam kepunahan namun keberlangsungan hidupnya bergantung pada upaya konservasi.
  - g. *Near threatened* (nyaris atau mendekati terancam punah) yaitu spesies yang mendekati kategori rentan namun untuk saat ini tidak tergolong terancam punah.
  - h. *Least concern* (kekhawatiran minimal) yaitu spesies yang tidak terancam kepunahan maupun kategori nyaris terancam.
  - i. *Data deficient* (kurang data) yaitu suatu spesies tanpa data yang cukup lengkap untuk menentukan resiko kepunahan.

- j. *Not evaluated* (tidak dievaluasi) yaitu spesies yang belum dievaluasi untuk menentukan kategori ancaman.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Komposisi Jenis Pohon di Pesisir Utara Pulau Sempu

Sebanyak 51 jenis pohon (termasuk ke dalam 40 marga dan 26 suku) tercatat dalam area studi pada vegetasi hutan di pesisir utara Pulau Sempu. Suku yang memiliki jumlah jenis paling banyak adalah suku Euphorbiaceae, yaitu tercatat sebanyak 8 jenis, meliputi marga *Baccaurea*, *Drypetes*, *Glochidion*, dan *Mallotus*. Kekayaan marga dan jenis pohon dalam setiap suku yang tercatat di area studi dapat diamati pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Kekayaan marga dan jumlah jenis tumbuhan pada setiap suku yang tercatat dalam area studi

Suku	Marga	Jumlah Jenis tiap Suku	
Euphorbiaceae	<i>Baccaurea, Drypetes, Glochidion, Mallotus</i>	8 jenis	
Anacardiaceae	<i>Buchania, Dracontomelon, Mangifera</i>	3 jenis	
Annonaceae	<i>Mitrephora, Orophea, Polyalthia</i>		
Lauraceae	<i>Actinodaphne, Litsea</i>		
terculiaceae	<i>Pterospermum, Sterculia</i>		
Celasteraceae	<i>Lophopetalum</i>		
Burseraceae	<i>Canarium, Garuga</i>	2 jenis	
Caesalpiniaceae	<i>Saraca, Sindora</i>		
Moraceae	<i>Artocarpus, Ficus</i>		
Myristicaceae	<i>Knema, Myristica</i>		
Sapindaceae	<i>Guioa, Lepisanthes</i>		
Ebenaceae	<i>Diospyros</i>		
Meliaceae	<i>Aglaiia</i>		
Myrtaceae	<i>Syzygium</i>		
Arecaceae	<i>Chrysobalanaceae</i> <i>Corypha</i> <i>Maranthes</i>		1 jenis
Clusiaceae	<i>Combretaceae</i> <i>Garcinia</i> <i>Terminalia</i>		
Flacourtiaceae	<i>Lecythidaceae</i> <i>Flacourtia</i> <i>Cydenanthus</i>		
Melastomataceae	<i>Rosaceae</i> <i>Memecylon</i> <i>Prunus</i>		
Rubiaceae	<i>Tiliaceae</i> <i>Canthium</i> <i>Microcos</i>		
Ulmaceae	<i>Verbenaceae</i> <i>Celtis</i> <i>Vitex</i>		

Terdapat tujuh jenis pohon dalam area studi yang telah dinilai status konservasinya berdasarkan kriteria kepunahan menurut Red List IUCN. Dua jenis diantaranya termasuk ke dalam kelompok terancam punah, sementara empat jenis lainnya termasuk kategori risiko rendah dan satu jenis termasuk kategori data tidak mencukupi. Jenis tumbuhan terancam kepunahan yang ditemukan pada vegetasi hutan di pesisir utara Pulau Sempu adalah *Myristica teysmannii* Miq. yang dikenal dengan nama daerah “Kendarahan” dan *Sindora javanica* (Koord. & Valeton) Backer yang dikenal dengan nama daerah “Sepranthu”. *Myristica*

*teysmannii* Miq. memiliki resiko kepunahan yang tinggi karena adanya degradasi habitat akibat deforestasi, pertanian, dan pembangunan infrastruktur (Risna, 2009; IUCN redlist, 2017). Habitat Jenis *Sindora javanica* memiliki kondisi terfragmentasi karena deforestasi, perkebunan besar maupun infrastruktur dan diketahui memiliki kondisi *existing* persebarannya tidak lebih dari 5 lokasi (IUCN redlist, 2017). Status konservasi jenis-jenis pohon pada vegetasi hutan di pesisir utara ditampilkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Status konservasi jenis-jenis pohon dalam area studi berdasarkan Red List IUCN

No.	Jenis	Suku	Kategori & Kriteria
<b>Jenis terancam kepunahan</b>			
1.	<i>Myristica teysmannii</i> Miq.	Myristicaceae	EN B1+2c ver. 2.3
2.	<i>Sindora javanica</i> (Koord. & Valetton) Backer	Caesalpiniaceae	VU B1+2c ver. 2.3
<b>Jenis dengan risiko rendah</b>			
1.	<i>Aglaia lawii</i> (Wight) C.J.Saldanha	Meliaceae	LC ver. 2.3
2.	<i>Corypha utan</i> Lam.	Arecaceae	LC ver. 3.1
3.	<i>Maranthes corymbosa</i> Blume	Chrysobalanaceae	LC ver. 2.3
4.	<i>Prunus javanica</i> (Teijsm. & Binn.) Miq.	Rosaceae	LC ver. 2.3
<b>Jenis dengan data kurang</b>			
1.	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	DD ver. 2.3

Keterangan:

EN	:	<i>Endangered</i>	(genting)
VU	:	<i>Vulnerable</i>	(rentan)
LC	:	<i>Least Concern</i>	(risiko rendah)
DD	:	<i>Data Deficient</i>	(data tidak mencukupi)

### 3.2. Struktur Tegakan Hutan di Pesisir Utara Sempu

Karakter keberadaan suatu jenis tumbuhan dalam komunitas dapat digambarkan oleh parameter-parameter tingkat dominansi, seperti jumlah individu, biomassa, serta penutupan lahan (Schulze *et al.*, 2002). Parameter kuantitatif untuk menggambarkan dominansi suatu jenis tumbuhan dalam komunitas tersebut dapat diperoleh dari perhitungan Nilai Penting (Soegianto, 1994 diacu dalam Indriyanto, 2006). Jenis-

jenis tumbuhan pada fase pertumbuhan pohon dan tiang dengan Nilai Penting  $\geq 15\%$  dapat dikatakan memiliki peranan dalam komunitasnya (Sutisna, 1981 diacu dalam Rosalia, 2008). Jenis-jenis tumbuhan pada fase tiang dan pohon yang memiliki peranan dalam vegetasi hutan pesisir utara Cagar Alam Pulau Sempu ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai kerapatan (K), kerapatan relatif (KR), frekuensi relatif (FR), dominansi relatif (DR), dominansi (D), dan nilai penting (NP) jenis-jenis pohon yang memiliki peranan dalam vegetasi hutan pesisir utara Cagar Alam Pulau Sempu

No.	Jenis	Suku	K (n/ha)	KR (%)	FR (%)	DR (%)	D (m <sup>2</sup> /ha)	NP
Tumbuhan fase Tiang (10 cm < diameter < 20 cm)								
1.	<i>Drypetes longifolia</i>	Euphorbiaceae	67	20,30	8,57	19,54	0,955	48,41
2.	<i>Garcinia celebica</i>	Clusiaceae	27	8,27	8,57	8,86	0,433	25,71
3.	<i>Pterospermum diversifolium</i>	Sterculiaceae	27	8,27	8,57	8,19	0,400	25,03
4.	<i>Drypetes neglecta</i>	Euphorbiaceae	30	9,02	2,86	9,62	0,470	21,50
5.	<i>Pterospermum javanicum</i>	Sterculiaceae	22	0,75	2,86	8,17	0,399	17,80
6.	<i>Mitrephora polypyrena</i>	Annonaceae	20	6,01	4,29	7,11	0,347	17,41
Tumbuhan fase Pohon (diameter $\geq 20$ cm)								
1.	<i>Maranthes corymbosa</i>	Chrysobalanaceae	7	5,55	4,88	29,92	6,801	40,35
2.	<i>Drypetes longifolia</i>	Euphorbiaceae	25	18,51	7,32	5,39	1,227	31,23
3.	<i>Pterospermum diversifolium</i>	Sterculiaceae	10	7,41	9,76	2,97	0,677	20,14
4.	<i>Vitex pinnata</i>	Verbenaceae	10	7,40	4,88	2,97	1,638	19,49
5.	<i>Pterospermum javanicum</i>	Sterculiaceae	12	9,26	4,88	4,23	0,963	18,37
6.	<i>Sterculia coccinea</i>	Sterculiaceae	5	3,70	4,88	9,01	2,048	17,59

Hasil analisis vegetasi yang dilakukan pada area studi menunjukkan bahwa jenis tumbuhan yang mendominasi fase pertumbuhan tiang adalah jenis *Drypetes longifolia*, disusul dengan *Garcinia celebica* dan *Pterospermum diversifolium*. Sementara pada fase pertumbuhan pohon, vegetasi hutan di pesisir utara Pulau Sempu didominasi oleh jenis pohon *Maranthes corymbosa*, disusul dengan jenis *D. longifolia* dan *P. diversifolium*. Berdasarkan data nilai penting jenis-jenis pohon dominan di area studi (Tabel 1), tampak

bahwa jenis *D. longifolia* dan *P. diversifolium* merupakan jenis yang termasuk ke dalam tiga besar jenis pohon yang mendominasi vegetasi hutan pesisir utara Pulau Sempu, baik dalam fase pertumbuhan tiang, maupun fase pertumbuhan pohon. Jenis *D. longifolia* merupakan jenis pohon strata kanopi tengah yang dapat tumbuh mencapai tinggi 32 m dan diameter 76 cm, tumbuh pada vegetasi hutan campuran hingga ketinggian 600 mdpl, umumnya pada daerah perengnan bukit, dan dapat ditemukan juga pada daerah karst (Slik,

2009). *D. longifolia* merupakan jenis tumbuhan yang paling dominan pada lapisan bawah vegetasi hutan tropis *evergreen* di beberapa kawasan hutan di India (Ayyappan & Parthasarathy, 1999). Menurut Abywijaya *et al.* (2014), jenis *D. longifolia* merupakan jenis pohon dominan pada strata diameter < 20 cm dalam ekosistem hutan Cagar Alam Pulau Sempu.

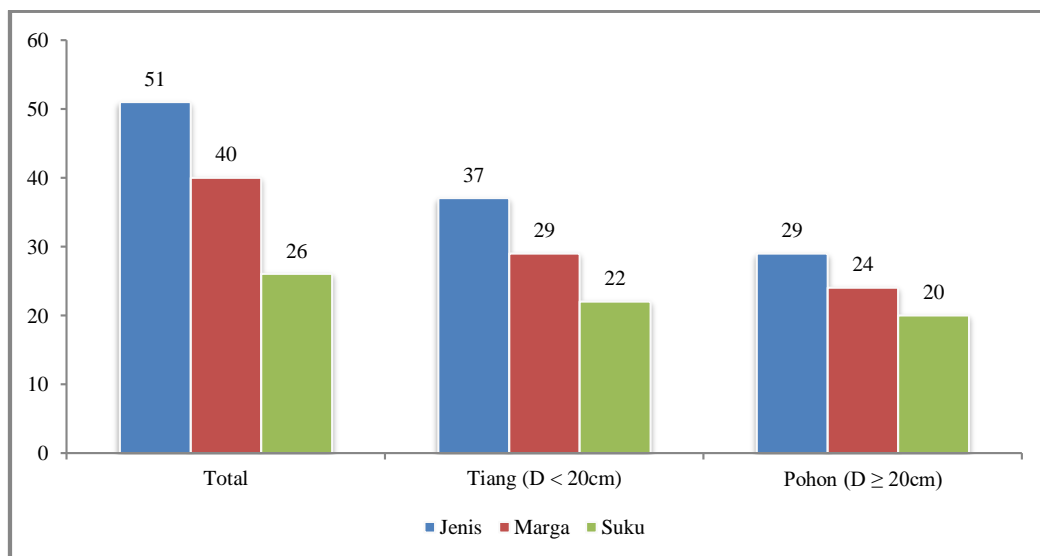
Sementara itu, jenis *M. corymbosa* merupakan jenis pohon yang dapat tumbuh mencapai tinggi 40 m dan diameter 90 cm, tumbuh pada vegetasi hutan campuran hingga keringgian 1.700 mdpl, umumnya pada daerah perengan bukit yang berpasir, tetapi juga cukup sering dijumpai pada daerah karst (Slik, 2009). Jenis ini merupakan jenis pohon raksasa yang tumbuh di hutan Pulau Sempu, dengan diameter batang lebih dari 1 meter, dan merupakan jenis pohon terbesar yang tumbuh di Pulau Sempu. Jumlah populasinya dalam area studi sangat sedikit dengan kerapatan relatif 5,55% (Tabel 3.), namun memiliki nilai penting yang paling tinggi karena nilai dominansi luas bidang dasar batangnya sangat besar. Jenis tersebut memiliki dominansi relatif terbesar yaitu 29,92% (Tabel 3.). Suatu jenis pohon akan menempati pada habitat khusus sesuai dengan kebutuhan hidupnya untuk bertahan (Harms *et al.*, 2001). Kawasan hutan pantai CAPS memiliki kondisi ekologi dengan tekstur tanah pasiran dan pH rendah. Jenis tegakan yang terdapat di kawasan tersebut memiliki tingkat adaptasi yang tinggi terhadap kondisi lingkungan tersebut.

### 3.3. Kekayaan, keanekaragaman, dan pemerataan jenis tegakan

Kekayaan suku, marga, dan jenis tumbuhan pada fase pertumbuhan tiang lebih tinggi dibandingkan dengan kekayaan suku, marga, dan jenis pada fase pohon. Pada vegetasi hutan di pesisir utara CA Pulau Sempu dijumpai sebanyak 26 suku, 40 marga, dan 51 jenis tumbuhan secara keseluruhan, baik pada fase

pertumbuhan tiang maupun pada fase pohon. Kekayaan jenis, marga, dan suku pada fase pertumbuhan tiang lebih banyak dibandingkan dengan kekayaan pada fase pohon. Hal ini disebabkan karena tidak seluruh jenis tumbuhan yang ditemukan memiliki habitus pertumbuhan sebagai pohon besar, sehingga pertumbuhan maksimalnya tidak mencapai fase pohon (diameter  $\geq 20$  cm).

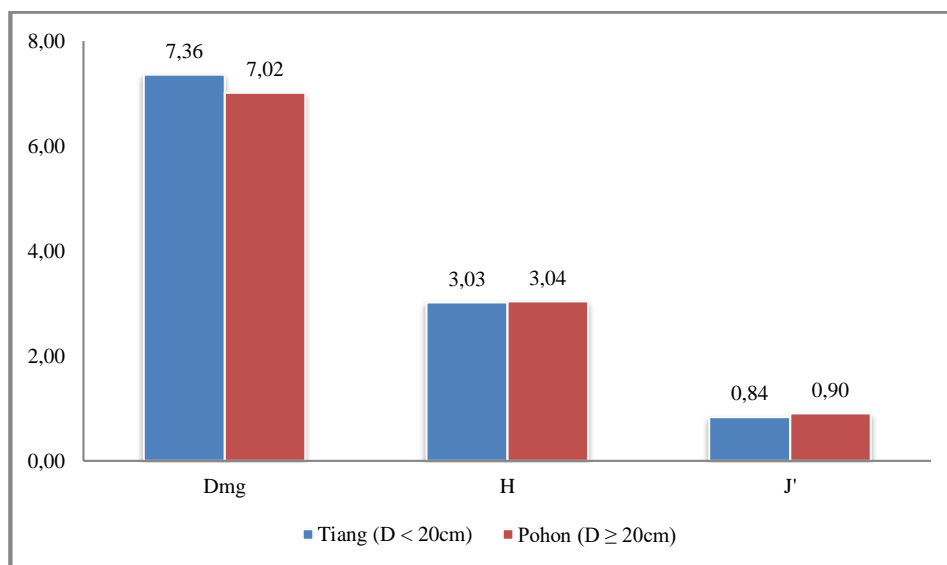
Beberapa penelitian yang telah dilaksanakan di Pulau Sempu sebelumnya menemukan bahwa jumlah jenis tumbuhan yang tercatat di Pulau Sempu adalah sebanyak 158 jenis menurut Abywijaya *et al.* (2014), dan 128 jenis menurut Risna (2009). Sehingga, diduga kekayaan jenis pohon pada vegetasi hutan di pesisir utara Pulau Sempu meliputi lebih kurang 32% hingga 40% dari kekayaan jenis tumbuhan yang ada di Pulau Sempu. Menurut Denslow (1987), variasi topografi dan faktor edafik mempengaruhi variasi lokal ukuran pohon dan formasi. Tidak ditemukan perbedaan yang signifikan pada nilai indeks kekayaan, keanekaragaman, dan pemerataan jenis pohon antara fase pertumbuhan tiang dan pohon. Hal ini menandakan bahwa jenis tumbuhan di pantai utara CAPS mampu mengoptimalkan sumber daya yang ada untuk kelangsungan hidupnya dan kompetisi tetap berlangsung. Richard (1964) menyatakan bahwa kepadatan pohon di dalam hutan tropis menunjukkan struktur "J" terbalik yaitu kepadatan pohon akan tinggi pada kelas diameter yang kecil kemudian akan menurun pada kelas diameter yang lebih besar. Seiring pertumbuhannya pohon-pohon tersebut akan meningkat pertumbuhannya sehingga terjadi kompetisi antar individu pohon. Dalam kompetisi tersebut tumbuhan yang kalah akan mati atau tetap dalam keadaan kecil sedangkan tumbuhan yang memenangkan kompetisi akan tumbuh menjadi besar. Nilai kekayaan suku, marga, dan jenis tumbuhan pada fase tiang dan pohon dalam area studi di pesisir utara CA Pulau Sempu ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Nilai kekayaan jenis, marga, dan suku pada tegakan hutan Cagar Alam Pulau Sempu

Nilai indeks kekayaan jenis tumbuhan pada fase tiang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan indeks kekayaan jenis pada fase pohon, sementara nilai indeks keanekaragaman dan kemerataan pada keduanya memiliki nilai yang hampir sama. Keragaman pohon di kawasan hutan pantai CAPS baik dengan nilai keragaman 3. Nilai keragaman dan kekayaan di hutan pantai CAPS menandakan bahwa hutan di kawasan tersebut dalam kondisi baik walaupun keragamannya lebih rendah daripada hutan Kalimantan. Hal ini jika dibandingkan pada penelitian Aiba dan Kitayama (1999) pada hutan alami Kalimantan nilai keragaman Shanon-Wiener berkisar dari 2.3 – 4.5 pada berbagai level ketinggian. Penelitian Brearley *et al.* (2004),

menyatakan bahwa nilai indeks keragaman Shanon-Wiener di hutan hujan Kalimantan Tengah 3.4 dan penelitian Budiharta di Lubuk Kakap Kalimantan Barat (2010), nilai indeks keanekaragaman pohon 3.54. Dari nilai kemerataan dapat dilihat bahwa jenis tumbuhan di hutan Pantai CAPS tergolong rendah nilai kemerataannya yang berarti bahwa tumbuhan cenderung menggerombol. Nilai indeks kekayaan, keanekaragaman, dan kemerataan jenis tumbuhan pada fase pertumbuhan tingkat tiang dan pohon dalam vegetasi hutan di pesisir utara Pulau Sempu dapat diamati pada Gambar 3.



Gambar 3. Nilai indeks kekayaan ( $D_{mg}$ ), indeks keanekaragaman ( $H$ ), dan indeks kemerataan ( $J'$ ) jenis pohon pada vegetasi hutan di pesisir utara Cagar Alam Pulau Sempu

Fase pertumbuhan tiang memiliki nilai indeks kekayaan jenis lebih tinggi dibanding fase pertumbuhan pohon karena jumlah jenis tumbuhan pada fase tiang lebih banyak. Hal ini terjadi karena tidak semua jenis tumbuhan mampu untuk tumbuh mencapai diameter melebihi 20 cm dan mengisi relung ekologis sebagai pohon besar dalam sebuah ekosistem hutan. Menurut Thomas dan Packham (2007), masing-masing jenis pohon memiliki kombinasi karakter morfologis, fisiologis, dan reproduktif yang khas yang sesuai bagi masing-masing jenis untuk mengisi relung ekologis tertentu dalam ekosistem tempatnya tumbuh. Contoh pada Penelitian Slik *et al.* (2009) di Kalimantan, menyatakan bahwa keragaman pohon berkorelasi dengan lingkungan. Keragaman pohon di Kalimantan berkorelasi negatif dengan ketinggian, kedalaman tanah, tekstur tanah, dan kandungan organik tanah namun berkorelasi positif dengan rasio C:N, PH tanah, dan curah hujan.

### 3.4. Estimasi cadangan karbon

Hasil perhitungan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa nilai cadangan karbon pada kawasan ini sebesar  $152.30 \pm 7.19$  ton C/ha. Nilai ini hampir menyamai dengan nilai cadangan karbon yang diperoleh dari penelitian stok karbon pulau-pulau kecil, yaitu Suaka Margasatwa Pulau Bawean, dengan cadangan karbon sebesar 150.71 ton C/ha (Trimanto, 2014). Pada tipe ekosistem yang sama, nilai cadangan karbon pada pulau kecil diketahui memiliki perbedaan dengan nilai cadangan karbon pada pulau besar. Suwardi *et al.* (2013) menyebutkan bahwa nilai cadangan karbon pada ekosistem hutan dataran rendah di Kawasan Hutan Ulu Gadut, Sumatera Utara memiliki nilai sebesar 482.75 ton C/ha, jauh lebih tinggi dibandingkan dengan nilai cadangan karbon pada CAPS dan SM Pulau Bawean. Nilai rata-rata cadangan karbon dari 10 plot contoh di CAPS sebesar  $158,01 \pm 13,52$  ton C/ha. Nilai ini menggambarkan bahwa potensi serapan karbon masing-masing plot tinggi sehingga keberadaan tegakan di hutan CAPS perlu dipertahankan.

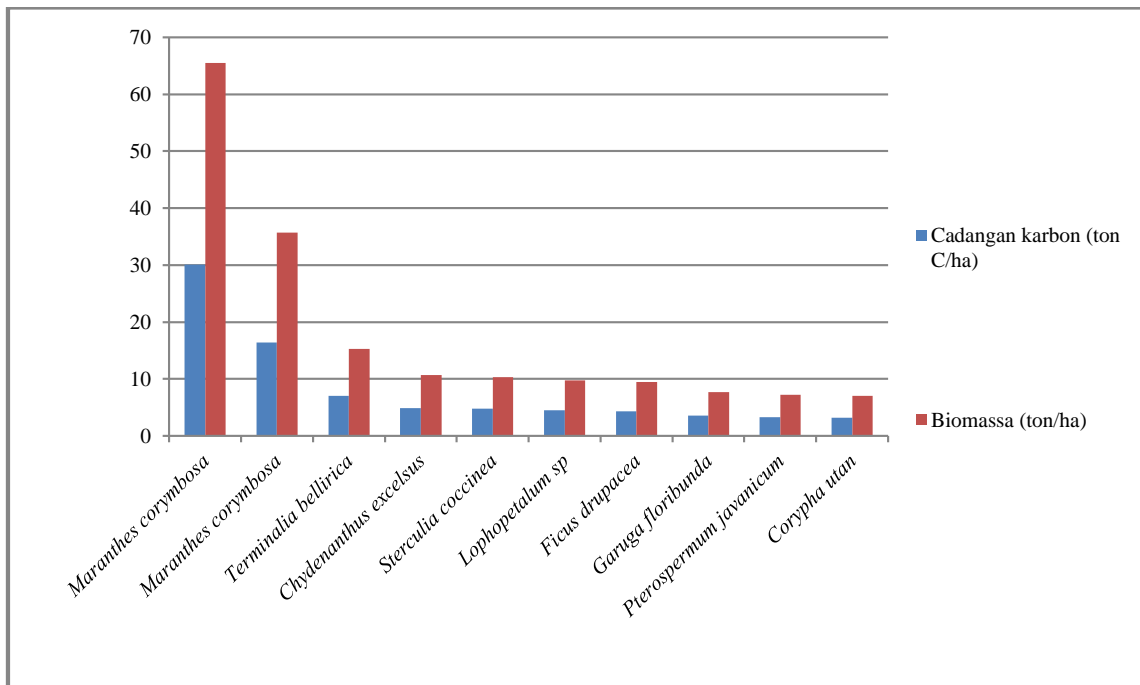
Berdasarkan hasil penelitian yang lain nilai cadangan karbon di CAPS lebih tinggi daripada nilai



rata-rata cadangan karbon di hutan lahan kering primer dan sekunder (Rochmayanto *et al.* 2014) Hal ini dapat terjadi karena antar kawasan hutan memiliki komposisi jenis pohon, usia dan tipe vegetasi, serta kondisi lahan (tipe tanah, elevasi, dan kemiringan lahan) yang berbeda (Pearson *et al.* 2007). Penelitian Slik *et al.* (2010) menyatakan bahwa kesuburan tanah memegang peranan penting dalam biomassa hutan di Kalimantan. Walaupun keragaman tegakan di CAPS baik namun sebaran diameter dan berat jenis kayu berbeda tiap jenis pohonnya. Perbedaan cadangan karbon antara suatu kawasan dengan kawasan lain dapat berbeda dikarenakan perbedaan kerapatan tegakan, umur tegakan, kualitas tempat tumbuh, iklim, topografi, karakteristik tanah, komposisi umur pohon, dan perlakuan silvikultur yang diberikan (Balitbang, 2010) dalam Istomo dan Farida (2017). Pohon berukuran besar (diameter > 100 cm) memberikan kontribusi lebih besar (sebesar 26,62 %) terhadap peningkatan cadangan karbon di lokasi penelitian dibandingkan dengan pohon berukuran kecil (misalnya diameter < 20 cm yang memberikan kontribusi sebesar 7,5 % dari total biomassa dan karbon) (Suwardi *et al.* 2013).

Variasi diameter tegakan di kawasan Hutan Pantai CAPS bervariasi dan antara fase tiang dan pohon mempunyai proporsi yang sama. Hal ini menandakan bahwa kompetisi antar individu tegakan sangat tinggi. Tegakan dengan fase tiang (D<20 cm) mempunyai proporsi yang lebih banyak namun jumlahnya tidak jauh berbeda dengan fase pohon (D>20 cm) (Gambar 2.). Biomassa dan cadangan karbon sangat terkait

dengan variabel iklim yang mengindikasikan bahwa perubahan iklim mempengaruhi biomassa dan cadangan karbon. Jenis pohon yang memiliki peran sebagai penyumbang cadangan karbon dan biomassa terbesar pada vegetasi hutan di pesisir utara CA Pulau Sempu adalah jenis *Maranthes corymbosa*, diikuti oleh jenis *Drypetes longifolia*, dan *Terminalia bellirica* (Gambar 4). Jenis *M. Corymbosa* di lokasi penelitian memiliki basal area dan nilai dominansi relatif yang sangat besar dengan nilai 29.92% (Tabel 3). Penelitian Slik *et al.* (2010) di Kalimantan menyatakan bahwa biomassa pohon berkorelasi positif dengan basal area. Semakin besar diameter dan basal area maka biomassa akan semakin tinggi sehingga cadangan karbon tinggi. Beberapa jenis pohon yang ditemukan memiliki diameter yang besar, namun nilai cadangan karbonnya relatif rendah adalah jenis-jenis *Ficus drupacea*, *Sterculia coccinea*, dan *Chydenanthus excelsus*. Hal ini terjadi karena nilai berat jenis kayu pada ketiganya relatif ringan berdasarkan database *Global Wood Density* (Chave *et al.*, 2009; Zanne *et al.*, 2009). Berat jenis kayu merupakan salah satu faktor krusial dalam perhitungan karbon hutan baik hutan tropis sekunder maupun hutan tua (Chave *et al.*, 2006). Penelitian Viera *et al.* (2004), di hutan tropis Amazon menyatakan bahwa jumlah individu dan ukuran tegakan mempengaruhi nilai biomassa. Semakin besar biomassa tegakan maka cadangan karbon akan semakin tinggi. Cadangan karbon tertinggi 10 jenis tumbuhan di CAPS dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Nilai 10 jenis pohon penyumbang biomassa dan cadangan karbon tertinggi pada lokasi penelitian

Cadangan karbon suatu hutan menunjukkan hasil fotosintesis bersih dari masing-masing tegakan penyusun di hutan tersebut. Tumbuhan menyerap CO<sub>2</sub> kemudian dalam proses fotosintesis menghasilkan biomassa yang tersimpan dalam seluruh bagian

tumbuhan. Penelitian cadangan karbon hutan pantai CAPS dapat dijadikan data awal mengenai potensi hutan pantai terkait dengan jasa lingkungannya yaitu penyerap karbondioksida. Nilai cadangan karbon menunjukkan bahwa kondisi hutan pantai di CAPS

cukup baik. Data awal cadangan karbon tersebut dapat dijadikan rujukan awal mengenai data dasar cadangan karbon hutan pantai alami. Kelestarian tumbuhan di CAPS menjadi kunci utama dalam penyediaan jasa lingkungan di kawasan tersebut. Adanya degradasi hutan menyebabkan nilai cadangan karbon berkurang. Data mengenai potensi cadangan karbon hutan di CAPS dapat dijadikan pertimbangan mengenai kebijakan pengelolaan kawasan CAPS.

#### 4. Kesimpulan

Nilai keragaman tegakan di hutan pantai CAPS tinggi dengan dominansi *Drypetes longifolia* dan *Maranthes corymbosa*. Estimasi nilai cadangan karbon pada vegetasi hutan pantai CAPS tinggi dan kontributor terbesar dalam cadangan karbon di CAPS yaitu jenis tegakan dengan diameter  $\geq 20$  cm. *Maranthes corymbosa* berkontribusi besar dalam sekuestrasi karbon di hutan pantai CAPS.

#### Ucapan Terima kasih

Kegiatan ini dibiayai oleh DIPA Tematik BKT Kebun Raya Purwodadi-LIPI dengan tema kajian diversitas flora Pulau Sempu. Terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada rekan-rekan anggota tim eksplorasi Pulau Sempu 2015 yang telah membantu dalam pelaksanaan eksplorasi dan pengumpulan data di lapang.

#### Daftar Pustaka

- [1] Abywijaya, I.K., A. Hikmat, dan D. Widyatmoko, 2014. Keanekaragaman dan pola sebaran spesies tumbuhan asing invasif di Cagar Alam Pulau Sempu, Jawa Timur. *Jurnal Biologi Indonesia* 10(2), pp. 221-235.
- [2] Aiba, S. I., & K. Kitayama., 1999. Structure, composition and species diversity in an altitude-substrate matrix of rain forest tree communities on Mount Kinabalu, Borneo. *Plant Ecology* 140(2), pp. 139-157.
- [3] Ayyappan, N., and N. Parthasarathy., 1999. Biodiversity inventory of trees in a large-scale permanent plot of tropical evergreen forest at Varagalaiar, Anamalais, Western Ghats, India. *Biodiversity and Conservation* 8, pp. 1533-1554.
- [4] Barbier, E.B., S.D. Hacker, C. Kennedy, E.W. Koch, A.C. Stier, and B.R. Silliman., 2011. The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monograph* 81(2), pp. 169-193.
- [5] Brearley, F. Q., Prajadinata, S., Kidd, P. S., & Proctor, J., 2004. Structure and floristics of an old secondary rain forest in Central Kalimantan, Indonesia, and a comparison with adjacent primary forest. *Forest Ecology and Management* 195(3), pp. 385-397.
- [6] Budiharta, S. 2010., Floristic composition at biodiversity protection area in Lubuk Kakap, District of Ketapang, West Kalimantan. *Biodiversitas* 11(3), pp. 151-156.
- [7] Chave J., C. Andalo, S. Brown, M.A. Cairns, J.Q. Chambers. D. Eamus, H. Fölster, F. Fromard, N. Higuchi, and T. Kira, et al. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* 145, pp.87-99.
- [8] Chave, J., H.C. Muller-Landau, T.R. Baker, T.A. Easdale, H.T. Steege, C.O. Webb. 2006. Regional and phylogenetic variation of wood density across 2456 neotropical tree species. *Ecological applications*, 16(6) pp. 2356-2367.
- [9] Chave J., D.A. Coomes, S. Jansen, S.L. Lewis, N.G. Swenson, and A.E. Zanne. 2009. Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecology Letters* 12(4), pp. 351-366.
- [10] Curch J.A., R. Nichols, J.E. Hay, and V. Gornitz. 2007. Ice and sea-level change. In: UNEP (ed.) *Global Outlook for Ice & Snow*. Division of Early Warning and Assessment-United Nation Environment Programme.
- [11] Denslow, J. S. 1987. Tropical rainforest gaps and tree species diversity. *Annual review of ecology and systematics*, 18(1), pp. 431-451.
- [12] Donato D.C., J.B. Kauffman, R.A. Mackenzie, A. Ainsworth, and A.Z. Pfleeger. 2012. Whole-island carbon stocks in the tropical Pacific: Implications for mangrove conservation and upland restoration. *Journal of Environmental Management* 97, pp.89-96.
- [13] Dumbois DM and Ellenberg. 1974. *Aims and Method of Vegetation Ecology*. John Wiley and Sons. New York. Vriesbane, Toronto.
- [14] FWI. 2002. *The state of the forest: Indonesia*. Bogor: Forest Watch Indonesia, & Global Forest Watch, Washington D.C.
- [15] Gunardi dan A. Rakhman. 2003. *Metode Statistika*. Fakultas MIPA UGM, Yogyakarta.
- [16] Indriyanto. 2006. *Ekologi hutan*. Bumi Aksara, Jakarta.
- [17] Hairiah K. dan S. Rahayu. 2007. *Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. World Agroforestry Centre-ICRAF, SEA Regional Office, dan Universitas Brawijaya, Indonesia.
- [18] Harms KE, Condit R, Hubbell SP, Foster RB. 2001. Habitat associations of trees and shrubs in a 50-ha neotropical forest plot. *Journal Ecology* 89, pp.947-959.
- [19] Howard J., S. Hoyt, K. Isensee, M. Telszewski, and E. Pidgeon (eds.). 2014. *Coastal Blue Carbon: Methods for Assessing Carbon Stocks and Emissions Factors in Mangroves, Tidal Salt Marshes, and Seagrasses*. Arlington: Conservation International, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, International Union for Conservation of Nature.
- [20] Irawanto, R., A. Rahandiantoro, D. Mudiana. 2016. Mapping of Collected Plants Grown in Waru-Waru and Teluk Semut Coastal at Sempu Island, Malang, Indonesia. In *Proceeding International Conference on Global Resource Conservation* Vol. 6, No. 1, pp.137-145.
- [21] Irawanto, R., I.K. Abiwijaya, D. Mudiana. 2017. *Kajian Pustaka Keanekaragaman Tumbuhan di Cagar Alam Pulau Sempu Jawa Timur*. Prosiding Seminar Masyarakat Biodiversitas Indonesia Vol.III (1), pp.138-146.
- [22] Istomo dan N.E. Farida. 2017. *Potensi Cadangan Karbon di Atas Permukaan Tanah Tegakan *Acacia nilotica* L (Willd.) ex Del. di Taman Nasional Baluran, Jawa Timur*. *Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan* Vol.7 No.2, pp. 155-162.
- [23] IUCN redlist. 2017. <http://www.iucnredlist.org> [10 Oktober 2017].
- [24] Karminarsih, E. 2007. *Pemanfaatan Ekosistem Mangrove bagi Minimasi Dampak Bencana di Wilayah Pesisir*. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika* Vol.XIII (3), pp. 182-187.
- [25] Maguran A.E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell, Malden.
- [26] Margalef D.A. 1958. Information theory in ecology. *International Journal of General Systems*. 3, pp. 36-71.
- [27] Mittermeier R.A., P.R. Gil, M. Hoffmann, J. Pilgrim, T. Brooks, C.G. Mittermeier, J. Lamoreux, and G.A.B. Da Fonseca. 2004. *Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions*. Cemex, Mexico.
- [28] Mittermeier R.A., W.R. Turner, F.W. Larsen, T.M. Brooks, and C. Gascon. 2011. *Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots*. In: Zachos F.E., J.C. Habel (eds.) *Biodiversity Hotspots: Distribution and Protection of Conservation Priority Areas*. Springer-Verlag, Berlin.
- [29] Myers N. 2003. *Biodiversity hotspots revisited*. *BioScience* 53(10), pp.796-797.
- [30] Newton A., S. Oldfield, G. Fragoso, P. Mathew, L. Miles, and M. Edward. 2003. *Towards a Global Tree Conservation Atlas*. UNEP-WCMC/FFI.
- [31] Olson D.M. and E. Dinerstein. 2002. *The global 200: priority ecoregions for global conservation*. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 89, pp.199-224.
- [32] Pearson, T.R.H., S.L. Brown, and R.A. Birdsey. 2007. *Measurement Guidelines for the Sequestration of Forest*

- Carbon. USDA-FS, Ohio.
- [33] Primarck, R. 2004. Biologi Konservasi. Indrawan M, J. Suprijatna, penerjemah. Terjemahan dari: A Primer of Conservation Biology. Third Edition. Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.
- [34] [Purnomo, H., B. Sulistyantara, A. Gunawan. 2013. Peluang usaha ekowisata di kawasan Cagar Alam Pulau Sempu, Jawa Timur. Jurnal Penelitian Sosial Ekonomi dan Kehutanan 10 (4), pp. 247-263.
- [35] Rahmawati, S. 2011. Estimasi cadangan karbon pada komunitas lamun di Pulau Pari, Taman Nasional Kepulauan Seribu, Jakarta. Jurnal Segara 7, 1, pp. 1-12
- [36] Richard, P.W. 1964. The Tropical Rain Forest. An Ecological Study. Cambridge: Cambridge University Press.
- [37] Risna, R.A. 2009. Autoekologi dan Studi Populasi *Myristica teijsmannii* Miq. (Myristicaceae) di Cagar Alam Pulau Sempu, Jawa Timur. Tesis. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- [38] Rochmayanto, Y., A. Wibowo, M. Lugina, T. Butarbutar, R.M. Mulyadin, D. Wicaksono. 2014. Cadangan Karbon pada Berbagai Tipe Hutan dan Jenis Tanaman di Indonesia .Seri 2. PT. Kanisius, Yogyakarta.
- [39] Rosalia N. 2008. Penyebaran dan karakteristik tempat tumbuh pohon tembesu (*Fragraea fragans* Roxb.) (studi kasus di kawasan Taman Nasional Danau Sentarum Kapuas Hulu Kalimantan Barat). Master Thesis, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- [40] Schulze E-D., E. Beck, and K. Müller-Hohenstein. 2002. Plant Ecology. Springer.-Verlag, Heidelberg.
- [41] Shannon C.A. and W. Weaver. 1949. The Mathematical Theory of Communication. The University of Illinois Press, Urbana.
- [42] Slik, J.W.F. 2009. Plants of Southeast Asia. <http://www.asianplant.net/> (diakses 2 November 2015).
- [43] Slik, J. W. F., S.I. Aiba, F.Q. Brearley, C.H. Cannon, O. Forshed, K. Kitayama, H. Nagamasu, R. Nilus, J. Payne, G. Paoli, A.D. Poulsen, N. Raes, D. Sheil, K. Sidiyasa, E. Suzuki, Johan L.C.H. van Valkenburg. (2010). Environmental correlates of tree biomass, basal area, wood specific gravity and stem density gradients in Borneo's tropical forests. Global Ecology and Biogeography 19(1), pp. 50-60.
- [44] Suwardi, A.B., E. Mukhtar, dan Syamsuardi. Komposisi jenis dan cadangan karbon di hutan tropis dataran rendah, Ulu Gadut, Sumatera Barat. Jurnal Berita Biologi. 12 (2): 169-176.
- [45] Thomas, P.A., and J.R. Packham. 2007. Ecology of woodlands and forests: description, dynamics and diversity. Cambridge University Press, Cambridge.
- [46] Trimanto. 2014. Analisis vegetasi dan estimasi biomassa stok karbon pohon pada tujuh hutan gunung, Suaka Alam Pulau Bawean Jawa Timur. Berita Biologi. 13(3), pp.321-332.
- [47] Tuheteru dan Mahfudz. 2012. Ekologi, Manfaat dan Rehabilitasi Hutan Pantai Indonesia. Balai Penelitian Kehutanan Manado, Manado.
- [48] Vieira, S, D, P.B. de Camargo, D. Selhorst, R. Da Silva, L. Hutyra, J.Q. Chambers, I.F. Brown, N. Higuchi, J. dos Santos, S.C. Wofsy, S.E. Trumbore, L.A. Artinelli. 2004. Forest structure and carbon dynamics in Amazonian tropical rain forests. Oecologia, 140(3), pp.468-479.
- [49] Wahyuni, N. I., & Suryawan, A. 2012. Cadangan karbon hutan mangrove di Sulawesi Utara antara tahun 2000-2009. Jurnal Info BPK Manado 2 (2), pp. 127-138.
- [50] Zanne A.E., G. Lopez-Gonzalez, D.A. Coomes, J. Ilic, S. Jansen, S.L. Lewis, R.B. Miller, N.G. Swenson, M.C. Wiemann, and J. Chave. 2009. Data from: Towards a worldwide wood economics spectrum. Dryad Digital Repository.