

JURNAL METAMORFOSA
Journal of Biological Sciences

ISSN: 2302-5697

<http://ojs.unud.ac.id/index.php/metamorfosa>

Komposisi, Struktur Vegetasi Serta Potensi Serapan Karbon Hutan Mangrove Di Kawasan
Taman Hutan Raya Ngurah Rai Denpasar

Composition, Vegetation Structure, and Carbon Absorption Potential of Mangrove Forests in
Ngurah Rai Forest Park, Denpasar

Ni Nyoman Ely Kristiyanti¹, I Ketut Ginantra^{2*}, Ida Ayu Astarini³

^{1,2,3}Program studi Magister Ilmu Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas
Udayana, Indonesia

*Email: ketut_ginantra@unud.ac.id

INTISARI

Adanya pembangunan dapat merubah komposisi, struktur vegetasi hutan mangrove. Pembangunan juga dapat mengurangi serapan gas karbon yang ada di hutan mangrove. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengetahui komposisi, struktur vegetasi mangrove pada areal hutan mangrove di taman hutan raya Ngurah Rai Denpasar, (2) mengetahui keadaan biomasa dan potensi cadangan karbon mangrove di Tahura Ngurah Rai Denpasar. Penelitian ini menggunakan metode *Line Transect Plot* pada 3 stasiun dan masing-masing stasiun terdiri dari sub stasiun. Sepanjang garis transek dibuat plot-plot berukuran 10m x 10m, 5m x 5m dan 2m x 2m. Untuk mengetahui potensi serapan karbon dalam penelitian digunakan metode *Purposive Sampling*. Analisa potensi simpanan biomasa karbon dilakukan berdasarkan angka alometri. Dari hasil analisis vegetasi terdapat 8 jenis mangrove. Indeks nilai penting tertinggi pada stasiun I adalah *Rhizophora apiculata* dengan nilai 128,10%, sedangkan pada stasiun II nilai tertinggi adalah *Rhizophora mucronata* sebesar 130,83% dan pada stasiun III nilai tertinggi adalah *Rhizophora apiculata* dengan nilai 199,99%. Tingkat pancang INP tertinggi adalah *Rhizophora mucronata* 171,70%, stasiun II *Rhizophora mucronata* 205,85%, stasiun III *Rhizophora apiculata* 164,57%. Tingkat semai stasiun I *Rhizophora mucronata* 233,33%, stasiun II *Rhizophora mucronata* 134,72%, stasiun III *Rhizophora apiculata* 80,28%. Biomassa diatas tanah terbesar terdapat pada stasiun II sebesar 325,848 ton/ha, stok karbon tertinggi pada stasiun III sebesar 325,296 ton/ha dan potensi serapan karbon tertinggi pada stasiun III sebesar 1,193.80 ton/ha.

Kata kunci: Hutan mangrove, Tahura Ngurah Rai, Komposisi, Struktur Vegetasi, Serapan Carbon

ABSTRACT

The existence of development can change the composition, vegetation structure of mangrove forest. The development can also reduce the absorption of carbon gas in mangrove forests. This study aims to: (1) determine the composition, structure of mangrove vegetation in the area of mangrove forests of Ngurah Rai Denpasar forest park, (2) determine the condition of biomass and the potential of mangrove carbon reserves in Tahura Ngurah Rai Denpasar. This research was conducted using the *Line Transect Plot method* on 3 stations and each station consists of 3 substasiun. Along the transect line plots of 10m x 10m, 5m x 5m and 2m x 2m are made. The *Purposive Sampling method* was used to determine the carbon absorption in the study. Potential analysis of carbon biomass deposits is carried out based on allometric numbers. From the analysis of vegetation there are 8 types of mangroves. The highest of important value index in Station I is *Rhizophora apiculata* with a value of 128.10%, while the highest value in Station II is *Rhizophora mucronata* with a value of 130.83% and the highest value in Station III is

Rhizophora apiculata with a value of 199.99%. The highest sapling level of INP was *Rhizophora mucronata* 171.70%, Station II *Rhizophora mucronata* 205.85%, Station III *Rhizophora apiculata* 164.57%. Seedling rate of *Rhizophora mucronata* in station I was 233.33%, station II *Rhizophora mucronata* 134.72%, station III *Rhizophora apiculata* 80.28%. The greatest aboveground biomass is found in station II with 325,848 tons / ha, the highest carbon stock is found in station III with 325,296 tons / ha and the highest of carbon absorptions potential is found in station III with 1,193.80 ton/ha

Keywords: *Mangrove forest, Tahura Ngurah Rai, Composition, Vegetation Structure, Carbon Absorption*

PENDAHULUAN

Hutan mangrove adalah sekelompok jenis tumbuhan yang tumbuh di sepanjang garis pantai tropis sampai sub-tropis yang memiliki fungsi istimewa di suatu lingkungan yang mengandung garam dan bentuk lahan berupa pantai dengan reaksi tanah anaerob. Hutan mangrove dapat didefinisikan sebagai suatu tipe hutan yang tumbuh di daerah pasang surut terutama di pantai yang terlindungi, laguna, muara sungai yang tergenang pasang dan bebas dari genangan pada saat surut yang komunitas tumbuhannya bertoleransi terhadap garam (Santoso, 2000).

Keberadaan mangrove sebagai ekosistem memiliki peran penting bagi wilayah pesisir jika dilihat dari aspek ekologi dan sosial ekonomi. Wilayah pesisir khususnya mangrove merupakan tipe ekosistem dengan produktivitas primer yang tinggi. Tingginya produktifitas ini karena memperoleh bantuan energi berupa zat-zat makanan yang diangkut melalui gerakan pasang surut. Keadaan ini menjadikan hutan mangrove memegang peranan penting bagi kehidupan biota seperti ikan, udang, moluska, bahkan mengandung nilai ekonomi melalui "servis ekologi" yang disediakan mangrove termasuk menjadi rumah berbagai jenis biota sekaligus sebagai tempat terbentuknya unsur hara karena memproduksi bahan organik yang tinggi didalam lingkungan yang anoksit (Ardana, 2012).

Gugusan vegetasi mangrove yang tersusun ke dalam zonasi (ruang tumbuh) menjadi ciri karakter ekologi ekosistemnya. Kelompok vegetasi yang tumbuh terkait erat dengan kondisi tanah (kandungan lumpur dan pasir), konsentrasi genangan pasang-surut serta salinitas (Rochmadi, 2015).

Ekosistem mangrove dikaitkan dengan ide karbon biru (*blue carbon*) bersama ekosistem padang-lamun dan terumbu karang dipercayai mampu menyimpan karbon alami dalam jumlah besar dan jangka waktu yang lama. (Mudiyarso *et al.*, 2015), menyatakan bahwa jumlah karbon yang disimpan mangrove mencapai 3,14 milyar ton. (Donato *et al.*, 2012) menyatakan bahwa mangrove merupakan ekosistem yang rentan sebab luasnya menurun 30-50% dalam 50 tahun. Potensi hilangnya karbon akibat degradasi mangrove mencapai 0,02 -0,12 Pg karbon per tahun, atau ukuran tersebut setara dengan 10% emisi deforestasi global (Donato *et al.*, 2012).

Potensi mangrove perlu dipelihara dan didukung dengan cara mempertahankan tegakan vegetasinya atau melakukan pengelolaan tanpa merusak tapaknya. Variasi jenis vegetasi, jenis biota dan fungsi ekologis yang disediakan oleh mangrove sejatinya dapat dipromosikan sebagai manfaat yang berkelanjutan. Salah satu fungsi ekologis yang penting dari mangrove yaitu mengurangi efek gas rumah kaca (GRK) yaitu penyimpan CO₂. Subtrat mangrove bersifat anoxic sehingga memungkinkan tersimpannya CO₂ di dalam tanah, maka tanah mangrove diyakini sebagai salah satu menyimpan karbon terbaik selain biomasa yang terdapat ada vegetasinya. Mangrove dapat menyimpan karbon empat kali lebih banyak dibanding dengan ekosistem lainnya (Daniel *et al.*, 2011).

Bali memiliki hamparan mangrove yang cukup luas, membentang di antara segita emas destinasi pariwisata dunia yaitu Kuta, Sanur dan Nusa Dua. Hamparan mangrove seluas 1.373,5 ha di kawasan Taman Hutan Raya (Tahura) Ngurah Rai memang relatif kecil jika dibandingkan bentang mangrove di Pulau Jawa, Kalimantan atau Papua (Silanarwa, 2009). Letak

mangrove yang strategis tidak dapat dipungkiri menyebabkan ekosistem ini senantiasa mendapat tekanan terutama dari kebutuhan pembangunan pariwisata. Hamparan mangrove di Tahura Ngurah Rai tidak saja mengalami tekanan secara luasan tetapi kualitasnya pun semakin menurun akibat masifnya pembangunan di sekitarnya. Dibalik itu kelebihan mangrove di Tahura Ngurah Rai terletak pada susunan vegetasinya karena terbentuk oleh tegakan alami dan hasil rehabilitasi. Rehabilitasi telah dilakukan sejak tahun 1992 memang telah mengembalikan tutupan secara fungsi. Areal yang sebelumnya dikonversi menjadi tambak saat ini telah kembali menjadi areal yang ditutupi oleh vegetasi mangrove.

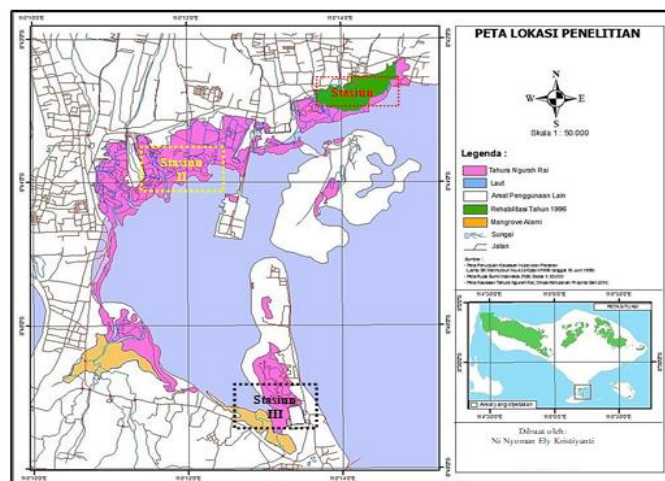
Hamparan tegakan vegetasi mangrove dapat menjadi indikasi terjadinya perbaikan ekosistem di wilayah Tahura Ngurah Rai terutama komponen ekosistem yang meliputi

vegetasi dan unsur biotik dan abiotik serta servis ekologis berupa potensi carbon berdasarkan pendekatan biomasa vegetasi. Atas dasar hal tersebut maka perlu untuk mengkaji bagaimana karakter komponen ekosistem mangrove yang terdapat di zona depan, zona tengah dan zona belakang serta melakukan perhitungan potensi cadangan karbon pada stasiun pengamatan.

BAHAN DAN METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian.

Lokasi penelitian merupakan kawasan konservasi berupa hutan mangrove di wilayah Tahura Ngurah Rai. Secara geografis kawasan ini terletak pada 115°10'-115°15'BT dan 8°41'-8°47'LS. Pengambilan data meliputi wilayah Desa Sanur, Suwung Kauh, Tanjung Benoa (Gambar 1).

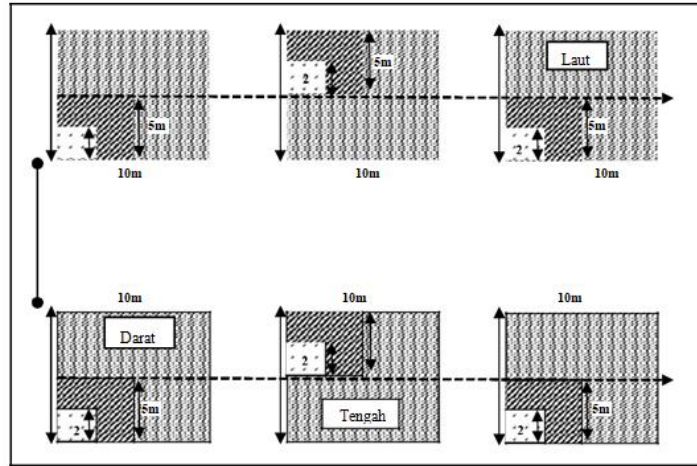


Gambar 1. Lokasi pengambilan data penelitian

Lokasi pengambilan data terbagi menjadi tiga stasiun. Stasiun I meliputi kawasan mangrove di Pantai Mertasari Sanur, stasiun II di kawasan eks. Mangrove Center Suwung Kauh, Denpasar dan stasiun III meliputi wilayah mangrove di kawasan Tanjung Benoa. Proses pengambilan data dilakukan pada bulan November 2019 sampai dengan Pebruari 2020 dengan dua tahap yaitu pengambilan data primer berupa pengukuran vegetasi.

Metode Pengambilan Data Vegetasi

Pengambilan data vegetasi mangrove dilakukan di plot pada jalur petak ukur (*Line transect*), dari arah darat menuju pesisir mangrove dan ditentukan secara *purposive*. Analisa vegetasi meliputi tingkat semai dihitung pada plot berukuran 2 x 2 meter, tingkat sapihan pada plot ukuran 5 x 5m dan tingkat pohon pada plot ukuran 10 x10m. Setiap stasiun terdapat 3 sub stasiun, dimana tiap sub stasiun terdapat 3 plot dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sketsa transek dan plot ukur di lokasi penelitian

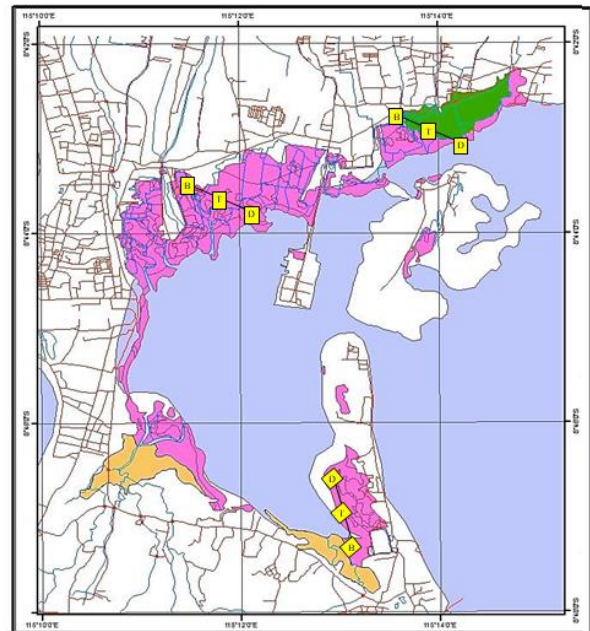
Indeks nilai penting vegetasi (INP) dihitung berdasarkan akumulasi dari kerapatan relatif (KR), frekuensi relatif (FR) dan dominasi relatif (DR) dengan nilai kisaran 0 - 300 untuk tingkat vegetasi pancang dan pohon, sedangkan kisaran 0-200 untuk tingkat semai. INP merupakan indeks kepentingan yang menggambarkan pentingnya peranan suatu jenis vegetasi dalam ekosistemnya.

Metode Pengambilan Data Serapan Karbon

Data serapan karbon berdasarkan biomasa batang (diameter) dilakukan bersamaan dengan data struktur vegetasi diambil dengan menggunakan teknik *purposive sampling*, Pengambilan sampel karbon akan dilakukan pada tiap-tiap zonasi yang meliputi zonasi depan, zonasi tengah dan zonasi belakang dapat dilihat pada gambar 3.

Pengukuran Biomasa

Mengambilan data biomasa di lokasi penelitian dilakukan secara non-destruktif yaitu melakukan potensi tegakan vegetasi dan menggunakan *allometry* berdasarkan diameter dan kepadatan kayu (*wood density*) dari tiap-tiap jenis mangrove (Komiyama, 2005).



Gambar 3. Plot garis transek pada tiap zonasi Ket. D: zonasi depan, T: zonasi tengah, B: zonasi belakang

Metode Analisa Data Kemampuan Menyimpan Karbon

Pada analisa data ini dilaksanakan perbandingan kemampuan menyerap biomasa dan CO₂ antara jenis tanaman yang sama pada tiap zonasi depan, zonasi tengah dan zonasi belakang.

Analisa potensi simpanan biomasa karbon dilakukan berdasarkan angka alometri untuk

biomasa jenis yang dikaji dan dikonversi dengan bilangan bentuk karbon (C) sebesar 0,46 sesuai dengan ketentuan IPCC 2006.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Vegetasi

Penutupan lahan di kawasan Tahura Ngurah Rai didominasi oleh vegetasi mangrove primer dan sekunder. Hatori dkk (2007) menyebutkan terdapat 33 jenis mangrove sejati (*true mangrove*) meliputi kelompok mayor dan minor. Jenis yang dominan berasal dari *genus* *Rhizophora*, *Avicennia*, *Ceriops*, *Bruguiera*, *Sonneratiaceae* dan *Xylocarpus*. Disamping kelompok mangrove sejati terdapat pula kelompok asosiasi mangrove (tumbuhan pantai) seperti *Acanthus ilicifolius*, *Barringtonia asiatica*, *Cerbera mangas*, *Clerodendrum inerme*, *Hibiscus tiliaceus*, *Thespesia populnea*, *Terminalia catapa*, *Nypa sp*, *Ipomoea pes-capre*, *Calotropis gigantea*, *Finlaysonia maritima*.

Lokasi stasiun I berada di areal tegakan mangrove Suwung Kangin, Kerta Petasikan.

Komposisi hutan mangrove berupa campuran antara tegakan alami dan hasil rehabilitasi. Stasiun II terletak di areal eks. Pusat Informasi Mangrove, Suwung Kauh, termasuk dalam wilayah administrasi Pemogan. Komposisi mangrove di areal ini didominasi oleh tegakan hasil rehabilitasi. Stasiun III terletak di areal mangrove Tanjung Benoa, yang didominasi oleh tegakan mangrove alami.

Kondisi Tanah (pH, salinitas, tekstur tanah)

Dari sampel tanah di setiap plot mangrove stasiun penelitian dilakukan untuk mengetahui pH, salinitas, tekstur tanah menunjukkan bahwa di stasiun I pada zona depan yang berhadapan langsung dengan laut lepas memiliki tekstur yang berbeda. Tabel 1 merupakan perbedaan tipe substrat pada kawasan yang berbeda. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan tipe substrat di kawasan Tahura Ngurah Rai ada 3 kategori yaitu lempung liat berpasir, lempung berpasir, lempung berliat (Ulfah *et al.*, 2018)

Tabel 1. Tekstur Tanah

Tekstur	Stasiun		
	I	II	III
Pasir (%)	53.81	74.03	42.4
Debu (%)	21.54	9.09	30.36
Liat (%)	24.65	16.88	27.24
Kategori	Lempung Berpasir	Liat Lempun Berpasir	Lempung Berliat

pH 7,0 salinitas 31,00‰, untuk zona tengah memiliki tekstur lempung berdebu dengan pH 6,8 salinitas 19,03‰, sedangkan untuk zona belakang memiliki tekstur lempung berdebu dengan pH 6,9 salinitas 11,23‰ (Tabel 2). Kondisi tekstur tanah di stasiun I yang pada umumnya dari pasir dan lempung berdebu dan vegetasi mangrove yang mendominasi adalah jenis *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata* dan *bruguiera gymnorrhiza*.

Stasiun II untuk zona depan memiliki tekstur lempung dengan pH 7,0 salinitas 19,00 ‰, untuk zona tengah memiliki tekstur lempung dengan pH 6,7 salinitas 17,36 ‰ sedangkan

untuk zona belakang memiliki tekstur lempung berpasir dengan pH 6,5 salinitas 11,47‰ dan kandungan bahan organik sedang. Dengan kondisi tekstur tanah yang lempung dan lempung berpasir dan didominasi oleh jenis *Sonneratia alba*, *Avicennia* dan *Rhizophora mucronata*.

Stasiun III untuk zona depan memiliki tekstur tanah lempung berliat dengan pH 6,9 salinitas 20,36‰, untuk zona tengah memiliki tekstur lempung berpasir dengan pH 6,8 salinitas 16,35 ‰, sedangkan untuk zona belakang memiliki tekstur pasir berlempung dengan pH 6,5, salinitas 10,16 ‰.

Pada stasiun ini dengan kondisi tekstur tanah yang lempung berpasir dan pasir berlempung didominasi *Sonneratia alba*, *Rhizophora mucronata*, *Avicennia marina*. Hasil pengukuran suhu perairan dan salinitas pada saat air pasang menunjukkan bahwa suhu dan salinitas perairan hampir merata di ketiga stasiun yaitu zona depan = 27,50 °C dan 34,36‰, zona tengah =25,50 °C dan 34,00 ‰, dan zona belakang = 26,00 °C dan 32,50‰.

Struktur Vegetasi Stasiun I

Hasil pengukuran struktur vegetasi di stasiun I menunjukkan adanya 72,38% dominasi jenis *Rhizophora apiculata* terhadap jenis lainnya, sedangkan jenis *Sonneratia alba* menunjukkan tingkat dominasi paling rendah sebesar 4,89%.

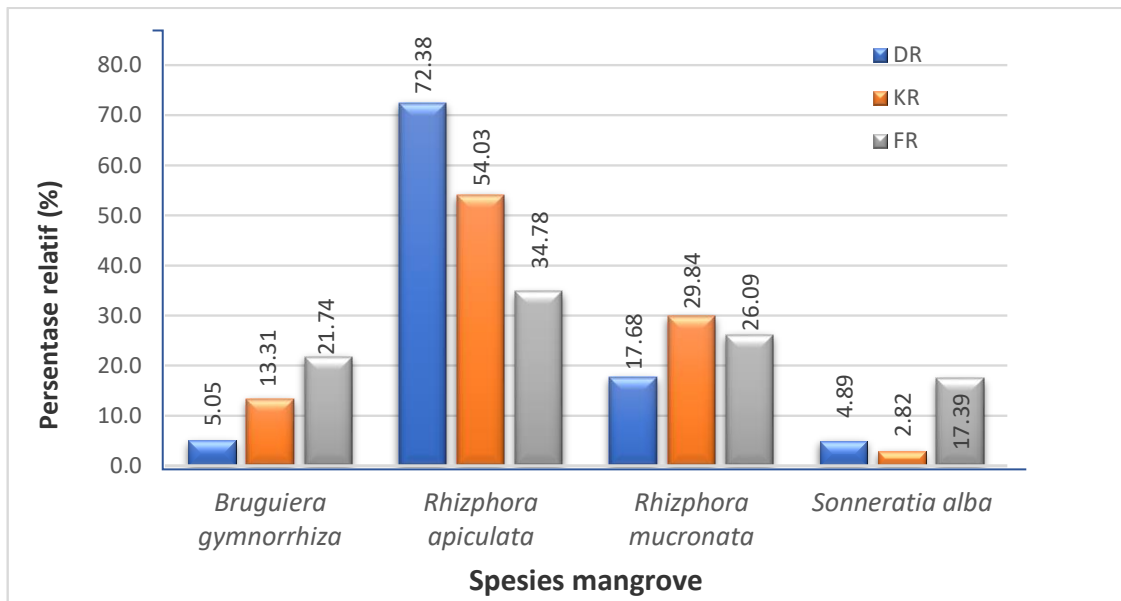
Stasiun I dimana *Rhizophora apiculata* mendominasi wilayah baik tingkat kehadiran dan kerapatannya. Grafik pada gambar 4 menunjukkan kehadiran jenis *Rhizophora mucronata* lebih

dominan sebanyak 43,06% diikuti oleh jenis *R. mucronata*, *B. gymnorhiza* dan *S. alba* yang memiliki struktur yang paling rendah. Tingginya dominasi *R. apiculata* pada stasiun I mengindikasikan bahwa jenis ini dapat tumbuh dan berkembang sangat baik pada wilayah tersebut sedangkan jenis lainnya tidak mampu bersaing.

Tabel 2. Rata-rata suhu dan salinitas perairan pada tiap-tiap zonasi di lokasi penelitian.

Stasiun	Zona	Suhu rata-rata (°C)	Salinitas rata-rata (‰)
I, II dan III	Depan	27,50	28,00
	Tengah	25,50	17,30
	Belakang	26,00	16,60

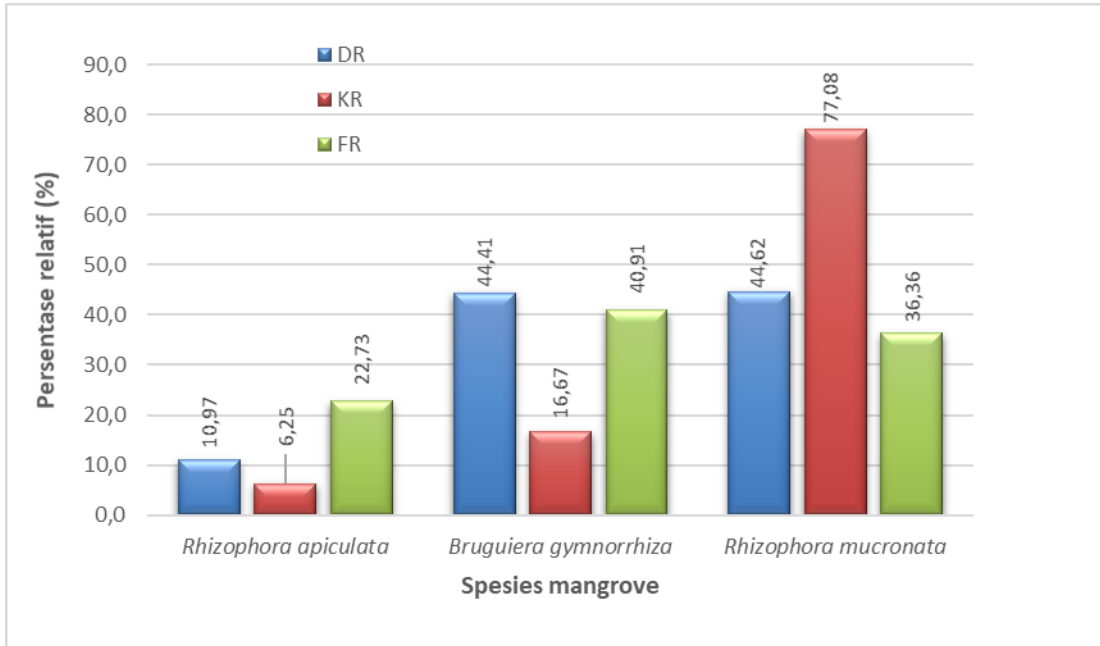
Keterangan:
D = Depan, T= Tengah, B = Belakang



Gambar 4. Struktur Vegetasi Tingkat Pohon Pada Stasiun I (Perbandingan Tingkat Kerapatan Relatif (KR), Dominansi Relatif (DR) dan Frekuensi Relatif (FR)).

Keadaan vegetasi tingkat pancang di stasiun I menunjukkan kondisi yang berbeda dimana komposisi *R. mucronata* mendominasi baik kerapatan maupun frekuensi kehadirannya di lokasi penelitian. Gambar 5 menunjukkan nilai

indek penting berdasarkan keadaan kerapatan relatif, dominansi relatif dan frekuensi relatif di lokasi penelitian:



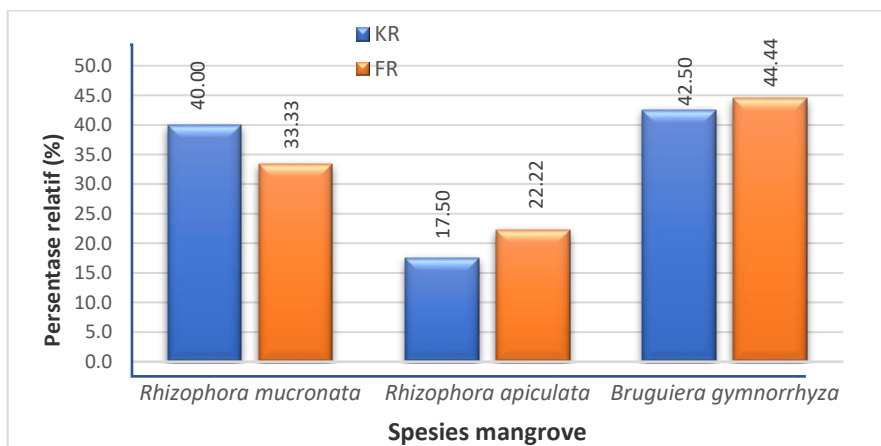
Gambar 5. Struktur Vegetasi Tingkat Pancang di Stasiun I (Perbandingan Tingkat Kerapatan Relatif (KR), Dominansi Relatif (DR) dan Frekuensi Relatif (FR)).

Tingkat kerapatan jenis *R. mucronata* empat kali lebih tinggi atau sebesar 77,08% jika dibandingkan dengan jenis *B. gymnorrhiza*. Namun ketersediaan jenis *B. gymnorrhiza*

Vegetasi tingkat semai pada Stasiun 1 Ketersediaan semai alami di lokasi penelitian di dominasi oleh jenis *B. gymnorrhiza* dengan tingkat kerapatan 42,50% dan frekuensi ditemukan dilapangan sebanyak 44,44%. Prosentase kerapatan relatif semai dari jenis *R. mucronata* sebesar 40% dan secara relatif

dilokasi penelitian ini yaitu sebesar 67,50% lebih tinggi dibandingkan *R. mucronata* 20% dan *R. apiculata* 12,50%.

frekuensinya 33,33%. Hal ini mengindikasikan adanya persaingan tumbuh antara *R. mucronata* dan *B. gymnorrhiza* akan tetapi jenis *R. apiculata* hanya tersebar minimal dan mengisi ruang-ruang kosong diantara sebaran jenis yang dominan.



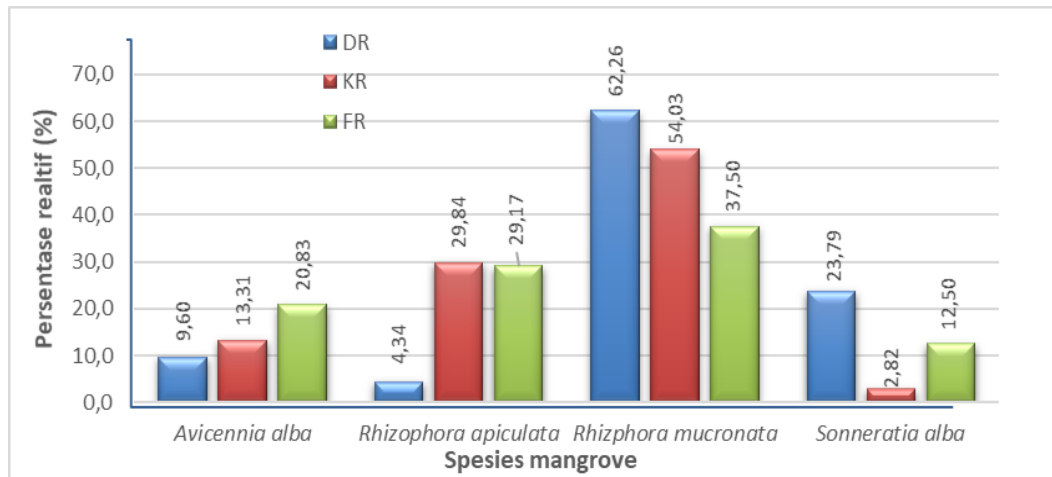
Gambar 6. Struktur Vegetasi Tingkat Semai di Stasiun I (Perbandingan Tingkat Kerapatan Relatif (KR), Dominansi Relatif (DR) dan Frekuensi Relatif (FR))

Struktur Vegetasi Stasiun II

Pengambilan data untuk stasiun II berlokasi lokasi eks. Pusat Informasi Mangrove Suwung Kauh, Denpasar. Data hasil analisa vegetasi di stasiun II disajikan pada Gambar 7

Analisa data menunjukkan bahwa jenis *Rhizophora mucronata* mempunyai prosentase relatif paling tinggi yaitu masing-masing 62,26% untuk dominasinya terhadap jenis lain, 54,03% untuk tingkat kerapatannya dan 48,84%

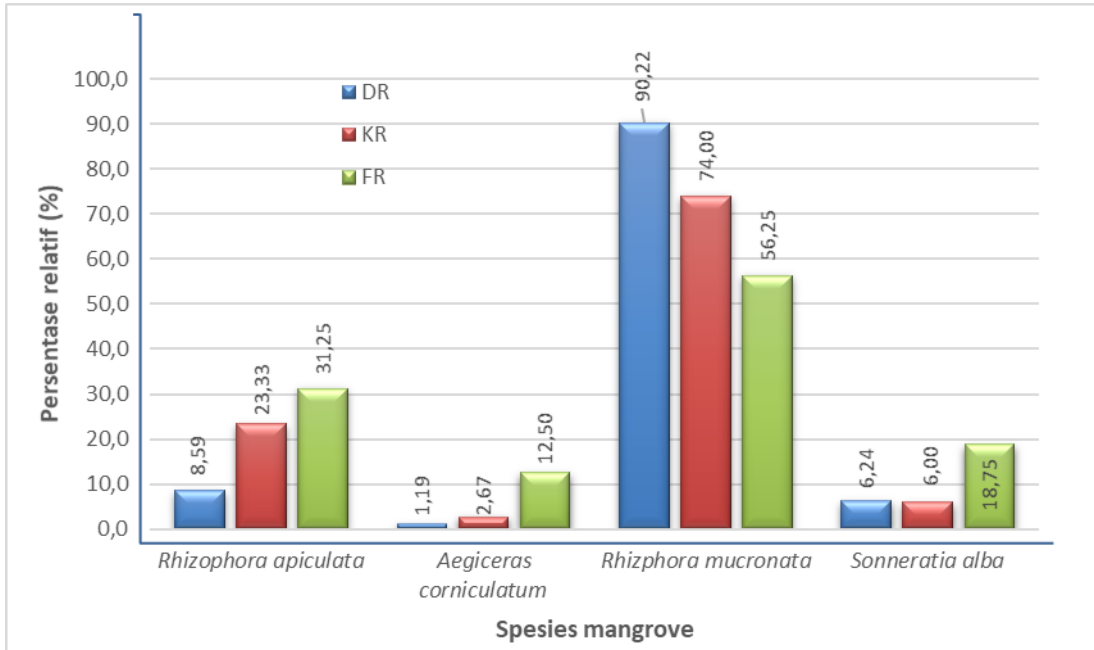
tingkat kehadirannya dibandingkan dengan jenis lainnya *alba* 16,28% dan yang terendah adalah jenis *Sonneratia alba* sebesar 6.98%. Dominasi ini menunjukkan bahwa jenis *R. mucronata* mempunyai kemampuannya beradaptasi dengan habitat tempat tumbuhnya, dan membentuk tegakan murni.



Gambar 7. Struktur Vegetasi Tingkat Pohon di Stasiun II (Perbandingan Tingkat Kerapatan Relatif (KR), Dominansi Relatif (DR) dan Frekwensi Relatif (FR))

Keunggulan jenis *R. mucronata* yang ditunjukkan pada stasiun II pada komposisi tersebut mengindikasikan kesesuaian jenis dengan habitat sehingga persebarannya mendominasi. Tingkat kerapatan relatif, dominasi relatif dan frekuensi kehadiran jenis *Rhizophora mucronata* mendominasi pada

wilayah stasiun II, sebagaimana terlihat pada Gambar 8. Prosentase kerapatan relatif *R. mucronata* sebesar 74,00% menjadi yang tertinggi, diikuti oleh *R. apiculata* sebesar 23,33%, *Aegiceras carnilatam* memiliki nilai terendah 2.67% Data pada tingkat pancang sebagaimana tersaji pada grafik berikut:

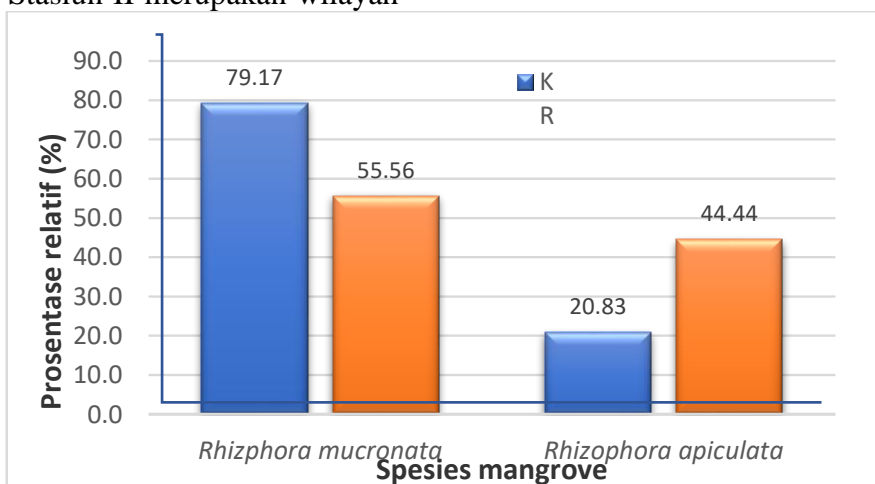


Gambar 8. Struktur Vegetasi Tingkat Pancang di Stasiun II (Perbandingan Tingkat Kerapatan Relatif (KR), Dominansi Relatif (DR) dan Frekwensi Relatif (FR))

Tingginya prosentase dominansi jenis *R. mucronata* pada tingkat pancang mengindikasikan kesesuaian suksesi pada ekosistem tersebut dimana kelimpahan strata pancang yang semakin tinggi menjadi ciri berlangsungnya suksesi sekunder karena regenerasi vegetasi berlangsung dengan secara normal.

Semai jenis *R. mucronata* juga mendominasi kerapatan dan frekuensinya di lokasi penelitian. Stasiun II merupakan wilayah

percontohan rehabilitasi mangrove dengan menerapkan pola monokultur. Kelimpahan yang tinggi, 79% untuk semai jenis *R. mucronata* menunjukkan kemampuannya mengokupasi wilayah, dan hanya sebagian kecil spot-spot yang terisi oleh jenis *R. apiculata* meskipun pada dasarnya memiliki karakter yang sama (Saenger, P. 2002). Keadaan kerapatan relatif dan frekuensi relatif vegetasi tingkat semai di stasiun II dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Struktur Vegetasi Tingkat Semai di Stasiun II (Perbandingan Tingkat Kerapatan Relatif (KR) dan Frekwensi Relatif (FR))

Struktur Vegetasi Stasiun III

Lokasi pengambilan data pada stasiun III

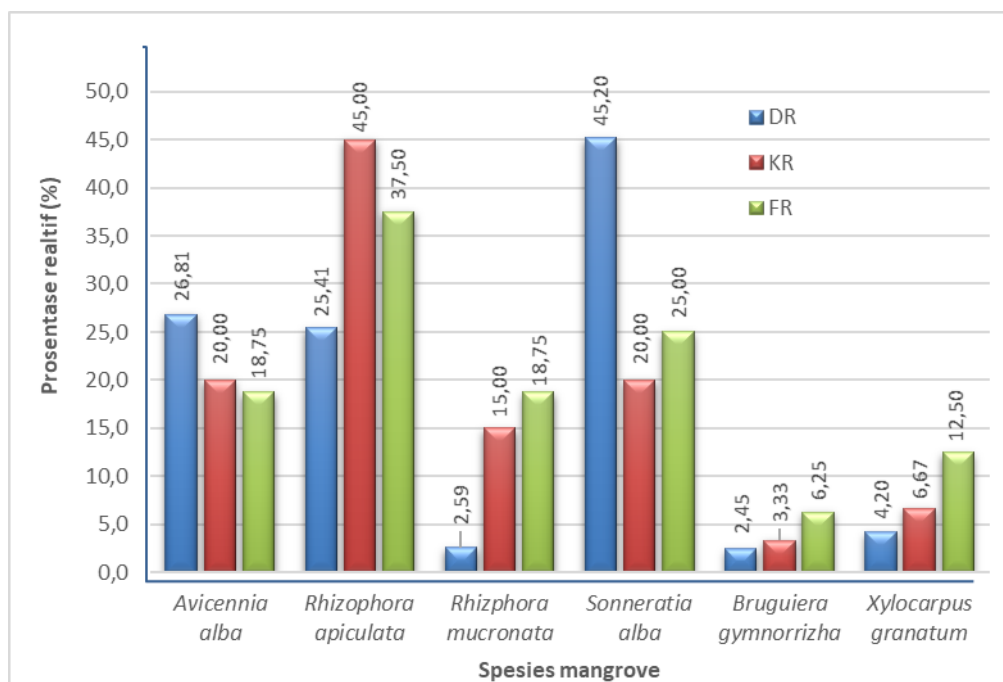
merupakan areal tegakan dengan komposisi antara hutan alami dan rehabilitasi, terlatak di

Tanjung Benoa. Komposisi vegetasi yang terdapat dilokasi penelitian terdiri dari jenis *Avicennia alba*, *Rhizophora apiculata*, *R. mucronata*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Sonneratia alba* dan *Xylocarpus granatum*.

Struktur vegetasi pada tingkat pohon bervariasi antara tingkat kerapatan, tingkat dominasi dan frekuensi kelimpahannya. Dominasi relatif jenis *Sonneratia alba* tertinggi dengan prosentase sebesar 45,20% diikuti oleh dominasi relatif jenis *Avicennia alba*. Sedangkan yang dominasi terendah dimiliki oleh jenis *R. mucronata*. Frekuensi kehadiran suatu jenis

terhadap jenis lainnya adalah jenis *R. apiculata* sebesar 37,50% dan terendah jenis *Bruguiera gymnorrhiza*, 6,25%.

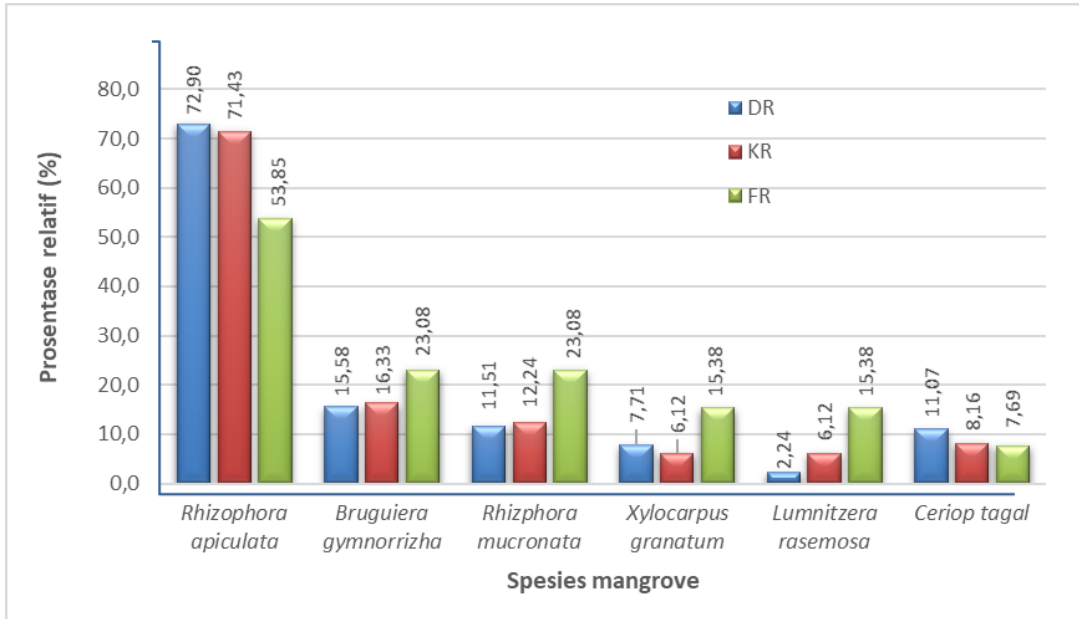
Kerapatan tertinggi pada wilayah penelitian di stasiun III ditunjukkan oleh jenis *R. apiculata* dengan prosentase relatif sebesar 45% lebih tinggi dari vegetasi alami seperti *Sonneratia alba* dan jenis lainnya. Kerapatan terendah ditunjukkan oleh jenis *B. gymnorrhiza* sebesar 3,33%. Kurva relatif yang merepresentasikan kondisi stasiun III disajikan pada Gambar 10.



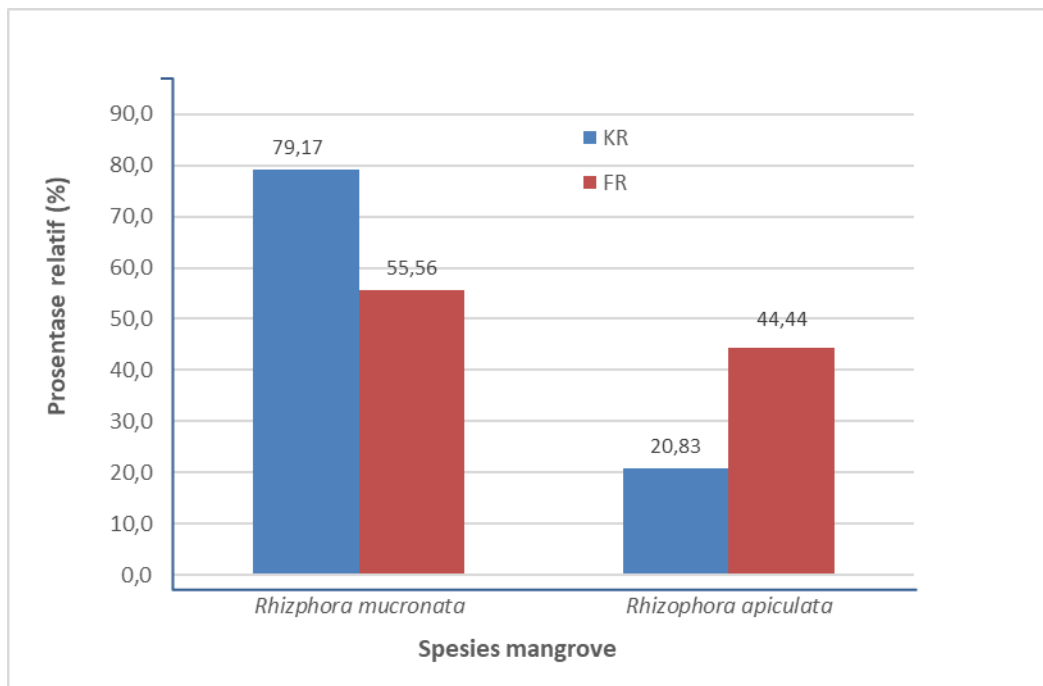
Gambar 10. Struktur Vegetasi Tingkat Pohon di Stasiun III (Perbandingan Tingkat Kerapatan Relatif (KR), Dominansi Relatif (DR) dan Frekwensi Relatif (FR))

Struktur vegetasi tingkat pancang menunjukkan dominasi *R. apiculata* pada tingkat kerapatan (71,43%), tingkat dominasi (72,90%) dan tingkat frekuensi ditemukannya pada lokasi penelitian (53,85%). Tingkat dominasi tersebut menunjukkan keterwakilan jenis *R. apiculata* dalam mempengaruhi ekosistem. Nilai indek vegetasi jenis *R. apiculata* di stasiun III tergolong tinggi yaitu sebesar 198,18 menunjukan peran pentingnya dalam membentuk ekosistem di stasiun III. Jenis *Lumnitzera rasemosa* yang

ditemukan di lokasi penelitian merupakan yang terendah diantara jenis lainnya, begitu pula dengan indek nilai pentingnya di dalam komunitas tersebut. Perannya dalam mendukung ekosistem dapat diasumsikan sangat kecil dengan melihat dominasinya yang rendah (2,24%). Keadaan struktur vegetasi tingkat pancang di stasiun III disajikan pada Gambar 11 berikut:



Gambar 11. Struktur Vegetasi Tingkat Pancang di Stasiun III (Perbandingan Tingkat Kerapatan Relatif (KR), Dominansi Relatif (DR) dan Frekwensi Relatif (FR))



Gambar 12. Struktur Vegetasi Tingkat Semai di Stasiun III (Perbandingan Tingkat Kerapatan Relatif (KR), Dominansi Relatif (DR) dan Frekwensi Relatif (FR))

Kondisi vegetasi tingkat semai di stasiun III hanya dihuni oleh jenis *R. apiculata* dan *R. mucronata*. Kelimpahan semai *R. mucronata* lebih tinggi dari yaitu sebesar 79,17% sedangkan *R. apiculata* sebesar 20,83%. Akan tetapi frekuensi ditemukannya kedua jenis ini di

lokasi penelitian tidak berbeda signifikan, yaitu 55,56% berbanding 44,44%.

Estimasi Simpanan Karbon (C) di Tiap Stasiun

Penghitungan biomassa atas permukaan untuk menghitung cadangan karbon mangrove menggunakan metode tidak langsung atau non-destructive yaitu menggunakan model persamaan alometri beberapa jenis mangrove. Dalam penelitian ini, biomassa diatas permukaan tanah (*above-ground biomass/AGB*) diukur berdasarkan diameter pada strata tingkat pancang dan pohon kemudian dikonversi menjadi simpanan karbon (C).

Penghitungan kandungan biomassa dilakukan karena struktur tegakan vegetasi berkaitan dengan produktivitas, yaitu diameter. Estimasi kandungan biomassa vegetasi mangrove diolah dengan menggunakan persamaan allometri (Komiyama 2005). Hasil perhitungan potensi biomassa diatas permukaan tanah dan kemampuan serapan karbondioksida oleh mangrove di lokasi penelitian di Tahura Ngurah Rai sebagai berikut:

Tabel 3. Potensi biomassa diatas permukaan tanah mangrove pada Stasiun I, II dan III.

Stasiun	Biomasa (ton/ha)	Carbon stock (ton/ha)	Absorption CO ₂
I	412.829	194.030	712.089
II	325.848	32.585	562.055
III	692.098	325.296	1.193.799

Kandungan biomassa menggambarkan kemampuan tumbuhan atau vegetasi berkayu dalam menyimpan karbon dan tinggi rendahnya kandungan karbon tersebut ditentukan salah satunya oleh tingkat kesuburan tempat tumbuhnya. Semakin tinggi kandungan biomassa maka simpanan karbon dalam vegetasi mangrove juga semakin tinggi. Total hasil perhitungan simpanan karbon di tiga stasiun di lokasi penelitian tersebut sebesar 551.911 tonC/ha. Simpanan tertinggi terdapat pada stasiun III yaitu sebesar 325.296 tonC/ha

Tabel 4. Simpanan Karbon dan Potensi Serapan Karbondioksida

Lokasi	Jenis mangrove	Jumlah biomasa	Jumlah simpanan karbon (tonC/ha)	Absorpsi (tonCO ₂ e)
Stasiun I	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	83.915	39.440	144.744
	<i>Rhizophora apiculata</i>	172.730	81.183	297.942
	<i>Rhizophora mucronata</i>	141.376	66.447	243.859
	<i>Sonneratia alba</i>	14.809	6.960	25.544
	Jumlah	412.83	194.030	712.089
Stasiun II	<i>Avicennia alba</i>	48.057	22.587	82.894
	<i>Rhizophora apiculata</i>	78.699	36.989	135.749
	<i>Rhizophora mucronata</i>	13.142	6.177	22.669
	<i>Sonneratia alba</i>	150.707	70.832	259.955
	<i>Lumnitzera racemosa</i>	1.387	0.652	2.393
	<i>Xylocarpus granatum</i>	19.666	9.243	33.922
	<i>Ceriops tagal</i>	14.188	6.668	24.473
Jumlah	325.848	32.585	562.055	
Stasiun II	<i>Avicennia alba</i>	44.084	20.719	76.040
	<i>Rhizophora apiculata</i>	24.715	11.616	42.631
	<i>Rhizophora mucronata</i>	454.668	213.694	784.257
	<i>Sonneratia alba</i>	166.579	78.292	287.332
	<i>Aegiceras corniculatum</i>	2.052	0.964	3.539
Jumlah	692.10	325.29	1,193.80	

Tabel 3 merupakan hasil analisa kemampuan vegetasi mangrove di masing–masing stasiun dalam menyimpan karbon. Jenis *Rhizophora apiculata* menyimpan sebesar 81.183 tonC/ha. Jumlah simpanan ini terbesar diantara jenis mangrove lainnya di stasiun I. Sedangkan *Sonneratia alba* mendominasi sebagai penyimpan karbon tertinggi di stasiun II sebesar 259.995ton C/ha dan kelompok *Rhizophora mucronata* sebagai penyimpan karbon tertinggi di stasiun III, sebesar 784.257tonC/ha.

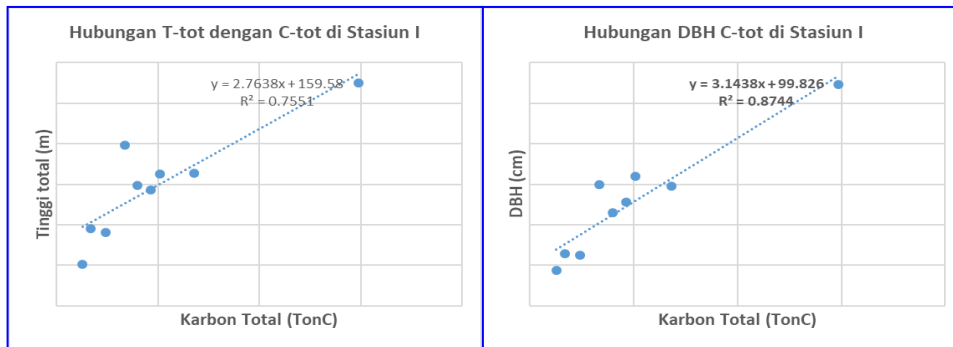
Hubungan Struktur Vegetasi dengan Potensi Simpanan Karbon

Tinggi total (Tt) dan diameter (DBH) menjadi variabel yang diperhitungkan dalam mencari model persamaan alometrik dalam penelitian kali ini. Variabel diameter akan mengindikasikan efisiensi pengukuran dan akan mengurangi ketidakpastian dari hasil pengukuran berdasarkan persamaan yang dibentuk (Maulana *et al.*, 2011).

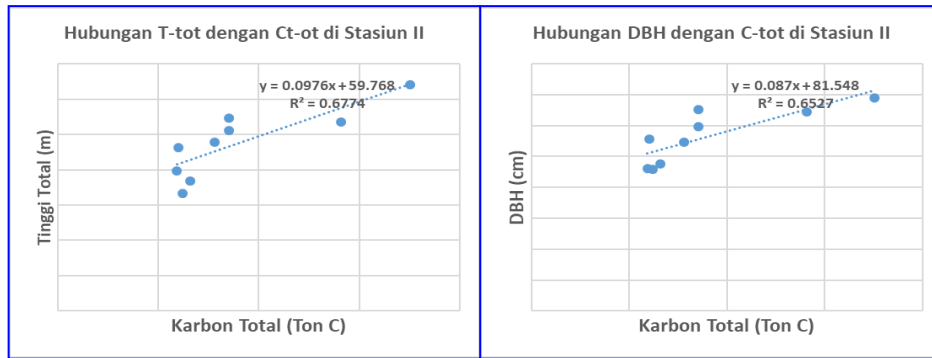
Hasil analisa menunjukkan bahwa Tt dan DBH vegetasi mangrove yang terdapat pada

stasiun I berkorelasi cukup tinggi terhadap simpana karbon. Nilai R² pada grafik hubungan tinggi dengan karbon sebesar 0,7551, lebih rendah dibandingkan huhungan perkembangan diameter terhadap simpanan karbon dengan nilia R² sebesar 0,8744. Berdasarkan gambaran tersebut, kedua variable mempengaruhi nilai massa karbon antara 75 – 87%, dan sisanya 13-25% dipengaruhi oleh variable lain.

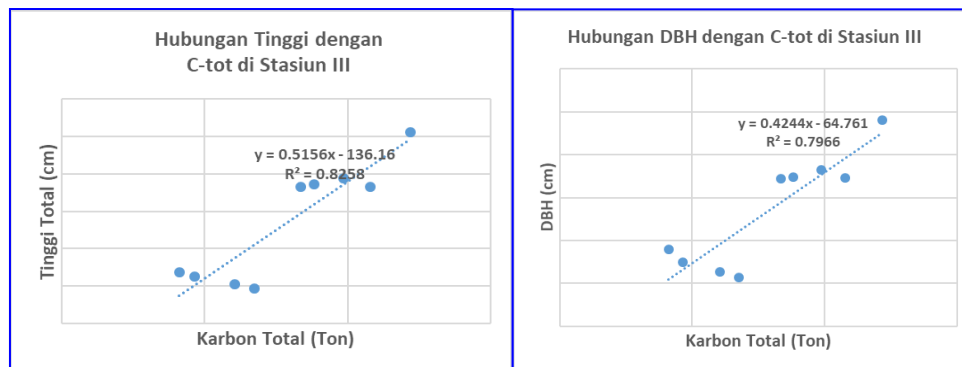
Analisa hubungan antara DBH dan T-total dengan simpanan karbon total pada stasiun II menunjukkan korelasi sedang. Nilai R² hubungan T-total dengan massa karbon sebesar 0,6774 dan hubungan DBH dengan massa karbon sebesar 0,6527. Ini menunjukkan bahwa kedua variable tersebut mempengaruhi simpanan karbon sebesar 65-67%.



Gambar 13. Hubungan struktur vegetasi (Tinggi dan Diameter) terhadap potensi simpanan karbon di stasiun I.



Gambar 14. Hubungan struktur vegetasi (Tinggi dan Diameter) terhadap potensi simpanan karbon di stasiun II.



Gambar 15. Hubungan struktur vegetasi (Tinggi dan Diameter) terhadap potensi simpanan karbon di stasiun III.

Hubungan antara variable T-total dan DBH dengan total karbon di stasiun III menunjukkan korelasi yang cukup tinggi dengan nilai R^2 masing – masing sebesar 0,8258 untuk T-total dan 0,7966 untuk nilai hubungan DBH dengan total karbon. Pengaruh dari dua variable tersebut terhadap simpanan karbon di stasiun II adalah 79,6% - 82,5% yang artinya hanya 17,5 – 20,4% dipengaruhi oleh variabel lain di habitatnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan pemaparan hasil dan pembahasan maka kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

Komposisi hutan mangrove kawasan Tahura Ngurah Rai Denpasar Terdapat 8 jenis mangrove yaitu: *Sonneratia alba*, *Avicenia alba*, *Aegiseras corniculatum*, *Rhizophora mucronata*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Ceriops tagal*, *Rhizophora apiculata*, *Xylocarpus granatum*. Struktur hutan mangrove terdiri dari pohon, pancang dan semai. Secara khusus vegetasi hutan mangrove Kawasan Tahura Ngurah Rai didominasi oleh jenis *Rhizophora apiculata*

dengan Indeks Nilai Penting (INP) sebesar 60%-128% untuk tingkat pohon, sedangkan tingkat pancang di dominasi *Rhizophora mucronata* dengan nilai INP 34%-205%. Tingkat semai didominasi *Rhizophora mucronata* 13%-233%.

Simpanan karbon di tiga stasiun di lokasi penelitian tersebut sebesar 551,900 tonC/ha. Stasiun III memiliki total simpanan tertinggi yaitu sebesar 325,296 tonC/ha. Kemampuan serapan karbon vegetasi *Rhizophora apiculata* sebesar 81.183 tonC/ha, merupakan terbesar diantara jenis lainnya di stasiun I. Sedangkan *Sonneratia alba* mendominasi sebagai penyimpan karbon tertinggi di stasiun II sebesar 259,995 tonC/ha dan *Rhizophora mucronata* tertinggi di stasiun III, sebesar 784,257 tonC/ha.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardhana, I.P.G. 2012. Ekologi Tumbuhan. Penerbit Udayana University Press. Kampus Universitas Udayana Denpasar.
- Arief, A.1994. Hutan Hakekat dan Pengaruhnya Terhadap Lingkungan. Yayasan Obor Indonesia: Jakarta: 39-64.

- Arief, A.A. 2003. Hutan dan Kehutanan. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Ball, M. C. 2002. Interactive effects of Salinity and Irradiance of Growth: implications for mangrove forest structure along salinity gradient. *Trees Struct. Funct.*, 16: 125-139
- Aksornkoe, S. 1993. *Ecology and Management of Mangrove*. IUCN. Bangkok.
- Bengen, D.G. 2000. Sinopsis Ekosistem dan Sumberdaya Alam Pesisir. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan lautan – Institut Pertanian Bogor. Bogor. Indonesia.
- Bismark. S dan Heriyanto, M. 2008. Keragaman dan Potensi Jenis Serta Kandungan Karbon Hutan Mangrove Di Sungai Subelan Siberut, Sumatera Barat. *Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi*, 5 (3): 297 – 306.
- BPHM. 2012. Sekilas Balai Pengelolaan Hutan Mangrove Wilayah 1. Balai Pengelolaan Hutan Mangrove Wilayah 1. Bali, Indonesia.
- Chapman, V. J. 1976. *Mangrove Vegetation*. J. Cramer
- Daniel, C.D., Kauffman, J., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M., and Kannien, M. 2011. Mangrove among the Most Carbon-rich Forests in The Tropics. *Nature Geoscience* 4:293-297
- Donato, D.C, Kauffman. B, Murdiaso. D, Kurnianto. S. 2012. Mangrove Adalah Salah Satu Hutan Terkaya Karbon di Kawasan Tropis. Brief, CIFOR.
- Gratimah, G. 2009. Analisis Kebutuhan Hutan Kota Sebagai Penyerap Gas CO₂ Antropogenik di Pusat Kota Medan. Medan: Universitas Sumatra Utara.
- Ghufran, M.H., K, Kordi., 2012. Ekosistem Mangrove. PT Rineka Cipta Jakarta. Jakarta.
- Gunarto. 2004. Konservasi Mangrove Sebagai Pendukung Sumber Hayati Perikanan Pantai. Maros: Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau.
- Hairiah, K, Rahayu, S. 2007. Petunjuk Praktis Pengukuran karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan. Bogor. *World Agroforestry center –ICRAF, SEA Regional Office*, Universitas of Brawijaya, Unibraw, Indonesia. 77 p.
- Hogarth, P.J. 1999. *The Biology of Mangrove*. Oxford University Press.
- Hanafi N., Bernardianto R.B. 2012. *Pendugaan Cadangan Karbon Pada Sistem Penggunaan Lahan di Areal PT. Sikatan Wana Raya*. Media Sains, Volume 4 Nomor 2.
- Hardjowigeno, S. 1986. Sifat-sifat dan Klasifikasi Tanah Hutan Mangrove di Daerah Muara Sungai Berau dan Pulau Tibi Kalimantan Timur. Prosiding, Seminar III Ekosistem Mangrove. Denpasar bali. Halaman: 165 – 167.
- Heriyanto N.M., Subiandono, E. 2012. Komposisi dan struktur tegakan, biomasa, dan potensi kandungan karbon hutan mangrove di Taman Nasional Alas Purwo. *Jurnal Penelitian dan Konservasi Alam* Vol. 9 No.1 : 023-032. Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi. Bogor.
- Hermawan, R, A., Pribadi, R., Ario, R. 2014. Stuktur dan Komposisi Vegetasi Mangrove Alami Di Kawasan Ekowisata Taman Hutan Raya Ngurah Rai, Bali. Volume 3, Nomor 4, Halaman: 405-414.
- Hutasoit H. 2017. Struktur Vegetasi Mangrove Alami di Areal Taman Nasional Sebilang Banyuasin Sumatra Selatan, *Jurnal Mahasiswa Program Studi Ilmu Kelautan*, 9(1):1-8
- Indriyanto. 2006. *Ekologi Hutan*. Bumi Aksara: Jakarta.
- IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Hlm. 881. Cambridge University Press, Cambridge.
- Istomo, Farida. N. E. 2017. Potensi Simpanan Karbon Di Atas Permukaan Tanah Tegakan acacia nilotica L. (Wild) ex. Del. Di Taman Nasional Baluran, Jawa Timur. *Jurnal Pengelolaan sumberdaya Alam Dan Lingkungan* (2) 155-162.
- Iswandar, M, Dewiyanti. I, Kurnianda. V. 2017. Dugaan Serapan Karbon Pada Vegetasi Manrove di Kawasan Mangrove Gempong Iboh, Kecamatan Sukakaeya,

- Kota Sabang. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyah* 2(4):512-518
- Kaban, H. M. S. 2007. Peraturan Menteri Kehutanan, Tentang Organisasi Dan Tata Kerja Balai pengelolaan Hutan Mangrove. Nomor: P.4// Menhut-II/2007.
- Kauffman, J.B., Thomas, G.C. 2010. *Micronesian Mangrove Forest Structure and Tree Responses to a Severe Typhoon*. Wetland. Society of Wetland Scientist. Pp. 1077-1085
- Komiyama, A., Pongpan, S, Kato, S. 2005. Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves. *Journal of Tropical Ecology*, 21(4), 471-477. DOI:10.1017/S0266467405002476.
- Khazali, M. 1998. Panduan Teknis Penanaman Mangrove Bersama Masyarakat. Wetland Internasional-Indonesia (Bali dan Lombok), ISME, Denpasar
- Kitamura, S., C. Anwar, A. Chaniago, S. Baba, 2003. Buku Panduan Mangrove Indonesia, Bali dan Lombok. Edisi ketiga Denpasar: *Pass Kress Communications, Mangrove Information Center Project*.
- Kusmana, C. 1993. *A Study on Mangrove Forest Management Base on Ecological Data in East Sumatra, Indonesia. (disertasi)*. Japan: Kyoto University, Faculty Of Agricultural.
- Kusmana, C.1997. *Metode Survey Vegetasi*. Institut Pertanian Bogor.
- Kershaw, K. 1973. *Quantitative and Dynamic Plan Ecology*. London: Edward Arnold Publishers.
- Lestari, T.Y., Aswin. R., Yanuar. P., Letje. W., 2016. Persamaan allometrik biomassa dan masa Karbon Avicennia Marina (Forsk) Vierh. *Jurnal Silvikultur Tropika* 7 (2) : 95-107
- Lugo, A.E. dan Snedaker, S.C. 1974. The Ecological of Mangrove. *Ann. Rev. Ecol & Syst* 5: 39-64
- Maulana SI, Pandu J. 2011. Persamaan alometrik genera *Intsia sp.* Untuk pendugaan biomassa atas tanah pada hutan tropis Papua Barat. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan* 8 (4): 1-10.
- Martiningsih, E., Suryana, M., & Praja sutiadi nandar. 2015. struktur komposisi dan vegetasi hutan mangrove tahura ngurah rai. *Agrimeta*, No 7 (2): 123–456.
- Matatula, J., Poedjirahajoe, E., Pudyatmoko, S., and Sadono, R.. 2019. Spatial Distribution Of Salinity, Mud Thickness And Slope Alog Mangrove Ecosystem Of The Coast Of Kupang District, East Nusa Tenggara , Indonesia. *Biodiversitas* 20 (6): 624-1632
- Mudiyarso. D, Sukara. E, Supriyatna. J, Jamaludin. J. 2018. Creating Blue Carbon Opportunities in the Maritime Archipelago Indonesia. Policy brief No.3, CIFOR.
- Melvi, I. 2017. Dugaan Serapan Karbon Pada Vegetasi Manrove di Kawasan Mangrove Gempong Iboh, Kecamatan Sukakaeya, Kota Sabang. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyah* 2(4):512-518
- Michael, P. 1994. Metode Untuk Penyelidikan Ladang dan Laboratorium. UI PRES: Jakarta
- Noor, Y., Khazali, M. & Suryadiputra, I., 1999. Pedoman Pengenalan Mangrove di Indonesia. 2 ed. Bogor: Wetlands International Indonesian Programe
- Nybakken, J.W. 1992. Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis. Alih bahasa Oleh M. Eidman, Koesobiono., D.G Bengen, M. Hutomo, S. Sukardjo. PT Gramedia Pustaka Utama Jakarta, Indonesia
- Onrizal. 2007. Teknik Pengenalan dan Analisis vegetasi Hutan Mangrove. Didalam: Afandi o. Editor. Buku Panduan Praktek Pengenalan dan Pengelolaan Hutan (P3H). Departemen Kehutanan Fakultas Pertanian USU. Medan
- Pebriandi, Sribudiani E, Mukhamadun. 2013. Estimation of The Carbon Potential In The Above Ground At The Stand Level Poles And Trees In Sentajo Protected Forest. Departement of Forestry, Faculty of Agriculture, University of Riau
- Pryono, A. 2010. Panduan Praktis Teknik Rehabilitasi Mangrove Di Kawasan Pesisir Indonesia
- Rahman. H, Efendi. H, Rusmana. I. 2017. estimasi stok dan serapan karbon pada

- mangrove di sungai tallo makasar. Estimasi Stok Dan Serapan Karbon Pada Mangrove Disungai Tallo Makasar, *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 19–28, 1–10.
- Restu, Kepel, dan Kusumaningtyas. 2016. Karakteristik dan Potensi Perairan Sebagai Pendukung Pertumbuhan Lamun Di Perairan Teluk Buyat Dan Teluk Raratatotok, Suawesi Utara. Hal: 342-348.
- Rochmadi. 2015. Struktur dan Komposisi Jenis Mangrove Desa Bonea dan Kodiri, Kabupaten Muna, Sulawesi Tenggara, *Jurnal Prosiding Simposium Nasional Kelautan dan Perikanan II, Universitas Hasanuddin, Makassar 201, ISBN: 978-602-71759-1-4*
- Saenger, P. 2002. *Mangrove Ecology, Silviculture and Conservation*. Springer Science Business Media Dordrecht
- Sandy, I M. 1984. Mangrove dan Tumbuhnya. Prosiding Seminar II Ekostem Mangrove. Jakarta. Halaman: 133-143.
- Santoso, N. 2000. Pola Pengawasan Ekosistem Mangrove. Makalah disampaikan pada Lokakarya Nasional Pengembangan Sistem Pengawasan Ekosistem laut Tahun 2000. Jakarta, Indonesia
- Satoo, T dan Madgwick, H.A.S. 1982. Forest Biomass. Martinus Nijhoff / DR W. London: Junk Publisher
- Silantarwa. N. 2009. Pusat Bina Penyuluhan Kehutanan, Setjen. Dep. Kehutanan Provinsi Bali
- Simanjuntak, M. 2009. Hubungan Faktor Lingkungan Kimia Terhadap Distribusi Plankton di Perairan Belitung Timur, Bangka Belitung. *Jurnal Perikanan II* (1): 31-45.
- Sitompul, M dan Bambang, G. 1995. Analisis Pertumbuhan Tanaman. Yogyakarta: Gajah Mada University Press
- Soedjarwo. 1979. Mengoptimalkan Fungsi-Fungsi Hutan Mangrove Untuk Menjaga Kelestarian Demi Kesejahteraan Manusia. *Prosiding Seminar Ekosistem- Ekosistem Mangrove*: 8-9
- Soegianto, A. 1994. Ekologi Kuantitatif: *Metode Analisis Populasi dan Komunitas*. Jakarta: Penerbit Usaha Nasional
- Soerianegara, I dan A. Indrawan. 1998. *Ekologi Hutan Indonesia*. Laboratorium Ekologi Hutan Fakultas Kehutanan IPB. Bogor
- Suhendang, E. 2002. Pengantar Ilmu Kehutanan. Bogor: Yayasan Penerbit. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor
- Supriharyono. 2007. Konservasi Ekosistem Sumber Daya Hayati di Wilayah Pesisir dan Laut Tropis. Yogyakarta: Pustaka Belajar
- Suryatmojo, H. 2007. Peranan Hutan Sebagai Penyedia Jasa Lingkungan. Yogyakarta: Fakultas Kehutanan, UGM
- Sutrian, Y. 1992. Pengantar Anatomi Tumbuhan Tentang Sel dan Jaringan. Jakarta: Rineka Cipta.
- Tomlinson, P.B. 1986. *The Botany of Mangrove*. Cambridge University Press.
- Triyadi dkk, 2015. Analisis Struktur dan Komposisi Vegetasi Hutan Kota di Kampus UNS Ketingan Surakarta. *El Vivo*, 3 (2), 64-70.
- Ulfa.M, Julyantoro.S, Sari. W, 2017, Keterkaitan Komunitas Makrozoobentos Dengan Kualitas Air Dan Substrat Di Ekosistem Mangrove Taman Hutan Raya Ngurah Rai Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences* 4(2), 179-190 (2018)
- Whitten, A.J., J. Anwar, S.J. Damanik and Hisyam. 1987. *The Ecology of Sumantra*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Widjaja, H. 2002. Penyimpanan Karbon dalam Tanah, Alternatif Carbon Sink dari Pertanian Konservasi. Bogor: Program Pasca Sarjana/S3 Institut Pertanian Bogor.
- Moser, B., M. Schultz and K.E. Hindenlang. 2006. Importance of alternative food resources for browsing by roe deer on deciduous trees: the role of food availability and species quality. *Forest Ecology and Management* (226): 248–255. Available from: <http://www.sceincedirect.com>