



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS SAM RATULANGI
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

Alamat : Kampus UNSRAT Manado
Telp. (0431) 827560, Fax. (0431) 827560
Email: lppm@unsrat.ac.id Laman: <http://lppm.unsrat.ac.id>

SURAT TUGAS

Nomor: 1958/UN12.13/LT/2018

Ketua Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Sam Ratulangi Manado, dengan ini menugaskan kepada:

1. Nama : Dr.Ir. Rignolda Djamaluddin, M.Sc (Ketua)
NIP : 196703211991031006
Pangkat Gol. : Pembina/IVa
Jabatan : Lektor Kepala
2. Nama : Ir. Agung B. Windarto, M.Si (Anggota)
NIP : 196509211991031001
Pangkat Gol. : Penata Tingkat I/III d
Jabatan : Lektor
3. Nama : Ir. Royke M. Rampengan, M.Si (Anggota)
NIP : 196801191991031001
Pangkat Gol. : Pembina/IVa
Jabatan : Lektor

untuk melaksanakan Penelitian skim Riset Dasar Unggulan Universitas Sam Ratulangi (RDUU), yang di danai oleh dana PNBP UNSRAT tahun 2018 dengan judul : ***"Evaluasi Perubahan Struktur Komunitas Mangrove Di Taman Nasional Bunaken, Indonesia"***.

Demikian surat tugas ini dibuat untuk dilaksanakan dengan penuh Tanggungjawab.

Manado, 24 Mei 2018

Ketua,


Inneke F.M. Rumengan
NIP : 195711051984032001

Bidang Fokus /Unggulan: Kemaritiman
Fakultas: Perikanan dan Ilmu Kelautan

LAPORAN AKHIR
(RISET DASAR UNGGULAN UNSRAT)



**EVALUASI PERUBAHAN STRUKTUR KOMUNITAS MANGROVE DI TAMAN
NASIONAL BUNAKEN, INDONESIA**

TIM PENGUSUL

Dr. Ir. Rignolda Djamaluddin, M.Sc (NIDN: 00210036704)
Ir. Agung Budi Windarto, M.Si (NIDN: 0021096804)
Ir. Royke Marcelus Rampengan, M.Si (NIDN: 0019016803)

UNIVERSITAS SAM RATULANGI

NOVEMBER 2018

Dibiayai Dari Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA)
Nomor: SP DIPA – 042.01.2.400959/2018 Tanggal 5 Desember 2017
5742.003.053.525119

HALAMAN PENGESAHAN

RISET DASAR UNGGULAN UNSRAT (RDUU)

Judul*Evaluasi Perubahan Struktur Komunitas Mangrove Di Taman Nasional Bunaken, Indonesia***Peneliti/Pelaksana**

Nama Lengkap : RIGNOLDA DJAMALUDDIN
Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi
NIP/NIK : 196703211991031006
NIDN : 0021036704
Jabatan / Golongan : Lektor Kepala - III/d
Fakultas / Program Studi : Fakultas Perikanan dan ilmu kelautan - Ilmu kelautan
Nomor HP : 085256658559
Alamat surel(e-mail) : rignolda@gmail.com
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 2 Tahun
Biaya Yang Diusulkan : Rp. 39,000,000
Biaya Maksimum : Rp. 40,000,000


Anggota**Anggota (1)**

Nama : IR. AGUNG B. WINDARTO, M.SI
NIDN : 0021096804
Perguruan : Universitas Sam Ratulangi
Tinggi


Anggota (2)

Nama : ROYKE M. RAMPENGAN
NIDN : 0019016803
Perguruan : Universitas Sam Ratulangi
Tinggi

Mengetahui
Dekan Fakultas Perikanan dan ilmu kelautan,


(Prof. Ir. Farnis B. Boneka, M.Sc)
NIP/NIK : 195712291985031004

Manado, 22 November 2018

Ketua,

(DR. IR. RIGNOLDA DJAMALUDDIN, M.SC)
NIP/NIK : 196703211991031006

Menyetujui,
Ketua LPPM UNSRAT


(Prof. Dr. Ir. Charles L. Kaunang, MS)
NIP/NIK : 195910181986031002

RINGKASAN

Penelitian ini merupakan bagian dari proses penelitian panjang terkait dengan sumberdaya mangrove di TNB yang telah dimulai sejak tahun 1995. Banyak data yang telah dikumpulkan, dan sebagian telah dilaporkan dalam berbagai bentuk laporan atau bagian dari studi formal (skripsi) atau dalam bentuk jurnal untuk beberapa bagian data dan temuan tertentu.

Pada tahun 2016, peneliti mencoba untuk mempublikasikan sebuah paper dengan judul “*the mangrove flora of Bunaken National Park, Indonesia*” dan telah direview pada tahap awal oleh reviewers Journal of Ecology and Succession. Jurnal ini sangat berkualitas untuk bidang yang dikaji. Hasil review merekomendasikan perlunya data-data tambahan menyangkut perubahan atau dinamika struktur komunitas. Terkait dengan hasil review tersebut, penelitian ini diharapkan dapat diterima sebagai sebuah temuan baru dalam bentuk teori suksesi sekunder yang memang sangat jarang ditemukan keberadaannya di lapangan.

Hasil penelitian ini membuktikan bahwa proses regenerasi ekosistem mangrove di Pulau Mantehage merupakan sebuah siklus penggantian generasi dimana generasi hutan yang pertama digantikan oleh generasi hutan berikutnya yang berbeda (khusus untuk tipe komunitas *Sonneratia alba/Rhizophora* spp.), dan digantikan oleh spesies sejenis untuk generasi pertama tipe komunitas *Rhizophora* spp./*Bruguiera gymnorrhiza*. Fenomena dieback berkaitan dengan tegakan tua *S. alba* dan dua spesies lainnya (*Rhizophora* spp. dan *B. gymnorrhiza*) merupakan proses penuaan yang menuju kematian. Sementara itu, fenomena dieback yang berkaitan dengan tegakan *Bruguiera cylindrica* di lokasi bagian tengah dua daratan di pulau tersebut berkaitan dengan perubahan cepat dan terus-menerus yang terjadi di lokasi tersebut. Temuan lain yang penting yaitu terkoleksinya dua spesimen yang belum pernah dilaporkan sebelumnya. Satu diantaranya teridentifikasi sebagai spesies *Sonneratia ovata*, sementara spesimen yang lain masih perlu diidentifikasi lebih lanjut.

Sesuai harapan, penelitian ini telah berkontribusi terhadap beberapa publikasi baik pada tingkat jurnal internasional yang bereputasi, jurnal nasional, makalah dalam pertemuan ilmiah nasional, maupun materi dalam penyusunan buku referensi. Semua itu tentu saja membanggakan bagi Unsrat.

PRAKATA

Penelitian tentang sumberdaya mangrove penting dikembangkan karena sumber daya ini memiliki peran yang sangat penting secara ekologis dan dapat memberi manfaat ekonomis bagi masyarakat. Saat ini, Indonesia yang memiliki kekayaan spesies mangrove dan kawasan mangrove terluas di Asia Tenggara tengah mengalami permasalahan deforestasi hutan mangrove yang berlangsung sangat cepat. Sementara itu, upaya rehabilitasi lahan-lahan mangrove yang telah mengalami kerusakan juga belum memberikan hasil yang optimal.

Studi tentang mangrove di Indonesia masih jauh tertinggal dibandingkan dengan negara lain. Salah satu studi mangrove yang belum banyak dilakukan dan masih meninggalkan permasalahan secara saintifik yaitu berkaitan dengan proses regenerasi. Hal ini disebabkan karena hábitat mangrove sangat dinamis sehingga mempengaruhi proses perkembangan vegetasi yang menempatnya. Akibatnya, sangat jarang ditemukan suatu komunitas mangrove akan tumbuh hingga pada usia tua dan digantikan oleh generasi selanjutnya. Mangrove di Pulau Mantehage merupakan salah satu yang istimewa karena selain keanekaragaman spesies mangrove tinggi, komunitas yang dipercaya sebagai generasi awal hutan mangrove di tempat ini mengalami dieback karena usia yang telah tua dan mulai digantikan oleh generasi yang baru. Penelitian panjang yang telah dilakukan sejak tahun 1995 terkait struktur komunitas di pulau ini memberi peluang bagi peneliti untuk mempelajari proses regenerasi hutan yang terjadi.

Hasil penelitian ini memberi kontribusi besar bagi dunia santifik terutama dalam hal suksesi ekologis dalam bentuk proses regenerasi hutan mangrove. Bagi pihak otoritas pengelola kawasan Taman Nasional Bunaken, hasil penelitian ini menjadi sangat penting dalam mendisain upaya-upaya konservasi dan pengelolaan sumber daya mangrove di P. Mantehage.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	i
RINGKASAN	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	v
BAB 1. PENDAHULUAN	1
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	2
2.1 Perkembangan dan regenerasi	2
2.2 Suksesi ekologis	5
2.3 Laju balik-ulang (turnover rate)	6
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	8
3.1 Tujuan	8
3.2 Manfaat	8
BAB 4. METODE PENELITIAN	9
BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	11
5.1 Hasil	11
A. Struktur Komunitas	11
B. Koleksi Spesimen	13
C. Indikasi Gangguan	14
5.2 Luaran	14
BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN	16
6.1 Kesimpulan	16
6.2 Saran	16
DAFTAR PUSTAKA	17

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Bagan alir pendekatan penelitian	10
Gambar 2. Lokasi survei struktur komunitas	11
Gambar 3. Pola regenerasi mangrove di Pulau Mantehage, Taman Nasional Bunaken: A) Generasi pertama tegakan <i>S. alba</i> akan digantikan oleh generasi berikutnya yang didominasi oleh tegakan <i>Rhizophora</i> spp., B) Generasi pertama tegakan <i>Rhizophora</i> spp. dan <i>B. gymnorrhiza</i> akan digantikan oleh tegakan spesies yang sama	12
Gambar 4. Kondisi mangrove dieback di lokasi bagian tengah antara dua daratan di Pulau Mantehage	13
Gambar 5. (A) Spesimen <i>S. ovata</i> , (B) specimen yang belum teridentifikasi	14

BAB 1. PENDAHULUAN

Taman Nasional Bunaken (TNB) memiliki luasan 79.056 Ha, yang dalam pengelolaannya dibagi atas dua bagian yakni: TNB Bagian Utara dan TNB Bagian Selatan. TNB Bagian Utara mencakup lima pulau (Manado Tua, Bunaken, Siladen, Mantehage, Nain) dan pesisir daratan antara Molas hingga Tiwoho. TNB Bagian Selatan mencakup wilayah pesisir antara Desa Poopoh hingga Popareng. Meskipun fokus pengelolaan TNB bertumpuh pada terumbu karangnya, TNB juga didukung oleh hutan mangrove seluas 1000 ha di Pulau Mantehage, sekitar 200 ha di pesisir pantai antara Molas dan Tiwoho, dan sekitar 800 ha di TNB Bagian Selatan. Survei pertama ekosistem mangrove di TNB dimulai pada tahun 1995 saat penyusunan Rencana Strategis Pengelolaan TNB.

Studi awal mangrove di TNB telah dilaporkan oleh Davie dkk. (1996) dan studi mendalam selanjutnya oleh Djamaluddin (2004). Temuan yang sangat penting bahwa mangrove di TNB sangat spesifik baik dilihat dari jumlah spesiesnya maupun kondisi dan perkembangan komunitasnya. Sebanyak 27 spesies mangrove telah diidentifikasi termasuk beberapa spesies yang keberadaannya belum pernah dilaporkan seperti *Champtostemon philippinense* yang ditemukan di Pulau Mantehage.

Diyakini bahwa faktor-faktor terutama geofisik, geomorfik dan biologi adalah faktor utama yang mendukung distribusi dan keragaman spesies di TNB. Investigasi jangka panjang terhadap keberadaan spesies maupun perubahan struktur komunitas mangrove dapat menyediakan informasi tentang dinamika perubahan yang berlaku pada ekosistem mangrove di TNB. Informasi tersebut sangat penting dalam pengembangan pemahaman terkait suksesi ekosistem mangrove dan juga untuk mendukung pengembangan strategi pengelolaannya. Penelitian ini juga diadakan untuk melengkapi data yang direkomendasikan oleh ‘reviewers’ *Journal Ecology and Succession*, saat mereview manuskrip dengan judul “The Mangrove Flora of Bunaken National Park Indonesia”.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkembangan dan regenerasi

Perkembangan tegakan pada mangrove dapat dibagi ke dalam empat tahapan progresif, yakni; kolonisasi, berkembang menuju fase perkembangan awal, kemudian kematangan (maturity), dan berakhir pada penuaan (senescence). Model empat tahapan perkembangan ini telah dikembangkan untuk menjelaskan perbedaan yang teramati pada atribut struktural menurut umur (Jimenez dkk., 1985; Fromard dkk., 1998). Pada model yang diusulkan tersebut, perkiraan lama waktu untuk sebuah siklus lengkap yakni 80 – 100 tahun. Uraian berikut merupakan penjelasan terhadap ke-empat tahapan perkembangan sebagaimana didefinisikan kembali oleh Duke (2001) berdasarkan pengamatan di lapangan terhadap tegakan *Rhizophora* di Panama:

1. Kolonisasi (colonization) merupakan tahapan establismen. Pada tahapan ini, propagule mulai menghasilkan akar dan tumbuh pada daerah pasang-surut yang baru dan terbuka, benih kemudian tumbuh meninggi dengan cepat. Secara umum, kepadatan pohon cukup banyak pada tahapan ini, dan poin akhir relatif pada tahapan ini terjadi saat penutupan kanopi dicapai.
2. *Perkembangan awal* (early development) merupakan tahapan lanjutan setelah penutupan kanopi dicapai. Pada tahapan ini, penjarangan (self-thinning) mulai terjadi dan kepadatan pohon berkurang secara nyata. Dalam kondisi kanopi yang padat/tertutup, sumber benih mulai ada. Gap atau ruang terbuka mulai terbentuk disebabkan oleh faktor seperti kayu gelondongan yang hanyut, material terapung, erosi dan deposisi sediment. Pertumbuhan tinggi pohon berkurang pada akhir tahapan ini disebabkan karena kanopi telah mencapai tinggi maksimum (site maximal canopy height).
3. *Pematangan* (maturity) dimulai ketika tinggi kanopi maksimum telah dicapai. Biomasa pohon secara individual mengalami peningkatan. Penjarangan terus berlangsung sehingga kepadatan pohon berkurang. Gap mungkin terbentuk oleh karena adanya serangan petir, angin dan badai es, cyclone, dll.
4. *Penuaan* (senescence) dimulai ketika individu pohon yang masih berdiri menunjukkan indikasi ke arah kematian. Pada kasus-kasus yang lain, pohon mulai roboh dan mati, atau mereka banyak ditumbuhi oleh koloni tumbuhan menempel (epiphyte), atau mereka mati karena mengalami pembusukan. Selama fase ini, kepadatan pohon sangat rendah dan penjarangan minimal. Gap mulai terbentuk oleh karena kematian pohon yang besar, atau

erosi dan deposisi sediment. Faktor cuaca seperti badai menjadi kurang penting pada kondisi ini, secara sederhana disebabkan karena hadirnya pohon-pohon yang sudah tua dan biasanya besar. Fakta menunjukkan bahwa tahapan penuaan ini jarang dicapai secara bersamaan pada suatu waktu (Jimenes dkk., 1985), walaupun pada sejumlah kasus telah dilaporkan adanya tegakan yang tua (Fromard dkk., 1998; Ewel dkk., 1998).

Terdapat dua asumsi yang dikenakan terhadap model perkembangan mangrove yang telah dijelaskan. Asumsi pertama, bahwa perkembangan hutan mangrove terjadi tanpa interupsi. Asumsi berikutnya, bahwa pohon-pohon secara individu dalam tegakan yang telah tua semuanya merupakan pohon yang berhasil hidup, dan berasal dari cohort koloni pertama. Berdasarkan kedua asumsi tersebut maka model ini dapat dianggap sebagai siklus hidup individu tumbuhan dalam suatu hutan mangrove yang diawali dari establismen hingga berumur tua (Duke, 2001).

Duke (2001) melakukan pembahasan dan penilaian lebih jauh terhadap model perkembangan hutan mangrove yang telah diuraikan sebelumnya. Beberapa kualifikasi yang penting bahwa:

1. Umur pohon tidak harus benar-benar sama dengan umur hutan,
2. Pohon dalam tegakan yang telah tua mungkin saja tidak hadir pada fase kolonisasi mula-mula,
3. Kematian pohon dapat pula disebabkan oleh faktor selain penuaan.

Apabila kualifikasi tersebut adalah benar, maka pengkualifikasian hutan berdasarkan kelompok umur tidak mungkin dilakukan, dan umur hutan tidak dapat digunakan untuk mengurutkan tingkat perkembang suatu hutan. Oleh sebab itu, ketika umur cohort dihitung sebagai umur tegakan dan pertumbuhan hutan terjadi melalui tahapan perkembangan, maka pada sejumlah saat tertentu pohon mungkin mati karena usia yang telah tua. Dalam rangka mengantisipasi beberapa kelemahan pada model perkembangan ini, Duke (2001) mengusulkan sebuah model yang mengkombinasikan generasi gap (gap generation) dan perkembangan tegakan. Uraian selanjutnya merupakan penjelasan ringkas fase regenerasi gap cahaya (light gap regeneration phase) yang diusulkan.

Kehadiran gap dalam mangrove dapat disebabkan oleh berbagai faktor antara lain: badai angin yang kencang (Smith dkk., 1994), kerusakan karena kondisi cuaca yang dingin (Lugo dan Zucca, 1977), kerusakan karena badai es (Houston, 1999), serangan petir (Paijman dan Rollet, 1977), patogen tumbuhan (Pegg dkk., 1980; Wesre dkk., 1991), insek pengebor kayu (Feller dan

McKee, 1999), dll. Berbeda dengan gap dalam hutan darat, kebanyakan gap dalam mangrove biasanya lebih kecil dan terdiri dari 10 – 20 pohon mati. Menurut Craighead (1971), ukuran gap seperti ini sangat mungkin disebabkan oleh serangan petir.

Kehadiran gap-gap yang kecil dalam mangrove menyebabkan terbentuknya alur-alur regenerasi berukuran kecil berupa mosaik dengan umur dan tahapan pemulihan kanopi (canopy recovery) yang bervariasi. Secara umum, pemulihan gap merupakan hasil kombinasi antara proses reproduksi (establismen dan pertumbuhan pohon baru) dan proses vegetatif (pohon sekitar gap tumbuh secara lateral atau coppicing/percabangan). Struktur dan komposisi hutan dipengaruhi oleh kedua proses regenerasi tersebut.

Berdasarkan pengamatan pada *Rhizophora*, Duke (2001) mengusulkan sebuah proses skematik penciptaan dan pemulihan gap (gap creation and recovery). Secara ringkas proses ini terdiri dari enam fase yang dimulai ketika sebuah hutan yang telah matang (mature forest) dengan tanpa gap berkembang melalui dua fase penciptaan gap (yaitu penciptaan dan pembukaan gap), dan tiga fase pemulihan (rekrutmen, pengisian, dan penutupan gap), sebelum menuju kembali pada suatu kondisi tanpa perubahan. Penjelasan lebih jauh menyangkut masing-masing fase dapat dilihat dalam Duke (2001).

Sebagaimana yang telah dijelaskan, Duke (2001) mengusulkan sebuah kombinasi antara model regeneratif dan perkembangan tegakan. Untuk kelengkapan model yang disarankannya, Ia melakukan penambahan peran gap kanopi dalam mempengaruhi proses balik-ulang (turnover) pada mangrove. Pada suatu waktu, kehadiran gap berukuran kecil akan mempengaruhi suatu bagian kecil dalam hutan, tetapi dalam suatu jangka waktu tertentu pengaruh akumulatif banyak gap akan menjadi cukup signifikan dan merata dalam suatu area tertentu oleh karena lokasi gap-gap tersebut bersifat acak. Jika penggantian pohon diasumsikan bersifat acak dan sistematik, maka konsekuensinya dalam hutan berupa perlambatan keseluruhan perkembangan tegakan. Sebagai perbandingan, dampak yang dihasilkan oleh pertumbuhan dan penjarangan pohon dipertimbangan bersifat kontan oleh karena proses tersebut berlangsung sebagai sebuah kondisi perkembangan hutan yang normal. Oleh sebab itu, ketika laju balik-ulang melalui proses penciptaan gap lebih cepat dari pada laju balik ulang yang terjadi melalui proses perkembangan tegakan (yaitu situasi dimana frekuensi penciptaan gap sangat cepat), selanjutnya perkembangan tegakan diperhitungkan akan tertahan, dan kondisi ini menghasilkan hutan yang relative muda. Pada kondisi yang lebih

ekstrim dimana gangguan/kerusakan hutan diakibatkan oleh terbentuknya gap ternyata sangat berat dan berulang-ulang terjadi, maka hutan dapat benar-benar rusak (collaps).

2.2 Suksesi ekologis

Suksesi merupakan suatu proses dimana suatu komunitas tumbuhan berubah ke dalam bentuk yang lain (Crawley, 1997). Proses ini melibatkan masuk-keluar dan kepunahan jenis yang berhubungan dengan perubahan pada kelimpahan relatif tumbuhan tertentu. Suksesi terjadi oleh karena bagi setiap spesis paling tidak dua hal berikut ini mengalami perubahan:

1. Peluang establismen berubah menurut waktu,
2. Perubahan terjadi pada lingkungan abiotik (contoh; kondisi substrat dan intensitas cahaya) dan biotik (contohnya; kelimpahan musuh alami, sifat dan kemampuan tumbuhan sekitar).

Sejumlah suksesi terjadi memusat hingga seragam, bermuara pada suatu titik akhir yang dapat diprediksi, dan bebas dari kondisi awa. Sementara yang lainnya bersifat tidak memusat atau siklik (cyclic), atau memiliki titik akhir yang stabil dengan suatu dinamika yang keseluruhannya didominasi oleh sejarah perombakan dan imigrasi.

Berkaitan dengan mangrove, hanya sedikit studi tentang suksesi yang telah dilakukan, walaupun hal tersebut telah dipelajari secara ekstensif bagi sistem di darat. Sejumlah penulis seperti Mambberley (1991), Richard (1996), dan Crawley (1997) berpendapat bahwa letusan Pulau Krakatau pada 27 Agustus 1883 yang diikuti dengan munculnya sederetan jenis tumbuhan penginvansi dengan berbagai bentuk hidup (life-form) selama periode 45 tahun, merupakan sebuah contoh bentuk suksesi primer yang baik. Dalam kebanyakan kasus (contohnya; letusan gunung berapi, kejadian mengikuti kemunduran glasial, deposisi sedimen, atau perubahan muka laut), proses suksesi primer ditentukan oleh dua faktor berikut:

1. Peningkatan nitrogen tanah,
2. Peningkatan tinggi tumbuhan dewasa (mengarah kepada penaungan terhadap jenis tumbuhan yang tumbuh rendah).

Interaksi antara peningkatan naungan dan peningkatan nutrient substrat seringkali menentukan susunan penggantian spesis. Akumulasi nitrogen dalam substrat sering diperhitungkan sebagai proses yang sangat penting. Ekosistem yang telah matang sering didukung oleh cadangan nitrogen pada substrat permukaan berkisar 5.000 hingga 10.000 kg ha⁻¹. Sejumlah percobaan pada berbagai varitas substrat murni menunjukkan bahwa tumbuhan berkayu tidak dapat mengivasi komunitas

yang sedang mengalami suksesi sebelum kondisi cadangan nitrogen dalam substrat berkisar antara 400 hingga 1.000 kg ha⁻¹; dan proses ini dapat berlangsung mulai dari 20 hingga 100 tahun atau mungkin lebih lama (Crawley, 1997).

Berbeda dengan suksesi primer, suksesi sekunder berawal dari kondisi dimana substrat mulai matang dan terdapat jumlah benih dan propagule vegetatif yang cukup. Berkaitan dengan penjelasan tentang mekanisme yang mungkin berlaku untuk suksesi sekunder, sejumlah model mungkin dapat dipertimbangkan. Pertama, 'model komposisi floristic mula-mula' (initial floristic composition model), yang mendefinisikan suksesi tidak lebih dari penggantian spesies tumbuhan kecil dan berumur pendek oleh tumbuhan lain yang lebih besar dan berumur panjang. Model kedua adalah 'model floristik relay' (relay floristic model) yang menekankan tata-urutan spesies tumbuhan secara lebih ketat serta penekanan pada aspek fasilitasi (facilitation), dimana suatu spesies memberikan jalan bagi spesies lainnya dengan cara merubah kondisi lingkungan ke arah yang lebih cocok bagi spesies yang menggantikannya. Di antara kedua model yang telah dijelaskan, terdapat model toleransi (tolerance model) dan model penghambatan (inhabitation model). Model toleransi mengasumsikan bahwa meskipun terjadi pengurangan cahaya dan nutrient disebabkan oleh spesies pertama, suksesi akan terus berlangsung karena koloni berikutnya akan dapat menerima suatu kondisi baru yang tercipta. Sebaliknya, model penghambatan mengasumsikan bahwa spesies pertama akan secara mudah dihambat establismentnya oleh spesies berikutnya dengan cara melakukan pengosongan suatu site (site pre-emption) terlebih dahulu. Semakin panjang masa hidup spesies pertama, semakin kecil peluang spesies berikutnya menggantikan dan menempati suatu tempat, selanjutnya semakin lambat proses suksesi berlangsung (Crawley, 1997). Untuk konsep yang berlaku pada mangrove, beberapa tulisan oleh Eagler (1952), Lewis dan Dunstan (1975), Lugo (1980), Kangas dapat dijadikan sumber bacaan.

2.3 Laju balik-ulang (turnover rate)

Suatu ekosistem mangrove dikatakan stabil sepanjang ia menempati suatu area yang sama di daerah intertidal, dan dikatakan tidak stabil jika batas-batasnya bertambah ke arah laut atau mundur ke arah daratan. Sejumlah fakta menunjukkan bahwa sisi terluar sistem mangrove menampilkan kecenderungan perluasan ke arah laut sebagaimana diindikasikan oleh hadirnya anakan dan pohon muda yang melimpah. Perkembangan ke arah laut yang terjadi juga ditunjukkan oleh keadaan tinggi kanopi yang semakin bertambah, demikian pula umur dan ukuran pohon ke

arah darat. Pada kondisi lainnya, tepian mangrove terlihat cukup jelas dengan indikasi seperti pangkal batang terbuka karena pengikisan dan pohon-pohon mulai tumbang. Ini merupakan kondisi dimana resesi sedang terjadi (Bird dan Barson, 1979).

Pada kondisi dimana sisi terluar mangrove mengalami perluasan, sering ditemukan suatu migrasi yang bersifat kompensasi pada sisi sebelah darat bagian tengah disebabkan karena kematian mangrove dan penggantian (replacement) oleh bentuk vegetasi lain seperti rawa asin atau hutan darat, atau kondisi hipersalin tanpa vegetasi. Pada kondisi demikian, zona mangrove secara keseluruhan mengalami perpindahan ke arah laut. Kondisi sebaliknya dapat terjadi, ditunjukkan oleh adanya penyebaran tumbuhan mangrove muda dari sisi sebelah dalam ke arah darat disebabkan karena bagian mangrove terluar/sebelah darat mengalami erosi atau penurunan. Perubahan yang lain dalam zona mangrove terjadi ketika saluran pasang-surut berpindah secara lateral, mengerosi mangrove pada suatu sisi pinggir dan menimbun pada sisi lainnya (Bird dan Barson, 1979).

Dalam hubungannya dengan perubahan salinitas secara alami khususnya yang terjadi pada substrat yang mengalami peningkatan oleh karena faktor seperti sedimentasi, Chapman (1966) berpendapat bahwa perubahan tersebut dapat mendukung terjadinya penggantian suatu sepsis oleh yang lain; suatu indikasi proses suksesi. Perubahan pada muka laut, jumlah masukan air tawar, atau laju suplai sedimen yang berakibat pada terbentuknya variasi dalam substrat dan salinitas di suatu sistem mangrove, akan sangat mungkin menyebabkan terjadinya kematian sejumlah spesies mangrove dan penggantian oleh jenis lainnya. Apabila perubahan yang terjadi sangat ekstrim maka hal yang mungkin terjadi yakni kematian seluruh vegetasi mangrove.

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 Tujuan

Penelitian ini dirancang dengan tujuan sebagai berikut:

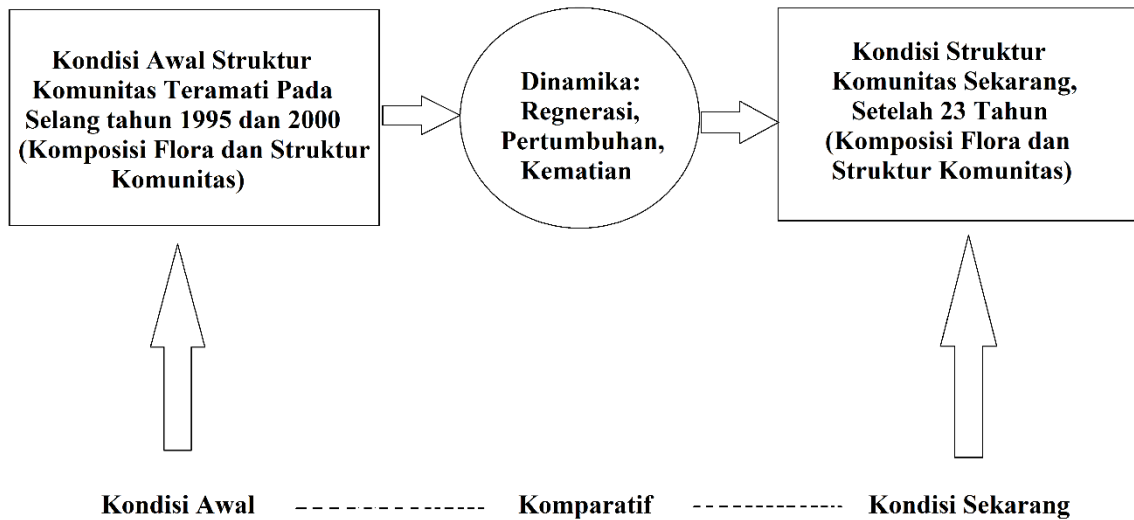
1. Mengevaluasi perubahan struktur komunitas mangrove di P. Mantehage dengan membandingkan data struktur komunitas yang pernah dikumpulkan selang periode waktu 1995 – 2000 dengan data terbaru pada tahun 2018.
2. Menganalisis dan menjelaskan dinamika regenerasi (suksesi sekunder) hutan mangrove di P. Mantehage.
3. Mempublikasikan hasil penelitian pada jurnal internasional yang bereputasi, jurnal pada tingkat lainnya, atau dalam bentuk buku referensi yang dapat dijadikan acuan dalam proses pendidikan dan praktis.

3.2 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya berkaitan dengan regenerasi hutan mangrove. Hasil analisis juga dapat digunakan oleh pihak pengelola kawasan Taman Nasional Bunaken untuk merancang rencana pengelolaan sumberdaya mangrove secara tepat.

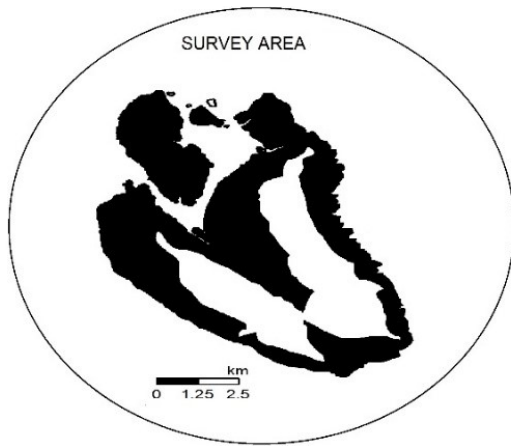
BAB 4. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan sebagaimana ditampilkan pada bagan alir dalam Gambar 1 berikut:

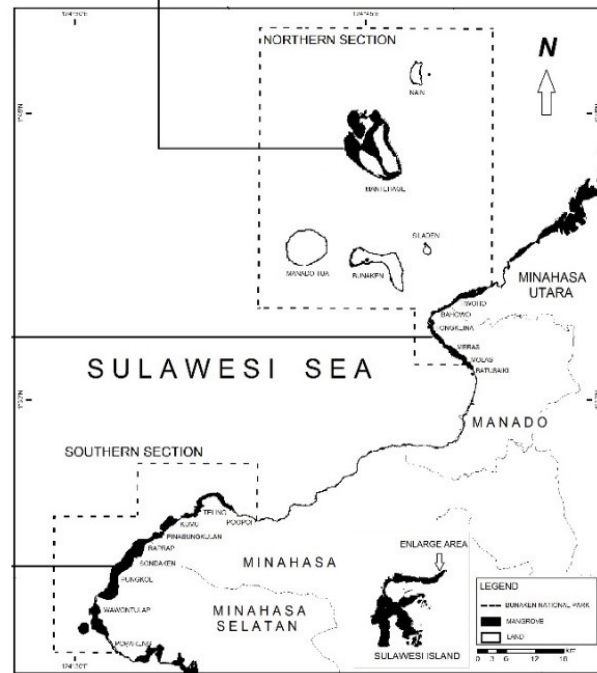


Gambar 1. Bagan alir pendekatan penelitian.

Dalam Gambar 2 ditampilkan lokasi-lokasi pengamatan struktur komunitas vegetasi yang telah dilakukan selang tahun 1995 – 2000. Lokasi-lokasi tersebut disurvei kembali untuk mengamati perubahan struktur komunitas yang terjadi. Proses pengumpulan data dilakukan pada tanggal 7-9, 15, 16 dan 20 September 2018. Transek kuadrat dibentangkan tepat pada titik awal dan akhir yang telah dicatat dalam catatan survei sebelumnya. Seluruh spesies dalam transek-kuadrat dikoleksi dan diidentifikasi menggunakan beberapa referensi yaitu: Van Stennis (1955-58), Ding Hou (1958), Tomlinson (1986), Mabberley et al. (1995), Noor et al. (2006). Variable struktur komunitas berupa tinggi pohon diukur menggunakan tongkat berskala untuk ukuran pohon kurang dari 3 m dan menggunakan formulasi Pythagoras dengan alat bantu penentuan besaran sudut antara pengamat dan ujung kanopi sebuah pohon yang lebih dari 3 m. Lingkaran batang pada tinggi dada diukur menggunakan meteran plastik. Tutupan kanopi diukur menggunakan “A Cross-Wire Tube” (Djamaluddin, 2004). Data hasil pengamatan dianalisis secara deskriptif dengan melakukan perbandingan antara data sebelumnya dan data yang dikumpulkan dalam studi ini.



PULAU MANTEHAGE



Gambar 2. Lokasi survei struktur komunitas.

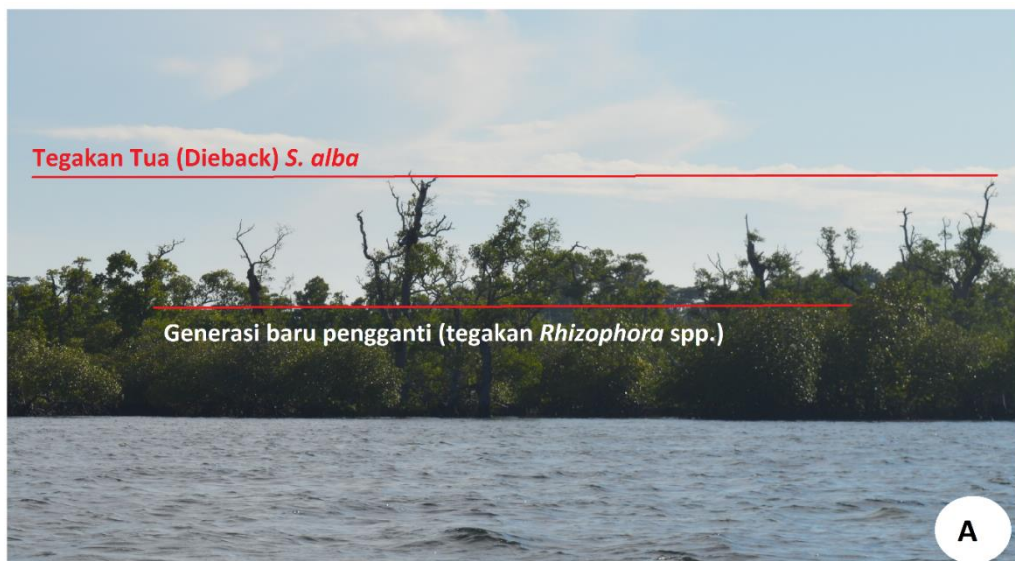
BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

5.1 Hasil

A. Struktur Komunitas

Hasil pengamatan pada 27 titik yang survei ditemukan bahwa proses perkembangan hutan mangrove pada tiga tipe komunitas yang dominan masih sama dengan kondisi sebelumnya terutama dalam hal komposisi spesies. Ketiga tipe komunitas dominan tersebut adalah: *Rhizophora* spp., *Sonneratia alba/Rhizophora* spp., *Rhizophora* spp./*Bruguiera gymnorrhiza*.

Tipe komunitas *Rhizophora* spp. yang pada umumnya berada di sebelah tepian dekat laut dalam keadaan sehat (tanpa indikasi dieback) dan tegakan muda jenis yang sama juga ditemukan. Pada tipe komunitas *Sonneratia alba/Rhizophora* spp., tegakan besar *S. alba* masih ada dan mencuat di atas tinggi pohon rata-rata dan pada umumnya dalam kondisi dieback (sama seperti kondisi pada tahun 1995). Sementara itu, tegakan muda *Rhizophora* spp. tetap dominan di strata kedua. Tegakan tua *S. alba* yang ditemukan dieback pada tahun 1995 ternyata masih tetap hidup dengan pertumbuhan vegetatif pada batang utama yang tersisa. Pada tipe komunitas *Rhizophora* spp./*Bruguiera gymnorrhiza* beberapa tegakan tua jenis yang sama masih nampak mencuat dari kanopi dominan. Pergantian spesies pada tipe komunitas ini tidak terjadi karena tegakan muda spesies yang sama juga mulai tumbuh. Pada Gambar 3 ditampilkan pola regenerasi pada tipe komunitas *Sonneratia alba/Rhizophora* spp., *Rhizophora* spp./*Bruguiera gymnorrhiza* yang berbeda.





Gambar 3. Pola regenerasi mangrove di Pulau Mantehage, Taman Nasional Bunaken: A) Generasi pertama tegakan *S. alba* akan digantikan oleh generasi berikutnya yang didominasi oleh tegakan *Rhizophora* spp., B) Generasi pertama tegakan *Rhizophora* spp. dan *B. gymnorrhiza* akan digantikan oleh tegakan spesies yang sama.

Berbeda dengan fenomena dieback yang berkaitan dengan umur tegakan yang telah tua (senescence), kasus dieback di lokasi bagian tengah antara dua daratan di Pulau Mantehage disebabkan terutama oleh faktor perubahan kondisi habitat. Kondisi dieback yang diamati pada tahun 1995 terus memburuk dimana kebanyakan tegakan besar *Bruguiera cylindrica* telah mati dan hanya tersisa pada lokasi-lokasi tertentu di tepian dekat daratan dan lokasi yang lebih rendah di sebelah Utara. Lokasi bekas ditumbuhi tegakan *B. cylindrica* telah ditumbuhi oleh tegakan muda *Lumnitzera racemosa*, tetapi di kebanyakan lokasi tegakan spesies ini juga mengalami kematian. Faktor perubahan kondisi habitat yang terus berlangsung terutama akibat sedimentasi yang berasal dari daratan sekitar menjadi faktor utama kematian tegakan di lokasi ini. Fenomena dieback di lokasi ini dapat dilihat seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Kondisi mangrove dieback di lokasi bagian tengah antara dua daratan di Pulau Mantehage.

B. Koleksi Spesimen Mangrove

Selama kunjungan lapangan, ditemukan dua spesimen baru yang tidak ditemukan dalam survei-survei sebelumnya. Spesimen yang pertama (Gambar 5A) adalah spesimen yang ditemukan di lokasi bagian tengah antara dua daratan di Pulau Mantehage pada posisi koordinat ($1^{\circ}42'21,0''$ LU, $124^{\circ}45'37,5''$ BT). Spesimen ini merupakan spesies *Sonneratia ovata* yang dalam sejumlah survei sebelumnya belum terkoleksi. Spesimen yang kedua (Gambar 5B) ditemukan di sebelah selatan pada posisi koordinat ($1^{\circ}41'52,2''$ LU, $124^{\circ}46'19,7''$ BT). Spesimen ini memiliki ciri morfologi yang sama dengan *Bruguiera sexangula*, tetapi masih diperlukan kajian lanjutan untuk memastikannya.



Gambar 5. (A) Spesimen *S. ovata*, (B) specimen yang belum teridentifikasi.

C. Indikasi Gangguan

Hasil pengamatan di beberapa titik di sebelah Utara ditemukan adanya gangguan dalam bentuk penebangan. Spesies mangrove yang ditebang pada umumnya *Rhizophora* spp. dengan diameter kurang dari 20 cm. Diduga penebangan tersebut berkaitan dengan adanya budidaya rumput laut di sekitar pulau-pulau mangrove di bagian Utara oleh masyarakat yang berasal dari Desa Tangkasi. Kayu mangrove kemungkinan digunakan untuk patok rumput laut dan juga konstruksi “*daseng*” (rumah jaga/tinggal sementara) yang dibangun di lokasi-lokasi dekat areal budidaya rumput laut. Pengawasan oleh pihak TNB yang semakin melemah dapat menjadi alasan kembalinya kegiatan penebangan yang sudah lama ditinggalkan.

5.2 Luaran

Ada empat luaran pokok yang dihasilkan yakni:

1. Jurnal Internasional Bereputasi:

The Mangrove Flora and Their Physical Habitat Characteristics in Bunaken National Park, North Sulawesi, Indonesia, terbit bulan Agustus 2018 pada jurnal Biodiversitas Volume 19, Nomor 4, hal. 1303 – 1312.

2. Jurnal Nasional Tidak Terakreditasi:

Analisis perubahan tutupan vegetasi mangrove di Pulau Mantehage, Taman Nasional Bunaken, terbit bulan November 2018 pada Jurnal Pesisir dan Laut Tropis Volume 2, Nomor 1, hal. 37-44.

3. Paper Yang Dipresentasikan Pada Seminar Nasional:

The Mangrove Flora In the North and South Coasts of the Northern Part of Sulawesi, dipresentasikan pada Seminar Nasional “Pengelolaan Sumber Daya Laut dan Pesisir Berkelanjutan”, 14 November 2018, Pasca Sarjana Unsrat. (Catatan: Paper sedang dalam persiapan untuk dimuat dalam Prosiding).

4. Kontribusi Pada Penyusunan Buku Refensi:

Buku dengan judul *Mangrove (Biologi, Ekologi, Rehabilitasi dan Konservasi)* sedang dalam proses penerbitan. Hasil penelitian ini berkontribusi terhadap penyusunan buku tersebut khususnya pada Bab 5 tentang “Perkembangan dan Regenerasi” dan Bab 10 tentang “Pengenalan Mangrove Flora”.

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari hasil evaluasi struktur komunitas mangrove di Pulau Mantehage (Taman Nasional Bunaken) dapat disimpulkan empat hal berikut:

1. Kondisi hábitat mangrove yang stabil di Pulau Mantehage mendukung pertumbuhan vegetasi mangrove hingga mencapai usia tua dan dieback;
2. Proses regenerasi ekosistem mangrove di Pulau Mantehage merupakan sebuah proses siklus hidup hutan dimana tegakan generasi awal mengalami penuaan dan digantikan oleh generasi berikutnya;
3. Penggantian generasi terjadi dalam dua pola yang utama; pertama komunitas dengan generasi awal berupa tegakan *Sonneratia alba* digantikan oleh komunitas yang didominasi oleh tegakan *Rhizophora* spp., kedua komunitas dengan generasi awal berupa tegakan *Rhizophora* spp. dan *Bruguiera gymnorrhiza* digantikan oleh tegakan spesies sejenis;
4. Fenomena dieback terkait tegakan *Bruguiera cylindrica* di lokasi bagian tengah dua daratan di Pulau Mantehage disebabkan karena perubahan kondisi hábitat akibat sedimentasi dari daratan sekitar, dan perubahan yang terjadi diduga akan mengarah kepada pembentukan ekosistem daratan.

6.2. Saran

Mangrove di Pulau Mantehage tergolong kaya spesies sehingga upaya konservasi harus terus dikuatkan terlebih dengan adanya indikasi penebangan baru di sejumlah lokasi. Oleh karena fenomena regenerasi hutan yang terjadi di Pulau Mantehage merupakan sebuah fenomena yang jarang terjadi, maka perkembangan ekosistem mangrove harus terus dipantau agar informasi saintifik yang komprehensif dapat diperoleh.

DAFTAR PUSTAKA

- Bird, E.C.F. and M.M. Barson. (1979). Stability of mangrove systems. In: Clough, B.F. (ed.) Mangrove Ecosystem in Australia: Structure, Function and Management, pp265-275. AIMS with ANU Press, Canberra, Australia.
- Craighead, F.C. (1971). The trees of south Florida, vol. 1. University of Miami Press, Coral Gables, Florida.
- Crawley, M.J. (1997). Plant ecology. Blackwell Scientific Publication, London. pp77-96.
- Ding Hou. 1958. Rhizophoraceae. Flora Malesiana I(5): 429-493.
- Djamaluddin R. 2004. The dynamics of mangrove forest in relation to die-back and human use in Bunaken National Park, North Sulawesi, Indonesia. [Disertasion]. University of Queensland, Brisbane.
- Duke, N.C. (2001). Gap creation and regenerative process driving diversity and structure of mangrove ecosystems. *Wetlands Ecology and Management*, 9:257-269.
- Eagler, F.E. (1952). Southeast saline everglades vegetation, Florida and its mangement. *Vegetatio*, 3:213-265.
- Feller, I.C. and McKee, K.L. (1999). Small gap creation in a Belizean mangrove forests by a wood-boring insect. *Biotropica*, 31:607-617.
- Fromard, F., Puig, H., Mougin, E., Marty, G., Betoulle, J.L. and Cadamuro, L. (1998). Structure, above-ground biomass and dynamics of mangrove ecosystems: new data from French Guiana. *Oecologia*, 115:39-53.
- Houston, W.A. (1999). Severe hail damage to mangroves at Port Curtis, Australia.
- Jimenez, J.A., Lugo, A.E., and Cintron, G. (1985). Tree mortality in mangrove forests. *Biotropica*, 17:177-185.
- Kangas, P.C. and Lugo, E. (1990). The distribution of mangroves and saltmarsh in Florida. *Tropical Ecology*, 31(1):32-39.
- Lewis, R.R. and Dunstan, F.M. (1975). The possible role of *Spartina alterniflora* loisel. in establishment of mangroves in Florida. In: Lewis, R.R. (Ed.). 'Proceeding of the Second Annual Conference on Restoration of Coastal Vegetation in Florida', pp82-101. Hillsborough Community College, Tampa, Florida.
- Lugo, A.E. and Zucca, C.P. (1977). The impact of low temperature stress on mangrove structure and growth. *Tropical Ecology*, 18:149-161.
- Mabberley CM, Pannel CM, Sing AM. 1995. Flora Malesiana: Seri I Spermathophyata 12(1): 371-81.
- Mambberley, D.J. (1991). Tropical rainforest ecology Blackie and Son Ltd., 2nd ed., Glasgow, London.300p.
- Noor YR, Khazali M, Suryadiputra INN. 2006. Mangrove introduction guide. Ditjen PPHKA-Wetland International, Bogor. [Indonesian]

- Paijmans, K. and Rollet, B. (1977). The mangroves of Galley Reach, Papua New Guinea. *Forests Ecology and Management*, 1:119-140.
- Pegg, K.G., Gillespies, N.C., and Forsberg, L.I. (1980). *Phytophthora* sp. associated with mangrove death in central coastal Queensland, Australia. *Plant Physiol.*, 9:6-7.
- Richards, P.W. (1996). The tropical rain forest. Cambridge University Press, 2nd ed. 575pp.
- Smith III, T.J., Robblee, M.B., Wanless, H.R. and Doyle, T.W. (1994). Mangroves, hurricanes, and lightning strikes. *Bioscience*, 44(4).
- Tomlinson PB. 1986. The botany of mangroves. Cambridge University Press, New York.
- Van Stennis CGGJ. 1995-1958. Flora Malesiana. Nooordhoff-Kolff NV, Djakarta.
- Wesre, C.J., Cahill, D., and Stamps, D.J. (1991). Mangrove dieback in North Queensland, Australia. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 79:165-167.