

KAJIAN FENOMENA MANGROVE DIEBACK DI PULAU MANTEHAGE TAMAN NASIONAL BUNAKEN

Rignolda Djamaluddin

Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Sam Ratulangi, Kampus Bahu Manado 5115, Email:rignolda@gmail.com

RINGKASAN

Pada tahun 2012 dilaporkan terjadi kasus kematian mangrove secara masal di Pulau Mantehage khususnya di lokasi tengah antara dua daratan. Terkait dengan kasus ini, penelitian telah dilakukan dan diperoleh hasil bahwa sebanyak sembilan spesies ditemukan pada kawasan yang diobservasi, dan empat spesies (*Bruguiera cylindrica*, *Lumnitzera racemosa*, *Excoecaria agallocha*, *Avicennia marina*) terindikasi dieback. Lahan mangrove dengan indikasi dieback berada dalam kondisi ekstrim, berdrainase buruk dimana lahan terendam secara berkala saat musim penghujan dan pasang tinggi, kering dan mengeras saat kemarau, serta terdeposisi oleh fraksi sedimen halus yang didominasi debu dan liat dengan porositas berkisar 58,78 – 64,29%. Stres atau tekanan fisiologis secara berulang terhadap vegetasi mangrove akibat kondisi fisik lahan yang ekstrim menjadi faktor utama kematian mangrove jenis *B. cylindrica*, *L. racemosa*, *E. agallocha* dan tegakan muda *A. marina*, dan hal ini diyakini berbeda dengan fenomena dieback berskala kecil yang dialami oleh pohon *A. marina* berukuran besar dimana kematian mereka sangat mungkin akibat sambaran petir. Dihipotesakan bahwa arah perkembangan proses suksesi akan berakhir dengan terbentuknya tiga formasi hutan, yakni: (1) hutan didominasi *A. marina*, (2) rawa yang ditutupi spesies *Achrosticum* dan *Achantus*, (3) hutan pantai/darat.

Kata kunci: *Pulau Mantehage, Bunaken, fenomena dieback*

In 2012 a massive mangrove dieback was reported to occur in the middle zone of Mantehage Island. Study had been conducted, nine species were found within the observed area, and among them four species (*B. cylindrica*, *L. racemosa*, *E. agallocha* and *A. marina*) with indication of dieback. Dieback occurred at locations with extreme condition of drainase, becoming dry during hot season and regularly inundated during wet season. Recurring physiological stress due to extreme drainase condition has to be blamed for the dieback of *B. cylindrica*, *L. racemosa*, *E. agallocha* and young trees of *A. marina*. This was probably different from the fact of small scale dieback of big trees of *A. marina* in which this was very much created by lightning. It is hypothesised that the secondary succession process will result in three forest formations: (1) forest dominated by *A. marina*, (2) wetland covered with *Achrosticum* and *Achantus*, (3) coastal or terrestrial forests.

Keywords: *Mantehage Island, Bunaken, Dieback Phenomenon*

PENDAHULUAN

Taman Nasional Bunaken (TNB) memiliki sumberdaya mangrove yang secara floristik tergolong 'kaya' spesies dikaitkan dengan wilayah distribusi biogeografi mangrove. Sebanyak 33 spesies (true mangrove) dari total sekitar 57 spesies mangrove di Indonesia dapat ditemukan di TNB. Berdasarkan hasil pemetaan, mangrove di TNB mencakup total luasan sekitar 2000 Ha, terbagi atas 1200 Ha di Pulau Mantehage dan 800 Ha di wilayah TNB Bagian Selatan (Desa Poopoh hingga Wawontulap).

Selain menyimpan beragam spesies, secara umum habitat mangrove di TNB tergolong sangat stabil sehingga mangrove di banyak tempat dapat tumbuh hingga berusia tua dan ‘dieback’ – fenomena yang jarang ditemukan di wilayah sebaran mangrove lainnya di muka bumi. Di Pulau Mantehage fenomena dieback umum ditemukan di bagian Barat dan Utara Pulau ini (Djamaluddin, 2004).

Fenomena dieback terkait mangrove telah dilaporkan dalam beberapa studi sebelumnya. Beberapa faktor dapat mendorong terjadi dieback antara lain: episodik even berupa badai hurricane atau cyclones di Australia (Hutching dan Saenger, 1987), tsunami di Dominika (Sachtler, 1973), agen biologis berupa serangan penggerek batang di Belize (Feller dan Marthis, 1997), termite di Malaysia (Tho, 1982), banjir berkepanjangan di Jawa Indonesia (Soerianegara, 1968), petir di Florida (Smith, 1992), hipersalinitas (Gordon, 1987), kekeringan dan hipersalinitas (Davie, 1983), deposisi sedimen (Fromard *et al.*, 1998), kenaikan muka laut (Ellison dan Stoddart, 1991), cuaca ekstrim khususnya temperatur panas dan curah hujan yang rendah di Gulf Carpentaria Australia (Duke *et al.*, 2017). Kerusakan atau kematian yang terjadi akibat berbagai faktor tersebut bervariasi dari skala individu hingga massif (Jimenez dan Lugo, 1985).

Secara geomorfologi, Pulau Mantehage terbagi atas dua bagian daratan yang ditumbuhi mangrove di antara kedua daratan tersebut. Habitat mangrove di tempat ini sangat tidak stabil (berbeda dengan kondisi pada umumnya) dan secara periodik mengalami tekanan akibat kondisi lingkungan yang berubah-ubah. Habitat mangrove di tempat ini mendukung hadirnya berbagai spesies mangrove termasuk yang jarang atau tidak sama sekali tumbuh di tempat lain baik di kawasan TNB maupun wilayah sekitarnya. Dua spesies spesifik tumbuh di tempat ini yakni *Camptostemon philippinense* dan *Bruguiera gymnorhiza*. Spesies *C. philippensis* perlu mendapat perhatian khusus karena sangat jarang dilaporkan keberadaannya.

Beberapa tahun belakangan kasus kematian mangrove secara masal dilaporkan terjadi di Pulau Mantehage khususnya di lokasi tengah antara dua daratan. Hal seperti ini sebelumnya pernah dilaporkan terjadi pada saat kemarau panjang seperti pada tahun 1970 selama delapan bulan dan kembali terjadi pada 1982 selama sembilan bulan. Berbeda dengan kasus sebelumnya, kematian mangrove saat ini justru berlangsung selama kondisi cuaca relatif normal dalam tiga tahun belakangan. Terkait dengan kasus ini, observasi lapangan telah dilakukan pada tanggal 7 Desember 2012. Beberapa temuan penting dalam observasi tersebut antara lain: (1) tiga spesies pohon mati yang utama yakni *B. cylindrica*, *L. racemosa* dan *A. marina* tersebar pada area sekitar lagoon di antara dua daratan P. Mantehage, (2) faktor penyebab kematian diduga karena tegakan mengalami stress secara berulang akibat perubahan fisik lahan, (3) kehadiran konstruksi jembatan permanen mempengaruhi sistem hidrologi lahan dan sedimentasi.

Berdasarkan temuan awal, studi didisain dan dikembangkan untuk menghasilkan pemahaman secara baik terhadap fenomena pohon mati di P. Mantehage. Selanjutnya, hasil studi diharapkan dapat dijadikan pedoman bagi pihak pengelola (Balai Taman Nasional Bunaken) untuk merencanakan upaya pengelolaan dan strategi konservasi secara tepat ke depan.

METODE

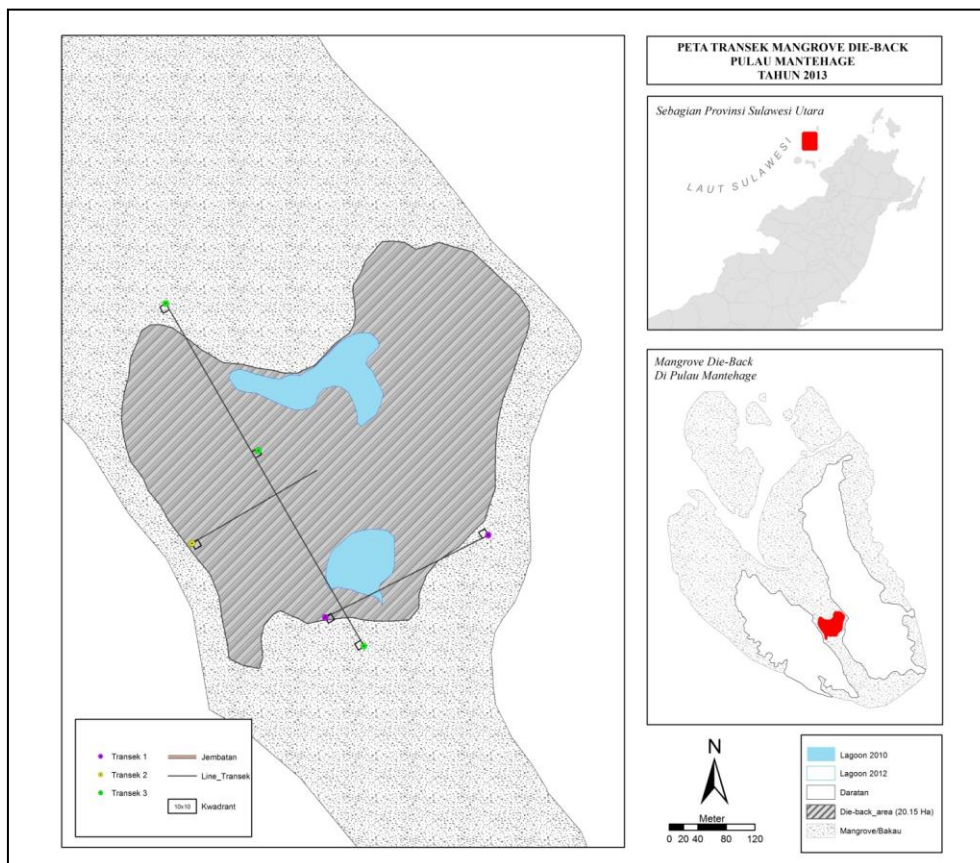
Koleksi spesies

Survei dilakukan dengan menjelajahi area penelitian dan mengamati setiap pemunculan spesies mangrove tertentu. Determinasi spesies dilakukan langsung di lapangan dengan memperhatikan ciri-ciri khusus pada bagian tumbuhan yang telah diketahui. Selanjutnya, hasil determinasi lapangan dikonfirmasi menggunakan beberapa buku panduan sistematis antara

lain: Van Stennis (1955-58); Ding Hou (1958), Percival dan Womersley (1975); Chapman (1976); Blasco (1984); Fernado dan Pancho (1980); Tomlinson (1986); Maberley *et al.* (1995).

Analisis struktur komunitas dan penilaian tingkat kesehatan pohon

Survei lapangan dilakukan pada tiga buah transek yang telah ditetapkan terlebih dahulu berdasarkan analisis citra satelit (Google Earth, pemotretan 23 Oktober 2012) seperti ditampilkan pada Gambar 1. Secara sistematis, kwadrat 10 x 10m diletakkan untuk mengamati tinggi kanopi, diameter pohon, dan tingkat kesehatan pohon. Diameter pohon ditetapkan sebagai diameter tinggi dada dan dihitung berdasarkan pengukuran keliling lingkaran batang dibagi 3,14. Tinggi pohon diukur menggunakan bantuan alat ukur sederhana berupa busur yang dipasang pada sebuah tonggak. Perhitungan tinggi pohon berdasarkan formulasi pitagoras. Tinggi tegakan kurang dari 3 meter dapat diukur langsung. Tingkat kesehatan pohon ditentukan secara kualitatif berdasarkan persentase kanopi yang telah kering atau mati. Pengamatan benih mangrove juga dilakukan pada kwadrat kecil (1 x 1 m) yang disarangkan secara diagonal dalam kwadrat 10 x 10 m.



Gambar 1. Posisi Transek 1, 2, 3 di lokasi antara dua daratan di Pulau Mantehage.

Sampling dan analisis sedimen

Jenis substrat yang diambil adalah substrat permukaan hingga kedalaman sekitar 25 cm. Pada setiap lokasi pengambilan contoh, substrat diambil dari paling sedikit 5 titik, dikumpul dan dicampurkan untuk mendapatkan 1 sampel komposit sebanyak 1 – 1,5 kg dan ditampung pada wadah plastik. Sebanyak 6 contoh komposit dikoleksi dan akan dianalisis di Laboratorium Fisik dan Konservasi Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Sam Ratulangi. Variabel yang dianalisis yakni tekstur sedimen dan porositas.

Pengukuran topografi lahan

Tiga buah transek yang telah dikemukakan sebelumnya mewakili tiga kondisi topografi lahan mangrove. Pengukuran topografi lahan sepanjang transek dilakukan secara manual dengan terlebih dahulu ditentukan tinggi referensi (sesuai kondisi di lapangan ditetapkan 50 cm). Dengan menggunakan alat bantu water pass (selang berisi air sepanjang 20 m) titik-titik referensi dihubungkan sepanjang transek, dan tinggi muka lahan relatif terhadap tinggi referensi diukur menggunakan mistar berskala.

Teknik Analisis Data

Hasil determinasi spesies mangrove diverifikasi menggunakan beberapa buku panduan sistematis seperti yang telah disebutkan dalam bahasan sebelumnya terkait metode koleksi spesies. Koreksi juga dilakukan dengan memperhatikan batas sebaran geografi masing-masing spesies. Selain pola sebaran individu, ciri khas habitat tumbuh masing-masing spesies dideskripsi berdasarkan fakta pengamatan langsung di lapangan. Selanjutnya, analisis dikembangkan dengan membandingkan spesies yang ditemukan dengan yang telah dilaporkan sebelumnya.

Profil vegetasi dianalisis secara spasial menurut masing-masing transek yang diamati, dan hasilnya ditampilkan secara deskriptif dalam bentuk profil diagram. Selanjutnya, kehadiran spesies dominan sepanjang transek dan kondisi kesehatan pohon secara umum dideskripsikan.

Hasil pengamatan lapangan berupa tegakan dominan pada kanopi dianalisis dan hasilnya digunakan untuk mengelompokkan komunitas yang dalam penelitian ini dikategorikan sebagai tipe asosiasi. Hasil pengukuran dan perhitungan kepadatan, tinggi dan diameter tegakan kemudian dianalisis menggunakan ukuran statistik sederhana berupa nilai rata-rata dan selang data untuk mendeskripsikan atribut struktur komunitas mangrove. Untuk memudahkan interpretasi, diameter tegakan dikelompokkan menurut kelas diameter dan ditampilkan dalam bentuk tabulasi.

Data hasil pengukuran lapangan terkait kemiringan lahan diolah dan ditampilkan dalam bentuk grafik dua dimensi untuk menunjukkan tampilan/kontur relatif permukaan lahan sepanjang transek yang diobservasi. Interpretasi dibuat dengan memperhatikan arah kemiringan secara umum, dan perubahan kontur sepanjang transek.

Pola sirkulasi massa air dianalisis secara spasial berdasarkan indikasi-indikasi yang teridentifikasi dalam citra satelit yang tersedia. Selanjutnya, analisis dikembangkan berdasarkan hasil pengamatan di lapangan dan pengukuran kemiringan lahan. Hasil analisis kemudian ditampilkan secara deskriptif berupa gambar pola sirkulasi massa air pada lahan.

Citra satelit yang tersedia juga diinterpretasi dengan melakukan pelingkupan terhadap dua kondisi berbeda secara temporal untuk mengkuantifikasi laju sedimentasi pada lahan. Hasilnya ditampilkan dalam bentuk gambar perubahan fisik pada lahan akibat sedimentasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Floristik

Sebanyak delapan spesies berhasil dikoleksi dan diverifikasi keberadaannya secara biogeografi. Secara detil keseluruhan spesies yang ditemukan sekitar lahan mangrove yang mengalami kematian adalah seperti diringkaskan dalam Tabel 1. Komposisi floristik seperti pada Tabel 3 mengindikasikan kondisi habitat tumbuh yang spesifik (tidak umum) dibandingkan kebanyakan habitat mangrove di P. Mantehage maupun habitat lainnya di daratan utama seperti di pesisir Molas – Tiwoho maupun yang ada di kawasan TNB bagian Selatan. Dalam studi sebelumnya seperti yang dilaporkan Djamaluddin (2004), habitat mangrove di lokasi ini dikategorikan tipe estuari dengan ciri khusus yakni; terendam air saat musim hujan dan

kekeringan saat kemarau, terendam air laut hanya pada saat pasang tinggi, sedimen berupa partikel halus dan liat dengan ketebalan yang relatif dalam. Kehadiran *B. cylindrica* di lokasi ini memiliki nilai konservasi yang tinggi karena spesies ini tidak ditemukan di lokasi lain di kawasan TNB, dan sangat jarang ditemukan di tempat lain. Sebagai perbandingan, sepanjang wilayah pesisir Teluk Tomini, spesies ini hanya ditemukan di satu lokasi di Kabupaten Parigi Motong (Damanik dan Djameluddin, 2012). Spesies lainnya yang penting untuk dipertimbangkan kehadirannya yakni *L. racemosa* karena sangat jarang ditemukan di lokasi lain dalam kawasan TNB.

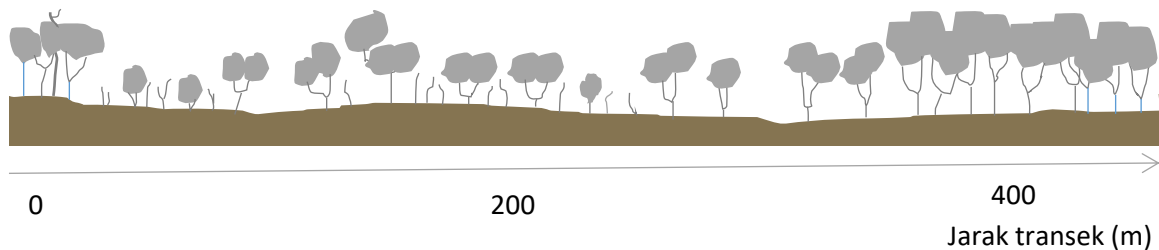
Tabel 1. Spesies mangrove, pola sebaran dan kondisi kesehatan secara umum.

Famili	Spesies	Nama Lokal	Pola Sebaran dan Kondisi Kesehatan Secara Umum
Acanthaceae:	<i>Acanthus ilicifolius</i>	Gahana, Kamunte	Tersebar mengelompok dekat daratan pada lokasi-lokasi yang relatif tinggi dan sehat
Avicenniaceae:	<i>Avicennia marina</i>	Api-api	Tersebar mengelompok, umumnya sehat kecuali pada beberapa titik tertentu
Combretaceae:	<i>Lumnitzera racemosa</i>	Lolang bajo	Ditemukan tumbuh bersamaan pada lokasi tumbuh <i>B. cylindrica</i> , umumnya tegakan berukuran kecil dan kebanyakan mati
Euphorbiaceae:	<i>Excoecaria agallocha</i>	Buta-buta	Hanya ditemukan dekat daratan dan tersebar sporadis, pada lokasi tumbuh bersama <i>B. cylindrica</i> , umumnya mati
Lythraceae:	<i>Sonneratia ovata</i>	Posi-posi	Hanya ditemukan di satu lokasi di sisi pulau sebelah Barat dan sehat
Palmae:	<i>Nypa fruticans</i>	Bobo	Hanya ditemukan di satu lokasi dengan populasi kecil dan dalam keadaan sehat
Pteridaceae:	<i>Acrosticum speciosum</i>	Paku pece	Tersebar merata dekat daratan dan tempat yang tinggi dan sehat
Rhizophoraceae:	<i>Bruguiera cylindrica</i>	Ting (putih)	Tersebar mengelompok, terindikasi mati pada titik-titik tertentu namun sehat pada titik yang lain
	<i>Rhizophora apiculata</i>	Lolaro (merah)	Ditemukan terbatas dekat aliran air atau kolam, secara umum sehat

Struktur komunitas

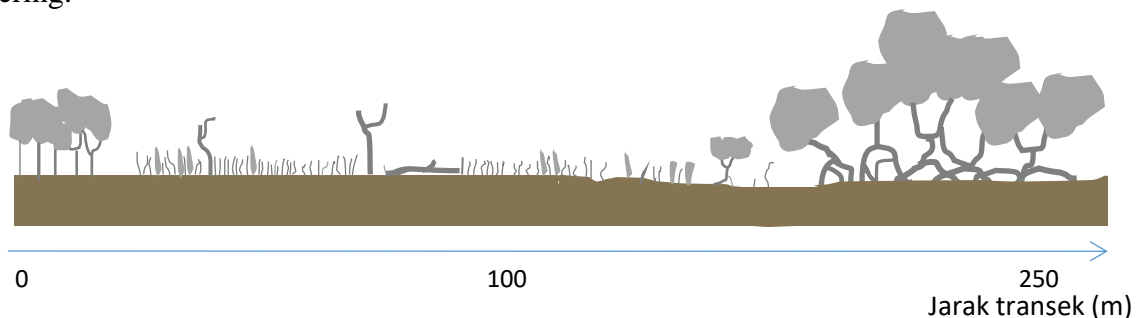
Sebaran mangrove memotong lahan sepanjang Transek 1, 2 dan 3 diamati dan digambarkan secara manual dengan memperhitungkan kerapatan dan tinggi kanopi masing-masing tegakan. Hasil yang diperoleh adalah berupa diagram profil seperti pada Gambar 2, 3 dan 4.

Dapat dilihat pada Gambar 2 bahwa dekat tepian daratan sebelah Barat Daya, tegakan tersusun atas *B. cylindrica* dengan tinggi kanopi bervariasi antara 3 – 4 m. Tegakan *E. agallocha* juga ada tetapi pada umumnya dalam kondisi mati. Komposisi tegakan yang sama terdapat di tepian sebelah Timur Laut tetapi dengan tinggi kanopi 4 – 5 m. Tegakan *A. marina* (diperkirakan berumur masih muda) menempati lokasi bagian tengah lahan dengan kondisi kesehatan yang berbeda-beda. Pada jarak 50 – 300 m lahan relatif terbuka akibat banyak tegakan muda *A. marina* yang mati.



Gambar 2. Diagram profil vegetasi sepanjang Transek 1.

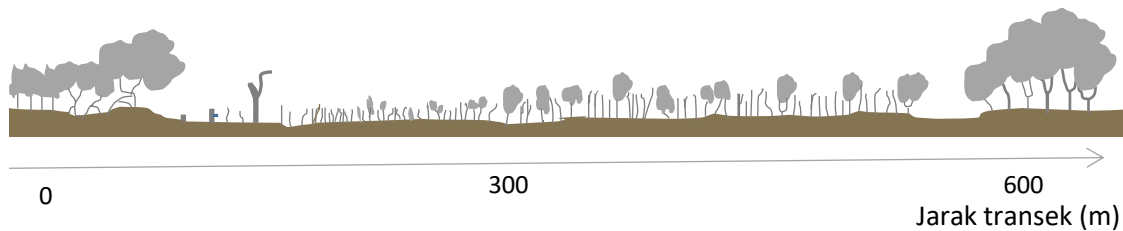
Gambar 3 mengindikasikan kondisi vegetasi sepanjang Transek 2 dari arah Barat Daya ke Timur Laut hingga jarak sekitar 250 m. Sebagai catatan, transek ini memotong lahan dengan kondisi vegetasi dengan tingkat kematian yang tinggi. Pada jarak 0 – 50 m, komposisi dan kondisi tegakan relatif sama dengan yang ada di Transek 1 pada jarak yang relatif sama. Pada jarak 50 – 200 m tegakan didominasi oleh *L. racemosa* berumur muda dan pada umumnya dalam keadaan mati kering. Pada jarak 200 – 250 m terdapat tegakan *R. apiculata* dengan tinggi kanopi sekitar 10 m dan dalam keadaan sehat. Perbedaan struktur komunitas pada jarak tersebut disebabkan karena kondisi lahan yang ternyata merupakan bagian teratas tepian aliran air dari sebelah Barat Laut. Meskipun tidak nampak dalam Gambar 3, kondisi vegetasi setelah jarak 250 m didominasi oleh tegakan muda *L. racemosa* dan pada umumnya dalam keadaan mati kering.



Gambar 3. Diagram profil vegetasi sepanjang Transek 2.

Gambar 4 menampilkan sebaran tegakan sepanjang Transek 3 yang letaknya memotong lahan dari arah Barat Daya ke Tenggara atau mengikuti arah relatif pergerakan aliran pasang-surut. Tegakan pada titik awal transek didominasi oleh satu spesies yakni *B. cylindrica* dengan tinggi kanopi rata-rata sekitar 5 m. Pada jarak 50 – 100 m komposisi tegakan didominasi oleh spesies *R. apiculata* dengan tinggi kanopi bervariasi antara 7 – 10 m. Komposisi yang berbeda berkaitan dengan kondisi habitat yang ternyata berada di tepi genangan air kolam besar sebelah Barat Daya. Jarak 100 – 400 m tegakan muda *L. racemosa* nampak dominan tetapi pada umumnya dalam keadaan mati kering. Pada jarak 400 – 500 m, mulai ditemukan tegakan muda *A. marina* dengan tinggi kanopi kurang dari 5 m tetapi tegakan muda *L. racemosa* pada

umumnya mati kering. Setelah jarak 600 m tegakan didominasi oleh *A. marina* dewasa dengan tinggi kanopi rata-rata sekitar 10 m dan dalam keadaan sehat.



Gambar 4. Diagram profil vegetasi sepanjang Transek 3.

Berdasarkan spesies dominan pada kanopi, sebanyak 7 kwadrat (10 x 10 m) diobservasi untuk mendapatkan gambaran tentang atribut struktural untuk masing-masing komunitas yang diamati. Terdapat lima jenis asosiasi yang diwakili oleh masing-masing kwadrat seperti diringkas dalam Tabel 2.

Tabel 2. Tipe asosiasi menurut transek dan kwadrat pada transek.

No. Transek/Kwadrat	Tipe Asosiasi
Transek 1/Kwadrat 1	<i>Bruguiera cylindrica/Excoecaria agallocha</i>
Transek 1/Kwadrat 2	<i>Avicennia marina</i>
Transek 2/Kwadrat 1	<i>Bruguiera cylindrica/Excoecaria agallocha</i>
Transek 2/Kwadrat 2	<i>Lumnitzera racemosa/Avicennia marina</i>
Transek 3/Kwadrat 1	<i>Bruguiera cylindrica</i>
Transek 3/Kwadrat 2	<i>Lumnitzera racemosa</i>
Transek 3/Kwadrat 3	<i>Avicennia marina</i>

Catatan: tipe asosiasi dibuat berdasarkan spesies dominan pada kanopi

Asosiasi *B. cylindrica/E. agallocha* (Transek 1/Kwadrat 1)

Tidak ditemukan kehadiran spesies lainnya pada tipe asosiasi ini. Tinggi rata-rata kanopi yakni sekitar 4 m, meskipun beberapa tegakan *E. agallocha* yang telah mati kering diperkirakan memiliki tinggi kanopi saat masih hidup lebih dari 4 m. Satu jenis anakan yaitu *B. cylindrica* tersebar merata dengan tingkat kepadatan rata-rata 5 anakan per 0,001 Ha. Kepadatan tegakan adalah 89 pohon per 0,01 Ha untuk *B. cylindrica*, dibandingkan 3 pohon per 0,01 Ha untuk *E. agallocha*. Distribusi kelas diameter untuk kedua spesies dominan adalah seperti diringkas dalam Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Distribusi kelas diameter untuk tipe asosiasi *B. cylindrica/E. agallocha* (Transek 1/Kwadrat 1).

Spesies	Kelas Diameter (cm)		
	2 – 5	5 – 10	10 – 15
<i>B.cylindrica</i>	84	5	0
<i>E.agallocha</i>	0	2	1

Berdasarkan data pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa sebagian besar (94%) tegakan *B. cylindrica* memiliki diameter kurang dari 5 cm. Tegakan *E. agallocha* dengan diameter yang sama tidak ditemukan dan ukuran terbesar yang masih hidup adalah dengan diameter kurang dari 15 cm. Tegakan dengan ukuran diameter yang lebih besar ditemukan mati dan akan dijelaskan lebih rinci pada bahasan terpisah selanjutnya.

Asosiasi *A. marina* (Transek 1/Kwadrat 2)

Pada lokasi ini hanya ditemukan tegakan *A. marina* dengan tinggi kanopi rata-rata sekitar 3,5 m. Tegakan di lokasi ini diperkirakan masih muda. Kepadatan tegakan adalah 10 pohon per 0,01 Ha, dan tidak ditemukan anakan. Sebagian besar tegakan (80%) memiliki diameter kurang dari 2 cm, dan tegakan terbesar hanya berdiameter 11,5 cm.

Asosiasi *B. cylindrica*/*E. agallocha* (Transek 2/Kwadrat 1)

Pada lokasi ini tinggi kanopi rata-rata adalah sekitar 4 m. Kepadatan tegakan *B. cylindrica* adalah 71 pohon per 0,01 Ha, dibandingkan 23 pohon per 0,01 Ha untuk tegakan *E. agallocha*. Hanya anakan *B. cylindrica* yang ditemukan dengan kepadatan 1 anakan per 0,001 Ha. Diameter tegakan *B. cylindrica* sebagian besar (89%) terukur kurang dari 5 cm, meskipun terdapat 1 pohon besar dengan diameter 20 cm dalam keadaan sekarat. Tegakan *E. agallocha* yang dalam keadaan hidup ditemukan berdiameter antara 5 – 10 cm sebanyak 87% dan sisanya berdiameter kurang dari 5 cm. Secara ringkas, distribusi diameter pohon kedua spesies tersebut dapat dilihat dalam Tabel 4.

Tabel 4. Distribusi kelas diameter untuk tipe asosiasi *B. cylindrica*/*E. agallocha* (Transek 2/kwadrat 1).

Spesies	Kelas Diameter (cm)				
	2 – 5	5 – 10	10 - 15	15 – 20	20 – 15
<i>B.cylindrica</i>	63	7	0	0	1
<i>E.agallocha</i>	3	20	0	0	0

Asosiasi *Lumnitzera racemosa*/*Avicennia marina* (Transek 2/Kwadrat 2)

Sisa tegakan *B. cylindrica* berukuran cukup besar dengan diameter mencapai sekitar 30 cm masih ditemukan di lokasi ini, mengindikasikan bahwa lokasi ini pernah ditumbuhi vegetasi dengan komposisi spesies berbeda dan tumbuh mencapai ukuran relatif besar. Tegakan tersebut kemudian mati dan digantikan oleh *A. marina* dan *L. racemosa* yang kini kanopinya mencapai 2 m dan hampir keseluruhan dalam keadaan sekarat. Kepadatan tegakan terhitung sebanyak 46 pohon per 0,01 Ha untuk *L. racemosa* dan 4 pohon per 0,01 Ha untuk *A. marina*. Anakan tidak ditemukan di lokasi ini. Diameter pohon *L. racemosa* maupun *A. marina* semuanya berukuran kurang dari 5 cm.

Asosiasi *B. cylindrica* (Transek 3/Kwadrat1)

Tegakan *B. cylindrica* di lokasi ini masih terlihat sehat dan bertumbuh normal. Tinggi kanopi rata-rata adalah terukur 6 m, lebih tinggi dibandingkan tegakan jenis yang sama pada dua lokasi berbeda dekat daratan. Kepadatan tegakan adalah 73 pohon per 0,01 Ha untuk *B. cylindrica* dan 10 pohon per 0,01 Ha untuk *R. apiculata*. Anakan spesies *R. apiculata* ditemukan dengan kepadatan 1 anakan per 0,001 Ha. Kebanyakan tegakan (89%) *B. cylindrica* memiliki diameter kurang dari 5 cm dan hanya 1 pohon terukur memiliki diameter 11 cm. Tegakan *R. apiculata* seluruhnya memiliki ukuran diameter relatif seragam yakni 5,5 cm. Secara detil, distribusi kelas ukuran diameter tegakan pada tipe asosiasi ini dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Distribusi kelas diameter untuk tipe asosiasi *B. cylindrica* (Transek 3/Kwadrat 1).

Spesies	Kelas Diameter (cm)		
	2 – 5	5 – 10	10 – 15
<i>B.cylindrica</i>	65	7	1
<i>R.apiculata</i>	0	8	0

Asosiasi *Lumnitzera racemosa* (Transek 3/Kwadrat 2)

Pada lokasi ini, seluruh tegakan *L. racemosa* dalam keadaan sekarat. Tegakan pada umumnya berukuran kecil dengan tinggi kanopi mencapai 3 m dan kepadatan sebanyak 25 pohon per 0,01 Ha. Tidak anakan jenis apapun ditemukan di lokasi ini. Diameter tegakan relatif sama yakni bervariasi antara 5,4 – 6,3 cm. Diperkirakan seluruh tegakan akan mengalami kematian dalam beberapa waktu ke depan.

Asosiasi *Avicennia marina* (Transek 3/Kwadrat 3)

Tegakan *A. marina* di lokasi ini nampak sehat tanpa indikasi kematian. Tinggi kanopi rata-rata adalah 9 m dan tidak ditemukan adanya anakan. Kepadatan tegakan yakni 21 pohon per 0,01 Ha. Diameter tegakan cukup bervariasi dengan distribusi seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Distribusi kelas diameter untuk tipe asosiasi *A. marina* (Transek 3/Kwadrat 3).

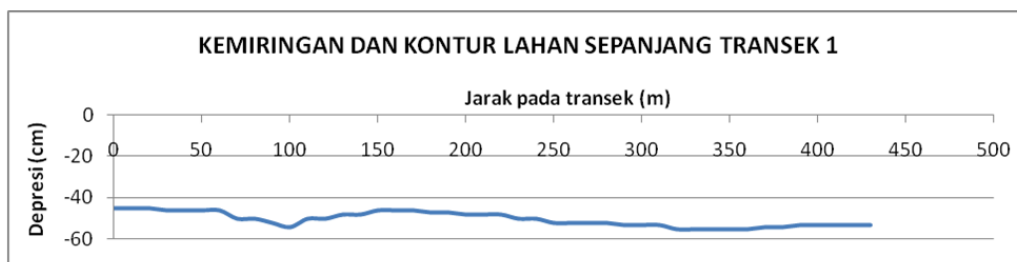
Spesies	Kelas Diameter (cm)				
	2 – 5	5 – 10	10 - 15	15 – 20	20 – 15
<i>B.cylindrica</i>	8	1	6	3	3

Kondisi fisik lahan

Kemiringan dan kontur permukaan lahan

Kemiringan dan kontur permukaan lahan dideskripsikan sepanjang Transek 1, 2, dan 3 dengan posisi masing-masing transek seperti pada Gambar 1. Secara umum, hasil pengukuran menunjukkan bahwa kemiringan lahan pada ketiga transek tergolong datar dengan kontur permukaan lahan yang bervariasi seperti diuraikan dalam penjelasan selanjutnya.

Secara detail, hasil pengukuran kemiringan lahan (titik 0 sebelah Barat Laut ke titik akhir sebelah Timur Laut) pada Transek 1 sepanjang 430 m dapat dilihat seperti pada Gambar 5. Dalam gambar ini dapat dilihat bahwa depresi kemiringan lahan berkurang ke arah Timur Laut. Kontur permukaan lahan nampak datar dalam jarak 0 -50 m dan membentuk cekungan hingga sekitar 150 m. Setelah itu, permukaan lahan nampak datar dengan kecenderungan kemiringan terus berkurang ke arah Timur Laut.



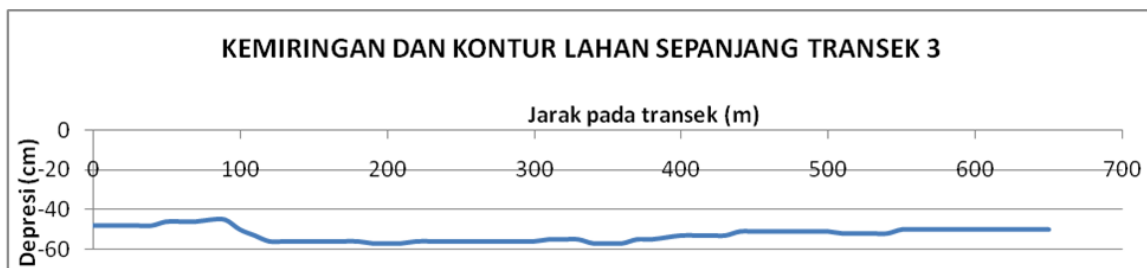
Gambar 5. Kemiringan dan kontur lahan sepanjang Transek 1.

Dalam Gambar 6 ditampilkan kemiringan dan kontur lahan sepanjang Transek 2 sepanjang 250 m. Seperti halnya pada Transek 1, arah penggambaran dilakukan dari arah Barat Daya ke Timur Laut. Terindikasi dalam Gambar 6 bahwa kontur permukaan lahan cenderung datar hingga jarak sekitar 120 m kemudian membentuk cekungan dalam jarak antara 120 – 230 m. Pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa cekungan ini merupakan sisi tepian lagoon besar dan ditumbuhi pohon *R. apiculata* berukuran relatif besar dan sehat. Kontur lahan sedikit terangkat kemudian menurun ke arah Timur Laut.



Gambar 6. Kemiringan dan kontur lahan sepanjang Transek 2.

Berbeda dengan Transek 1 dan 2, posisi Transek 3 adalah memanjang dari arah Barat Laut ke arah Tenggara dengan posisi seperti pada Gambar 1. Hasil pengukuran kemiringan lahan pada transek ini dapat dilihat seperti pada Gambar 7. Seperti ditunjukkan dalam gambar tersebut, lahan cenderung semakin menurun ke arah Tenggara dengan tingkat deperesi yang kecil. Pada jarak antara 100 – 500 m permukaan lahan nampak berupa cekungan yang lebar dengan kecenderungan meningkat ke arah Tenggara.



Gambar 7. Kemiringan dan kontur lahan sepanjang Transek 3.

Pola sirkulasi massa air

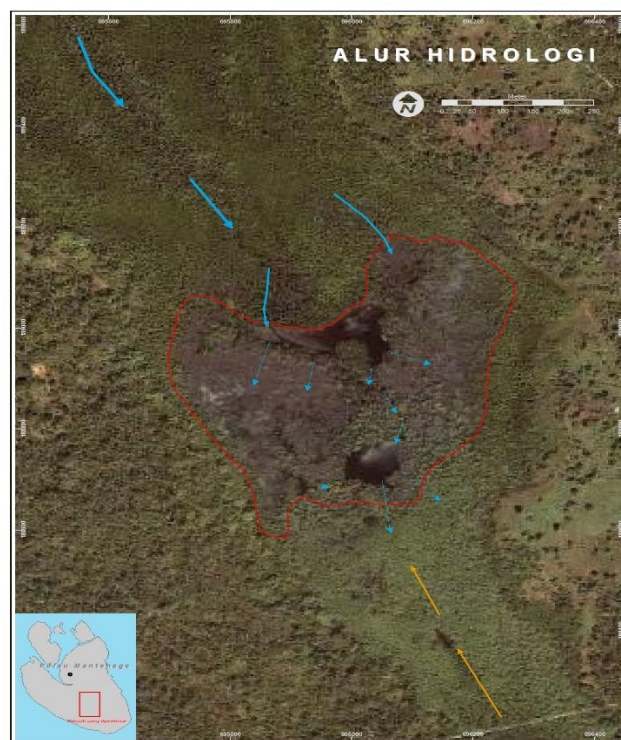
Secara umum, pola sirkulasi massa air pada lahan yang diobservasi sangat kompleks, dan berbeda secara signifikan dengan pola sirkulasi massa air lahan mangrove pada umumnya. Hal ini berkaitan dengan tinggi lahan relatif terhadap permukaan laut, posisi lahan yang terisolasi diantara dua daratan P. Mantehage dan kontur lahan. Hasil penggambaran dan interpretasi pola sirkulasi massa air pada lahan observasi dapat dilihat seperti pada Gambar 8.

Lahan mangrove yang diobservasi diperkirakan hanya terendam atau terjangkau air laut saat pasang tinggi. Seperti ditunjukkan dalam Gambar 8, terdapat dua sumber utama masukan air laut yakni dari arah Barat Laut dan Tenggara. Oleh karena kemiringan lahan ke arah Barat Laut lebih datar maka pergerakan massa air laut dari arah tersebut nampak lebih dominan dibandingkan arah sebaliknya. Meskipun belum terukur secara pasti titik temu dua massa air saat pasang dari kedua arah tersebut tetapi hasil interpretasi mengindikasikan bahwa pertemuan massa air laut dari arah Barat Laut dan Tenggara sangat mungkin terjadi di sekitar lagoon yang

berukuran lebih kecil sebelah Tenggara. Massa air laut saat pasang yang datang dari arah Barat Laut akan terlebih dahulu mengisi laggon pertama dari arah Barat Laut yang lebih rendah dari permukaan lahan sekitar, kemudian setelah itu massa air akan menyebar dari setiap tepi laggon ke segala arah hingga mencapai laggon kedua yang lebih kecil. Di lokasi ini pertemuan kedua massa air laut saat pasang terjadi.

Berbeda dengan pergerakan air yang lebih terbuka dari arah Barat Laut, pergerakan air dari arah Tenggara nampak lebih terpusat pada satu saluran sekitar bagian tengah lahan dan mengalami perlambatan akibat tertahannya gerakan massa air dari arah tersebut oleh kehadiran jembatan beton penghubung kedua daratan.

Pergerakan massa air sekitar kedua laggon diperkirakan sangat lambat dan arahnya akan mengikuti saluran-saluran kecil sekitar laggon dan bagian lahan yang rendah. Gerakan air saat surut akan mengikuti jalur gerakan saat pasang, tetapi massa air yang keluar ke arah Tenggara dapat berupa massa air yang telah bercampur dengan massa air yang datang dari arah Barat Laut.



Gambar 8. Pola sirkulasi massa air saat pasang.

Tekstur sedimen dan porositas

Berdasarkan hasil analisis sedimen ditemukan bahwa substrat lahan tergolong dalam tiga kelas tekstur yaitu lempung, lempung berliat dan lempung berdebu. Porositas sebagai indikator drainase dan aerasi tanah terukur bervariasi antara 58,78 – 64,29%. Secara detil, hasil analisis tekstur dan porositas tanah pada lahan yang diobservasi ditampilkan seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Tekstur dan porositas tanah.

No. Transek & Jarak Titik Sampling	Persentase			Kelas Tekstur	Porositas (%)
	Pasir	Debu	Liat		
Transek 1 (0-50m)	44,63	33,22	22,15	Lempung	58,78
Transek 1 (100-150m)	22,24	46,66	31,10	Lempung berliat	62,85
Transek 2 (25-50m)	39,76	24,09	36,15	Lempung berliat	61,87
Transek 3 (0-50m)	20,63	52,91	26,46	Lempung berdebu	64,29
Transek 3 (210 m)	34,04	39,58	26,38	Lempung	61,42
Transek 3 (550m)	23,94	42,25	33,81	Lempung berliat	62,14

Berdasarkan data pada Tabel 8 dapat dilihat bahwa jenis tanah yang terkategori lempung terdapat pada dua sampel tanah yakni Transek 1 (0 – 50m) dan Transek 3 (210m). Porositas pada kedua sampel tanah ini adalah masing-masing 58,78% (sampel Transek 1) dan 61,42% (sampel Transek 3). Dibandingkan dengan nilai porositas sampel tanah lainnya, kedua nilai tersebut relatif lebih kecil. Sampel tanah yang terkategori lempung berdebu hanya ditemukan pada sampel yang diambil dari Transek 3 (0 – 50m), dengan nilai porositas tertinggi sebesar 64,29%. Tipe tanah lempung berliat ditemukan pada tiga sampel yakni Transek 1 (100 – 150m), transek 2 (25 – 50m) dan Transek 3 (550m) dengan nilai porositas untuk masing-masing transek secara berturut-turut sebesar 62,85%, 61,87% dan 62,14%. Terdapat hubungan antara kelas tekstur dan porositas dimana hubungan tersebut mengindikasikan bahwa semakin halus tekstur tanah semakin besar nilai porositas.

Dibandingkan dengan tekstur tanah mangrove pada umumnya seperti yang dilaporkan Djamaluddin, (2004), Buhang (2005) dan Pane (2012), komposisi tekstur tanah yang ditemukan dalam penelitian ini sangat berbeda dimana porsi debu dan liat jauh lebih banyak. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat sumber masukan sedimen halus pada lahan yang sangat mungkin berasal dari daratan sekitar.

Tingkat kesehatan pohon

Secara umum, kondisi pohon dengan indikasi dieback ditemukan berkaitan dengan beberapa spesies yakni; *B. cylindrica*, *L. racemosa*, *A. marina* dan *E. agallocha*. Sebaran pohon dengan indikasi dieback nampak cukup merata di sisi sebelah Barat dan Timur sekitar kolam pasang surut (lagoon) dengan tingkat kematian yang berbeda-beda. Berdasarkan pengamatan di lapangan, tegakan *B.cylindrica* berukuran diameter lebih dari 20 cm terdidikasi telah lebih dahulu mati di beberapa lokasi, dibuktikan oleh adanya sisa tegakan mati yang masih berdiri dan pangkal pohon bekas tebang seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Kondisi tegakan mati dan sisa tegakan *B. cylindrica*.

Dalam penelitian ini, pengamatan terhadap pohon dengan indikasi dieback dilakukan pada empat lokasi berbeda. Secara detil, hasil pengamatan ditampilkan seperti pada Tabel 8.

Tabel 8. Kondisi diebak pada empat tipe asosiasi berbeda.

Lokasi	Tipe Asosiasi	Spesies "Dieback"	Tingkat Dieback (%)	Diameter Tegakan (cm) dan Tinggi Tegakan (m)
Transek 1/ Kwadrat 1	<i>Bruguiera cylindrica</i> / <i>Excoecaria agallocha</i>	<i>B.cylindrica</i>	Tingkat 1: 5% Tingkat 2: 5% Tingkat 3: 5 % Tingkat 4: 11% Tingkat 5: 74%	2,2 – 7,6 cm; 2 – 6 m
		<i>E.agallocha</i>	Tingkat 4 = 50% Tingkat 5 = 50%	6,7 dan 20,7 cm; 4 dan 12 m
Transek 1/ Kwadrat 2	<i>Avicennia marina</i>	<i>B.cylindrica</i>	Tingkat 5: 100%	4,7 – 31,2 cm; 3 – 12 m
		<i>L.racemosa</i>	Tingkat 5: 100%	Anakan kurang dari 1 m
Transek 3/ Kwadrat 1	<i>Bruguiera cylindrica</i>	<i>B.cylindrica</i>	Tingkat 4 = 14% Tingkat 5 = 86%	3,2 – 14,3 cm; rata-rata 6 m
		<i>E.agallocha</i>	Tingkat 4 = 42% Tingkat 5 = 58%	4,5 – 12 cm; 3 – 7 m
Transek 3/ Kwadrat 2	<i>Lumnitzera racemosa</i>	<i>B.cylindrica</i>	Tingkat 5 =100%	3.2 – 34,7 cm (bekas tebangan)
		<i>A.marina</i>	Tingkat 5= 100%	4 – 8 cm
		<i>L. racemosa</i>	Tingkat 5 =100%	Anakan

Catatan: Dieback tingkat 1 (0 – 25 % kanopi mati), tingkat 2 (25 – 50 % kanopi mati), tingkat 3 (50 – 75 % kanopi mati), tingkat 4 (75 – 99% kanopi mati), tingkat 5 (100 % kanopi mati)

Secara visual kondisi kesehatan pohon pada lokasi sekitar Transek 1 Kwadrat 1 adalah seperti pada Gambar 10. Dapat dilihat pada Tabel 10 bahwa indikasi dieback terjadi pada pohon *B. cylindrica* terkecil hingga terbesar di lokasi tersebut (2,2 – 7,6 cm) diameter dengan persentase pohon mati mencapai 74%. Pohon *E. agallocha* juga terindikasi dieback dengan jumlah pohon mati mencapai 50% dan sisanya dalam keadaan sekarat (tingkat dieback 4).



Gambar 10. Kondisi dieback sekitar lokasi Transek 1 Kwadrat 1.

Berbeda dengan kondisi sebelumnya, pada Transek 1 Kwadrat 2 dengan tipe asosiasi *A. marina*, seluruh tegakan *B. cylindrica* berukuran diameter antara 4,7 – 31,2 cm dalam keadaan mati. Pada lokasi ini, pohon muda (tinggi kurang dari 1 m) jenis *L. racemosa* juga ditemukan mati (Gambar 11).



Gambar 11. Kondisi dieback sekitar lokasi Transek 1 Kwadrat 2.

Pada Transek 3 Kwadrat 1 dimana komunitas mangrove di lokasi ini terkategori tipe asosiasi *B. gymnorrhiza*; indikasi dieback ditemukan relatif sama dengan yang terjadi di lokasi sekitar Transek 1 Kwadrat 1. Dua jenis pohon ditemukan dengan indikasi dieback yakni *B. cylindrica* dan *E. agallocha*. Dengan ukuran diameter yang relatif sama, kedua jenis pohon ini terindikasi dieback pada tingkat 4 dan 5.

Pengamatan pohon mati pada Transek 3 Kwadrat 2 dengan tipe asosiasi *L. racemosa*, mengindikasikan bahwa pada lokasi ini terdapat pohon tiga jenis pohon *B. cylindrica*, *A. marina* dan *L. racemosa* yang semuanya dalam keadaan mati. Kondisi pohon secara umum di lokasi ini adalah seperti pada Gambar 12.



Gambar 12. Kondisi dieback sekitar lokasi Transek 3 Kwadrat 2.

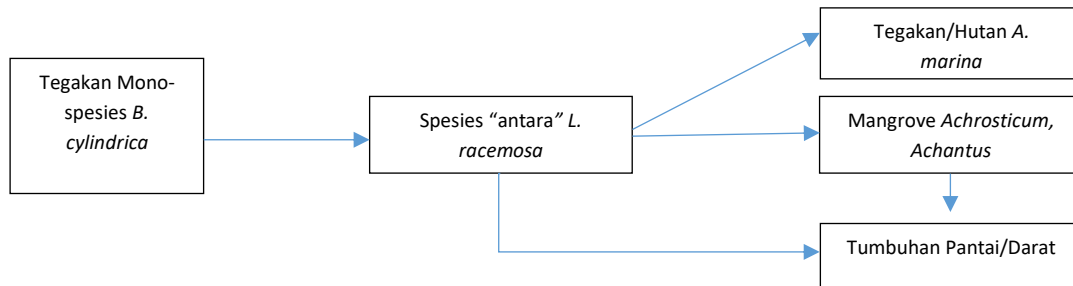
Saat survei dilakukan juga teramati adanya indikasi dieback pada tipe asosiasi *A. marina* pada lokasi sebelah Tenggara lagoon kecil ke arah jalan beton penghubung dua daratan. Di lokasi ini dieback hanya terjadi pada satu luasan kecil berbentuk lingkaran dengan diameter sekitar 45 m. Semua pohon *A. marina* di titik ini tetapi pohon sekitar dalam keadaan sehat. Diperkirakan kematian pohon di lokasi ini disebabkan oleh petir, dan hal ini berbeda dengan fenome dieback yang diuraikan sebelumnya. Kondisi dieback pada lokasi ini adalah seperti pada Gambar 13.



Gambar 13. Dieback *A. marina* diduga akibat petir.

Hipotesis proses suksesi sekunder

Berdasarkan data hasil pengamatan, arah perkembangan suksesi yang terjadi mengindikasikan bahwa tipe hutan mangrove sebelumnya berupa asosiasi mono-spesies *B. cylindrica* telah kolaps. Kehadiran tegakan muda *L. racemosa* hanya bersifat sementara dan dapat tergantikan oleh tegakan *A. marina* yang mulai menghabitasi lahan dari arah sebelah Tenggara, dan atau mengarah kepada invasi oleh tumbuhan daratan yang akan didahului oleh jenis-jenis mangrove fern (*Achrosticum* spp.), *Achantus* spp. Arah perkembangan suksesi dapat dihipotesakan seperti pada Gambar 14.



Gambar 14. Hipotesa arah perkembangan suksesi pada lahan mangrove yang mengalami die- back di P. Mantehage, lokasi antara dua daratan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, berapa hal penting dapat disimpulkan, yakni: (1) Sebanyak delapan spesies ditemukan pada kawasan yang diobservasi, dan empat spesies (*B. cylindrica*, *L. racemosa*, *E. agallocha* dan *A. marina*) terindikasi dieback dan berkaitan dengan tipe asosiasi: *B. cylindrica*/*E. agallocha*, *A. marina*, *L. racemosa*/*A. marina* dan *L. racemosa*, (2) Lahan mangrove dengan indikasi dieback berada dalam kondisi ekstrim, berdrainase buruk dimana lahan terendam secara berkala saat musim penghujan dan pasang tinggi, kering dan mengeras saat kemarau, serta terdeposisi oleh fraksi sedimen halus yang didominasi debu dan liat dengan porositas berkisar 58,78 – 64,29%, (3) Stres atau tekanan fisiologis secara berulang terhadap vegetasi mangrove akibat kondisi fisik lahan yang ekstrim menjadi faktor utama kematian mangrove jenis *B. cylindrica*, *L. racemosa*, *E. agallocha* dan tegakan muda *A. marina*, dan hal ini diyakini berbeda dengan fenomena dieback berskala kecil yang dialami oleh pohon *A. marina* berukuran besar dimana kematian mereka sangat mungkin akibat sambaran petir. Proses suksesi sekunder yang sedang berlangsung dihipotesiskan akan bermuara dengan tiga kemungkinan, yakni: (1) terbentuknya komunitas dengan tegakan dominan *A. marina*, (2) rawa yang ditutupi *Achrosticum* dan *Achantus*, (3). hutan pantai/darat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini bisa terlaksana atas dukungan dana dan fasilitas yang diberikan oleh Balai Taman Nasional Bunaken (BTNB), dan Universitas Sam Ratulangi. Dukungan dalam bentuk izin yang diberikan Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Unsrat juga sangat membantu. Kegiatan lapangan bisa terwujud atas bantuan staf kelola (Sakti, Brama, Temi, dll.), Staf FPIK Unsrat (Dr. Jane Mamuaya dan Ir. Agung B. Windarto, MSi), staf BTNB dan warga Desa Bango. Atas segala dukungan dan bantuan diucapkan terima kasih.

DAFTAR PUSTAKA

- Blasco, F. (1984). Taxonomic considerations of the mangrove species. In: Snedaker, S.C. and Snedaker, J.G. (Eds.). 'The Mangrove Ecosystem: Research Methods', pp81-90. UNESCO.
- Buhang, R.SY. (2005). Komposisi dan kandungan bahan organik sedimen lahan mangrove sebelah timur Desa Tiwo Kec. Wori. Skripsi, FPIK Unsrat.65p.
- Damanik, R. dan Djamaluddin, R. (2012). Atlas mangrove Teluk Tomini. Program Susclam (Sustainable Coastal Livelihoods and Management Program.CIDA, IUCN, Lestari Canada.91p.

- Davie, J.D.S. (1983). Pattern and process in the mangrove ecosystems in Moreton Bay, Southern Queensland, Ph.D. Thesis, University of Queensland, Australia.
- Ding Hou. (1958). Rhizophoraceae. *Flora Malesiana*, I(5):429-493.
- Djameluddin, R. (2004). The dynamics of mangrove forest in relation to die-back and human use in Bunaken National Park, North Sulawesi, Indonesia. Doctoral thesis in the University of Queensland, Australia. 327p.
- Duke, N.C., Kovacs, J.M., Griffiths, A.D., Preece, L., Hill, D.J.E., van Oosterzee, P., Mackenzie, J., Morning, H.S., Burrows, D. (2017). Large-scale dieback of mangroves in Australia's Gulf of Carpentaria: a severe ecosystem response, coincidental with an unusually extreme weather event. *Marine and Freshwater Research*. <http://dx.doi.org/10.1071/MF16322>.
- Ellison, J.C. and Stodard, D.R. (1991). Mangrove ecosystem collapse during predicted sea-level rise: holocene analogues and implications. *Journal of Coastal Research*, 7(1):151-166.
- Feller, I.C. and Mathis, W.N. (1997). Primary herbivory by wood-boring insects along an architectural gradient of *Rhizophora mangle*. *Biotropica*, 29:440-451.
- Fernado, E.S. and Pancho, J.V. (1990). Mangrove trees of the Philippines. *Silvatrop Philipp. For.Res.J.*, 5(1):35-54.
- 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.
- Gordon, D.M. (1987). Disturbance to mangroves in tropical-arid Western Australia: hypersalinity and restricted tidal exchange as factors leading to mortality. *Journal of Arid Environment*, 15:117-145.
- Hutchings, P and P. Saenger. (1987). Ecology of Mangroves. University of Queensland Press. St. Lucia, Australia. 388p.
- Jimenez, J.A., Lugo, A.E., and Cintron, G. (1985). Tree mortality in mangrove forests. *Biotropica*, 17:177-185.
- Mambberley, D.J. (1991). Tropical rainforest ecology. Blackie and Son Ltd., 2nd ed., Glasgow, London.300p.
- Pane, L. (2012). Tipe sedimen pada berbagai tipe asosiasi mangrove di Desa Tiwoho Kec. Wori. Penelitian Lapangan, FPIK Unsrat. 24p.
- Percival, M. and J.S. Womersley. (1975). Floristics and ecology of the mangrove vegetation in Papua New Guinea. *Bot. Bull.*, No. 8. Department of Forests, Division of Botany, Lee, Papua New Guinea.
- Sachtler, M.L. (1973). Inventario flamento de los recursos forestales: Republica Dominicana Inventario Forestal. FAO:Informe Tecnico 3, FO:SF/DOM 8.
- Smith-III, T.J. (1992). Forests structure. In: Robertson, A.I. and Alongi, D.M. (Eds.). 'Tropical Mangrove Ecosystems', pp101-136. American Geophysical Union, Washington, D.C.
- Soerianegara, I. (1968). The cause of mortality of *Bruguiera gymnorrhiza* trees in the mangrove forest near Tjilacap, Central Java. *Rimba Indonesia*, 13(1/4):1-11.
- Tho, Y.P. (1982). Gap formation by the termite *Microtermes dubius* in lowland forests of Peninsular Malaysia. *Malay. For.*, 45:184-192.
- Tomlinson, P.B. (1986). The botany of mangroves. Cambridge University Press, New York. 413p.
- Van Steenis, C.G.G.J. (1955-1958). Flora Malesiana. Noordhoff-Kolff N.V., Djakarta. pp472-473.

KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN
BALAI TAMAN NASIONAL BUNAKEN



SERTIFIKAT

NOMOR : S.193/BTN/TU/UM/4/2019



Diberikan Kepada:

Dr. Ir. Rignolda Djamaludin, M.Sc

sebagai:

NARASUMBER

Kegiatan Seminar Hasil Inventarisasi /
Monitoring Keanekaragaman Hayati
Yang diselenggarakan oleh
Balai Taman Nasional Bunaken

Manado, Maret 2019
KEPALA BALAI TN BUNAKEN



Dr. FARIANNA PRABANDARI, S.Hut., M.Si
NIP.19740227 199903 2 002