



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: *10/3* /UN12.13/LT/2015

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

1. Nama : Dr.Ir. Rignolda Djamaluddin,MSc (Ketua)
NIP : 196703211991031006
Pangkat Gol. : Penata Tkt.I/III d
Jabatan : Lektor Kepala
2. Nama : Ir. Agung Budi Windarto,MSi (Anggota)
NIP : 196509211991031001
Pangkat Gol. : Penata Tkt.I/III d
Jabatan : Lektor

untuk melaksanakan penelitian skim Riset Unggulan Unsrat (RUU), yang di danai oleh dana DIKTI tahun 2015 dengan judul : *"Kajian Fenomena Mangrove Die-Back Di Pulau Mantehage Taman Nasional Bunaken"*

Demikian surat tugas ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Manado, 9 November 2015

Ketua



P. Ineke F. M. Rumengan
NIP : 195711051984032001

LAPORAN AKHIR

RISET UNGGULAN UNIVERSITAS SAM RATULANGI



KAJIAN FENOMENA MANGROVE DIE-BACK DI PULAU MANTEHAGE TAMAN NASIONAL BUNAKEN

TIM PENGUSUL

Dr. Ir. Rignolda Djamaluddin, M.Sc (NIP: 196703211991031006)
Ir. Agung Budi Windarto, M.Si (NIP: 0021096804)

UNIVERSITAS SAM RATULANGI
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
November 2015

Dibiayai dari Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA)
Nomor : SP DIPA 042.04.2.4000097/2015 Tanggal 15 April 2015
Satuan Kerja Universitas Sam Ratulangi
Kementerian Riset, Teknologi Dan Pendidikan Tinggi

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Penelitian : Kajian Fenomena Mangrove Die-back Di Pulau Mantehage
Taman Nasional Bunaken

Peneliti / Pelaksana :

Nama Lengkap : Dr. Ir. Rignolda Djamaluddin, M.Sc
NIP/NIDN : 196703211991031006 / 00210036704
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
Program Studi : Ilmu Kelautan
Fakultas : Perikanan dan Ilmu Kelautan
Nomor HP : 085256658559
Alamat surel (e-mail) : rignolda@gmail.com

Anggota (1) :

Nama Lengkap : Ir. Agung Budi Windarto, M.Si
NIP/NIDN : 196509211991031001 / 0021096804
Fakultas : Perikanan dan Ilmu Kelautan

Institusi Mitra (jika ada) :

Nama Institusi Mitra :
Alamat :
Penanggung Jawab :
Tahun Pelaksanaan : 2015
Biaya Tahun Berjalan : Rp. 45.000.000

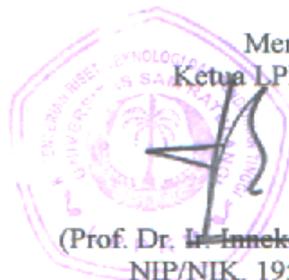


Mengetahui
Dekan FPIK

Prof. Dr. Ir. Grevo, S. Gerung, MSc
NIP/NIK. 19650318199003 1 002

Manado, November 2015
Ketua Peneliti,

Dr. Ir. Rignolda Djamaluddin, M.Sc
NIP/NIK 196703211991031006



Menyetujui,
Ketua LPPM UNSRAT

(Prof. Dr. Ir. Imneke F.M. Rumengan, M.Sc)
NIP/NIK. 195711051984032001

DAFTAR ISI

	Halaman
BAB 1. PENDAHULUAN	1
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Definisi dan Asal Mula Mangrove	3
2.2 Distribusi Mangrove (global dan lokal)	4
2.3 Sukses Ekologis dan Laju Balik Ulang	6
2.4 Mangrove Dieback	9
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	11
3.1 Tujuan Penelitian	11
3.2 Manfaat Penelitian	11
BAB 4. METODE PENELITIAN	12
4.1 Koleksi spesies	12
4.2 Analisis struktur komunitas dan penilaian tingkat kesehatan pohon..	13
4.3 Sampling dan analisis sedimen	13
4.4 Pengukuran topografi lahan	14
4.5 Teknik analisis data	14
BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN	16
5.1 Floristik	16
5.2 Struktur komunitas	17
5.3 Kondisi fisik lahan	21
5.4 Tingkat kesehatan pohon	25
BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN	29
6.1 Kesimpulan	29
6.2 Saran	29
DAFTAR PUSTAKA	24
LAMPIRAN	33

BAB 1. 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).

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 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 philippensis* dan *Bruguiera gymnorhiza*. Spesies *C. philippensis* perlu mendapat perhatian khusus karena sangat jarang dilaporkan keberadaannya.

Tiga 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.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi dan Asal Mula Mangrove

Kata 'mangrove' pertama kali digunakan untuk mendefinisikan tumbuhan dan komunitas, serta untuk menggambarkan komponen tumbuhan penyusun komunitas hutan rapat di daerah intertidal perairan pantai tropis (tropical intertidal closed-forest community). Untuk menghindari terjadinya kebingungan secara kontekstual, sejumlah penulis mengkualifikasikan kata mangrove dalam bentuk berbeda seperti tumbuhan mangrove (mangrove plant) atau komunitas mangrove (mangrove community) (Tomlinson, 1986). Sementara itu, 'mangal', sebuah ungkapan yang diperkenalkan oleh Macnae (1966), digunakan ketika menjelaskan sesuatu komunitas yang dibentuk oleh spesies mangrove. Namun, ungkapan tersebut tidak populer lagi digunakan sekarang ini.

Darimanapun kata mangrove berasal, apakah kata tersebut diturunkan dari 'mangle grove' yang mungkin berkaitan dengan *Rhizophora mangle* (spesies mangrove yang tumbuh di daerah sub-tropis Amerika dan Pantai Atlantik Afrika), atau berasal dari kosa kata lama Malay 'mangin' atau 'manggi-manggi' (Claridge dan Burnett, 1993), atau mungkin berasal dari bahasa nasional Senegal 'mangue' (Vannuci, 1998), kata mangrove sekarang ini diaplikasikan untuk menjelaskan sebuah kelompok kecil jenis tumbuhan tingkat tinggi, atau keseluruhan komunitas tumbuhan, yang secara istimewa berhasil mengkolonisasi habitat intertidal yang terletak di antara daratan dan laut (Clough, 1979 dan Duke, 1992).

Specht (1981) berpendapat bahwa wilayah di antara Australia dan Papua Nugini (New Guinea) merupakan asal utama komunitas mangrove. Pendapat Specht ini bertolak belakang dengan pandangan bahwa mangrove berasal dari wilayah Malayan (Malayan Region). Sejumlah teori lain setelah Specht (1981) dan Hutchings dan Saenger (1987), menerangkan bahwa komunitas mangrove berkembang selang periode Cretaceous di dekat tepian daratan Australia dan Papua Nugini. Kemudian, komunitas mangrove tersebut menyebar ke Asia Tenggara dan wilayah India hingga Atlantik melalui basin Mediterranean.

Interpretasi berbeda dibuat oleh Spalding *dkk.* (1997) dalam menjelaskan tempat asal mangrove. Mereka mempertimbangkan tiga tempat asal mangrove yang paling mungkin beserta jalur penyebarannya. Ketiga tempat asal mangrove tersebut adalah sebagai berikut:

1. Laut Tethys sebelah Timur (Eastern Tehtys Sea); dengan jalur penyebaran memotong Pasifik, dan bergerak menuju sebelah Timur Atlantik melalui celah Panama.
2. Laut Tethys sebelah Timur; dengan penyebaran ke arah Utara dan Barat memasuki Atlantik, dan selanjutnya menuju ke sebelah Timur Pasifik melalui celah Panama.

3. Laut Tethys sebelah Barat; dengan arah penyebaran ke Selatan melalui Afrika sebelah Selatan menuju Laut Tethys sebelah Timur.

Kenyataannya bahwa tak satupun teori maupun interpretasi yang telah diungkapkan sebelumnya dapat diterima secara universal. Sekarang, berkembang suatu anggapan baru bahwa asal mangrove tidak terbatas pada suatu tempat, tetapi mungkin mereka berasal dari sejumlah tempat berbeda di muka bumi ini (Duke, 1992 dan 1995).

2.2 Distribusi Mangrove (global dan lokal)

Tiga faktor utama berikut merupakan penentu kehadiran mangrove di berbagai situasi, yakni; geofisik, geomorfik, dan biologik. Faktor geofisik meliputi berbagai tenaga/energi fisik yang beroperasi mulai dari skala global (contohnya; atmosferik, sirkulasi oseanik, proses-proses geofisik yang semuanya mempengaruhi sejarah kontinental, dan pergeseran tektonik daratan dan muka laut) hingga skala regional (contohnya; parameter mesoklimatik, geologi basin drainase, dan proses-proses fisika marin seperti regim pasang-surut dan gelombang). Interaksi dari berbagai energi tersebut menghasilkan karakter geomorfik di suatu tempat tertentu (locality). Perubahan muka air laut yang disebabkan oleh suatu kombinasi pergeseran daratan dan muka air laut merupakan salah contoh produk interaksi antar energi. Sebagaimana diketahui bahwa setiap tempat memiliki sejarah tingkat muka air laut tertentu yang dihasilkan dari suatu interaksi perubahan global volume air samudera dan pergerakan oseanik dan kontinental. Faktor geofisik lainnya yang berpengaruh adalah pola iklim dan regim pasang-surut. Meskipun hubungan langsung antara parameter iklim dan distribusi mangrove ternyata tidak mudah ditentukan, tetapi banyak fakta menunjukkan bahwa iklim mikro dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman melalui berbagai cara. Regim iklim juga mempengaruhi variabiliti masukan air tawar melalui sungai (river run-off), konsekuensinya terhadap suplai sedimen, dan tentu saja mempengaruhi regim salinitas suatu daerah dimana mangrove tumbuh. Faktor pertukaran air laut melalui pasang-surut, dan konsekuensinya terhadap tingkat perendaman (inundation) dan pembukaan (exposure) pada substrat mangrove, dapat mempengaruhi kondisi lingkungan (environmental setting) dimana mangrove tumbuh (Thom, 1982).

Faktor lingkungan yang kedua, geomorfik, dapat mempengaruhi mangrove melalui berbagai cara (Thom, 1982). Pada tingkat makro terdapat dua kelas bentuk lahan berdasarkan proses deposisi yang berlaku. Kelas pertama meliputi daerah dimana bentuk lahan pantai merupakan hasil pengendapan sedimen terrigenous yang dibawa melalui sungai atau berasal dari laut (contohnya; delta sungai, penghalang pantai, dan lagoon). Bentuk lahan kedua meliputi daerah dimana akumulasi sedimen berasal dari pertumbuhan *in situ* terumbu karang atau berasal dari material klastik karbonat

(carbonate clastic materials) atau presipitasi (precipitate). Pada tingkatan selanjutnya, bahwa di daerah pantai terdapat bentukan lahan yang secara keseluruhan merupakan produk dari proses-proses spesifik yang berlaku secara lokal. Delta merupakan salah satu contoh dari hal tersebut (Galloway, 1975), dimana bentuk lahan seperti ini dapat hadir sebagai delta yang didominasi oleh gelombang, sungai, atau proses pasang-surut.

Di wilayah pantai, gradien lingkungan berhubungan erat dengan semua faktor berikut: elevasi atau kemiringan muka daratan, drainase dan stabilitas yang sangat tergantung pada kondisi substrat atau sedimen seperti tekstur, komposisi dan struktur, serta input nutrien. Setiap jenis mangrove memberi respon berbeda terhadap kehadiran topografi mikro sebagai bentuk lahan khusus seperti penghalang di tepian sungai (river levee) atau jembatan pantai (beach ridge). Menurut Thom (1982), pada suatu kondisi dimana habitat bersifat spesifik, akan hadir mangrove tertentu sebagai respon terhadap kondisi yang menekan.

Pada skala geomorfologik lokal, mangrove sering ditemukan berasosiasi dengan salah satu dari ke-enam kelas kategori geomorfik utama sebagaimana digambarkan oleh Pernetta (1993). Penjelasan keenam kelas kategori tersebut adalah didasarkan pada generalisasi kondisi lingkungan seperti yang dikemukakan oleh Thom (1982) dan Huchings dan Saenger (1987). Keenam kelas kategori tersebut adalah:

- Rataan alluvial; dimana air tawar dan sedimen input bersifat dominan,
- Rataan pasang-surut; dimana pengaruh pasang-surut lebih besar dibandingkan pada rataan alluvial,
- Penghalang (barrier) dan lagoon; kondisi lingkungan dicirikan oleh hadirnya beting di laut (offshore shoal),
- Pantai berbatu yang tenggelam (transgressed bedrock coast),
- Pantai karang; dimana sedimen mangrove hadir dalam bentuk karbonat, humus autochthonous atau substrat terkonsolidasi.

Ditambahkan oleh Thom (1967, 1982) bahwa distribusi mangrove di suatu tempat yang bersifat lokal tidak dapat dipisahkan dengan keanekaragaman pantai itu sendiri. Secara khusus ia menyarankan bahwa daerah dengan tingkat diversitas yang tinggi memiliki suatu pola distribusi mangrove yang kompleks.

Faktor ketiga yang mempengaruhi distribusi mangrove yakni atribut biologik mangrove itu sendiri. Watson (1928) dalam studi klasiknya tentang "mangal" di Malay Peninsula menjelaskan zonasi mangrove berdasarkan tingkat perendaman pasang-surut (inundation class). Ia menentukan tipe zona yang diturunkan dari lima kelas perendaman yang kemudian dikenal sebagai 'kelas perendaman Watson' (Watson's inundation classes), dimana kehadiran jenis mangrove tertentu

terbatas pada suatu kelas perendaman tertentu. Walaupun kelas perendaman Watson tersebut berkaitan dengan kondisi mangrove di daerah Klang, tetapi sering pula digunakan oleh berbagai penulis untuk menggambarkan distribusi mangrove untuk tempat lainnya (lihat juga Duke *dkk.*, 1998 yang telah mengusulkan tiga posisi intertidal yakni; bawah, tengah, dan atas sebagai penyederhanaan terhadap lima kelas perendaman Watson). Berkaitan dengan penyortiran propagule (propagule sorting) sebagai faktor biotik yang mempengaruhi distribusi mangrove, kita perlu mempertimbangkan hipotesa penyortiran propagule oleh Rabinowitz yang berbunyi bahwa 'benih mangrove yang ditanam di tempat yang salah, tidak akan selamat'. Hal penting lainnya yang perlu dipertimbangkan dalam menjelaskan distribusi mangrove yakni persaingan (competition) dan interaksi antar jenis (Ball, 1980; Lugo, 1980). Untuk pemahaman teori umum tentang interaksi jenis, beberapa literatur berikut dapat dijadikan bahan bacaan; McInntosh (1981), Oliver dan Larson (1996), Vandermeer (1996), dan Tilman (1997).

Sejumlah penulis mempertimbangkan perbedaan adaptasi atau respon fisiologis sebagai faktor utama yang mempengaruhi perkembangan dan pola zonasi pada mangrove (Thom, 1982; Ball, 1998). Dilaporkan oleh Lugo *dkk.* (1975) bahwa pertukaran gas *in situ* pada tiga jenis mangrove yang tumbuh sepanjang gradien salinitas di Florida ternyata berbeda-beda. Respon fisiologis jenis mangrove yang mempengaruhi distribusi mereka sepanjang gradien estuari juga telah diinvestigasi oleh Duke (1992). Ia menemukan bahwa profil salinitas berkorelasi dengan batas distribusi estuarin (limiting estuarine range) pada *Sonneratia* dan *Avicennia*. Ball (1998) menekankan bahwa atribut fisiologis pada mangrove berkontribusi terhadap perbedaan interspesifik yang ditunjukkan spesies mangrove tertentu berkaitan dengan distribusi mereka sepanjang gradien lingkungan seperti salinitas dan perendaman. Masih berhubungan dengan salinitas, kebanyakan jenis mangrove bertumbuh baik pada kondisi dengan salinitas relatif rendah. Tetapi, setiap jenis mangrove memiliki batas toleransi terhadap salinitas, yakni suatu batas dimana laju pertumbuhan maximum dapat dipertahankan. Secara umum, pada kondisi salinitas optimal, semakin toleransi suatu spesies terhadap salinitas (atau semakin lebar batas toleransi garam suatu spesies), semakin lambat laju pertumbuhan jenis tersebut (Ball, 1998).

2.3 Suksesi Ekologis dan Laju Balik Ulang

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 perubahan dua hal berikut ini:

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 awal. 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 spesies. 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 floristik 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 dan Lugo (1990) dapat dijadikan sumber bacaan.

Laju balik-ulang keseluruhan komunitas merupakan laju dimana pohon mengalami kematian dan kemudian digantikan (Richards, 1996). Waktu capaiannya bervariasi menurut spesies, tempat, struktur tegakan, dan kondisi lainnya (Oliver dan Larson, 1996). Apabila kondisi lingkungan ternyata tetap stabil maka proses balik-ulang suatu spesies semakin lambat dan suatu kondisi diam akan dicapai. Kondisi diam tersebut terjadi pada hutan klimaks (climax forest) dimana penggantian secara siklik berlangsung. Namun demikian, pada sejumlah hutan ternyata kondisi ini tidak pernah dicapai oleh karena waktu antar katastrofik (catastrophic) sangat singkat (Whitmore, 1991).

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 pinggiran 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 spesies 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.

2.4 Mangrove Dieback

Sejumlah faktor dihipotesakan menjadi penyebab dieback pada hutan daratan, seperti:

- Agen biologis seperti serangga (Miller, 1983; Hosking dan Hutcheson, 1986), jamur (Hall, 1991), virus (Cooper, 1993), bakteri (Wylie, 1986), nematoda (Fosberg, 1983);
- Defisiensi nutrisi seperti Mg (Huettl, 1993), K (Sensen dan Hopken, 1993), Ca dan Mg (Raitio, 1993);
- Polutan seperti sulfur dioksida, klorin dan hidrogen klorin, fluor, nitrogen oksida, ozon, peroksi asetil nitrat (Wylie et al., 1992);
- Episodik even seperti kekeringan (Day, 1980), banjir (Heatwole dan Lowman, 1986), garam (Phillips dan Burdekin, 1982), dll.;
- Senescence seperti O’chio dieback di hawai’I (Muller-Dumbois et al., 1980).

Meskipun faktor penyebab dieback pada hutan daratan dilaporkan juga berlaku untuk mangrove, tetapi beberapa faktor dipertimbangkan menjadi penyebab utama dieback pada mangrove, yakni:

- Episodik even: badai hurricane atau cyclones di Australia (Hutching dan Saenger, 1987), tsunami di Dominika (Sachtler, 1973);
- Agen biologis: serang penggerek batang di Belize (Feller dan Marthis, 1997), bagworm di Ekuador (Garaet et al., 1990), termite di Malaysia (Tho, 1982);
- Polutan: tumpahan minyak di Panama (Duke et al., 1997);
- Banjir berkepanjangan: di Australia (Chooy dan Booth, 1994), 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).

Skala kerusakan/kematian yang disebabkan oleh berbagai faktor tersebut bervariasi mulai dari kematian masif hingga kematian pohon secara individual (Jimenez dan Lugo, 1985; Duke, 1991). Beberapa faktor dapat dipandang secara sederhana sebagai faktor tunggal yang menyebabkan kerusakan fisik dan bukan dieback, tetapi untuk konteks sekarang sangat penting untuk mempertimbangkan semua kejadian akibat faktor-faktor tersebut.

Laporan kejadian dieback pada mangrove di Taman Nasional Bunaken sangat terbatas, salah satunya oleh Djamaluddin (2004). Secara umum, dilaporkan bahwa kejadian mangrove dieback di kawasan ini berkaitan dengan tiga faktor yakni:

- Penuaan hutan, senescence dan mati;
- Akumulasi/sedimentasi sedimen secara berlebihan;
- Penebangan yang mengakibatkan lahan terbuka dan pengurangan integritas tegakan.

Khusus untuk kejadian dieback di sisi bagian tengah antara dua daratan P. Mantehage, dihipotesakan terjadi pada lingkungan habitat tipe estuari. Habitat di tempat ini dicirikan antara lain dengan kondisi sedimen berupa sedimen liat yang halus dan dalam, drainase buruk, sering terendam saat penghujan, terendam air laut hanya saat pasang tinggi.

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1. Tujuan Penelitian

Penelitian ini didisain untuk tujuan berikut:

1. Mengidentifikasi seluruh spesies mangrove pada lahan yang mengalami die-back;
2. Menganalisis struktur komunitas dan kondisi kesehatan pohon pada lahan yang mengalami die-back;
3. Mengkaji dan menganalisis kondisi fisik lahan dengan indikasi mangrove die-back.

3.2. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah untuk mendapatkan gambaran secara detil tentang kondisi mangrove yang mengalami die-back di P. Mantehage, faktor-faktor fisik lahan yang berperan penting dalam mengontrol terjadinya die-back. Hasil analisis keseluruhan data dan informasi digunakan untuk mendeskripsikan fenomena suksesi sekunder yang terjadi yang nantinya akan berguna bagi pengelola TNB dalam merancang upaya-upaya konservasi ke depan.

Penelitian ini menghasilkan beberapa luaran yang penting antara lain: (1) database fenomena die-back di P. Mantehage, (2) dokumen laporan dan publikasi tentang mangrove die-back dalam hubungannya dengan proses suksesi sekunder, (3) rekomendasi bagi pengelola TNB dalam mengembangkan upaya konservasi mangrove khususnya pada lahan yang mengalami die-back.

BAB 4. METODE PENELITIAN

Telah disinggung sebelumnya bahwa fenomena mangrove dieback di P. Mantehage bukan merupakan fenomena baru. Kematian mangrove beberapa tahun belakangan yang sangat masif yang terjadi di lokasi antara dua daratan di pulau tersebut telah dikaji pada tahun 2012 dan diobservasi perkembangannya pada tahun 2014. Temuan sementara adalah bahwa fenomena dieback yang terjadi diduga berkaitan dengan pengangkatan permukaan lahan akibat sedimentasi berlebihan dari daratan sekitar sehingga menyebabkan stress berulang pada vegetasi mangrove. Dalam penelitian ini, kondisi kesehatan vegetasi mangrove, dinamika perubahan fisik lahan, akan dikaji lebih mendalam untuk memprediksi arah suksesi sekunder komunitas mangrove pada lahan yang diobservasi. Rancangan peta alur penelitian dapat dilihat seperti pada Gambar 1 berikut:



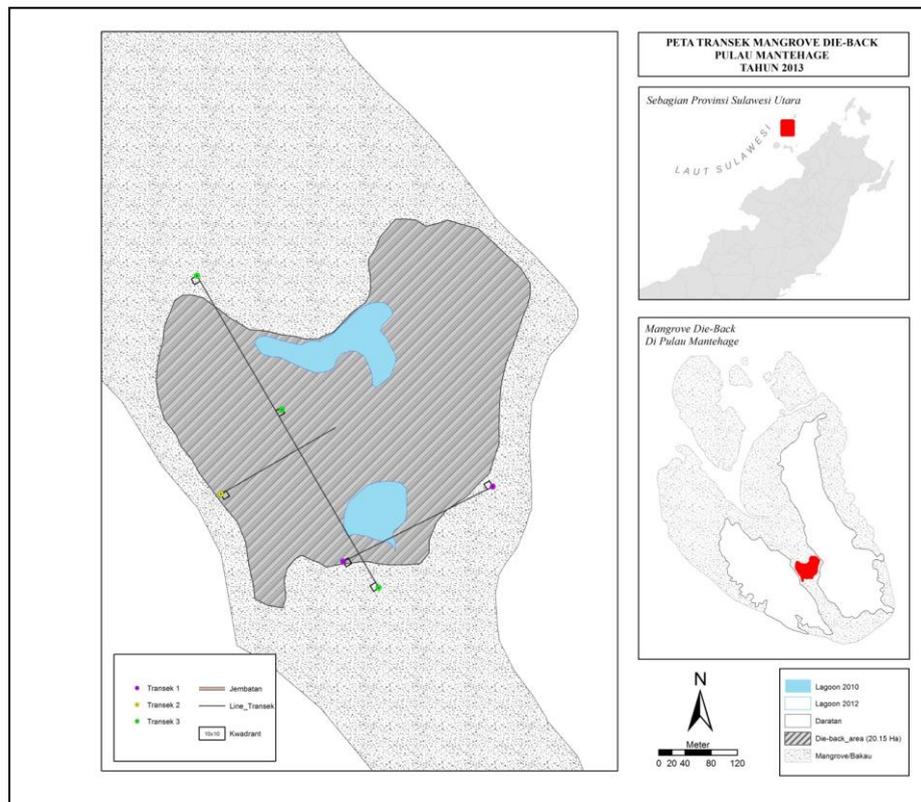
Gambar 1. Kerangka logis penelitian/peta alur

4.1. Koleksi spesies

Survei dilakukan dengan mengunjungi setiap titik 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); Fernando dan Pancho (1980); Tomlinson (1986); Mabberley *dkk.* (1995).

4.2. Analisis struktur komunitas dan penilaian tingkat kesehatan pohon

Survei lapangan dilakukan pada tiga buah transek yang telah ditetapkan terlebih dahulu berdasarkan analisa citra satelit terbaru (Google Earth, pemotretan 23 Oktober 2012 seperti ditampilkan pada Gambar 2). Secara sistematis, kwadrat 10 x 10m diletakkan untuk mengamati tinggi kanopi, diameter pohon, dan tingkat kesehatan pohon. Diameter pohon ditetapkan sebagai diameter tinggi dada (breast high diameter) 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 phitagoras. 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 2. Posisi transek 1, 2, 3.

4.3. 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.

4.4. 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.

4.5. 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.

BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Floristik

Sebanyak delapan spesies berhasil dikoleksi dan diverifikasi kehadirannya secara biogeografi. Secara detail keseluruhan spesies yang ditemukan sekitar lahan mangrove yang mengalami kematian adalah seperti diringkas 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 Djameluddin (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.

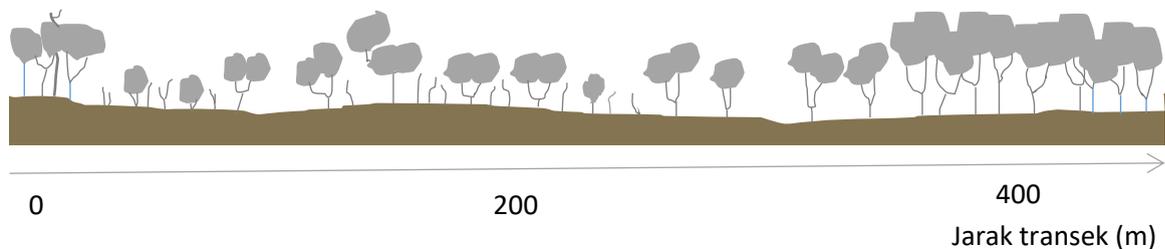
Famili	Spesies	Nama Lokal	Pola Sebaran dan Kondisi Kesehatan Secara Umum
Rhizophoraceae:	<i>Bruguiera cylindrica</i>	Ting (putih)	Tersebar mengelompok, terindikasi mati pada titik-titik tertentu namun sehat pada titik yang lain
	<i>Rhizophora apiculata</i>	Lolaro (merah)	Ditemukan terbatas dekat aliran air atau kolam, secara umum sehat
Combretaceae:	<i>Lumnitzera racemosa</i>	Lolang bajo	Ditemukan tumbuh bersamaan pada lokasi tumbuh <i>B. cylindrica</i> , umumnya tegakan berukuran kecil dan kebanyakan mati
Avicenniaceae:	<i>Avicennia marina</i>	Api-api	Tersebar mengelompok, umumnya sehat kecuali pada beberapa titik tertentu
Euphorbiaceae:	<i>Excoecaria agallocha</i>	Buta-but	Hanya ditemukan dekat daratan dan tersebar sporadis, pada lokasi tumbuh bersama <i>B. cylindrica</i> , umumnya mati

Palmae:	<i>Nypa fruticans</i>	Bobo	Hanya ditemukan di satu lokasi dengan populasi kecil dan dalam keadaan sehat
Acanthaceae:	<i>Acanthus ilicifolius</i>	Gahana, Kamunte	Tersebar mengelompok dekat daratan pada lokasi-lokasi yang relatif tinggi dan sehat
Pteridaceae:	<i>Acrosticum speciosum</i>	Paku pece	Tersebar merata dekat daratan dan tempat yang tinggi dan sehat

5.2. Struktur komunitas

Sebaran mangrove memotong lahan sepanjang transek 1, 2 dan 3 diamati dan digambar secara manual dengan memperhitungkan kerapatan dan tinggi kanopi masing-masing tegakan. Hasil yang diperoleh adalah berupa diagram profil seperti pada Gambar 3, 4 dan 5.

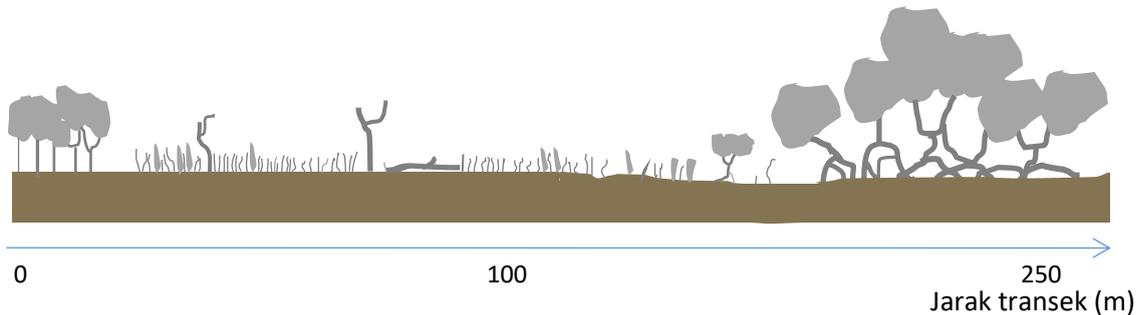
Dapat dilihat pada Gambar 3 bahwa dekat tepian daratan sebelah Barat Daya, tegakan tersusun atas *B. cylindrica* dengan tinggi kanopi bervariasi antara 3 – 4 m. Tegakan *E. agallocha* juga ada tetapi pada umumnya dalam kondisi mati. Komposisi tegakan yang sama terdapat di tepian sebelah Timur Laut tetapi 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 3. Diagram profil sepanjang transek 1.

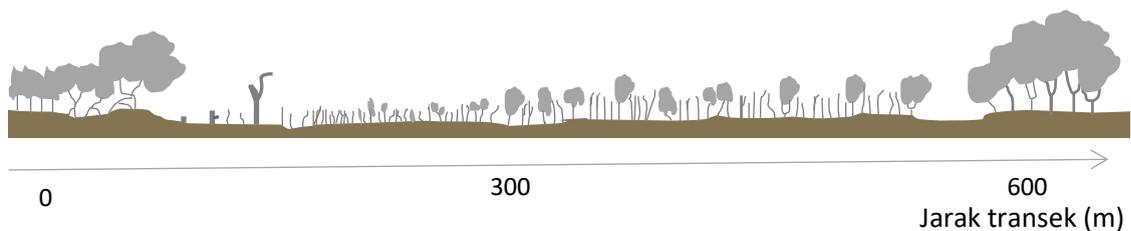
Gambar 4 mengindikasikan kondisi vegetasi sepanjang transek 2 dari arah Barat Daya ke Timur Laut hingga jarak sekitar 250 m. Sebagai catatan, transek ini memotong lahan dengan kondisi vegetasi dengan tingkat kematian yang tinggi. Pada jarak 0 – 50 m, komposisi dan kondisi tegakan relatif sama dengan 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 4. Diagram profil sepanjang transek 2.

Gambar 5 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 5. Diagram profil 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 kwadrat seperti diringkaskan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Tipe asosiasi menurut transek/kwadrat.

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

A. 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 diringkaskan 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 4 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.

B. 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.

C. 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

D. 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.

E. 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

F. 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.

G. 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

5.3. Kondisi fisik lahan

A. 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.

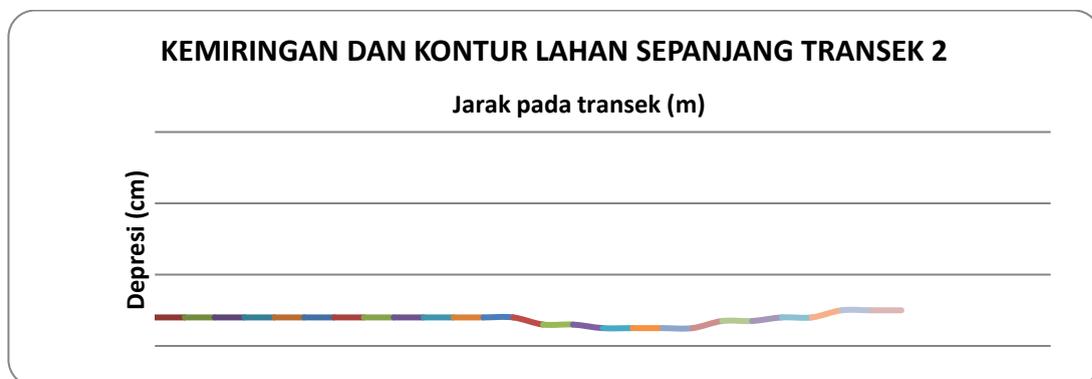
Secara detil, hasil pengukuran kemiringan lahan (titik 0 sebelah Barat Laut ke titik akhir sebelah Timur Laut) pada transek 1 sepanjang 430 m dapat dilihat seperti pada Gambar 6. Dalam gambar ini dapat dilihat bahwa depresi kemiringan lahan berkurang ke arah Timur Laut. Kontur permukaan lahan nampak 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 6. Kemiringan dan kontur lahan sepanjang transek 1.

Dalam Gambar 7 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 7. 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 8. 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 8. Kemiringan dan kontur lahan sepanjang transek 3.

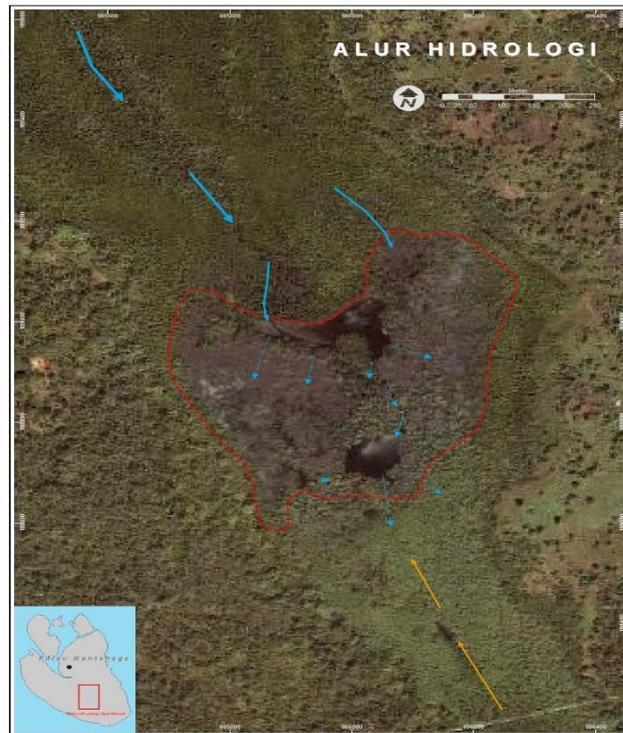
B. Pola sirkulasi massa air

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 9.

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 lagoon pertama dari arah Barat Laut yang lebih rendah dari permukaan lahan sekitar, kemudian setelah itu massa air akan menyebar dari setiap tepi lagoon ke segala arah hingga mencapai lagoon 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 lagoon diperkirakan sangat lambat dan arahnya akan mengikuti saluran-saluran kecil sekitar lagoon 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 9. Pola sirkulasi massa air saat pasang.

C. 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.

5.4. 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 teridikasi telah lebih dahulu mati di beberapa lokasi, dibuktikan oleh adanya sisa tegakan mati yang masih berdiri dan pangkal pohon bekas tebangan seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Kondisi tegakan mati dan sisa tegakan *B. cylindrica*.

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

Tabel 8. Kondisi dieback 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 tebang)
		<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 11. Dapat dilihat pada Tabel 8 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 11. 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 12).



Gambar 12. 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 13.



Gambar 13. 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 14.



Gambar 14. Dieback *A. marina* diduga akibat petir.

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. 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.

6.2. Saran

Beberapa upaya dapat dipertimbangkan untuk merespon fenomena dieback yang terjadi, yakni:

1. Analisa perubahan tutupan lahan secara berkala (periode tahunan) berdasarkan image citra satelit, dan pemantauan tiga bulanan kondisi kesehatan pohon mangrove menggunakan permanen plot berukuran 25 x 25 m mewakili tiga kondisi dengan indikasi dieback berbeda, dan dua kondisi tanpa dieback.
2. Kajian lanjutan terkait topografi permukaan lahan dan tingkat perendaman yang dapat menggambarkan pola sirkulasi massa air secara detil perlu dilakukan.
3. Rekonstruksi jembatan beton penghubung dua daratan dengan menambah jumlah dan memperlebar pintu masuk aliran pasang surut dari arah Tenggara.
4. Hindari penebangan pohon pada lokasi-lokasi dengan indikasi dieback untuk mengurangi tingkat penguapan.
5. Penghijauan sepanjang tepian daratan sisi Barat Daya dan Timur Laut dengan tumbuhan lokal berkayu keras untuk mengurangi tingkat erosi dan meningkatkan suplai air tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Ball, M.C. (1980). Patterns of secondary succession in a mangrove forest of Southern Florida. *Oecologia*, 44:226-235.
- Ball, M.C. (1998). Mangrove species richness in relation to salinity and waterlogging: a case study along the Adelaide River floodplain, northern Australia. *Global Ecology and Biogeography Letter*, 7(1):73-82.
- 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.
- 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.
- Chapman, V.J. (1975). Mangrove biogeography. In: Walsh G.E., Snedaker, S.C., and Teas, H.J. (Eds.). 'Proceedings of the International Symposium on Biology and Management of Mangrove', 3-22. Univ. Florida, Gainesville.
- Claridge, D and J. Burnett. (1992). Mangroves in focus. *Marino Lithographics*, Queensland. 160p.
- Clough, B.F. (1979). Mangrove ecosystem in Australia: structure, function and management. Proceedings of the Australian National Mangrove Workshop, Australian Institute of Marine Science, Cape Ferguson 18-20 April 1979.
- Cooper, J.I. (1993). Virus diseases of trees and shrubs. Chapman and Hall, 2nd., NY. 205p.
- Crawley, M.J. (1997). Plant ecology. Blackwell Scientific Publication, London. pp77-96.
- 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.
- Day, M.F. (1980). Research advances in tree decline. In Oates, P.J. , Greig, P.J., Hill, D.J., Langley, P.A., and Reid,A.J. (Eds.). *Focus on Farm Trees*, pp41-48. Proc. Nat. Conf.Univ. of Melbourne, 23-26 Nov. 1980.
- 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. Doctoral thesis in the University of Queensland, Australia. 327p.
- Duke, N.C. (1992). Mangrove floristics and biogeography. In: Robertson, A.I. and Alongi, D.M. (Eds.). 'Coastal and Estuarine Studies',pp63-100. American Geophysical Union, Washington, D.C.
- Duke, N.C. (1995). Genetic diversity, distributional patterns and rafting continents—more thoughts on the evolution of mangroves. *Hydrobiology*, 295:161-181.
- Eagler, F.E. (1952). Southeast saline everglades vegetation, Florida and its mangement. *Vegetatio*, 3:213-265.
- 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.
- Galloway, W.E. (1975). Process framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of deltaic depositional systems. In: Broussard, M.L. (Ed.). *Deltas, Models for Exploration*, pp87-98. Houston Geological Society, Houston.
- Gara, R.I. Sarango, A. and Cannon, P.J. (1990). Defoliation of an Ecuadorian mangrove forest by the bagworm, *Oiketicus kirby* Guilding (Lepidoptera: Psychidae). *Journal of Tropical Forest Science*, 3 (2):181-186.
- 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.
- Hosking, G.P. and Hutcheson, J.A. (1986). Hard beech (*Nothofagus truncata*) decline on the Mamaku Plateau, North Island New Zealand. *New Zealand Journal of Botany*, 24:263-269.
- Huetll, R.F. (1993). Mg deficiency – a new phenomenon in declining forests – symptoms and effects, causes, recuperation. In Huetll, R.F and Mueller-Dumbois, D. (Eds.). *Forest Decline in the Atlantic and Pacific Regions*, pp97-114. Springer Verlag, Berlin.
- 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.
- Kangas, P.C. and Lugo, E. (1990). The distribution of mangroves and saltmarsh in Florida. *Tropical Ecology*, 31(1):32-39.
- Lugo, A.E. (1980). Mangrove ecosystems: successional or steady state. *Biotropica*, 12(suppl.):65-72.
- Lugo, A.E., G. Evink, M.M. Brinson., A. Broce and S.C. Snedaker. (1975). Diurnal rates of photosynthesis, respiration and transpiration in mangrove forests of south Florida. In: Golley, F. and Medina, E. (Eds.). 'Tropical Ecological Systems', pp 335-350. Springer-Verlag, New York.
- 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.
- Macnae, W. (1968). A general account of the fauna and flora of mangrove swamps and forests in the Indo-West Pacific region, *Adv. Mar. Biol.* 6:73-270.
- Mambberley, D.J. (1991). *Tropical rainforest ecology*. Blackie and Son Ltd., 2nd ed., Glasgow, London.300p.
- McIntosh, R.P. (1981). Succession and ecological theory. In: West, D.C., Shugart, H.H., and Botkin, D.B. (Eds.). 'Forest Succession: Concepts and Applications', pp10-23. Springer Verlag, N.Y.
- Miller, P.R. (1983). Ozone effect in the San Bernardino National Park. Proceeding of the Symposium on Air Pollution and the Productivity of the Forest. Arlington, Virginia. pp161-197.
- Oliver, C.D. and B.C. Larson. (1996). *Forest stand dynamics*. Wiley, N.Y. 449p.
- 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.
- Pernetta, J.C. (1993). Mangrove forests, climate change and sea level rise: hydrological influences on community structure and survival, with examples from the Indo-West Pacific. IUCN, Gland, Switzerland. 46p.

- Phillips, D.H. and Burdekin, D.A. (1982). Diseases of forest and ornamental trees. Macmillan Press, London.435p.
- Raitio, H.(1993). Calcium and magnesium deficiency in young pines and stand structure on the affected habitats. In Huettl, R.F and Mueller-Dumbois, D. (Eds.). Forest Decline in the Atlantic and Pacific Regions,pp132-143.Springer Verlag, Berlin.
- Richards, P.W. (1996). The tropical rain forest. Cambridge University Press, 2nd ed. 575pp.
- Sachtler, M.L. (1973). Inventario flamentoso de los recursos forestales: republica Dominicana Inventario Forestal. FAO:Informe Tecnico 3, FO:SF/DOM 8.
- Senser, M. and Hopker, K.A. (1993). K deficiency of spruce on acid soil results in needle yellowing quite similar to “acute yellowing” a syndrome of the new type of forest decline. In Huettl, R.F. and Mueller-Dombois, D. (Eds.). Forest Decline in the Atlantic and Pacific Regions, pp115-131.Springer-Verlag Berlin.
- 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.
- Spalding, M., Blasco, F., and C. Field. (1997). World mangrove atlas. The International Society for Mangrove Ecosystems, Okinawa, Japan. 178pp.
- Specht, R.L. (1981). Ecophysiological principles determining the biogeography of major vegetation formations in Australia. In A. Keast (Ed). 'Ecological Biogeography of Australia', pp299-332. Dr. W. Junk, The Hague.
- Tho, Y.P. (1982). Gap formation by the termite *Microtermes dubius* in lowland forests of Peninsular Malaysia. *Malay. For.*, 45:184-192.
- Thom, B.G. (1967). Mangrove ecology and deltaic geomorphology, Tobasco, Mexico. *Journal of Ecology*, 55:301-343.
- Thom, B.G. (1982). Mangrove ecology - a geomorphological perspective. In: Clough, B.F. (Ed.). 'Mangrove ecosystem in Australia: Structure, Function and Management', pp3-17. AIMS with ANU Press, Canberra, Australia.
- Tilman, D. (1997). Mechanisms of plant competition. In: Crawley, M.J. (Ed.).'Plant Ecology', pp239-261. Blackwell Science Ltd., 2nd ed.
- Tomlinson, P.B. (1986). The botany of mangroves. Cambridge University Press, New York. 413p.
- Vandermeer, J. (1996). Disturbance and neutral competition theory in rain forest dynamics. *Ecological Modeling*, 85:99-111.
- Vannuci, M. (1998). The mangrove ecosystem: an overview of present knowledge. *Revista Brasileira deBiologia*, 58(1):1-15.
- Van Steenis, C.G.G.J. (1955-1958). Flora Malesiana. Noordhoff-Kolff N.V., Djakarta. pp472-473.
- Watson, J.G. (1928). Mangrove forests of the Malay Peninsula. *Malay, For. Rec.* No.6.
- Whitmore, T.C. (1991). Tropical rain forest dynamics and its implication for management. In: Gomez-Pompa, A., Whitmore, T.C., and Hadley, M. (Eds.). 'Rain Forest Regeneration and Management', Vol. 6, pp67-89. Man and The Biosphere Series.
- Wyllie, F.R. (1986). Native tree dieback in Southern Queensland:its occurrence, severity and aetiology. Thesis. Dept. of Botany, University of Queensland.308p.
- Wyllie, F.R., Johnston, P.J.M. and Forster, B.A. (1992). Decline of casuarina and eucalyptus in Mari River Catchment. Forest Res. Inst. Research. Paper No. 17.33p.

Lampiran 1. Foto Kegiatan Penelitian

		
Kondisi Pohon Mati		
		
Pengumpulan Data		
		
Kondisi Lahan Saat Saat Observasi		
		
Pertumbuhan Alamiah Anakan Mangrove		