KI SAUTAL KI

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: 684 /UN12.13 /LT /2016

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

1. Nama : Dr. Ir. Rignolda Djamaluddin, MSc

NIP : 196703211991031006 Pangkat Gol. : Penata Tingkat I/IIID

Jabatan : Lektor Kepala

2. Nama : Ir. Agung B.Windarto,Msi NIP : 196509211991031001

Pangkat Gol. : Penata Tkt I / III/D

Jabatan : Lektor

untuk melaksanakan penelitian skim Riset Unggulan Unsrat (RUU), yang di danai oleh dana PNBP UNSRAT tahun 2016 dengan judul " Evaluasi Dan Penilaian Akhir Proyek Penelitian Pengembangan Metode Rehabilitasi Mangrove Menggunakan Teknik Restorasi Hidrologi Pada Lahan Bekas Tambak Di Desa Tiwoho".

Demikian surat tugas ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Manado, 27 April 2016

Ketua,

Inneke F.M. Rumengan

NIP. 195711051984032001

Bidang Unggulan: Perikanan

Kode/Nama Rumpun Ilmu: 235/Sumberdaya Perairan

LAPORAN AKHIR

RISET UNGGULAN UNIVERSITAS SAM RATULANGI



EVALUASI DAN PENILAIAAN AKHIR PROYEK PENELITIAN PENGEMBANGAN METODE REHABILITASI MANGROVE MENGGUNAKAN TEKNIK RESTORASI HIDROLOGI PADA LAHAN BEKAS TAMBAK DI DESA TIWOHO

Peneliti:

Dr. Ir. Rignolda Djamaluddin, MSc/ 00210036704 (Ketua) Ir. Agung B. Windarto, MSi/0021096804 (Anggota)

UNIVERSITAS SAM RATULANGI NOVEMBER 2016

Dibiayai dari Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) No. SP DIPA - 042.01.2.400959/2016 Tanggal 07 Desember 2015

LEMBAR PENGESAHAN

Evaluasi dan Penilaian Akhir Proyek Pengembangan Metode Judul Penelitian

: Rehabilitasi Mangrove Menggunakan Teknik Restorasi Hidrologi Pada Lahan Bekas Tambak Di Desa Tiwoho

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; rignolda@unsrat.ac.id

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

: 2016

Biaya Tahun Berjalan : Rp. 30.000.000

Mengotahui Dekan FPIK

110

Prof. Dr. Ir. Grevo, S. Gerung, MSc

NIP/NIK. 19650318199003 1 002

Manado, November 2016

Ketua Peneliti,

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

Menyetujui, Ketua LPPM UNSRAT

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

DAFTAR ISI

		Halaman
LEMBAR PENGESAHAN		i
DAFTAR ISI		ii
DAFTAR GAMBAR		iii
BAB 1. PENDAHULUAN		1
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA		2
2.1 State of The Art dan Roadm	nap Penelitian	2
2.2 Perkembangan dan Regenerasi		2
2.3 Suksesi Ekologis		5
2.4 Laju Balik-Ulang (turnover rate)		7
2.5 Rehabilitasi Mangrove		8
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN		11
BAB 4. METODE PENELITIAN		12
BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN		14
5.1. Hidrologi dan Kondisi Substrat Lahan		14
5.2. Suksesi Alami dan Tingkat Kesehatan Tegakan		14
5.3. Pemeliharaan Lahan		16
BAB 6. KESIMPULAN DAN SAR	AN	17
6.1. Kesimpulan		17
6.2. Saran		17
TINJAUAN PUSTAKA		18
LAMPIRAN		20

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
Roadmap Riset Rehabilitasi Mangrove		2
2. Bagan alir pendekatan penelitian		12
3. Perbedaan perkembangan tegakan pada ke-7 site pemantauan		15
4. Perkembangan alamiah tegakan pada beberapa site yang diamati		16

BAB 1. PENDAHULUAN

Banyak proyek rehabilitasi mangrove di Indonesia mengalami kegagalan teknis disebabkan karena asumsi yang keliru, bahwa 'daratan pantai yang terdegradasi dan sebelumnya ditumbuhi mangrove dapat dengan mudah diperbaiki dengan cara menanaminya kembali'. Sebagai upaya menyediakan teknik alternatif, sejak tahun 2004 dikembangkan sebuah teknik rehabilitasi mangrove dengan cara merestorasi kondisi hidrologi. Tehnik rehabilitasi ini diadopsi dan dimodifikasi dari model 'the five important steps' yang diusulkan oleh Lewis dan Marchel (1997), dan dicobakan pada lahan mangrove bekas tambak di Desa Tiwoho, Taman Nasional Bunaken, Sulawesi Utara.

Tahap pertama perbaikan kondisi hidrologi telah dilakukan atas dukungan Rufford Small Grant dan diselesaikan pada Oktober 2005 dengan beberapa capaian penting. Kondisi hidrologi sekitar 12 ha lahan mangrove bekas tambak dapat dikonstruksi ulang untuk mendukung terjadinya suksesi sekunder mangrove secara alami. Penanaman artifisial skala kecil dilakukan pada sejumlah tempat yang tererosi dan sangat sulit ditumbuhi mangrove, walaupun telah dilakukan penanaman berulang kali. Dokumentasi proses perbaikan hidrologi lahan dilaporkan secara terpisah dalam beberapa laporan yang lain seperti dalam Kabes (2002), Buhang (2005), Djamaluddin (2005), Djamaluddin (2009).

Pertumbuhan mangrove diperkirakan akan berlangsung setelah kondisi hidrologi lahan diperbaiki. Untuk memastikan hal tersebut, lahan restorasi harus diisolasi dari gangguan aktifitas manusia dan pergerakan bebas log kayu tebangan yang terjadi selama periode pasangsurut. Secara periodik, keberhasilan pertumbuhan alami mangrove diamati dan dievaluasi. Kehadiran spesis mangrove baru, kelimpahan dan keberhasilan hidup mereka menjadi sangat penting untuk menjelaskan proses suksesi sekunder alami yang berlaku pada ekosistem mangrove yang direstorasi. Pada tahun 2006 proyek ini kembali difasilitasi Rufford Small Grand untuk memastikan lahan yang direhabilitasi terhindar dari gangguan sehingga proses pemulihan lahan dapat berlangsung secara alami. Evaluasi tahap 2 keberhasilan suksesi sekunder pada lahan yang direstorasi dilakukan pada tahun 2009 dengan dukungan Dikti melalui Riset Fundamental.

Keseluruhan hasil yang diperoleh dari proyek ini perlu untuk dievaluasi secara komprehensif untuk merumuskan proses sekunder alami yang berlangsung setelah hidrologi lahan direstorasi. Teknik rehabilitasi yang diimplementasikan dalam proyek ini perlu didokumentasikan dan dipublikasikan agar bernilai guna bagi pengembangannya di tingkat masyarakat luas.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 State of The Art dan Roadmap Penelitian

Hingga kini pemahaman yang keliru bahwa rehabilitasi mangrove dapat dilakukan dengan mudah menggunakan pendekatan penanaman artifisial masih terjadi. Dampak yang timbul bahwa banyak upaya rehabilitasi lahan mangrove yang gagal, sehingga negara mengalami kerugian besar dan kerusakan pada lahan mangrove semakin parah. Di sisi lain, teknik rehabilitasi mangrove dengan pendekatan perbaikan hidrologi belum dapat diterima secara luas karena dipandang rumit, mahal dan tidak memberikan hasil yang maksimal. Pada situasi inilah proyek rehabilitasi mangrove yang diusulkan menjadi sangat penting.

Dalam konteks ilmu pengetahuan, pemahaman tentang suksesi sekunder pada ekosistem mangrove perlu untuk disempurnakan. Proyek yang diusulkan menyediakan peluang besar dirumuskannya model suksesi sekunder pada ekosistem mangrove sehingga akan berkontribusi signifikan terhadap perkembangan ilmu pengetahuan khususnya terkait ekosistem mangrove.

Dalam Gambar 1 ditampilkan roadmap riset tentang rehabilitasi mangrove yang dideskripsikan secara temporal.

2005 2010 2015 2010 Gerakan Rehabilitasi Lahan Rehabilitasi dengan Gerakan Rehabilitasi Tahan Gerakan Rehabilitasi Lahan (GERHAN) dan lainnya: teknik restorasi hidrologi (GERHAN) dan lainnya: (GERHAN): diaplikasi oleh Instansi Masih menggunakan teknik Pemerintah dan pihak Masih menggunakan teknik Fokus utama pada lahan penanaman artifisial untuk lain untuk memperbaiki penanaman artifisial untuk daratan yang kritis merehabilitasi ekosistem lahan mangrove yang merehabilitasi ekosistem mangrove yang rusak telah mengalami mangrove yang rusak Rehabilitasi mangrove perubahan fisik seperti dilakukan dengan teknik Benih yang disemaikan pada lahan bekas tambak Benih yang disemaikan penanaman artifisial; jarang masih terbatas pada jenis yang terlantar masih terbatas pada jenis berhasil pada lahan yang telah yang banyak tersedia di yang banyak tersedia di alam mengalami perubahan fisik, alam sehingga sering tidak sehingga sering tidak sesuai anakan umumnya berasal dari sesuai dengan kondisi lahan dengan kondisi lahan yang semaian dengan jenis yang yang akan ditanami akan ditanami umum Rhizophora spp Proyek restorasi hidrologi Proyek restorasi hidrologi di Proyek Restorasi Hidrologi di di Tiwoho perlu dievaluasi Tiwoho terus disempurnakan Tiwoho dimulai dan didokumentasi

Roadmap Riset /Proyek "Rehabilitasi Mangrove"

Gambar 1. Roadmap Riset Rehabilitasi Mangrove.

2.2 Perkembangan dan Regenerasi

Perkembangan tegakan pada mangrove dapat dibagi ke dalam empat tahapan progresif, yakni; kolonisasi, berkembang menuju fase perkembangan awal, kemudian kematangan (maturity), dan berakhir pada penuaan (senescence). Model empat tahapan perkembangan ini

telah dikembangkan untuk menjelaskan perbedaan yang teramati pada atribut struktural menurut umur (Jimenez dkk., 1985; Fromard dkk., 1998). Pada model yang diusulkan tersebut, perkiraan lama waktu untuk sebuah siklus lengkap yakni 80 – 100 tahun. Uraian berikut merupakan penjelasan terhadap ke-empat tahapan perkembangan sebagaimana didefinisikan kembali oleh Duke (2001) berdasarkan pengamatan di lapangan terhadap tegakan *Rhizophora* di Panama:

- Kolonisasi (colonization) merupakan tahapan establismen. Pada tahapan ini, propagule mulai menghasilkan akar dan tumbuh pada daerah pasang-surut yang baru dan terbuka, benih kemudian tumbuh meninggi dengan cepat. Secara umum, kepadatan pohon cukup banyak pada tahapan ini, dan poin akhir relatif pada tahapan ini terjadi saat penutupan kanopi dicapai.
- 2. *Perkembangan awal* (early development) merupakan tahapan lanjutan setelah penutupan kanopi dicapai. Pada tahapan ini, penjarangan (self-thinning) mulai terjadi dan kepadatan pohon berkurang secara nyata. Dalam kondisi kanopi yang padat/tertutup, sumber benih mulai ada. Gap atau ruang terbuka mulai terbentuk disebabkan oleh faktor seperti kayu gelondongan yang hanyut, material terapung, erosi dan deposisi sediment. Pertumbuhan tinggi pohon berkurang pada akhir tahapan ini disebabkan karena kanopi telah mencapai tinggi maksimum (site maximal canopy height).
- 3. *Pematangan* (maturity) dimulai ketika tinggi kanopi maksimum telah dicapai. Biomasa pohon secara individual mengalami peningkatan. Penjarangan terus berlangsung sehingga kepadatan pohon berkurang. Gap mungkin terbentuk oleh karena adanya serangan petir, angin dan badai es, cyclone, dll.
- 4. *Penuaan* (senescence) dimulai ketika individu pohon yang masih berdiri menujukkan indikasi ke arah kematian. Pada kasus-kasus yang lain, pohon mulai roboh dan mati, atau mereka banyak ditumbuhi oleh koloni tumbuhan menempel (epiphyte), atau mereka mati karena mengalami pembusukan. Selama fase ini, kepadatan pohon sangat rendah dan penjarangan minimal. Gap mulai terbentuk oleh karena kematian pohon yang besar, atau erosi dan deposisi sediment. Faktor cuaca seperti badai menjadi kurang penting pada kondisi ini, secara sederhana disebabkan karena hadirnya pohonpohon yang sudah tua dan biasanya besar. Fakta menujukkan bahwa tahapan penuaan ini jarang dicapai secara bersamaan pada suatu waktu (Jimenes dkk., 1985), walaupun pada sejumlah kasus telah dilaporkan adanya tegakan yang tua (Fromard dkk., 1998; Ewel dkk., 1998).

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

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

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

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

Kehadiran gap dalam mangrove dapat disebabkan oleh berbagai faktor antara lain: badai angin yang kencang (Smith dkk., 1994), kerusakan karena kondisi cuaca yang dingin (Lugo dan Zucca, 1977), kerusakan karena badai es (Houston, 1999), serangan petir (Paijman dan Rollet, 1977), patogen tumbuhan (Pegg dkk., 1980; Wesre dkk., 1991), insek pengebor kayu (Feller dan McKee, 1999), dll. Berbeda dengan gap dalam hutan darat, kebanyakan gap dalam mangrove biasanya lebih kecil dan terdiri dari 10 – 20 pohon mati. Menurut Craighead (1971), ukuran gap seperti ini sangat mungkin disebabkan oleh serangan petir.

Kehadiran gap-gap yang kecil dalam mangrove menyebabkan terbentuknya alur-alur regenerasi berukuran kecil berupa mosaik dengan umur dan tahapan pemulihan kanopi (canopy recovery) yang bervariasi. Secara umum, pemulihan gap merupakan hasil kombinasi antara proses reproduksi (establismen dan pertumbuhan pohon baru) dan proses vegetatif (pohon

sekitar gap tumbuh secara lateral atau coppicing/percabangan). Struktur dan komposisi hutan dipengaruhi oleh kedua proses regenerasi tersebut.

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

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

2.3 Suksesi Ekologis

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

1. Peluang establismen berubah menurut waktu,

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

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

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

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

Interaksi antara peningkatan naungan dan peningkatan nutrient substrat seringkali menentukan susunan penggantian spesis. Akumulasi nitrogen dalam substrat sering diperhitungkan sebagai proses yang sangat penting. Ekosistem yang telah matang sering didukung oleh cadangan nitrogen pada substrat permukaan berkisar 5.000 hingga 10.000 kg ha⁻¹. Sejumlah percobaan pada berbagai varitas substrat murni menunjukkan bahwa tumbuhan berkayu tidak dapat mengivasi komunitas yang sedang mengalami suksesi sebelum kondisi cadangan nitrogen dalam sunstrat berkisar antara 400 hingga 1.000 kg ha⁻¹; dan proses ini dapat berlangsung mulai dari 20 hingga 100 tahun atau mungkin lebih lama (Crawley, 1997).

Berbeda dengan suksesi primer, suksesi sekunder berawal dari kondisi dimana substrat mulai matang dan terdapat jumlah benih dan propagule vegetatif yang cukup. Berkaitan dengan penjelasan tentang mekanisme yang mungkin berlaku untuk suksesi sekunder, sejumlah model mungkin dapat dipertimbangkan. Pertama, 'model komposisi floristic mulamula' (initial floristic composition model), yang mendefinisikan suksesi tidak lebih dari penggantian spesis 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 spesis tumbuhan secara lebih ketat serta penekanan pada aspek

fasilitasi (facilitation), dimana suatu spesis memberikan jalan bagi spesis lainnya dengan cara merubah kondisi lingkungan ke arah yang lebih cocok bagi spesis 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 spesis pertama, suksesi akan terus berlangsung karena koloni berikutnya akan dapat menerima suatu kondisi baru yang tercipta. Sebaliknya, model penghambatan mengasumsikan bahwa spesis pertama akan secara mudah dihambat establismennya oleh spesis berikutnya dengan cara melakukan pengosongan suatu site (site pre-emption) terlebih dahulu. Semakin panjang masa hidup spesis pertama, semakin kecil peluang spesis berikutnya menggantikan dan menempati suatu tempat, selanjutnya semakin lambat proses suksesi berlangsung (Crawley, 1997). Untuk konsep yang berlaku pada mangrove, beberapa tulisan oleh Eagler (1952), Lewis dan Dunstan (1975), Lugo (1980), Kangas dapat dijadikan sumber bacaan.

2.4 Laju balik-ulang (turnover rate)

Suatu ekosistem mangrove dikatakan stabil sepanjang ia menempati suatu area yang sama di daerah intertidal, dan dikatakan tidak stabil jika batas-batasnya bertambah ke arah laut atau mundur ke arah daratan. Sejumlah fakta menunjukkan bahwa sisi terluar sistem mangrove menampilkan kecenderungan perluasan ke arah laut sebagaimana diidikasikan 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 sepsis oleh yang lain; suatu indikasi proses suksesi. Perubahan pada muka laut, jumlah masukan air tawar, atau laju suplai sedimen yang berakibat pada terbentuknya variasi dalam substrat dan salinitas di suatu sistem mangrove, akan sangat mungkin menyebabkan terjadinya kematian sejumlah spesis mangrove dan penggantian oleh jenis lainnya. Apabila perubahan yang terjadi sangat ekstrim maka hal yang mungkin terjadi yakni kematian seluruh vegetasi mangrove.

2.5 Rehabilitasi mangrove

A. Penanaman artifisial

Penanaman mangrove hanya diperlukan bila pertumbuhan alami tidak mungkin terjadi akibat kurangnya kecambah (propagule) atau kondisi tanah yang kurang mendukung. Ketika penanaman diperlukan, penempatan bibit *Rhizophora* yang matang secara langsung dalam humus dapat mempercepat pembentukan mangrove. Teknik ini tidak dapat diterapkan untuk genus mangrove lainnya karena diperlukan pelepasan kulit biji dari kecambah sebelum pembentukannya, serta membutuhkan akar yang menyentuh permukaan tanah secara langsung dengan cotyledon yang terbuka.

Kematian bibit di tahap awal jarang terjadi, namun harapan tingkat keberhasilannya adalah sekitar 50%. Kerapatan khas mangrove dewasa adalah sekitar 1.000 pohon per hektar atau 1 pohon per 10 meter persegi, jadi 50% kematian penanaman tahap awal dengan jarak 1 meter tidak akan berpengaruh terhadap kerapatan hutan.

Meskipun penanaman pada musim panas adalah yang ideal, tetapi bibit mangrove dapat pula ditanam sepanjang tahun dengan hasil yang memuaskan. Sebagai petunjuk lengkap tentang teknik penanaman mangrove, beberapa tulisan berikut dapat membantu seperti Hachinohe (1998) dan Liyanage (2000).

B. Restorasi hidrologi

Restorasi atau rehabilitasi perlu dipertimbangkan untuk dilakukan ketika suatu sistem telah berubah dalam tingkat tertentu sehingga tidak dapat lagi memperbaiki atau memperbaharui diri secara alami. Dalam kondisi seperti ini, ekosistem homeostasis telah berhenti secara permanen dan proses normal untuk suksesi tahap kedua atau perbaikan secara alami setelah kerusakan terhambat oleh karena beberapa alasan. Konsep ini belum pernah dianalisis atau dibahas secara lengkap untuk habitat mangrove (Lewis, 1982b). Untuk banyak kasus seringkali pengelola suatu program restorasi melakukan penanaman mangrove sebagai

pilihan pertamanya. Padahal pendekatan terbaik restorasi adalah dengan mengetahui penyebab hilangnya mangrove, tangani penyebabnya, kemudian melakukan proses perbaikan habitat mangrove. Bibit mangrove hanya ditanam jika mekanisme alami tidak memungkinkan dan hanya setelah dilakukan pembenahan hidrologi.

Menurut Lewis (1982a) semua habitat mangrove dapat memperbaiki kondisinya secara alami dalam waktu 15 – 20 tahun, jika paling tidak dua kondisi berikut dapat dipenuhi:

- 1. Kondisi normal hidrologi tidak terganggu,
- 2. Ketersedian biji dan bibit mangrove serta jaraknya tidak terganggu atau terhalangi.

Jika kondisi hidrologi ternyata normal atau mendekati keadaan normal tetapi biji mangrove tidak dapat mendekati daerah restorasi, maka mangrove dapat direstorasi dengan cara konvensional yakni melalui penanaman.

Oleh karena habitat mangrove dapat diperbaiki tanpa penanaman, maka rencana restorasi harus terlebih dahulu melihat potensi aliran air laut yang terhalangi atau tekanan-tekanan lingkungan lainnya yang mungkin menghambat perkembangan mangrove (Cintron – Molero, 1992). Jika aliran air terhalangi dan ditemukan adanya tekanan lainnya, maka hal-hal tersebut harus ditangani terlebih dahulu. Jika masalah ini tidak ada atau telah ditanggulangi, maka perlu dilakukan pengamatan untuk memastikan tersedianya bibit alami. Bila bibit dari alam tidak cukup tersedia, maka penanaman dapat dilakukan untuk membantu perbaikan alami.

Sangat disayangkan bahwa banyak kegiatan restorasi mangrove langsung dimulai dengan aktivitas penanaman tanpa mempertimbangkan mengapa perkembangan secara alami tidak terjadi. Seringkali kegiatan-kegiatan seperti ini berakhir dengan kegagalan sebagaimana yang terjadi di kebanyakan proyek penanaman mangrove di Indonesia dan tempat lainnya.

Secara ringkas, Lewis dan Marshall (1997) menyarankan lima tahap penting untuk keberhasilan suatu kegiatan restorasi mangrove, yakni:

- 1. Memahami autecology (ekologi setiap jenis mangrove), pola reproduksi, distribusi benih, dan keberhasilan pembentukan bibit,
- 2. Memahami pola hidrologi normal yang mangatur distribusi dan keberhasilan pembentukan dan pertumbuhan spesies mangrove yang menjadi target,
- 3. Memperkirakan perubahan lingkungan mangrove asli yang menghalangi pertumbuhan alami mangrove,
- 4. Disain program restorasi untuk memperbaiki hidrologi yang layak, dan jika memungkinkan digunakan benih alami mangrove untuk melakukan penanaman,

5. Hanya melakukan penanaman bibit, memungut, atau mengolah biji setelah mengetahui langkah alami di atas (1-4) tidak memberikan jumlah bibit dan hasil, tingkat stabilitas, atau tingkat pertumbuhan sebagaimana yang diharapkan.

Faktor yang paling penting dalam mendisain suatu kegiatan restorasi mangrove adalah pengenalan hidrologi (frekuensi dan durasi pasang-surut air laut) yang berlaku pada suatu komunitas mangrove yang berdekatan dengan areal restorasi. Sebagai pengganti atas biaya pengumpulan data yang mahal yaitu dengan menggunakan batas air pasang serta melakukan survei terhadap mangrove yang tumbuh sehat untuk mendapatkan suatu diagram penampang distribusi spasial, kemiringan, dan morfologi suatu ekosistem mangrove, yang kemudian menjadi model konstruksi. Penggalian dan penimbunan kembali bekas galian diperlukan untuk membentuk tingkat kemiringan yang sama serta ketinggian relatif terhadap batas areal yang ditentukan untuk memastikan hidrologinya sudah benar.

Di areal dimana penimbunan dilakukan terhadap lahan yang pernah ditumbuhi mangrove, pengerukan kembali timbunan tersebut untuk mencapai tanah humus mangrove sebelumnya kemungkinan akan menghasilkan kondisi yang terlalu lembab untuk pembentukan mangrove, ini disebabkan karena kepadatan dan kerapatan lapisan aslinya. Seperti telah dikemukan sebelumnya, ketinggian dapat disesuaikan dengan ketinggian habitat mangrove yang masih ada. Bentuk lain dari restorasi mangrove yaitu melibatkan penggabungan kembali areal-areal hidrologi yang terpisah ke situasi jangkauan air yang normal (Brockmeyer, 1997; Turner and Lewis, 1997).

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dirancang dengan tujuan:

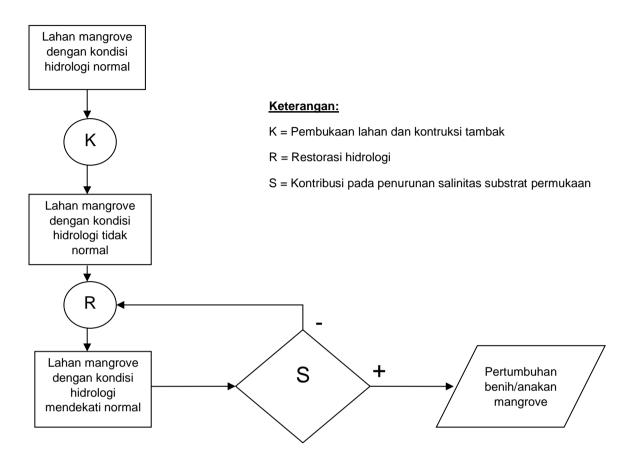
- Mengevaluasi keseluruhan proses restorasi hidrologi yang telah dilakukan pada lahan mangrove bekas tambak di Desa Tiwoho;
- 2. Menilai tingkat keberhasilan upaya rehabilitasi dengan menggunakan metode restorasi hidrologi yang telah dilakukan;
- 3. Merumuskan dan mendiseminasi hasil evaluasi agar dapat diadopsi sebagai sebuah metode rehabilitasi lahan mangrove yang lebih murah dan efektif.

3.2. Manfaat Penelitian

Evaluasi secara komprehensif terhadap program restorasi hidrologi yang dilaksanakan diharapkan dapat bermanfaat bagi perumusan konsep suksesi sekunder pada ekosistem mangrove dan pendokumentasian serta publikasi teknik rehabilitasi melalui perbaikan hidrologi yang nantinya dapat diaplikasi dalam upaya-upaya rehabilitasi lahan mangrove di Indonesia.

BAB 4. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan sebagaimana ditampilkan pada bagan alir dalam Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Bagan alir pendekatan penelitian.

Seperti telah diuraikan sebelumnya bahwa penelitian merupakan tahapan akhir dari rangkaian penelitian yang telah dilakukan sejak tahun 2004. Hasil evaluasi sebelumnya mengindikasikan bahwa proses suksesi alami tengah berlangsung setelah hidrologi lahan diperbaiki. Dikaitkan dengan penjelasan pada Gambar 2, maka dapat dikatakan bahwa penelitian ini sudah pada tahapan mengevaluasi keberhasilan hidup dan pertumbuhan benih mangrove alami pada lahan yang direhabilitasi. Terkait dengan itu, beberapa tahapan evaluasi dilakukan, yakni:

1. Persiapan:

Dilakukan dengan cara mengobservasi keseluruhan lahan yang direhabilitasi dan menyiapkan semua site pemantauan (kuadrat permanen 20 m² yang telah ditetapkan sejak awal proyek);

2. Pengumpulan data:

Variable biologi berikut diamati dalam kuadrat permanen, yakni:

- Jumlah anakan/tegakan muda per spesis,
- Tinggi anakan/tegakan muda diukur dari pangkal pohonn hingga ujung pucuk daun.
- Kondisi kesehatan benih/tegakan secara umum dengan memperhatikan tandatanda serangan hama/serangga, kondisi fisik daun.

Selain itu, pada lokasi sampling yang telah ditetapkan pada pemantauan sebelumnya, diambil sebanyak 10 sampel secara komposit. Metode pipet diaplikasi untuk analisis tekstur sedimen (Gardner, 1965).

Sistem hidrologi lahan diamati secara visual pada dua kondisi yakni saat pergerakan air pasang dan surut.

3. Analisis data:

Secara umum, ukuran statistik sederhana seperti rerataan dan standar deviasi digunakan untuk pengolahan data biologi dan tekstur sedimen. Hasil analisis secara umum ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

4. Pemeliharaan lahan:

Apabila selama pemantauan ditemukan adanya log kayu dalam lokasi rehabilitasi maka log kayu tersebut dibuat tidak bergerak dengan mengikatkannya ke suatu obyek.

BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Kondisi hidrologi dan substrat lahan

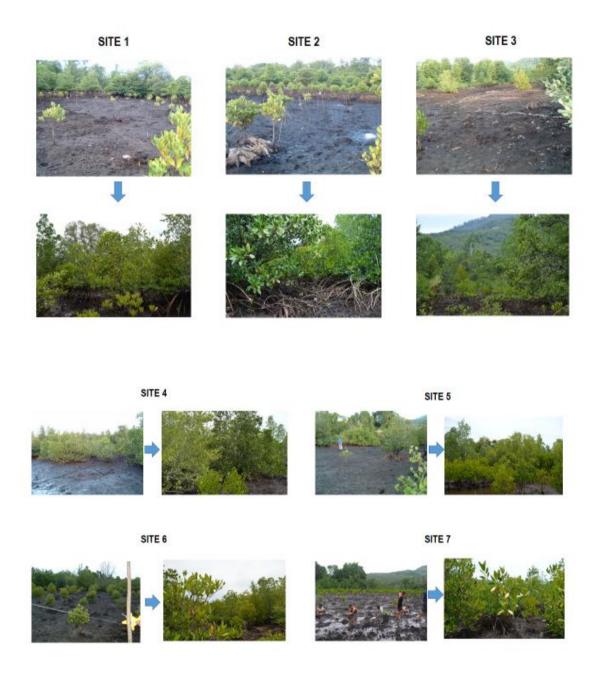
Pengamatan visual terhadap kondisi hidrologi lahan menunjukkan bahwa sejak perubahan fisik lahan dilakukan berlaku kondisi sebagai berikut:

- 1. Saat pasang; aliran air sebelah utara bergerak mengikuti saluran utama sebelah utara dan menyebar ke dalam petak-petak tambak melalui saluran penghubung antar petak yang dibuat. Saat bersamaan, aliran air pasang juga memasuki lahan dari sisi sebelah laut melalui bekas petak-petak tambak sebelah laut. Proses ini menyebabkan tidak ada satupun tambak yang terisolasi saat air pasang.
- 2. Saat surut; aliran air meninggalkan lahan melalui jalur yang relatif sama dengan jalur saat massa air memasuki lahan saat pasang. Air tawar dari sisi sebelah darat dapat merembes masuk ke dalam petak-petak sebelah daratan melalui saluran penghubung yang dibuat. Kondisi ini menyebabkan kadar garam dalam substrat di zona sebelah daratan berkurang.

Secara umum, teramati di lapangan bahwa kondisi substrat lahan-lahan dalam petak tambak telah mengalami pengangkatan lebih dari 20 cm. Pengangkatan lahan substrat juga terjadi pada lahan-lahan terbuka, dan nampak jelas bahwa substrat yang sebelumnya mengandung komposisi pasir dalam jumlah yang besar semakin berkurang. Warna substrat semakin gelap dan tidak ditemukan adanya butiran-butiran garam berwarna putih di permukaan.

5.2. Suksesi alami dan tingkat kesehatan tegakan mangrove

Secara umum, lahan yang direstorasi telah mengalami pemulihan dengan tingkat tutupan tegakan mencapai 80%. Anakan yang teramati pada tahun 2007 telah tumbuh dan berkembang menjadi tegakan sebagaimana ditampilkan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Perbedaan perkembangan tegakan pada ke-7 site pemantauan.

Dapat dilihat pada Gambar 3 bahwa pada ke-7 site pemantauan telah terjadi perubahan yang sangat signifikan dimana anakan baik yang alamiah maupun yang ditanam secara artifisial telah tumbuh dan berkembang menjadi tegakan.

Perkembangan alamiah juga ditemukan pada beberapa site sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.

PERKEMBANGAN ALAMIAH



Gambar 4. Perkembangan alamiah tegakan pada beberapa site yang diamati.

Secara umum teramati di lapangan bahwa tegakan baik yang ditanam maupun yang tumbuh alamiah dalam kondisi sehat dibuktikan oleh kondisi daun yang berwarna hijau dan rimbun. Pucuk tegakan yang pada awalnya ditemukan mengering tidak lagi ditemukan. Serangan hama penggerek batang hanya ditemukan satu kasus. Hal ini mengindikasikan bahwa tegakan telah berada pada kondisi normal atau tidak mengalami stres.

5.3. Pemeliharaan lahan

Berdasarkan pengamatan di lapangan, tidak ditemukan adanya jejak aktivitas mansyakat pada lahan yang direstorasi. Demikian halnya dengan kondisi tegakan dimana tidak ditemukan adanya bekas penebangan. Kebiasaan masyarakat mengumpulkan kerang pada lahan yang direstorasi juga tidak lagi dilakukan. Hal ini menyebabkan proses perkembangan tegakan dapat berlangsung secara alamiah dan gangguan pada fisik lahan menjadi sangat minimal.

Seiring berkembangnya populasi tegakan, log kayu yang biasa bergerak bebas dan dapat membunuh tegakan telah terperangkap di antara tegakan. Hal ini menyebabkan anakan terbebas dari ancaman log kayu yang biasanya akan bergerak bebas saat air pasang.

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Restorasi hidrologi pada lahan mangrove yang telah mengalami perubahan fisik dapat dijadikan sebagai salah satu metode pemulihan lahan yang efektif. Pemulihan lahan diawali dari perbaikan tingkat perendaman, selanjutnya pengaturan tingkat kadar garam dalam subsrat dan perubahan kondisi substrat. Keberhasilan pemulihan lahan juga ditentukan oleh pemeliharaan lahan, yaitu pembebasan lahan dari kehadiran log kayu yang dapat bergerak bebas saat kondisi air pasang dan pembebasan lahan dari berbagai aktivitas manusia terutama penebangan.

6.2. Saran

Lahan mangrove yang telah direstorasi penting untuk dipelihara dan dialokasikan sebagai lahan percontohan restorasi hidrologi. Suksesi sekunder pada lahan ini dapat dijadikan sebagai obyek pengamatan jangka panjang dalam mempelajari suksesi alamiah pada mangrove yang sangat jarang ditemukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bird, E.C.F. and M.M. Barson. (1979). Stability of mangrove systems. In: Clough, B.F. (ed.) Mangrove Ecosystem in Australia: Structure, Function and Management, pp265-275. AIMS with ANU Press, Canberra, Australia.
- Brockmeyer, R.E.Jr., Rey, J.R., Virnstein, R.W., Gilmore, R.G., and Ernest, L. (1997). Rehabilitation of impounded estuarine wetland by hydrologic reconnection to the Indian River Lagoon, Florida (USA). *Wetland Ecology and Management*, 4(2):93-109.
- Buhang, R. SY. (2005). Komposisi dan kandungan bahan organik sediment lahan mangrove sebelah Timur Desa Tiwoho Kecamatan Wori. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Unsrat.
- Chapman, V.J. (1966). Some factors involved in mangrove establishment. Scientific Problems in Humid Tropical Zone Deltas. UNESCO, pp219-224.
- Cintron Molero, G. (1992). Restoring mangrove systems. Restoring the Nation's marine environment. G.W. Thayer, ed., Maryland Sea Grant Program, College Park, MD.223-277.
- Craighead, F.C. (1971). The trees of south Florida, vol. 1. University of Miami Press, Coral Gables, Florida.
- Crawley, M.J. (1997). Plant ecology. Blackwell Scientific Publication, London. pp77-96.
- Djamaluddin, R. (2005). Cost-effective mangrove rehabilitation focusing on restoration of hidrology. KELOLA in collaboration with Rufford Small Grant.
- Djamaluddin, R. (2009). Kajian model suksesi sekunder alami ekosistem mangrove: sebuah uji lapangan pada lahan mangrove bekas tambak di Desa Tiwoho, Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara. Riset Fundamental, DIKTI.
- Duke, N.C. (2001). Gap creation and regenerative process driving diversity and structure of mangrove ecosystems. *Wetlands Ecology and Management*, 9:257-269.
- Eagler, F.E. (1952). Southeast saline everglades vegetation, Florida and its mangement. *Vegetatio*, 3:213-265.
- Ewel, K.C., Zheng, S., Pinzon, Z.S. and Bourgeois, J.A. (1998). Environmental effects of canopy gap formation in high-rainfall mangrove forests. *Biotropica*, 30(4):510-518.
- Feller, I.C. and McKee, K.L. (1999). Small gap creation in a Belizean mangrove forests by a wood-boring insect. *Biotropica*, 31:607-617.
- Fromard, F., Puig, H., Mougin, E., Marty, G., Betoulle, J.L. and Cadamuro, L. (1998). Structure, above-ground biomass and dynamics of mangrove ecosystems: new data from French Guiana. *Oecologia*, 115:39-53.
- Hachinohe, H., Suko, O., and Ida, A. (1998). Nursery manual for mangrove sepsis. Ministry of Forestry and Estate Crops JICA, Bali Post. 49p.
- Houston, W.A. (1999). Severe hail damage to mangroves at Port Curtis, Australia.
- Jimenez, J.A., Lugo, A.E., and Cintron, G. (1985). Tree mortality in mangrove forests. *Biotropica*, 17:177-185.
- Kabes, Y. (2002). Evaluasi kondisi fisik lahan mangrove bekas tambak di Desa Tiwoho Kecamatan Wori. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Unsrat.
- Kangas, P.C. and Lugo, E. (1990). The distribution of mangroves and saltmarsh in Florida. *Tropical Ecology*, 31(1):32-39.
- Lewis, R.R. (1982a). Mangrove forests. Creation and restoration of coastal plant communities. R.R. Lewis, ed., CRC Press, Boca Raton, FL.153-172.
- Lewis, R.R. (1982b). Low marshes, peninsular Florida. Creation and restoration of coastal plant communities. R.R. Lewis, ed., CRC Press, Boca Raton, FL.153-172.
- 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.
- Lewis, R.R., and Marshall, M.J. (1997). Principal of successful restoration of shrimp aquaculture ponds back to mangrove forests. *Programa/resume de Marcuba '97, September 15/20, Palacio de Convenciones de La Habana, Cuba.* 126. Milano, G.R. (1999). Restoration of coastal wetlands in southeastern Florida. *Wetland Journal*, 11(2):15-24, 29.
- Liyanage, S. (2002). Planting manual for the mangrove of Sri Lanka. MAP-SFFL Mangrove Research Centre, Chilaw, Sri Lanka. 60p.
- Lugo, A.E. and Zucca, C.P. (1977). The impact of low temperature stress on mangrove structure and growth. *Tropical Ecology*, 18:149-161.
- Mambberley, D.J. (1991). Tropical rainforest ecology. Blackie and Son Ltd., 2nd ed., Glasgow, London.300p.
- Paijmans, K. and Rollet, B. (1977). The mangroves of Galley Reach, Papua New Guinea. *Forests Ecology and Management*, 1:119-140.
- Pegg, K.G., Gillespies, N.C., and Forsberg, L.I. (1980). *Phytophthora* sp. associated with mangrove death in central coastal Queensland, Australia. *Plant Physiol.*, 9:6-7.
- Richards, P.W. (1996). The tropical rain forest. Cambridge University Press, 2nd ed. 575pp.
- Smith III, T.J., Robblee, M.B., Wanless, H.R. and Doyle, T.W. (1994). Mangroves, hurricanes, and lightning strikes. *Bioscience*, 44(4).
- Turner, R.E., and Lewis, R.R. (1997). Hydrologic restoration of coastal wetlands. *Wetlands Ecology and Management*, 4(2):65-72.
- Wesre, C.J., Cahill, D., and Stamps, D.J. (1991). Mangrove dieback in north Queensland, Australia. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 79:165-167.

Lampiran 1. Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian.







