

Kontribusi bahan organik dari api-api (*Avicennia marina*) sebagai bahan evaluasi pengelolaan ekosistem mangrove: Studi Kasus Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur

Contribution of organic material from white mangrove (*Avicennia marina*) to evaluate mangrove ecosystem management: Case Study of Labuhan Maringgai, East Lampung

YULMA, ENAN M. ADIWILAGA, YUSLI WARDIATNO

Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor 16680, Jawa Barat

Manuskrip diterima: 14 Desember 2012. Revisi disetujui: 20 April 2013.

Abstract. *Yulma, Adiwilaga EM, Wardiatno Y. 2013. Contribution of organic material from white mangrove (Avicennia marina) to evaluate mangrove ecosystem management: Case Study of Labuhan Maringgai, East Lampung. Bonorowo Wetlands 3: 12-29.* The purpose of this study was to determine the potential contribution of organic matter (C, N, and P) of mangrove forest litter production in Labuhan Maringgai, East Lampung, to the marine environment, as well as evaluate the mangrove rehabilitation program conducted by the Lampung Mangrove Center program of the University of Lampung, Bandar Lampung. Lampung Mangrove Center (LMC) provides litter productivity of 4.53 g/m²/day with the most significant contributor from leaf litter and twigs, while flowers and fruit are not found. The dry weight of the remaining mangrove leaf litter on day 56 ranged between 5-2.5 g. LMC has the potential production of organic material that can be used litter amounted to 0.76164 GC/m²/day; 0.00628 GN/m²/day; 0.00331 GP/m²/day. Mangrove rehabilitation involving three parties, including the Government of East Lampung District, University of Lampung, and the community, is very effective in conserving mangrove forests in LMC within 1,000 ha of mangrove ranges.

Keywords: *Avicennia marina*, East Lampung, mangrove ecosystem management, organic material

PENDAHULUAN

Hutan mangrove sebagai ekosistem khas daerah pantai tropik, mempunyai fungsi strategis sebagai penyambung dan penyeimbang ekosistem darat dan laut. Tumbuh-tumbuhan, hewan dan berbagai nutrisi ditransfer ke arah darat atau laut melalui mangrove. Secara ekologis mangrove berperan sebagai daerah pemijahan (*spawning ground*), daerah asuhan (*nursery ground*) dan daerah mencari makan (*feeding ground*) berbagai jenis ikan, kerang dan lain-lain (Bengen 2004). Selain itu serasah mangrove berupa daun, ranting dan biomassa lainnya menjadi sumber pakan biota perairan serta bahan organik yang sangat menentukan produktivitas perikanan laut (Mahmudi et al. 2008).

Produksi serasah mangrove yang tinggi secara langsung berhubungan dengan struktur komunitas mangrove yang juga didukung oleh faktor-faktor lingkungan, antara lain musim dan suhu udara (Soenardjo 1999). Struktur komunitas yang terdiri dari banyak jenis mangrove akan menghasilkan serasah dalam jumlah yang lebih besar, karena tegakan mangrove memiliki kerapatan tinggi dan menghasilkan produksi serasah yang tinggi pula. Demikian juga dengan dekomposisi, hasil dekomposisi yang berupa bahan organik tergantung pada jumlah serasah yang ada. Jumlah serasah yang besar akan menghasilkan dekomposisi yang tinggi dan ini didukung oleh kondisi lingkungan seperti lamanya genangan, salinitas dan temperatur air.

Kerapatan mangrove yang tinggi akan menghalangi intensitas cahaya matahari masuk ke dasar hutan karena terhalang oleh rimbunnya tajuk daun mangrove, hal ini menyebabkan kelembaban di permukaan tanah tinggi, sehingga meningkatkan laju dekomposisi oleh bakteri dan jamur.

Hutan mangrove mempunyai produktivitas bahan organik yang sangat tinggi, namun hanya sekitar 5% dari total produksi daunnya yang dapat langsung dimakan oleh herbivora, sedangkan sisanya masuk kedalam ekosistem dalam bentuk detritus (Saparinto 2007). Sebagian besar dari produksi tersebut dimanfaatkan oleh bakteri, algae dan protozoa sebagai detritus atau bahan organik mati seperti daun-daun mangrove yang gugur sepanjang tahun dan melalui aktivitas mikroba dekomposer dan hewan-hewan pemakan detritus kemudian diproses menjadi partikel-partikel halus (Odum dan Heald 1975). Detritus tersebut merupakan suatu fraksi penting dari rantai makanan yang terdapat di ekosistem mangrove dan estuaria. Partikel-partikel organik tersebut menjadi tempat hidup bagi bakteri, jamur dan mikroorganisme lainnya yang merupakan sumber makanan utama bagi organisme omnivora seperti udang, kepiting dan sejumlah ikan (Saparinto 2007).

Serasah mangrove yang tertimbun di dasar hutan mengalami dekomposisi oleh jasad renik untuk menghasilkan detritus dan mineral bagi kesuburan tanah serta sumber bagi kehidupan fitoplankton yang

berkedudukan sebagai produsen primer. Zooplankton, ikan dan krustasea memanfaatkan fitoplankton dan detritus sebagai sumber energi dalam kedudukannya sebagai konsumen primer pada siklus makanan, sebelum manusia sebagai konsumen puncak memanfaatkannya (Soenardjo 1999).

Pada dasarnya, serasah yang dihasilkan oleh hutan mangrove antara lain mengandung N (nitrogen), P (fosfor) dan C (karbon) yang tinggi dan akan terlarut dalam air sehingga dapat menunjang proses pertumbuhan fitoplankton. Oleh karenanya, diduga terdapat hubungan yang erat antara N dan P serasah dengan N dan P yang terdapat di dalam air, produktivitas perairan dan jumlah individu fitoplankton, zooplankton dan makroorganisme (Mahmudi et al. 2008).

Fitoplankton sebagai produsen utama (*autotrof*) di perairan memfiksasi C (karbon) lewat fotosintesis dan sekaligus menyediakan energi bagi organisme konsumen (*heterotrof*). Pada jenjang trofik (*trophic level*) berikutnya yang lebih tinggi, konsumen primer akan berlaku sebagai sumber makanan bagi konsumen sekunder dan seterusnya sampai pada konsumen puncak. Proses tersebut apabila berjalan dengan baik merupakan kemampuan daya dukung ekosistem mangrove terhadap perikanan melalui fungsinya sebagai penyedia sumber energi dan habitat *nursery*. Dengan mengetahui laju dekomposisi serasah (pelepasan bahan organik dan nutrisi), dapat digunakan untuk mengestimasi daya dukung ekosistem mangrove bagi perikanan melalui rantai makanan.

Status kawasan hutan mangrove di Pantai Timur Lampung merupakan hutan negara yang dalam pengelolaannya dilakukan oleh beberapa pihak, yaitu: pemerintah (BKSDA/Taman Nasional Way Kambas), swasta (hutan produksi tetap dan tambak), masyarakat (hutan produksi yang dapat dikonversi dan APL), dan perguruan tinggi negeri (Universitas Lampung). Vegetasi mangrove yang ada di Kabupaten Lampung Timur memiliki ketebalan yang bervariasi antara 50 hingga 400 meter. Hutan mangrove di daerah ini membujur dari daerah Way Sekampung bagian selatan hingga ke utara daerah Kuala Penet (perbatasan kawasan Taman Nasional Way Kambas).

Penurunan kualitas mangrove di Pantai Timur Lampung sudah sampai pada tingkat mengkhawatirkan dari luasan 17.000 ha dan sekarang tersisa lebih kurang 3.000 ha dengan presentase penurunan 82% (Kustanti 2011). Hutan mangrove di Lampung Timur salah satunya di Kecamatan Labuhan Maringgai, merupakan hutan mangrove hasil rehabilitasi Dinas Kehutanan Provinsi Lampung pada tahun 1995 dan 1997 dengan luas hutan mangrove 700 ha. Jenis mangrove yang ditanam adalah *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata* dan *Nypa fruticans*. Kerusakan hutan mangrove yang terjadi di Kecamatan Labuhan Maringgai sekitar tahun 1987 sampai 1994 disebabkan oleh pembukaan lahan tambak, areal pertanian dan pemukiman penduduk.

Pengelolaan terpadu hutan mangrove berbasis masyarakat secara kolaboratif dengan melibatkan peran masyarakat, pemerintah daerah Kabupaten Lampung Timur dan Universitas Lampung di LMC (LMC) telah berjalan

selama 5 tahun (2005-2010). Faktor kekuatan dalam pengelolaan terpadu meliputi keberadaan lahan 700 ha, dukungan masyarakat, adanya dasar hukum pengelolaan dan pengelolaan terpadu. Namun, masih ada dijumpai beberapa kelemahan dalam pengelolaan terpadu yaitu tidak keseluruhan program yang disepakati dilaksanakan *stakeholder*, kurangnya koordinasi dan kurangnya dukungan perkembangan ilmu dan teknologi.

Penelitian dilakukan dengan tujuan sebagai berikut : (i) Menghitung produktivitas, laju dekomposisi dan potensi bahan organik (C, N dan P) dari serasah hutan mangrove di Kecamatan Labuhan Maringgai ke lingkungan perairan. (ii) Mengevaluasi program rehabilitasi hutan mangrove yang dilakukan oleh Universitas Lampung dalam program Lampung Mangrove Center (LMC).

BAHAN DAN METODE

Waktu dan tempat

Penelitian dilakukan pada bulan Februari-April 2012 di kawasan Lampung Mangrove Center (LMC), Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung. Penelitian dilakukan dalam dua bagian, yaitu: pengambilan sampel serasah mangrove, air dan pengujian laju dekomposisi serasah. Analisis sampel (C, N dan P) dilakukan di Laboratorium Produktivitas dan Lingkungan (Proling), Departemen Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan, Sekolah Pascasarjana, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Penentuan stasiun penelitian

Jumlah stasiun yang diamati di Lampung Mangrove Center (LMC) terdiri dari 3 stasiun dan masing-masing stasiun terdiri dari 2 sub stasiun. Stasiun 1 terletak di mulut teluk dekat muara Kali Kepinding yang dipengaruhi oleh masukkan air tawar sedangkan stasiun 2 terletak di mulut teluk bagian dalam yang masih dipengaruhi oleh masukkan air tawar. Stasiun 3 berbatasan dengan Laut Jawa yang memiliki arus yang kuat. Letak geografis ketiga stasiun pengamatan tersebut disajikan pada Tabel 1.

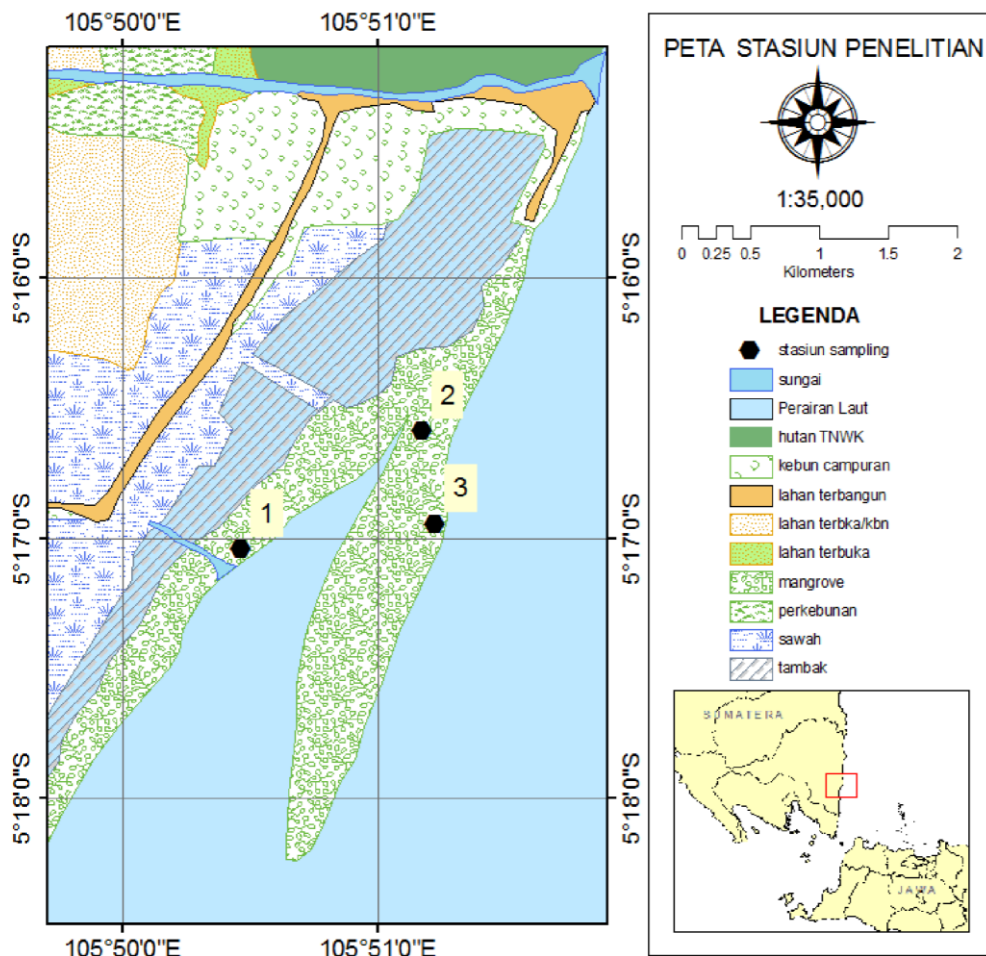
Pengambilan sampel dan data

Pengambilan sampel untuk analisis vegetasi mangrove

Sampel vegetasi mangrove dibagi atas tiga kategori, yakni semai (*seedling*), anakan (*sapling*) dan pohon (*tree*) dengan kriteria sebagai berikut (Bengen 2004): (i) Semai: tinggi < 1 m, (ii) Anakan: diameter < 1 cm dan tinggi > 1 m, (iii) Pohon: diameter > 4 cm.

Tabel 1. Letak geografis lokasi pengamatan di kawasan Lampung Mangrove Center (LMC), Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung

| Lokasi pengamatan | Letak geografis | |
|-------------------|-----------------------------|---------------------------|
| | Bujur Timur (BT) | Lintang Selatan (LS) |
| Stasiun 1 | 105 ^o 50' 56,29" | 5 ^o 16' 33,54" |
| Stasiun 2 | 105 ^o 51' 23,87" | 5 ^o 16' 11,49" |
| Stasiun 3 | 105 ^o 51' 25,79" | 5 ^o 16' 26,12" |



Gambar 2. Peta stasiun penelitian kawasan hutan Lampung Mangrove Center, Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung

Pengambilan sampel untuk vegetasi mangrove dilakukan dengan menggunakan metoda plot transek garis dari arah perairan ke arah darat di daerah intertidal (Bengen 2004). Jarak antar transek garis sekitar 100 meter, sedangkan panjang transek dari pinggir perairan ke arah darat bergantung kepada ketebalan mangrove pada setiap stasiun. Transek garis berada pada posisi dari arah perairan ke arah darat dan terdiri atas petak-petak contoh (plot) berbentuk bujur sangkar dengan ukuran $10 \times 10 \text{ m}^2$ untuk pohon; $5 \times 5 \text{ m}^2$ untuk anakan dan $1 \times 1 \text{ m}^2$ untuk semai.

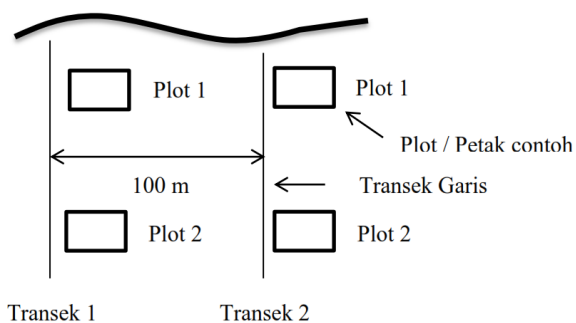
Untuk setiap transek garis ditentukan dua petak contoh, dimana pada setiap petak contoh dilakukan perhitungan jumlah individu dan pengukuran diameter batang pohon. Pengukuran diameter batang dilakukan setinggi dada (DBH = *Diameter Breast High*) atau sekitar 1,3 m dari permukaan tanah (English et al. 1994). Untuk semai, pengukuran diameter dilakukan di bawah bagian mulai ditemukannya bakal cabang. Rancangan plot transek garis untuk pengamatan vegetasi mangrove disajikan pada Gambar 3 dan ilustrasi petak contoh (plot) pengambilan sampel

vegetasi mangrove untuk tingkat semai, anakan dan pohon disajikan pada Gambar 4.

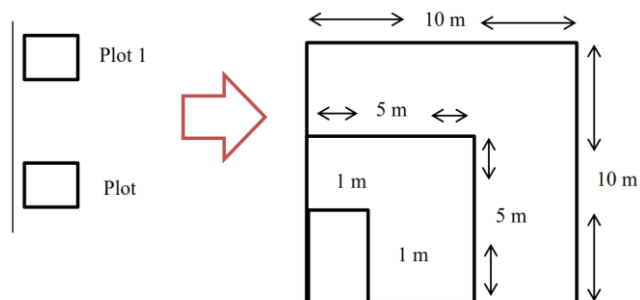
Pengambilan sampel guguran serasah (Litter-fall)

Metode umum yang digunakan untuk menangkap guguran serasah di hutan mangrove dalam waktu tertentu (*litter-fall*) adalah dengan *litter-trap* (jaring penangkap serasah) (Brown 1984). *Litter-trap* berupa jaring penampung berukuran $1 \times 1 \text{ m}^2$, yang terbuat dari nylon dengan ukuran mata jaring (*mesh size*) sekitar 1 mm dan bagian bawahnya diberi pemberat (Gambar 5).

Litter-trap dipasang di setiap sub stasiun masing-masing sebanyak 4 buah yang diletakkan diantara vegetasi mangrove terdekat dengan ketinggian di atas garis pasang tertinggi. *Litter-trap* dipasang pada setiap plot pengamatan di masing-masing stasiun pengamatan. Pengukuran produktivitas serasah dilakukan bersamaan dengan mulai dilakukannya penelitian laju dekomposisi selama 2 bulan dengan selang waktu pengambilan selama 14 hari.



Gambar 3. Transek garis dengan plot / petak contoh dari pinggir perairan ke arah darat untuk pengamatan vegetasi mangrove



Gambar 4. Ilustrasi petak contoh (Plot) pengambilan sampel vegetasi mangrove untuk tingkat semai, anakan dan pohon



Gambar 5. Jaring serasah (*litter-trap*) untuk menangkap serasah mangrove



Gambar 6. *Litter-bag* yang diikatkan pada batang mangrove

Serasah yang sudah dikumpulkan dipisahkan berdasarkan setiap bagiannya antara daun, ranting dan buah/bunga. Serasah tersebut ditimbang beratnya kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik dan diberi label, untuk selanjutnya dibawa ke laboratorium. Di laboratorium dilakukan pengukuran berat kering serasah dengan mengeringkan sampel ke dalam oven pada suhu 105°C hingga beratnya konstan. Serasah yang sudah dikeringkan ini selanjutnya dilakukan pengukuran total kandungan bahan organik yaitu C, N dan P.

Pengukuran laju dekomposisi serasah daun

Pengukuran laju dekomposisi serasah dilakukan secara eksperimental di lapangan, yakni dengan meletakkan serasah daun yang telah dikeringkan sebanyak 10 g ke dalam kantong serasah (*Litter-bag*) berukuran $30 \times 30 \text{ cm}^2$ yang terbuat dari nylon dengan *mesh size* 1 mm seperti yang terlihat pada Gambar 6 (Pribadi 1998; Ashton et al. 1999). *Litter-bag* dipasang di setiap sub stasiun masing-masing sebanyak 4 buah dan diikatkan pada batang mangrove agar tidak terbawa air. *Litter-bag* diambil dari masing-masing lokasi pengamatan setelah 14, 28, 42, 56 hari (Ashton et al. 1999). Setiap selesai waktu pengambilan, serasah dari *Litter-bag* dikeluarkan dan ditiriskan untuk diukur beratnya. Di laboratorium, serasah

tersebut dikeringkan pada suhu 105°C hingga beratnya konstan, kemudian diukur berat keringnya.

Pengambilan sampel air

Pengambilan sampel air dilakukan pada saat surut untuk menghindari pengaruh air laut secara dominan. Sampel air diambil dengan menggunakan *water sampler* lalu dimasukkan ke dalam botol berwarna gelap. Sampel selanjutnya dimasukkan dalam *cool box* untuk mengurangi aktivitas mikroorganisme dalam sampel (Hutagalung dan Setiapermana 1991). Sampel air selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk dianalisis C, N, P, TSS dan TOM. Pengukuran parameter lingkungan lainnya seperti suhu, salinitas, pH, arus, kecerahan dan DO dilakukan langsung di lapangan.

Pengukuran bahan organik kontrol (C, N dan P) Air Laut

Serasah daun sebanyak 10 g diletakkan dalam tempat percobaan yang telah diberi substrat sebanyak 1 liter dan air laut sebanyak 3 liter untuk diukur kandungan bahan organik (C, N dan P) dalam air pada selang waktu pengamatan 14, 28, 42, 56 hari (Gambar 7). Perlakuan tersebut bertujuan untuk meminimalkan pengaruh dari daratan dan pengaruh dari dinamika perairan seperti arus dan pasang surut yang dapat mempengaruhi keberadaan bahan organik di perairan.

Evaluasi pengelolaan ekosistem mangrove

Pengumpulan data pengelolaan ekosistem mangrove berasal dari hasil wawancara dengan menggunakan kuisioner yang dilakukan dengan beberapa pihak yang terkait dengan program pengelolaan hutan mangrove di Kecamatan Labuhan Maringgai antara lain: masyarakat, pemerintah Kabupaten Lampung Timur (Pemkab) dan Universitas Lampung (UNILA).

Analisis data

Analisis vegetasi mangrove

Analisis data vegetasi mangrove meliputi Kerapatan Jenis (K) dimana K adalah jumlah individu jenis i dalam suatu area (Bengen 2004).

$$K = \frac{N_i}{A}$$

Dimana K adalah kerapatan jenis i , sedangkan n adalah jumlah total individu dari jenis i dan A adalah luas total area pengambilan contoh (luas total petak contoh/plot).

Analisis laju dekomposisi serasah

Laju dekomposisi serasah dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$R = \frac{W_0 - W_t}{T}$$

Keterangan:

R = Laju dekomposisi (g/hari)

T = Waktu pengamatan (hari)

W_0 = Berat kering sampel serasah awal (g)

W_t = Berat kering sampel serasah setelah waktu pengamatan ke-t (g)

Persentase penguraian serasah diperoleh dengan menggunakan rumus (Boonruang 1984) sebagai berikut:

$$Y = \frac{W_0 - W_t}{W_0} \times 100\%$$

Keterangan:

Y = Persentase serasah daun yang mengalami dekomposisi W_0 = Berat kering sampel serasah awal (g)

W_t = Berat kering sampel serasah setelah waktu pengamatan ke-t (g)

Produksi potensial bahan organik serasah

Perhitungan besarnya produksi potensial bahan organik serasah atau potensi bahan organik yang dapat dimanfaatkan (*litter-fall organic materials*) dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Djamaludin 1995):

$$OM = N \times P$$

Keterangan:

OM = Organic materials/bahan organik yang dihasilkan ($g/m^2/hari$)

N = Kandungan bahan organik (%)

P = Produktivitas serasah ($g/m^2/hari$)

Analisis karakteristik habitat mangrove berdasarkan variabel fisika kimia perairan

Pengukuran parameter fisika-kimia perairan dilakukan pada setiap sub stasiun masing-masing dengan 3 kali pengulangan. Ada beberapa parameter fisika-kimia yaitu: suhu, salinitas, kecerahan, arus, DO, pH, TSS dan TOM. Parameter-parameter tersebut diduga berpengaruh besar terhadap pola penyebaran mangrove, proses dekomposisi serasah dan produktivitas mangrove.

Analisis karakteristik variasi variabel fisika kimia perairan antar stasiun pengamatan dengan menggunakan Analisis Komponen Utama (Principal Component Analysis atau PCA) (Bengen 2004). Analisis Komponen Utama merupakan metoda statistik deskriptif yang dapat digunakan untuk menampilkan data dalam bentuk grafik dan informasi maksimum yang terdapat dalam suatu matriks data. Matriks data yang dimaksud terdiri dari stasiun penelitian sebagai individu statistik (baris) dan variabel lingkungan (fisik-kimia lingkungan) yang berbentuk kuantitatif (kolom).

Bengen (2001) lebih lanjut menyatakan bahwa analisis ini memungkinkan adanya suatu reduksi terhadap dimensi dari ruang-ruang agar dapat lebih mudah dibaca dengan kehilangan informasi sedikit mungkin. Metode ini bertujuan mendeterminasi sumbu-sumbu optimum tempat diproyeksikannya individu-individu atau variabel-variabel.

Data variabel fisika-kimia perairan yang diperoleh tidak memiliki pengukuran yang sama, maka sebelum dilakukan Analisis Komponen Utama, data tersebut perlu dinormalisasikan terlebih dahulu melalui pemusatan dan pereduksian.

Nilai sesudah pemusatan diperoleh dari selisih antara nilai variabel dengan nilai rata-rata, yakni:

$$C = N_i - x$$

Keterangan:

C = Nilai pemusatan

N_i = Nilai asli variabel

x = Nilai rata-rata variabel

Sementara pereduksian merupakan hasil bagi antara variabel yang telah dipusatkan dengan nilai simpangan baku variabel, yang dirumuskan sebagai berikut:

$$R = \frac{C}{S}$$

Keterangan:

R = Nilai pereduksi

C = Nilai pemusatan

S = Nilai simpangan baku variabel

Untuk menentukan hubungan antara dua variabel digunakan pendekatan

matriks korelasi yang dihitung dari indeks sintetik (Ludwig dan Reynolds 1988) yaitu:

$$R_{sxs} = A_{sxn} A'_{nxs}$$

Keterangan:

R_{sxs} = Matriks korelasi ry

A_{sxn} = Matriks indeks sintesis ry

A'_{nxs} = Matriks transpose (pertukaran baris dan kolom) dari matriks A

Korelasi linear antara dua variabel yang dihitung dari indeks sintetik merupakan peragam dari dua variabel yang telah dinormalkan. Tahapan ini sebenarnya merupakan suatu usaha untuk mentransformasikan p variabel kuantitatif awal (inisial), yang kurang lebih saling berkorelasi, ke dalam p variabel kuantitatif baru yang disebut komponen utama. Dengan demikian hasil dari analisis ini tidak berasal dari variabel-variabel awal (inisial) tetapi dari indeks sintetik yang diperoleh dari kombinasi linear variabel-variabel asal.

Diantara semua indeks sintetik yang mungkin, analisis ini mencari terlebih dahulu indeks yang menunjukkan ragam individu yang maksimum. Indeks ini disebut komponen utama pertama atau sumbu ke-1 (F_1), yaitu suatu proporsi tertentu dari ragam total stasiun yang dijelaskan oleh komponen utama ini. Selanjutnya dicari komponen utama kedua (F_2) yang memiliki korelasi nihil dengan F_1 dan memiliki ragam individu terbesar. Komponen utama kedua memberikan informasi terbesar sebagai pelengkap komponen utama pertama. Proses ini berlanjut terus sehingga diperoleh komponen utama ke- p , dimana bagian informasi yang dapat dijelaskan semakin kecil.

Prinsip Analisis Komponen Utama menggunakan pengukuran jarak Euclidean (jumlah kuadrat perbedaan antara individu untuk variabel yang berkoresponden) pada data. Jarak Euclidean dirumuskan sebagai berikut:

$$d^2(i, i^2) = \sum_{j=1}^p (X_{ij} - X_{i^2 j})^2$$

Keterangan:

d = Jarak Euclidean

i, i^2 = Dua baris

j = Indeks kolom (bervariasi dari 1 hingga p)

X = Nilai data

Semakin kecil jarak Euclidean antara dua stasiun, maka semakin mirip karakteristik fisika kimia air antar kedua stasiun tersebut dan sebaliknya semakin besar jarak Euclidean antara dua stasiun, maka semakin berbeda karakteristik fisika kimia air kedua stasiun tersebut.

Analisis evaluasi pengelolaan ekosistem mangrove

Evaluasi pengelolaan ekosistem mangrove dianalisis secara deskriptif kemudian data yang diperoleh ditabulasikan dalam bentuk tabel. Tujuan analisis evaluasi pengelolaan ekosistem mangrove adalah menggambarkan secara rinci perkembangan LMC serta *stakeholders* yang terlibat dalam kegiatan pengelolaan mangrove.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran umum daerah penelitian

Lampung Mangrove Center (LMC) terletak di Kecamatan Labuhan Maringgai yang berpusat di Desa Margasari yang meliputi dua desa yaitu Desa Margasari dan Desa Sriminosari. Kawasan LMC ini merupakan hasil rehabilitasi dari Dinas Kehutanan dan Perkebunan Provinsi Lampung dan mangrove yang tumbuh secara alami. Jenis

mangrove yang tumbuh antara lain: *Avicennia marina*, *A. alba*, *Rhizophora mucronata* dan *Nypa fruticans* tetapi jenis mangrove yang mendominasi adalah *A. marina*.

Secara administratif Kecamatan Labuhan Maringgai berbatasan dengan Lampung Utara di sebelah utara, Laut Jawa di sebelah timur, Lampung Selatan di sebelah selatan dan Kota Metro di sebelah barat. Di daerah ini banyak terdapat tambak air payau yang berupa tambak udang windu, ikan bandeng dan nila. Selain itu juga terdapat industri pengolahan produk perikanan seperti: ikan, kepiting dan kerang-kerangan.

Jumlah penduduk Desa Margasari pada tahun 2011 adalah 7.486 jiwa terdiri dari 3.804 jiwa laki-laki dan 3.682 jiwa perempuan. Penduduk Desa Margasari sangat beranekaragam suku bangsa, diantaranya: Suku Jawa, Bugis, Madura, Sunda, Banten dan Suku Minangkabau. Sebagian besar penduduk Desa Margasari bermata pencaharian sebagai petani dan nelayan, serta sebagian kecil lainnya sebagai karyawan, pedagang, wiraswasta, tukang dan buruh tani. Sedangkan jumlah penduduk Desa Sriminosari pada tahun 2011 adalah 6.068 jiwa yang terdiri dari 3.124 jiwa laki-laki dan 2.945 jiwa perempuan. Mata pencaharian penduduk sebagai petani, nelayan, buruh tani, pegawai negeri dan wiraswasta. Umumnya penduduk akan pergi melaut pada saat musim barat dan pada saat musim timur mengerjakan sawah dan ladang.

Pada tahun 1990-an, hutan mangrove di sepanjang Pantai Timur Lampung mengalami kerusakan yang parah, karena konversi hutan menjadi lahan pertambakan, pemukiman dan peruntukan lainnya disamping penebangan liar untuk kayu bakar. Melihat kondisi tersebut dinas terkait melakukan rehabilitasi hutan mangrove yang ada di Pantai Timur Lampung salah satunya di Kecamatan Labuhan Maringgai. Tujuan dari rehabilitasi yang dilakukan yaitu untuk melindungi daerah ini dari ancaman abrasi pantai yang cenderung meningkat karena meningkatnya aktivitas penduduk sekitar untuk memanfaatkan lahan mangrove guna pembuatan lahan tambak baru.

Luas Lampung Mangrove Center sesuai dengan Surat Keputusan Bupati Lampung Timur pada tanggal 23 Desember 2005 adalah seluas 700 ha. Pengelolaan mangrove secara kolaboratif dengan melibatkan Pemerintah Kabupaten Lampung Timur, Universitas Lampung dan masyarakat telah menunjukkan keberhasilan dengan meningkatnya luasan mangrove menjadi 1.000 ha (Syarif 2012). Selain itu, keberhasilan lain yang ditunjukkan, yaitu mendapatkan penghargaan pada tahun 2004 dan tahun 2011 dalam kategori pelestarian hutan mangrove tingkat nasional.

Kondisi dan pola angin di Kecamatan Labuhan Maringgai mengacu pada publikasi tentang kondisi angin di perairan timur Provinsi Lampung yang terdapat pada Peta Cuaca Perairan Indonesia yang diterbitkan DISHIDROS (1992). Pada musim timur (Juni-Agustus) arah angin sangat dominan dari tenggara. Demikian juga sebaliknya, pada musim barat (Desember-Februari) arah angin dominan dari barat dan barat laut. Pada musim peralihan, arah angin relatif bervariasi karena dalam peralihan pergantian arah angin. Penelitian yang dilakukan pada bulan Februari merupakan akhir dari musim barat dan

akan memasuki musim peralihan dimana angin menjadi lemah dan arahnya tidak menentu.

Karakteristik fisika-kimia perairan

Pengukuran parameter fisika-kimia perairan pada setiap sub stasiun dilakukan dengan masing-masing 3 kali pengukuran. Parameter fisika-kimia yang diukur adalah: salinitas, pH, TSS, TOM, DO, suhu, kecerahan dan kecepatan arus. Parameter-parameter tersebut diduga berpengaruh besar terhadap pola penyebaran mangrove, produktivitas serasah dan proses dekomposisi serasah. Nilai rata-rata parameter fisika-kimia perairan di lokasi penelitian disajikan pada Tabel 2.

Suhu perairan LMC berkisar antara 28,35-32,30 °C, dimana pada stasiun 2 memiliki nilai paling rendah sedangkan suhu tertinggi pada stasiun 3, hal ini disebabkan oleh pengukuran temperatur yang dilakukan pada siang hari. Penyebab lainnya adalah wilayah pengambilan data merupakan daerah yang terbuka, sehingga intensitas cahaya yang diterima tinggi.

Menurut Soenardjo (1999) suhu optimum untuk bakteri berkisar 27-36 °C. Kisaran suhu tersebut sangat baik untuk proses penguraian dengan asumsi daun mangrove sebagai dasar metabolisme. Berdasarkan hasil penelitian, temperatur yang diperoleh masih berada dalam kisaran yang baik untuk proses dekomposisi.

Salinitas merupakan faktor lingkungan yang sangat menentukan perkembangan hutan mangrove, terutama bagi laju pertumbuhan, daya tahan dan zonasi spesies mangrove (Aksornkoe 1993). Salinitas terbesar terdapat pada stasiun 3 yaitu 29‰ sedangkan salinitas terkecil terdapat pada stasiun 1 dan 2 yaitu 15,50‰.

Kandungan oksigen terlarut (DO) di lokasi penelitian bervariasi berkisar antara 6,15 sampai dengan 3,05 mg/L. Kandungan oksigen ini tidak terlalu tinggi, yang diduga karena adanya pengaruh proses penguraian serasah di daerah mangrove yang membutuhkan oksigen.

Derajat keasaman (pH) adalah jumlah ion hidrogen yang terdapat pada larutan. Nilai pH di daerah penelitian berkisar antara 7,14-7,52. Nilai tersebut menunjukkan pH yang normal untuk permukaan perairan Indonesia yang pada umumnya berkisar antara 6,0-8,5 (Aksornkoe 1993). Nilai pH tertinggi terdapat pada stasiun 1 yaitu 7,52 sedangkan nilai pH terendah terdapat pada 2 yaitu 7,14. Nilai pH hampir sama dalam setiap stasiun, hal ini diduga karena adanya kesetimbangan antara proses penguraian serasah mangrove yang cenderung menghasilkan kondisi asam dengan pengaruh kapasitas penyangga (*buffer*) oleh garam-garam karbonat dan bikarbonat pada air laut yang lebih basa.

Keberadaan tegakan mangrove secara signifikan dapat mengurangi kecepatan tiupan angin dan kecepatan arus air laut (Aksornkoe 1993). Kecepatan arus sangat bervariasi di setiap stasiun penelitian karena stasiun 1 dan 2 yang terletak di kawasan teluk, sedangkan untuk stasiun 3 berhadapan dengan Laut Jawa yang memiliki arus yang sangat kuat. Kecepatan arus terbesar di stasiun 3 yaitu 1,10 m/det dan paling rendah pada stasiun 2 yaitu 0,40 m/det.

Tabel 2. Nilai rata-rata parameter fisika-kimia perairan Lampung Mangrove Center

| Parameter | Stasiun 1 | Stasiun 2 | Stasiun 3 |
|---------------|-----------|-----------|-----------|
| Suhu (°C) | 31,90 | 28,35 | 32,30 |
| Salinitas (‰) | 15,50 | 15,50 | 29,00 |
| DO (mg/L) | 6,15 | 3,05 | 5,20 |
| pH | 7,52 | 7,14 | 7,46 |
| Arus (m/det) | 0,50 | 0,40 | 1,10 |
| Kecerahan (m) | 0,33 | 0,33 | 0,28 |
| TSS (mg/L) | 48,00 | 29,00 | 35.727,50 |
| TOM (mg/L) | 17,24 | 21,51 | 612,82 |

Kecerahan perairan dipengaruhi langsung oleh partikel yang tersuspensi didalamnya, semakin sedikit partikel yang tersuspensi maka kecerahan air akan semakin tinggi. Kecerdahan sangat rendah karena dipengaruhi oleh substrat perairan yang berupa lumpur. Kecerdahan pada stasiun 1 dan 2 adalah 0,33 m sedangkan yang terendah pada stasiun 3 yaitu 0,28 m.

Kandungan total padatan tersuspensi (TSS) dan bahan organik total (TOM) tertinggi pada stasiun 3 dengan masing-masing nilai 35.727,50 mg/L dan 612,82 mg/L. Tingginya kandungan TSS dan TOM di stasiun 3, dimungkinkan karena pada daerah tersebut cenderung terjadi akumulasi sedimen dan bahan organik baik dari daratan maupun lautan, mengingat stasiun ini dekat dengan pemukiman penduduk dan pelabuhan Way Penet.

Sebaran parameter fisika-kimia perairan

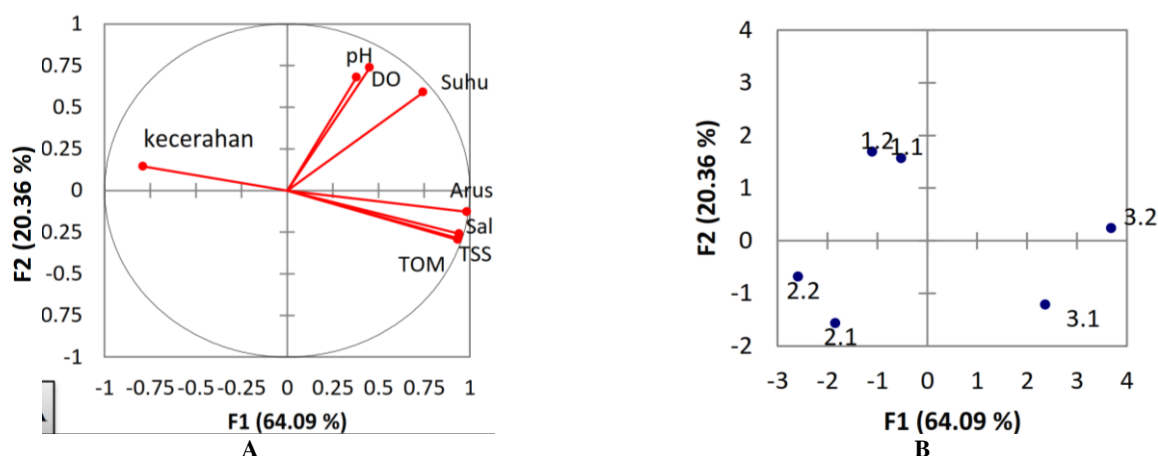
Untuk melihat sebaran karakteristik fisika-kimia perairan secara spesifik dikaji dengan menggunakan analisis komponen utama. Pendekatan PCA tersebut digunakan untuk menampilkan data dalam bentuk grafik dan informasi dalam bentuk matriks data. Berdasarkan analisis data *principal component analysis* diperoleh informasi bahwa kontribusi satu komponen utama terhadap ragam total adalah sebesar 64.10% dan satu komponen utama sebesar 84.40%. Untuk mencapai 100% ragam total maka jumlah komponen utama yang diperlukan adalah sebanyak lima komponen.

Akar ciri dari masing-masing sumbu faktorial berhubungan dengan jumlah inersia dari setiap sumbu. Selanjutnya vektor ciri akan berperan untuk menjelaskan koefisien variabel (pemusatan dan pereduksian) dalam persamaan linear yang mendeterminasikan sumbu-sumbu utama.

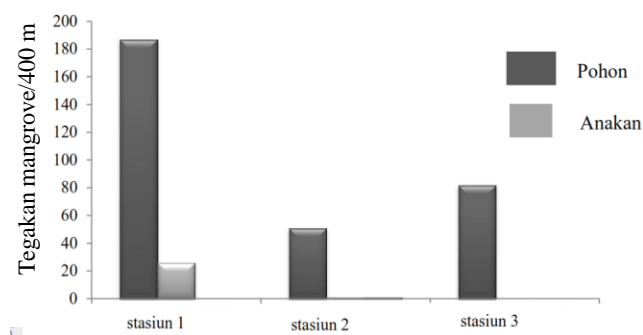
Matriks korelasi data fisika kimia perairan LMC memperlihatkan bahwa ragam pada komponen utama adalah tinggi. Stasiun 3 (3.1 dan 3.2) dan stasiun 2 (2.1 dan 2.2) dikarakteristikan oleh suhu, kecepatan arus, kecerahan, salinitas, TSS dan TOM yang cukup tinggi. Kemudian stasiun 1 (1.1 dan 1.2) dicirikan oleh kandungan DO dan pH. Data hasil *principal component analysis* (PCA).

Gambaran umum kondisi ekosistem mangrove

Data mengenai vegetasi mangrove yang tumbuh di lokasi penelitian diperoleh dari pengamatan langsung dengan pemasangan transek/plot yang disajikan pada Tabel 3.



Gambar 8. Analisis komponen utama karakteristik fisika kimia air. A. Korelasi antar variabel dan sumbu faktorial utama 1 dan 2; B. Sebaran stasiun pada sumbu 1 dan 2 (F1 dan F2)



Gambar 9. Jumlah tegakan vegetasi mangrove setiap stasiun

Tabel. 3 Vegetasi mangrove di setiap stasiun pengamatan

| Stasiun | Kerapatan pohon (100m ²) | Diameter (cm) | Tinggi (m) |
|-----------|--------------------------------------|---------------|------------|
| Stasiun 1 | 32-58 | 0.5-12 | 4-7 |
| Stasiun 2 | 11-15 | 15-20 | 12-15 |
| Stasiun 3 | 14-30 | 12-15 | 9-12 |

Stasiun 1 memiliki kerapatan pohon paling tinggi akan tetapi masih tergolong muda sedangkan stasiun 2 memiliki kerapatan pohon paling rendah dengan pohon yang lebih besar dan tinggi. Stasiun 3 merupakan lokasi mangrove yang terkena abrasi sekitar 25 m ke arah darat. Jumlah tegakan mangrove disajikan pada Gambar 9.

Kerapatan pohon mangrove di LMC memperlihatkan hasil yang berbeda pada setiap stasiun. Stasiun yang mempunyai kerapatan tertinggi adalah stasiun 1 dengan rata-rata kerapatan 46 pohon per 100 m² dan 7 anakan per 100 m² sedangkan rata-rata kerapatan terendah dijumpai di stasiun 2 dengan kerapatan 13 pohon per 100 m². Pada stasiun 3 dengan rata-rata kerapatan 21 per 100 m² banyak ditemukan pohon mangrove yang tumbang. Hal ini disebabkan oleh ketahanan dari *A. marina* yang rendah terhadap pengaruh angin, gelombang dan abrasi yang besar sehingga banyak yang tumbang dan akhirnya mati.

Annas (2004) melakukan penelitian di lokasi hutan mangrove yang sama mendapatkan hasil kerapatan mangrove lebih sedikit yaitu berkisar antara 4 sampai 9 pohon per 100 m². Perbedaan ini menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan jumlah tegakan mangrove di LMC. Selain keberhasilan dalam kegiatan penanaman mangrove, hal lain yang mendukung peningkatan jumlah tegakan adalah ukuran bunga dan propagul dari jenis *A. marina* yang umumnya lebih kecil tetapi memiliki jumlah yang banyak. Masaknya propagula pada *A. marina* terjadi secara serentak selanjutnya digugurkan secara serentak juga. Hal ini sangat berpengaruh terhadap jumlah tegakan mangrove yang tumbuh secara alami.

Pada setiap stasiun pengamatan jenis pohon lebih banyak mendominasi karena hutan mangrove di Kecamatan Labuhan Maringgai sebagian besar merupakan hasil dari rehabilitasi yang dilakukan oleh Dinas Kehutanan dan Perkebunan yang sudah dilakukan sejak tahun 1995. Pada bulan Januari 2012 telah dilakukan juga penanaman mangrove jenis *A. marina* dan *Rhizophora mucronata* seluas 100 Ha.

Produktivitas serasah mangrove

Hasil pengamatan produktivitas serasah mangrove selama 56 hari di setiap stasiun pengamatan menunjukkan produksi serasah yang berbeda-beda. Produktivitas serasah terbesar berasal dari stasiun 2 sebesar 270 g/m²/56 hari kemudian stasiun 3 sebesar 257 g/m²/56 hari dan yang paling sedikit dihasilkan dari stasiun 1 sebesar 233 g/m²/56 hari (Gambar 10).

Perbedaan produksi serasah yang didapat setiap stasiun diakibatkan adanya perbedaan kerapatan, umur dari tumbuhan dan kesuburan yang dapat mempengaruhi secara tidak langsung. Hal ini sesuai dengan pernyataan Moller *in* Soeroyo (2003) bahwa kerapatan pohon mempengaruhi produksi serasah. Semakin tinggi kerapatan pohon, maka semakin tinggi pula produksi serasahnya, begitu juga sebaliknya semakin rendah kerapatan pohon maka semakin rendah produksi serasahnya. Selanjutnya, Soenardjo (1999)

menyatakan bahwa semakin tua tumbuhan maka produksi serasahnya semakin menurun, begitu pula sebaliknya. Selain faktor-faktor tersebut morfologi daun juga mempengaruhi produksi serasah. Daun *A. marina* berbentuk elips dengan panjang daun berkisar antara 5-11 cm.

Produksi serasah *A. marina* yang memiliki umur 6-10 tahun lebih tinggi jika dibandingkan dengan produksi serasah *A. marina* yang berumur 5 tahun (Khoirijon 1990). Stasiun 1 memiliki kerapatan pohon paling tinggi tetapi tergolong masih muda sehingga produksi serasah yang dihasilkan sedikit. Sedangkan stasiun 2 memiliki kerapatan pohon paling rendah tetapi memiliki pohon yang lebih tinggi dan tajuk yang lebih rimbun sehingga produksi serasah yang dihasilkan lebih banyak. Selanjutnya, Chen et al. (2009) menyatakan bahwa jumlah serasah berkorelasi positif dengan struktur hutan mangrove seperti diameter pohon, tinggi pohon dan derajat lintang.

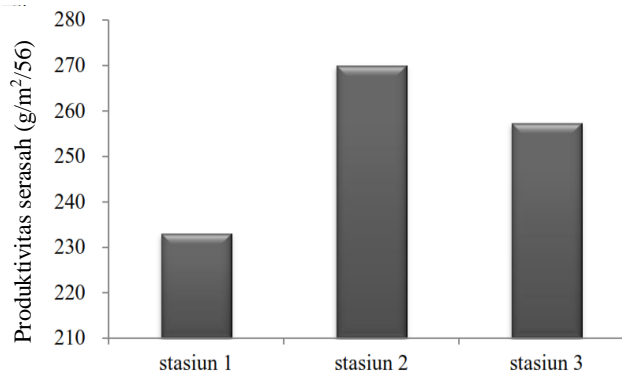
Lugo dan Snedaker (1974) menyatakan bahwa produktivitas tertinggi terdapat pada mangrove yang tumbuh di tempat berunsur hara yang cukup, sering terkena air tawar dan salinitas rendah. Hal ini sesuai dengan lokasi penelitian yang dipengaruhi oleh masukan air tawar dari Kali Kepinding dan memiliki salinitas antara 14-17‰.

Berdasarkan hasil pengukuran serasah *A. marina* selama 56 hari yang tertampung dalam *litter trap* berukuran 1 x 1 m yang dipasang pada setiap sub stasiun, diperoleh serasah mangrove yang terdiri dari serasah daun dan ranting. Produksi serasah yang terbesar adalah serasah daun yang menyumbang sebesar 3,84 g/m²/hari dari rata-rata keseluruhan serasah yang tertampung dalam jaring penampung karena jenis *A. marina* mempunyai ukuran daun yang lebih kecil yang berbentuk elips dan panjang. Produksi serasah mangrove dari daun dan ranting disajikan pada Tabel 4.

Produksi serasah yang terbesar adalah serasah daun hal ini disebabkan oleh periode gugur serasah daun yaitu pada musim kering dan suhu tinggi. Curah hujan Provinsi Lampung pada bulan Februari sampai April tahun 2011 berkisar antara 81,9-370,3 mm, sedangkan untuk suhu udara berkisar antara 26,1-31,0 °C (BPS 2012). Kisaran suhu ini masih berada pada kisaran suhu udara normal di perairan mangrove yang berkisar antara 28,0-31,0 °C (Sidjabat 1973), sehingga suhu tersebut sesuai bagi kehidupan, pertumbuhan serta produksi daun mangrove. Tingginya kontribusi serasah daun dibandingkan organ lain karena secara biologis pembentukan daun lebih cepat dibandingkan organ reproduksi serta ranting dan cabang. Selain itu, daun juga cenderung lebih mudah digugurkan oleh hembusan angin dan terpaan hujan.

Tabel 4. Produksi total serasah *Avicennia marina* di Lampung Mangrove Center

| Stasiun | Total Produksi Serasah (g/m ² /hari) | | |
|-----------|---|---------|-------|
| | Daun | Ranting | Total |
| Stasiun 1 | 3,56 | 0,60 | 4,16 |
| Stasiun 2 | 4,16 | 0,66 | 4,82 |
| Stasiun 3 | 3,79 | 0,81 | 4,60 |
| Rata-rata | 3,84 | 0,69 | 4,53 |



Gambar 10. Produktivitas serasah setiap stasiun selama 56 hari

Pada lokasi penelitian tidak ditemukan organ buah/bunga dari *A. marina* karena pada waktu dilakukan penelitian bulan Februari-April tanaman mangrove ini tidak dalam masa reproduksi. Hasil ini berbeda dengan Annas (2004) yang mendapatkan produksi serasah dari organ bunga dan buah paling besar yaitu 1,09 g/m²/hari. Hal ini disebabkan oleh periode biologi yang lebih singkat terutama pada saat-saat musim hujan dan musim tanaman berbunga. Musim berbuah/berbunga terjadi pada bulan November-Desember dimana pada bulan ini kecepatan angin relatif rendah dan angin didominasi dari arah barat sehingga pada musim ini merupakan musim hujan dan bagi sebagian tanaman musim ini adalah musim berbunga dan menggugurkan organ reproduksinya (Soenardjo 1999).

Ellison dan Simmonds (2003) menyatakan bahwa produksi serasah *A. marina* minimum terjadi pada musim dingin (Juni-September), sedangkan produksi maksimum terjadi pada musim semi (Agustus-Desember). Produksi serasah berkisar 3-4 g/m²/hari dengan penyumbang terbesar berasal dari buah pada awal musim panas (Maret-Juni), sedangkan jumlah minimum berasal dari daun pada musim dingin (Juni-September). Produksi serasah daun maksimum terjadi pada musim semi.

Lampung Mangrove Center menghasilkan rata-rata serasah sebesar 4,53 gram/m²/hari, kondisi tersebut memberikan produktivitas serasah cukup tinggi bila dibandingkan dengan beberapa lokasi mangrove lainnya. Hal ini dikarenakan kondisi mangrove di lokasi penelitian memiliki kerapatan yang tinggi pula, selain itu dari hasil pengamatan diketahui bahwa pohon lebih mendominasi dibanding anakan dan semai sehingga menghasilkan jumlah serasah yang lebih banyak.

Soenarjo (1999) melakukan penelitian di Kaliuntu dengan jenis mangrove *Rhizophora apiculata*, *R. mucronata* dan *A. marina* mendapatkan produksi serasah sebesar 2,08 gram/m²/hari. Hutan mangrove yang terdapat di daerah ini merupakan hasil reboisasi dari kelompok tani nelayan setempat pada tahun 1976 dengan luas sekitar 4 ha. Rendahnya produksi serasah yang dihasilkan diduga karena kerapatan mangrove yang rendah yaitu 5-12 pohon per 100 m².

Indriani (2008) melakukan penelitian produksi serasah dari *A. marina* di Desa Lontar mendapatkan produksi serasah sebesar 4,93 gram/m²/hari. Hasil ini tidak jauh

berbeda jika dibandingkan dengan produksi serasah LMC, perbedaan ini disebabkan oleh faktor cuaca antara lain hujan dan kecepatan angin. Hal ini sejalan dengan pendapat Khairijon (1990) menyatakan bahwa produksi serasah tertinggi terjadi pada saat musim hujan atau pada saat curah hujan tinggi. Selanjutnya, Cuevas dan Sajise (1978) menyatakan bahwa terdapat hubungan positif antara kecepatan angin dengan produksi serasah. Bila kecepatan angin tinggi maka produksi yang dihasilkan tinggi pula.

Lampung Mangrove Center menghasilkan rata-rata serasah sebanyak 4,53 g/m²/hari yang berasal dari serasah daun dan ranting. Gambaran produktifitas serasah LMC

diantara beberapa kawasan hutan mangrove lain disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 menunjukkan perbedaan produksi serasah di beberapa kawasan mangrove berbeda, jenis *Avicennia* spp menghasilkan produksi serasah berkisar 0,35-6,20 g/m²/hari sedangkan jenis *Rhizophora* spp berkisar 0,35-5,94 g/m²/hari. Perbedaan jumlah produksi serasah yang dihasilkan berbagai jenis mangrove dimungkinkan oleh faktor lingkungan seperti iklim dan derajat lintang. Selain faktor tersebut, ketipisan tajuk dan morfologi daun juga ikut menentukan besar kecilnya jumlah serasah yang dihasilkan, semakin tipis penutupan tajuk maka semakin kurang produksi serasah (Soerojo 1986).

Tabel 5. Produktifitas serasah mangrove di beberapa lokasi penelitian

| Lokasi penelitian | Jenis mangrove | Produksi serasah (g/m ² /hari) | Sumber |
|--|--|---|---------------------------------|
| Matang, Malaysia | <i>R. apiculata</i> dan <i>Bruguiera</i> spp | 2,80 | Eong et al. (1982) |
| Tuff Crater, Auckland | <i>A. marina</i> | 1,33 | Woodroffe (1982) |
| Segara Anakan, Cilacap | <i>R. mucronata</i> dan <i>A. marina</i> | 4,12 | Khairijon (1990) |
| Karachi, Pakistan | <i>A. marina</i> | 1,35 | Siddiqui dan Qasim (1990) |
| Taman Nasional Ujung Kulon | <i>R. apiculata</i> dan <i>S. alba</i> | 3,43 | Soemodihardjo (1992) |
| Queensland, Australia | <i>A. marina</i> | 3,20 | Mackey dan Smail (1995) |
| Likupang, Minahasa | <i>S. apiculata</i> | 2,96 | Djamaluddin (1995) |
| | <i>S. caseolaris</i> | 2,85 | |
| Teluk Benoa, Bali | <i>R. apiculata</i> | 3,81 | Kitamura (1997) |
| Teluk Bintuni, Papua | <i>Rhizophora</i> spp dan <i>Bruguiera</i> spp | 3,04 | Pribadi (1998) |
| Corniche Selatan, Jeddah, Saudi Arabia | <i>A. marina</i> | 1,51 | Mandura (1998) |
| Al-Khor, Qatar | <i>A. marina</i> | 6,20 | Hegazy (1998) |
| Suaka Margasatwa Sembilang, Sumatera Selatan | <i>X. granatum</i> ; <i>B. apiculata</i> ; <i>R. apiculata</i> ; <i>R. mucronata</i> | 4,18 | Kuriandewa (1998) |
| Futian, China | <i>A. corniculatum</i> | 4,27 | Tam et al. 1998) |
| Kaliuntu, Rembang | <i>Rhizophora</i> spp., <i>A. marina</i> | 2,08 | Soenarjo (1999) |
| Peninsular, Malaysia | <i>R. mucronata</i> dan <i>R. apiculata</i> | 2,79 | Asthon et al. (1999) |
| Telaga Macleod, Australia Barat | <i>A. marina</i> | 2,34 | Ellison dan Simmonds (2003) |
| Labuhan Maringgai, Lampung | <i>A. marina</i> | 1,36 | Annas (2004) |
| Kabupaten Berau, Kalimantan Timur | <i>Rhizophora</i> spp dan <i>A. marina</i> | 1,40 | Wibisana (2004) |
| Pulau Untung Jawa, Kepulauan Seribu | <i>R. mucronata</i> | 1,65 | Handayani (2004) |
| Pulau Gili Sulat, Nusa Tenggara Barat | <i>R. apiculata</i> dan <i>B. gymnorrhiza</i> | 5,94 | Munir (2004) |
| California, Mexico | <i>A. germinans</i> | 0,62 | Arreola-Lizarraga et al. (2004) |
| Okinawa, Jepang | <i>B. gymnorrhiza</i> , <i>K. candel</i> , <i>R. stylosa</i> | 3,65 | Mfilinge et al. (2005) |
| Natal, Brazil | <i>R. mangle</i> | 4,49 | Ramos et al. (2006) |
| Tanjung Api-api, Sumatera Selatan | <i>A. marina</i> dan <i>S. caseolaris</i> | 2,99 | Ulqodry (2008) |
| Desa Lontar, Banten | <i>A. marina</i> | 4,93 | Indriani (2008) |
| Blanakan, Subang | <i>R. apiculata</i> | 2,38 | Siarudin dan Rachman (2008) |
| | <i>A. marina</i> | 1,81 | |
| Pantai Teluk Sepi, Lombok Barat | <i>R. mucronata</i> dan <i>A. lanata</i> | 2,71 | Zamroni dan Rohyani (2008) |
| Kecamatan Gending, Probolinggo | <i>R. mucronata</i> | 1,93 | Harahab (2009) |
| Shenzhen, China | <i>S. caseolaris</i> | 5,51 | Chen et al. (2009) |
| Rio De Janeiro, Brazil | <i>A. germinans</i> | 4,56 | Bernini dan Rezende (2010) |
| | <i>L. racemosa</i> | 4,49 | |
| | <i>R. mangle</i> | 5,33 | |
| Pulau Panjang, Banten | <i>S. alba</i> ; <i>R. apiculata</i> ; <i>R. stylosa</i> ; <i>B. gymnorrhiza</i> ; <i>A. alba</i> ; <i>L. racemosa</i> ; <i>A. floridum</i> | 0,35 | Lestarina (2011) |
| Nguling, Pasuran | <i>R. mucronata</i> | 2,81 | Mahmudi et al. (2011) |
| Pelabuhan Darwin, Australia Utara | <i>S. alba</i> | 1,82 | Metcalfe et al. (2011) |
| LMC, Lampung | <i>A. marina</i> | 4,53 | Penelitian ini |

Selanjutnya, Bernini dan Rezende (2010) menyatakan bahwa ada korelasi positif antara produksi serasah dengan faktor lingkungan yaitu curah hujan, suhu dan kecepatan angin. Mfilinge et al. (2005) menyatakan bahwa badai atau angin topan juga akan meningkatkan jumlah produksi serasah. Selain itu, jenis mangrove dan masukan bahan organik dari sungai juga akan mempengaruhi kesuburan sehingga akan meningkatkan jumlah jatuhnya serasah (Lopez-Portilho dan Ezcurra 1985).

Dekomposisi serasah mangrove

Guguran daun mangrove yang terperangkap di sekitar ekosistem mangrove membutuhkan waktu yang lama untuk terdekomposisi. Lamanya waktu yang dibutuhkan dipengaruhi oleh berbagai faktor, misalnya jenis mangrove, jenis substrat dan parameter kualitas perairan (biologis, fisika dan kimia). Sejalan dengan itu Smith (1980) menyebutkan bahwa proses dekomposisi adalah gabungan dari proses fragmentasi, perubahan struktur fisik dan kegiatan enzim yang dilakukan oleh dekomposer yang merubah bahan organik menjadi senyawa anorganik.

Pada penelitian ini, waktu pengamatan terhadap dekomposisi serasah hanya dilakukan selama 56 hari. Dari semua lokasi penelitian tidak ada stasiun yang serasah daunnya mengalami dekomposisi 100%. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Sediadi dan Pramudji (1987) bahwa serasah mangrove dari jenis *A. marina* membutuhkan waktu selama 182 hari untuk terurai secara sempurna. Sedangkan Soerojo (1986) menyatakan bahwa serasah dari jenis mangrove *R. apiculata* membutuhkan waktu 132 hari untuk terurai secara sempurna atau 100%. Berat kering dari sisa serasah daun mangrove yang terdekomposisi selama 56 hari disajikan dalam Gambar 11.

Berat kering sisa serasah daun yang paling banyak pada hari ke 56 adalah stasiun 3 yaitu sebesar 5 g dan paling sedikit adalah stasiun 1 sebanyak 2,5 g. Bobot kering dari sisa serasah daun mangrove menjelaskan bahwa proses dekomposisi pada stasiun 3 lebih rendah bila dibandingkan dengan stasiun yang lainnya.

Stasiun 1 yang terletak di Muara Kali Kepinding mengalami proses dekomposisi paling cepat karena adanya asupan air tawar dan lama waktu pasang surut. Pada saat pengambilan sampel pada bulan Februari, lokasi ini sedang mengalami pasang pada pagi hari hingga menjelang siang dan baru surut sore hari dan pada saat pengambilan sampel pada bulan April mengalami pasang pada sore hari hingga menjelang malam dan baru surut pagi hari. Stasiun 3 mengalami proses dekomposisi paling lama karena waktu terkena pasang surut hanya terjadi pada saat pasang tertinggi yaitu pada musim timur sekitar bulan Mei-Juni.

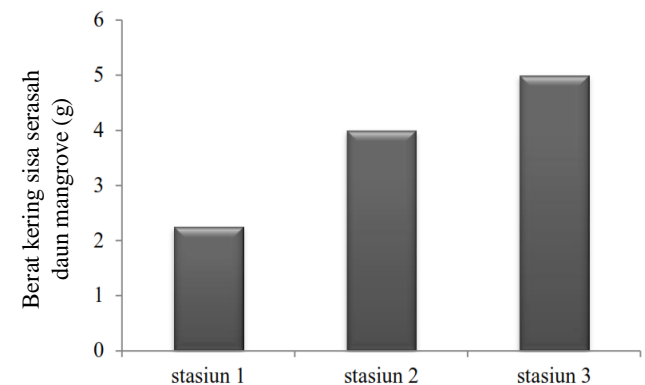
Penguraian erat kaitannya dengan kerapatan, stasiun 1 memiliki kerapatan paling tinggi mengakibatkan cahaya yang masuk ke lantai hutan relatif rendah sehingga proses penguraian akan berlangsung cepat. Rata-rata laju dekomposisi serasah daun mangrove disajikan pada Tabel 6. Tabel 6 menunjukkan bahwa laju dekomposisi serasah daun tertinggi terjadi pada 14 hari pertama, hal ini terjadi pada semua stasiun penelitian. Laju dekomposisi tertinggi terjadi pada tahap awal, hal ini diduga berhubungan erat dengan kehilangan bahan organik dan organik yang mudah

larut (pelindihan) dan juga hadirnya mikroorganisme yang berperan dalam perombakan beberapa zat yang terkandung dalam serasah daun mangrove. Hal ini sejalan dengan Hodgkiss dan Leung (1986) bahwa aktivitas enzim selulolitik fungi (*funggal cellulytic enzym*) yang paling tinggi terjadi di saat awal dekomposisi. Estimasi laju dekomposisi serasah daun mangrove diperkirakan akan terdekomposisi 100% pada hari ke 70 (Gambar 12).

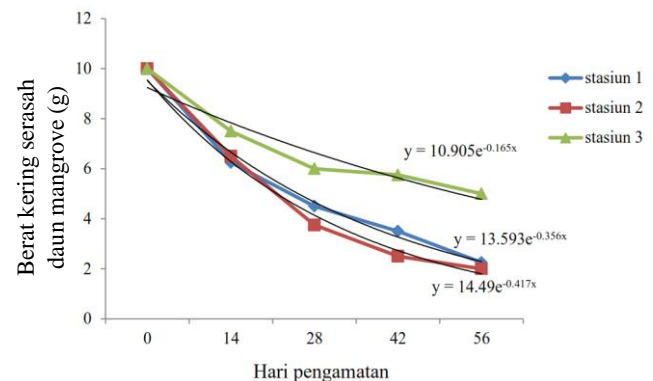
Penguraian atau penyederhanaan kandungan organik daun mangrove mudah terjadi ketika serasah gugur dan terperangkap di ekosistem mangrove. Bahan-bahan organik yang terdapat di dalam serasah akan dikonsumsi oleh dekomposer. Aktivitas tertinggi dari enzim selulolitik fungi terjadi pada awal proses dekomposisi. Laju dekomposisi serasah daun pada hari ke-28 sampai hari ke-42 berkisar 0,196-0,103 g/hari. Sedangkan untuk hari ke-56 terjadi penurunan terhadap laju dekomposisi. Hal ini disebabkan oleh menurunnya bahan-bahan organik dan kandungan nitrogen yang terdapat dalam sisa daun.

Tabel 6. Rata-rata laju dekomposisi serasah daun mangrove secara berkala

| Stasiun | Rata-rata laju dekomposisi serasah (g/hari) | | | |
|-----------|---|------------|------------|------------|
| | Hari ke-14 | Hari ke-28 | Hari ke-42 | Hari ke-56 |
| Stasiun 1 | 0,268 | 0,196 | 0,155 | 0,134 |
| Stasiun 2 | 0,179 | 0,143 | 0,119 | 0,107 |
| Stasiun 3 | 0,175 | 0,143 | 0,103 | 0,090 |



Gambar 11. Bobot kering sisa serasah daun mangrove pada 3 stasiun penelitian setelah 56 hari



Gambar 12. Estimasi laju dekomposisi serasah daun mangrove 100%

Dekomposisi sempurna membutuhkan waktu beberapa minggu bahkan ada pula yang sampai bertahun-tahun. Ulqodry (2008) mendapatkan rata-rata laju dekomposisi pada 14 hari pertama berkisar 0,563-0,601 g/hari, sedangkan Lestarina (2011) mendapatkan rata-rata laju dekomposisi pada 14 hari pertama berkisar 0,415-0,420 g/hari. LMC memiliki rata-rata laju dekomposisi serasah daun mangrove pada 14 hari pertama berkisar antara 0,268-0,175 g/hari.

Faktor yang mempengaruhi laju dekomposisi adalah faktor lingkungan perairan (temperatur, salinitas dan pH) dan faktor lingkungan substrat (fraksi substrat dan mikroorganisme substrat/dekomposer). Di lokasi penelitian kisaran temperatur perairan antara 28-32 °C, hal ini menunjukkan bahwa laju dekomposisi di setiap stasiun cukup tinggi. Manan (1978) menyatakan bahwa lingkungan yang selalu basah dan lembab serta suhu yang selalu tinggi sepanjang tahun, menyebabkan proses dekomposisi serasah hutan mangrove berlangsung sangat cepat, sehingga proses humifikasi (pembentukan humus) segera dilanjutkan dengan proses mineralisasi. Batasan temperatur optimum untuk bakteri berkisar 27-36 °C, yang sangat berpengaruh bagi penguraian serasah mangrove dengan asumsi daun mangrove sebagai dasar metabolisme. Faktor lain yang mempengaruhi laju dekomposisi adalah kerapatan dan pengaruh arus pasang (Soenardjo 1999).

Laju dekomposisi serasah (*litterfall decomposition rate*) untuk mangrove lebih tepat dikatakan sebagai laju kehilangan serasah (*litterfall loss-rate*), karena adanya proses pemindahan komponen serasah oleh arus pasang (Priadi 1998). Di perairan proses dekomposisinya dibantu oleh mekanisme fisik yakni pergerakan arus pasang dan penggenangan oleh air laut yang lebih lama. Mason (1977) menyatakan bahwa mekanisme hilangnya bahan-bahan yang dapat larut dari serasah (*leaching*) dapat disebabkan adanya hujan atau aliran air tawar. Selain itu penguraian serasah juga dapat disebabkan oleh pengikisan serasah oleh pergerakan gelombang. Lingkungan yang selalu basah dan lembab menyebabkan proses dekomposisi serasah berlangsung cepat (Manan 1978).

Waktu pelepasan bahan organik dari ekosistem mangrove tergantung pada laju dekomposisi serasah mangrove yang tergantung pada tingkat dan frekuensi penggenangan pasang surut, ketersediaan oksigen, suhu, spesies mangrove dan keberadaan hewan yang mengkonsumsi serasah di dalam hutan (Nga et al. 2005).

Ada 3 tahap dalam proses dekomposisi serasah (Mason 1977) yaitu: (i) Proses pelindihan (*leaching*), yaitu mekanisme hilangnya bahan-bahan yang terdapat pada serasah atau detritus akibat curah hujan atau aliran air. (ii) Penghawaan (*wathering*), merupakan mekanisme pelapukan oleh faktor-faktor fisik seperti pengikisan oleh angin atau pergerakan molekul air. (iii) Aktivitas biologi yang menghasilkan pecahan-pecahan organik oleh makhluk hidup yang melakukan dekomposisi.

Produksi potensial bahan organik (C, N dan P)

Lampung Mangrove Center memiliki produksi potensial bahan organik serasah yang dapat dimanfaatkan

masing-masing sebesar 0,76164 g-C/m²/hari; 0,00628 g-N/m²/hari; 0,00331 g-P/m²/hari. Besarnya produksi potensial bahan organik serasah atau potensi bahan organik yang dapat dimanfaatkan di LMC disajikan pada Tabel 7.

Kandungan bahan organik serasah pada stasiun 1 menunjukkan nilai yang paling tinggi dibandingkan stasiun lain yaitu 1,21890 g-C/m²/hari; 0,00938 g-N/m²/hari; 0,00520 g-P/m²/hari, hal ini disebabkan oleh substrat mangrove di stasiun 1 lebih banyak mendapatkan bahan organik dari kolom air melalui mekanisme pasang surut yang selanjutnya akan dimanfaatkan oleh tumbuhan mangrove hingga terjadinya guguran serasah (Saparinto 2007). Eong et al. (1982) mengemukakan bahwa bahan organik yang ada di dalam kolom air juga dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan mangrove melalui penetrasi air laut yang juga mengandung bahan organik di saat pasang. Gambaran kontribusi potensial bahan organik serasah mangrove di beberapa kawasan mangrove lain pada Tabel 8.

Kandungan bahan organik karbon (C) pada serasah mangrove jauh lebih besar dari kandungan nitrogen (N) maupun fosfor (P). Arief (2003) menyatakan bahwa pada daun *A. marina* mengandung bahan organik karbon 47,93%, nitrogen 0,35%, fosfor 0,083%, kalium 0,81% dan magnesium 0,49% sedangkan daun *R. apiculata* mengandung bahan organik karbon 50,83%, nitrogen 0,83%, fosfor 0,025%, kalium 0,35%, kalsium 0,75% dan magnesium 0,80%.

Kandungan bahan organik (C, N dan P) pada air laut

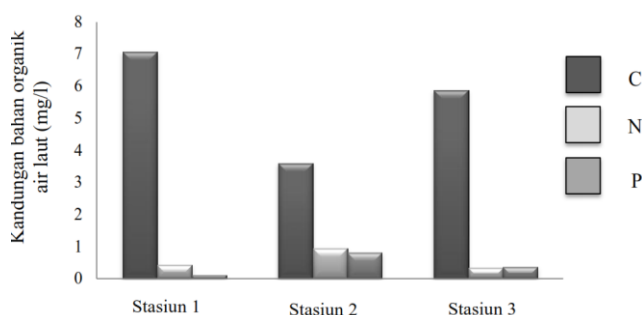
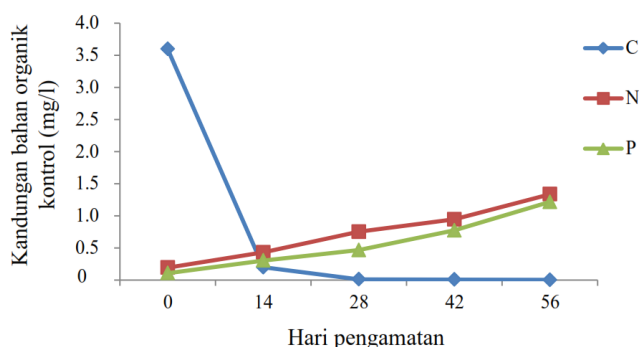
Pengambilan sampel air laut bertujuan melihat kandungan bahan organik pada air laut. Kandungan bahan organik pada air laut disajikan pada Gambar 13. Kandungan bahan organik C di perairan LMC (3,600-7,080 mg/L) adalah lebih tinggi bila dibandingkan dengan kandungan bahan organik C pada kolom air daerah laut lepas, tetapi lebih rendah dibandingkan dengan kolom air daerah rawa. Stumm dan Morgan (1970) menyatakan bahwa kandungan karbon air laut berkisar antara 0,5-1,2 mg/L. Kandungan bahan organik N di perairan LMC berkisar 0,340-0,951 mengidentifikasi bahwa perairan ini termasuk kategori perairan dengan kesuburan sedang. Klasifikasi kesuburan perairan ditinjau dari nilai total nitrogen menurut EPA (2002) adalah 0,00-0,50 mg/L tergolong rendah, 0,50-1,00 mg/L tergolong sedang dan di atas 1,00 mg/L tergolong tinggi.

Tabel 7. Produksi potensial bahan organik serasah Lampung Mangrove Center

| Stasiun | Produksi potensial bahan organik serasah (g/m ² /hari) | | |
|-----------|---|---------|---------|
| | C | N | P |
| Stasiun 1 | 1,21890 | 0,00938 | 0,00520 |
| Stasiun 2 | 0,78242 | 0,00775 | 0,00386 |
| Stasiun 3 | 0,28360 | 0,00169 | 0,00085 |
| Rata-rata | 0,76164 | 0,00628 | 0,00331 |

Tabel 8. Kontribusi produksi potensial bahan organik serasah Lampung Mangrove Center dan beberapa kawasan mangrove lain

| Lokasi | Jenis mangrove | Produksi potensial bahan organik serasah (g/m ² /hari) | | | Sumber |
|-----------------------------------|--|---|--------|--------|-----------------------|
| | | C | N | P | |
| Matang, Malaysia | <i>R. apiculata</i> | - | 0,0128 | 0,0013 | Khoon et al. 1984 |
| Calatagan, Filipina | <i>R. apiculata</i> dan <i>A. marina</i> | 1,38 | - | - | Fortes (1982) |
| Likupang, Minahasa | <i>S. apiculata</i> dan <i>S. caseolaris</i> | - | 0,0029 | 0,0004 | Djamaluddin (1995) |
| Teluk Bintuni, Papua | <i>Rhizophora</i> spp dan <i>Bruguiera</i> spp | - | 0,0658 | 0,0017 | Pribadi (1998) |
| Potengi, Brazil | <i>R. mangle</i> | - | 0,0004 | 0,0001 | Silva et al. 2007 |
| Tanjung Api-api, Sumatera Selatan | <i>A. marina</i> dan <i>S. caseolaris</i> | 0,7880 | 0,0225 | 0,0022 | Ulqodry (2008) |
| Kecamatan Gending, Probolinggo | <i>Rhizophora</i> spp | - | 0,0061 | 0,0030 | Harahab (2009) |
| Nguling, Pasuruan | <i>R. apiculata</i> | 0,0688 | 0,0014 | 0,0001 | Mahmudi (2010) |
| Gujarat, India | <i>A. marina</i> | - | 0,0153 | 0,0034 | Kumar et al. 2011 |
| Pulau Panjang, Banten | <i>S. alba</i> ; <i>R. apiculata</i> ; <i>R. stylosa</i> ; <i>B. gymnorhiza</i> ; <i>A. alba</i> ; <i>L. racemosa</i> ; <i>A. floridum</i> | 0,5280 | 0,0035 | 0,0007 | Lestarina (2011) |
| LMC, Lampung | <i>A. marina</i> | 0,7616 | 0,0063 | 0,0033 | Penelitian ini |

**Gambar 13.** Kandungan bahan organik (C, N dan P) air laut setiap stasiun pengamatan**Gambar 14.** Kandungan bahan organik kontrol (C, N dan P) air laut

Kesuburan perairan LMC dapat dilihat dari kandungan bahan organik P yang tinggi berkisar antara 0,108-0,816 mg/L. EPA (2002) membagi kategori kesuburan perairan berdasarkan total fosfor yakni kurang dari 0,05 mg/L tergolong rendah, 0,05-0,1 mg/L tergolong sedang dan di atas 0,1 mg/L tergolong tinggi.

Kesuburan perairan LMC tidak terlepas dari peranan hutan mangrove melalui jumlah produksi serasahnya. Serasah mangrove yang mengandung bahan organik C, N dan P yang tinggi setelah mengalami dekomposisi oleh bakteri dan jamur akan meningkatkan kesuburan perairan. Hal ini menjadikan hutan mangrove sebagai mata rantai

siklus bahan organik yang sangat penting artinya bagi organisme perairan. Hal ini sejalan dengan Saparinto (2007) menyatakan bahwa tingginya bahan organik di perairan hutan mangrove, memungkinkan sebagai tempat pemijahan, pengasuhan dan pembesaran atau mencari makan dari beberapa ikan atau hewan-hewan air tertentu. Sehingga di dalam hutan mangrove terdapat sejumlah besar hewan-hewan air seperti: kepiting, moluska dan invertebrata yang hidupnya menetap di kawasan hutan mangrove.

Pada Gambar 14 terlihat bahwa sampel bahan organik kontrol dengan penambahan waktu pengamatan menunjukkan peningkatan nilai N dan P, sebaliknya terjadi penurunan kadar C. Kandungan bahan organik C pada awal pengamatan atau hari ke-0 yaitu 3,600 mg/L akan tetapi pada hari ke-56 turun menjadi 0,004 mg/L. Sedangkan kandungan bahan organik N mengalami peningkatan, pada hari ke-0 yaitu 0,195 mg/L dan pada hari ke-56 sebesar 1,338 mg/L. Selanjutnya, kandungan bahan organik P juga mengalami peningkatan hari ke-0 yaitu 0,108 mg/L dan pada hari ke-56 sebesar 1,218 mg/L. Greenway (1994) menjelaskan bahwa kandungan bahan organik karbon pada serasah daun mangrove menurun seiring dengan penurunan ukuran partikel-partikel serasah, sedangkan kandungan nitrogen dan fosfor meningkat. Kandungan bahan organik C berkurang karena dimanfaatkan oleh mikroorganisme untuk proses metabolisme sedangkan kandungan N dan P meningkat karena hasil dekomposisi serasah.

Keterkaitan antar parameter

Produktivitas serasah dan laju dekomposisi serasah daun mangrove serta produksi potensial unsur hara (C, N dan P) di perairan LMC selain dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti angin, hujan, pemangsaan serasah oleh organisme laut disekitar mangrove juga sangat dipengaruhi oleh karakteristik lingkungan dalam hal ini kondisi fisika kimia perairan dan juga adanya faktor biologi dari mangrove itu sendiri seperti kerapatan, umur, diameter dan tinggi pohon. Keterkaitan produksi dan laju dekomposisi serasah dengan karakteristik fisika kimia perairan dan biologi mangrove disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Keterkaitan produksi dan laju dekomposisi serasah dengan karakteristik fisika kimia perairan dan biologi mangrove

| Parameter | Stasiun 1 | Stasiun 2 | Stasiun 3 |
|--|-----------|-----------|-----------|
| Fisika-kimia | | | |
| -Suhu ($^{\circ}\text{C}$) | 31,90 | 28,35 | 32,30 |
| -Salinitas (‰) | 15,50 | 15,50 | 29,00 |
| -DO (mg/L) | 6,15 | 3,05 | 5,20 |
| -pH | 7,52 | 7,14 | 7,46 |
| -Arus (m/det) | 0,50 | 0,40 | 1,10 |
| -Kecerahan (m) | 0,33 | 0,33 | 0,28 |
| -TSS (mg/L) | 48,00 | 29,00 | 35.727,50 |
| -TOM (mg/L) | 17,24 | 21,51 | 612,82 |
| Vegetasi mangrove | | | |
| -Kerapatan (phn/100 m ²) | 32-58 | 11-15 | 14-30 |
| -Diameter (cm) | 0,5-12 | 15-20 | 12-15 |
| -Tinggi (m) | 4-7 | 12-15 | 9-12 |
| Produksi serasah (g/m²/hari) | | | |
| -Laju dekomposisi (g/hari) | 4,16 | 4,82 | 4,60 |
| -Sisa bobot kering serasah (g) | 0,134 | 0,107 | 0,090 |
| -Sisa bobot kering serasah (g) | 2,5 | 4 | 5 |
| Bahan organik (C, N dan P) | | | |
| -Karbon (C) | 1,21890 | 0,00938 | 0,00520 |
| -Nitrogen (N) | 0,78242 | 0,00775 | 0,00386 |
| -Fosfor (P) | 0,28360 | 0,00169 | 0,00085 |

Stasiun 1 memiliki kerapatan, laju dekomposisi serta kandungan bahan organik paling besar, akan tetapi menghasilkan produksi serasah mangrove paling sedikit. Hal ini disebabkan tumbuhan mangrove di stasiun 1 memiliki umur yang masih muda dengan tinggi 4-7 m dengan diameter 0,5-12 cm. Jenis mangrove yang sama dengan umur berbeda akan memiliki laju produksi serasah yang berbeda pula. Menurut Bunyavejchewin dan Nuyim (2001), mangrove jenis *R. apiculata* memiliki serasah daun yang lebih banyak pada jenis mangrove yang lebih tua atau optimum. Apabila umur mangrove melebihi titik optimum, maka serasah yang jatuh akan berkurang, karena pada batang mangrove tua, bagian dalamnya mulai keropos sehingga tajuk pohon mulai menyempit, dan produksi serasah berkurang. Penelitian Sediadi dan Pramudji (1987) pada tegakan *Rhizophora* spp menunjukkan jumlah jatuhnya serasah meningkat secara nyata sesuai dengan pertambahan umur dan jumlah maksimum akan didapat pada usia 10 tahun, dikatakan bahwa tegakan di atas 10 tahun tidak menghasilkan perbedaan nyata.

Stasiun 1 terletak di Muara Kali Kepinding banyak mendapatkan masukan bahan organik dari kolom perairan melalui mekanisme pasang surut. Selain itu, akar mangrove *A. marina* berfungsi sebagai perangkap sedimen sehingga pada stasiun ini banyak terbentuk delta dan akhirnya menjadi substrat untuk tumbuhnya mangrove. Tingginya pengendapan lumpur di stasiun ini menyebabkan stasiun ini memiliki kerapatan mangrove yang tinggi pula. Selanjutnya Bengen (2004) menyatakan bahwa mangrove banyak dijumpai di wilayah pesisir yang memiliki muara sungai besar dan delta yang aliran airnya banyak mengandung lumpur. Sedangkan di wilayah pesisir yang

tidak bermuara sungai, pertumbuhan vegetasi mangrove tidak optimal. Mangrove sulit tumbuh di wilayah pesisir yang terjal dan berombak besar dan arus pasang surut kuat, karena kondisi ini tidak memungkinkan terjadinya pengendapan lumpur yang diperlukan sebagai substrat bagi pertumbuhannya.

Rata-rata laju dekomposisi serasah daun mangrove terendah diperoleh dari stasiun 3 yaitu 0,090 g/hari, indikator lain yang dapat digunakan untuk melihat laju dekomposisi adalah bobot kering sisa daun mangrove, dimana pada stasiun 3 diperoleh bobot kering sisa yang paling banyak yaitu seberat 5 g. Kondisi tersebut karena pada stasiun 3 waktu terkena pasang surut hanya pada pasang tertinggi yaitu pada musim timur sekitar bulan Mei-Juni. Kemudian kondisi stasiun ini juga memiliki karakteristik perairan dengan nilai salinitas dan arus yang lebih tinggi dibandingkan dengan stasiun lainnya.

Wijiyono (2009) menyatakan bahwa terdapat perbedaan dalam proses laju dekomposisi pada tingkat salinitas yang berbeda, dimana ditemukan jenis dan jumlah bakteri yang berbeda pada tingkat salinitas berbeda. Jumlah koloni bakteri rata-rata pada serasah daun *A. marina* yang mengalami proses dekomposisi pada tingkat salinitas 10-20‰ merupakan jumlah tertinggi dibanding dengan kontrol dan 0-10‰, 20-30‰ dan >30‰. Banyaknya jumlah bakteri pada salinitas tingkat 10-20‰ menunjukkan bahwa setiap mikroorganisme memiliki toleransi terhadap salinitas. Pada serasah daun *A. marina* yang ditempatkan pada tingkat salinitas 10-20‰ merupakan lingkungan yang mendukung bakteri untuk tumbuh dan berkembang menghadapi fluktuasi pasang surut air laut. Bakteri pada tingkat salinitas ini mampu beradaptasi dengan cara memberikan efek tekanan osmotik dalam sel yang cenderung mendekati kandungan garam lingkungan. Menurut Stanley dan Morita (1968) adanya tekanan osmotik sel berhubungan dengan salinitas yang selanjutnya mempengaruhi terhadap suhu pertumbuhan bakteri.

Produksi potensial bahan organik paling tinggi berasal dari stasiun 1, meskipun jumlah produksi serasahnya lebih sedikit akan tetapi produksinya tidak jauh berbeda dibandingkan stasiun lain. Selain itu, laju dekomposisi serasah pada stasiun 1 paling cepat sehingga menyumbang bahan organik lebih tinggi. Tingginya bahan organik di stasiun 1 diduga menunjang pertumbuhan mangrove, selain itu didukung juga oleh letak stasiun 1 yang berada di Muara Kali Kepinding yang banyak mendapatkan masukan bahan organik serta berfungsinya akar mangrove sebagai perangkap sedimen yang akhirnya menjadi substrat untuk tumbuhnya mangrove.

Evaluasi pengelolaan ekosistem mangrove

Pengelolaan Lampung Mangrove Center (LMC) bersifat kolaboratif dengan melibatkan tiga pihak yaitu Universitas Lampung, pemerintah Kabupaten Lampung Timur dan masyarakat. Universitas Lampung bekerjasama dengan masyarakat serta pemerintah kabupaten Lampung Timur dalam mengatasi kerusakan hutan mangrove dengan mendirikan suatu pusat kegiatan pengelolaan hutan mangrove yang disebut LMC yang berpusat di Desa Margasari. Pengelolaan terpadu LMC ini berawal dari

kehendak masyarakat untuk menyerahkan hutan mangrove di desanya menjadi hutan pendidikan kepada Universitas Lampung. Selain itu, dipilihnya Desa Margasari sebagai lokasi LMC karena dinamika perubahan tutupan mangrove yang cukup panjang di daerah ini, mulai sejak keberadaan hutan mangrove alami setebal 700 meter ke arah laut pada era tahun 1970-an, hilangnya tutupan mangrove karena usaha pertambangan dan abrasi sekitar tahun 1987-1994, dan meluasnya lagi areal hutan mangrove yang sudah mencapai lebih dari 300 ha pada tahun 2009 hasil upaya rehabilitasi mangrove yang dimulai sejak tahun 1995 (Kustanti dan Yulia 2010).

Secara legal, upaya rehabilitasi ini dikuatkan dengan Surat Keputusan Bupati Lampung Timur pada tanggal 23 Desember 2005 tentang *Penetapan Lokasi untuk Pengelolaan Hutan Mangrove dalam rangka Pendidikan, Pelestarian Lingkungan, dan Pemberdayaan Masyarakat seluas 700 ha di Desa Margasari, Kecamatan Labuhan Maringgai*. Program-program pengelolaan hutan mangrove disusun oleh pihak pengelola dengan melibatkan *stakeholder* dan LSM pemerhati lingkungan. Beberapa program dituangkan dengan kesepakatan bersama. Program ini bukanlah program yang dapat diselesaikan dalam waktu satu atau dua tahun, tetapi memerlukan waktu yang cukup lama dan berkesinambungan. Ada 6 program yang dikembangkan dalam pengelolaan terpadu, antara lain: legalitas hutan mangrove, pendataan biofisik, sosial ekonomi masyarakat pesisir, pemberdayaan masyarakat pesisir, *research center*, kerjasama dan kesekretariatan.

Tujuan didirikannya LMC adalah untuk mewujudkan suatu sistem tata kelola wilayah pesisir secara terpadu untuk keberlanjutan pembangunan dan kesejahteraan masyarakat serta menjadi permodelan pengelolaan mangrove berskala nasional. Untuk mewujudkan tujuan ini beberapa kegiatan sudah, sedang dan akan dilaksanakan yang meliputi aspek legalitas, aspek tata ruang dan aspek pengembangan program.

Aspek legalitas meliputi kegiatan penataan batas kawasan serta regulasi pengelolaan hutan mangrove. Beberapa kegiatan telah selesai dilakukan seperti membuat kesepakatan Tripartite antara UNILA-Pemkab-Masyarakat, melakukan pengukuran dan pemetaan lahan, diterbitkannya sertifikat kelola areal hutan pendidikan sebagai *pilot project* pengelolaan terpadu di wilayah pesisir dan penyusunan Perdes Pengelolaan Mangrove.

Dalam aspek tata ruang, kegiatan dilakukan untuk mendapatkan tata ruang pemanfaatan kawasan berdasarkan potensi biofisik dan sosekbud masyarakat. Sampai saat ini kegiatan yang masih berjalan antara lain pendataan potensi komponen ekosistem pesisir meliputi luasan dan vegetasi hutan mangrove, tanah timbul (tetap atau labil), kondisi pasang surut air laut, potensi satwa dan biota lainnya; pendataan kondisi sosial ekonomi masyarakat yang meliputi aspek kelembagaan, pendapatan, pendidikan, pemberdayaan masyarakat dan peningkatan perekonomian; pemantauan fisik lahan (keteknikan lahan); dan penataan ruang kawasan dilakukan setelah potensi bioekologi, sosial ekonomi dan fisiografi dipetakan.

LMC mengembangkan berbagai macam program untuk menunjang pengelolaan terpadu wilayah pesisir antara lain

kelestarian ekosistem mangrove, pemberdayaan masyarakat pesisir, pembangunan infrastruktur penunjang dan pengembangan pusat penelitian mangrove. Program kelestarian ekosistem mangrove meliputi pembuatan kebun bibit, penanaman dan pemeliharaan tanaman rehabilitasi. Saat ini hutan mangrove di lahan LMC sedang mengalami pertumbuhan sekunder hasil dari usaha rehabilitasi yang telah dilakukan oleh para pihak terkait sejak tahun 1995. Terjaganya pertumbuhan hutan mangrove tersebut tidak lepas dari dukungan dan rasa tanggung jawab yang besar dari masyarakat Desa Margasari untuk tetap mempertahankan keberadaan hutan mangrove tersebut untuk masa yang akan datang.

LMC memfasilitasi pemberdayaan masyarakat melalui pendidikan dan pelatihan mengenai ekosistem mangrove, fasilitasi Pendidikan Lingkungan Hidup (PLH), pembuatan trek wisata mangrove, pemanfaatan dan pengolahan bahan-bahan baku dari mangrove yang dapat menghasilkan nilai ekonomi dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat lewat pengembangan UMKM. Untuk membantu kegiatan pemberdayaan dan pengelolaan mangrove secara umum, LMC membangun infrastruktur penunjang seperti pembuatan peta trek wisata mangrove, membuat brosur-brosur dan buletin untuk publikasi kegiatan di LMC, merencanakan gedung *Mangrove Center*, memperbaiki jalan akses dan merencanakan papan penunjuk (interpretasi) untuk wisata alam.

LMC tetap melakukan penelitian rutin melalui dosen dan mahasiswa UNILA serta membuka hubungan kerjasama dengan beberapa universitas di Jepang (Kyoei University, Saga University dan Yokohama National University) dalam rangka kegiatan pengembangan pusat penelitian. Selain itu, LMC juga aktif bekerjasama dengan para pengusaha tambak (baik yang tergabung dalam *Shrimp Club* Lampung atau tidak) dalam memfasilitasi pengusaha tambak untuk merestorasi keberadaan *green belt* hutan mangrove di sekeliling tambak. Kesadaran para pengusaha ini disebabkan karena penurunan hasil tambak mereka yang ditengarai disebabkan oleh kerusakan ekosistem mangrove akibat pembukaan tambak yang tidak mengindahkan kaidah lingkungan.

Pengembangan jejaring kerjasama secara nasional dan internasional telah diawali pada tahun 2007. Sebagai hasilnya, pada bulan Januari 2009 telah ditandatangani kerjasama antara Balai Pengelola Hutan Mangrove (BPHM) Wilayah II dan *Sub-Sector Program on Mangrove Japan International Cooperation Agency (JICA)* berdasarkan Nota Kesepahaman antara BPHM Wilayah II dengan Universitas Lampung tentang Model Pengelolaan Hutan Mangrove Berbasis Masyarakat di Desa Margasari dengan dukungan dari JICA. Bentuk kerjasama yang telah disepakati sesuai dengan karakteristik hutan mangrove di LMC adalah mengenai pendidikan lingkungan. Kegiatan-kegiatan yang telah difasilitasi antara lain adalah: Pembentukan kelompok Pendidikan Lingkungan Hidup dan Ekowisata, Pelatihan Dasar Ekosistem Mangrove, Pelatihan Fasilitasi Pendidikan Lingkungan (PLH), Penetapan Jalur PLH, Pembangunan Menara *Bird Watching Tower*, dan Uji Coba (trial) PLH bagi 100 siswa/i SD Se-Kecamatan Labuhan Maringgai Lampung Timur.

Masyarakat yang terlibat dalam kegiatan pengelolaan LMC terdiri dari 2 kelompok dari masing-masing desa, yaitu: Margajaya Utama dan Margajaya I dari Desa Margasari dan Harapan Jaya I dan Harapan Jaya II dari Desa Sriminosari. Masing-masing kelompok memiliki anggota 20 orang dan setiap kegiatan penanaman bibit mangrove akan mengelola sekitar 25 Ha untuk masing-masing kelompok. Selain itu, Desa Margasari telah memiliki kelompok fasilitator PLH (Pendidikan Lingkungan Hidup) yang anggotanya merupakan guru-guru SD dan SMP, karang taruna dan para tokoh masyarakat yang telah siap memfasilitasi masyarakat umum berwisata ke hutan mangrove.

Pada tahun 2005 masyarakat Desa Margasari merancang pembuatan Peraturan Desa (PERDES) mengenai Pengelolaan Sumberdaya Alam, yang didalamnya menyangkut pengelolaan hutan mangrove secara lestari dan berkelanjutan. Kemauan masyarakat disekitar hutan untuk menjaga dan mengelola hutan mangrove harus dilandasi kesadaran terhadap fungsi dan nilai keberadaan hutan mangrove. Untuk menumbuhkan kesadaran masyarakat yang ada disekitar kawasan hutan akan pentingnya hutan mangrove, maka perlu dilakukan sosialisasi fungsi dan manfaat hutan mangrove baik secara ekologi dan fisik maupun ekonomi.

Lampung Mangrove Center pada tahun 2005 memiliki luas sekitar 700 ha telah mengalami penambahan luasan menjadi 1.000 ha pada tahun 2012, hal ini akan mempengaruhi jumlah produktivitas serasah. Besarnya produksi serasah yang dihasilkan oleh LMC yaitu sebesar 4,53 gram/ m²/hari dipengaruhi oleh tingginya kerapatan pohon mangrove di daerah tersebut yang berkisar antara 11-58 pohon per 100 m² selain itu, jenis pohon lebih mendominasi dibandingkan jenis anakan dan semai. Kerapatan pohon akan mempengaruhi jumlah produksi serasah. Semakin tinggi kerapatan pohon, maka semakin tinggi pula produksi serasahnya, begitu juga sebaliknya semakin rendah kerapatan pohon maka semakin rendah produksi serasahnya.

Keterkaitan produksi perikanan dengan ekosistem mangrove

Ekosistem mangrove memberikan manfaat dan potensi yang besar bagi perikanan pesisir. Produksi sumberdaya ikan pesisir dapat dibedakan menjadi dua, yaitu ikan budidaya dan nonbudidaya. Produksi ini akan saling berhubungan dalam produksi perikanan di suatu kawasan. Produksi sumberdaya ikan kawasan pesisir tidak terlepas dari pengaruh produktivitas perairan. Produktivitas perairan yang tinggi tentunya akan menghasilkan produksi yang tinggi pula. Produktivitas perairan dapat dilihat dari beberapa parameter kondisi lingkungan (kualitas perairan), sedangkan keberadaan mangrove diindikasikan dapat mempengaruhi kondisi lingkungan di suatu kawasan. Martosubroto dan Naamin (1977) menyatakan adanya hubungan antara banyaknya mangrove dengan produksi perikanan (termasuk udang dan kerang-kerangan). Produksi perikanan di daerah mangrove akan turun dengan menurunnya area mangrove. Selanjutnya, Kawaroe et al. (2001) menjelaskan bahwa keberadaan mangrove dengan

baik memberikan kontribusi yang besar terhadap keberadaan juvenil ikan, sehingga menurunnya kualitas dan kuantitas hutan mangrove dapat mengakibatkan dampak yang sangat mengkhawatirkan, khususnya bagi sumberdaya ikan di kawasan tersebut. Tunner (1977) menyatakan bahwa pembuatan 1 ha tambak pada hutan mangrove alam akan menghasilkan ikan/udang sebanyak 287 kg/tahun, namun dengan hilangnya setiap 1 ha hutan mangrove akan mengakibatkan kerugian 480 kg ikan dan udang di lepas pantai per tahunnya.

Di dalam ekosistem mangrove, setidaknya terdapat satu siklus kehidupan berbagai spesies ikan dan invertebrata dalam memanfaatkan ekosistem mangrove sebagai tempat mencari makan, yaitu melimpahnya makanan yang dihasilkan melalui produksi serasah (Ronnback 1999). Berdasarkan hal tersebut, maka pengertian daya dukung ekosistem mangrove sebagai daerah tempat mencari makan dan tempat pembesaran dalam mendukung jumlah atau biomassa ikan melalui transfer energi yang berawal dari bahan organik yang berasal dari serasah mangrove dalam bentuk detritus.

Hasil tangkapan nelayan yang dominan dari perairan LMC adalah kerang, kepiting, udang, ikan belanak, ikan sembilang, ikan bandeng, rajungan dan ikan nila (Tabel 10). Berdasarkan hasil wawancara dari 25 orang nelayan, telah terjadi peningkatan hasil tangkapan dari tahun 2000. Hal ini sangat berkaitan dengan keberhasilan pengelolaan hutan mangrove di LMC yang dimulai sejak tahun 1995.

Rata-rata hasil tangkapan kerang dan kepiting adalah 30 kg/hari dan 15 kg/hari, namun pada musim timur mengalami peningkatan mencapai 100 kg/hari dan 50 kg/hari. Peningkatan ini terjadi karena terbatasnya aktivitas nelayan dalam menangkap ikan oleh faktor cuaca kemudian mereka beralih menangkap kerang dan kepiting.

Kajian pustaka dilakukan untuk mengestimasi produksi perikanan di LMC berdasarkan produksi serasah dan luasan hutan mangrove. Mahmudi (2010) menyatakan bahwa luasan mangrove 1 ha mampu menyumbang produksi ikan sebesar 672 kg/th dengan produksi serasah sebesar 2,81 g/m²/hari dari hutan mangrove reboisasi di Nguling, Pasuruan. Berdasarkan hal tersebut, LMC diperkirakan dapat menghasilkan produksi ikan sebesar 1.083 kg/th dan dengan luas sekitar 1.000 ha akan mampu menyumbang produksi ikan sebesar 1.083,33 ton/th. Hasil ini lebih besar karena produksi serasah dari LMC lebih tinggi dibandingkan hutan mangrove reboisasi di Nguling dengan produksi serasah sebesar 4,53 g/m²/hari.

Tabel 10. Produksi perikanan Lampung Mangrove Center

| Jenis tangkapan | Jumlah tangkapan (kg/hari) |
|------------------------|-----------------------------------|
| Kerang | 30-100 |
| Kepiting Ikan belanak | 15-50 |
| Ikan bandeng | 10-30 |
| Ikan nila | 10-20 |
| Ikan sembilang | 5-15 |
| Udang | 5-10 |
| Rajungan | 2-5 |

Pendugaan produksi ikan dan udang menurut Paw dan Chua (1991) dengan persamaan $Y = 0,4304 \log_{10}MA + 0,0575$ dan $Y = 0,5948 \log_{10}MA + 1,8045$ dimana: MA adalah luas area mangrove, maka LMC dengan luas 1.000 ha diperkirakan kawasan ini dapat menghasilkan produksi ikan dan udang sebesar 430,46-596,60 ton/th atau 430-596 kg/ha/th.

KESIMPULAN

Parameter fisika-kimia perairan dari 3 stasiun pengamatan dari masing-masing parameter yang diamati terlihat masih berada pada taraf yang sesuai untuk pertumbuhan mangrove, serta tidak terlihat pola penyebaran karakteristik berdasarkan stasiun (sub stasiun), pada hasil analisis komponen utama yang dilakukan. Kawasan LMC memberikan produktifitas serasah sebesar 4,53 gram/m²/hari dengan penyumbang terbesar berasal dari serasah daun dan ranting. Produktivitas serasah yang paling banyak adalah daun dan ranting, sedangkan untuk bunga dan buah tidak ditemukan. Produksi serasah mangrove terbesar berasal dari stasiun 2 dan paling sedikit berasal dari stasiun 1. Laju dekomposisi serasah daun mangrove selama penelitian berlangsung memperlihatkan bahwa stasiun 1 mengalami dekomposisi paling cepat, disusul stasiun 2 dan terakhir stasiun 3, hal tersebut dapat dilihat dari bobot kering sisa serasah. Rehabilitasi hutan mangrove yang melibatkan tiga pihak antara lain Pemerintah Kabupaten Lampung Timur, Universitas Lampung dan masyarakat sangat efektif dalam upaya pelestarian hutan mangrove di LMC dengan luas mangrove berkisar 1.000 ha serta mendapatkan penghargaan dalam kategori pelestarian hutan mangrove tingkat nasional pada tahun 2004 dan tahun 2011. Kegiatan rehabilitasi ini telah dilakukan sejak tahun 1995 dengan melakukan penanaman mangrove jenis *A. marina* dan *R. mucronata*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aksornkoe S. 1993. Ecology and Management of Mangrove. IUCN. Bangkok, Thailand.
- Annas S. 2004. Produksi dan laju dekomposisi serasah mangrove jenis *Avicennia marina* (api-api) di hutan mangrove Way Penet, Labuhan Meringgai, Lampung Timur, Lampung. [Skripsi]. Bogor: IPB.
- Arief A. 2003. Hutan Mangrove. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Arreola-Lizarraga JA, Flores-Verdugo FJ, Ortega-Rubio A. 2004. Structure and litterfall of an arid mangrove stand on the Gulf of California, Mexico. *J Aquat Bot* 79: 137-143.
- Ashton EC, Hogarth PJ, Ormond R. 1999. Breakdown of mangrove leaf litter in a managed mangrove forest in Peninsular Malaysia. *J Hydrobiologia* 413: 77-88.
- Bengen DG. 2001. Pedoman teknis pengenalan dan pengelolaan ekosistem mangrove. Pusat Kajian Sumber Daya Pesisir dan Laut IPB, Bogor.
- Bengen DG. 2004. Sinopsis Teknik Pengambilan Contoh dan Analisis Data Biofisik Sumberdaya Pesisir. Pusat Kajian Sumber Daya Pesisir dan Laut IPB, Bogor.
- Bernini E, Rezende CE. 2010. Litterfall in a mangrove in Southeast Brazil. *Pan-American J Aquat Sci* 5 (4): 508-519.
- Boonruang P. 1984. The rate of degradation of mangrove leaves, *Rhizophora apiculata* Bl and *Avicennia marina* (FORSK) VIERH at Phuket Island, Western Peninsula of Thailand. In Soepadmo E, Rao AN, Macintosh DJ. (eds.). Proceeding of the asian symposium on mangrove environment research and management. University of Malaya and UNESCO. Kuala Lumpur.
- BPS [Badan Pusat Statistik]. 2012. Lampung dalam Angka. Pemprov Lampung, Bandar Lampung.
- Brown SM. 1984. Mangrove litter production and dynamics. In: Snedaker CS, Snedaker GJ. (eds.). The mangrove ecosystem: Research Methods. On Behalf of the UNSECO/SCOR, Working Group 60 on Mangrove Ecology. Rome.
- Bunyavechewin S, Nuyim T. 2001. Litterfall production in a primary mangrove *Rhizophora apiculata* forest in Southern Thailand. *Thai J For* 17 (1): 28-38.
- Chen L, Zan Q, Li M, Shen J, Liao W. 2009. Litter dynamics and Forest structure of the introduced *Sonneratia caseolaris* mangrove forest in Shenzhen, China. *Estuar Coast Shelf Sci* 85: 241-246.
- Cuevas VC, PE Sajise. 1978. Litterfall and leaf litter decomposition in a Philippine secondary forest. *Kalikasan, the Philippine Journal of Biology*. Philippine: University of the Philippine at Los Banos College, Lagunan.
- DISHIDROS [Dinas Hidro-Oseanografi]. 1992. Peta Cuaca Perairan Indonesia. Mabes TNI-AL. Jakarta.
- Djamaludin R. 1995. Kontribusi hutan mangrove dalam penyediaan nitrogen dan fosfor potensial di perairan sekitar Likupung, Minahasa, Sulawesi Utara. [Tesis]. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Ellison JC, Simmonds S. 2003. Structure and productivity of inland mangrove stands at Lake MacLeod, Western Australia. *J Royal Soc Western Austr* 86: 25-30.
- English S, Wilkinson C, Baker V. 1994. Survey Manual for Tropical Marine Resources. ASEAN-Australia Marine Science Project. Australian Institute of Marine Science. Townsville, QLD.
- Eong OJ, Khoon GW, Hoong WC. 1982. Productivity and nutrient status of Litter in a managed mangrove forest in Malaysia. In: Kostermans AY, Sastroutomo SS (eds). Proceedings Symposium on Mangrove Forest Ecosystem Productivity in South East Asia.
- EPA [Environmental Protection Agency]. 2002. Mid-Atlantic Integrated Assessment (MAIA) Estuaries. United States.
- Fortes MD. 1982. Productivity studies on mangrove, seagrasses and algae at Calatagan, Batangas, Philippines. In: Kostermans AY, Sastroutomo SS (eds). Proceedings Symposium on Mangrove Forest Ecosystem Productivity in South East Asia.
- Greenway M. 1994. Litter accesion and accumulation in a *Melaleuca quinquenervia* (Cav) S.T. Blake Wetland in South-Eastern Queensland Aust. *J Mar Environ Res* 45: 1509-1519.
- Handayani T. 2004. Laju dekomposisi serasah mangrove *Rhizophora mucronata* Lamk di Pulau Untung Jawa, Kepulauan Seribu, Jakarta. [Skripsi]. IPB. Bogor.
- Harahab N, Harsuko R, Mohammad M, Abu BS. 2009. Analisis ekonomi-ekologi sumberdaya hutan mangrove sebagai dasar perencanaan wilayah pesisir (Tahun 1). Laporan Penelitian Hibah Bersaing. Universitas Brawijaya, Malang.
- Hegazy AK. 1998. Perspectives on survival, phenology, litterfall and decomposition and caloric content of *Avicennia marina* in the Arabian Gulf region. *J Arid Environ* 40: 417-429.
- Hodgkiss IJ, Leung HC. 1986. Cellulose associated with mangrove leaf decomposition. *J Botanic Marina* 29: 467-469.
- Hutagalung HP, Septiapermana D. 1991. Metoda Analisa Air Laut, Sedimen, dan Biota. Pustlitbang LIPI, Jakarta.
- Kawaroe M, Bengen D, Eidman M, Boer M. 2001. Kontribusi ekosistem mangrove terhadap struktur komunitas ikan di pantai utara Kabupaten Subang, Jawa Barat. *Pesisir & Lautan* 3 (3): 12-25
- Khairijon. 1990. Produksi dan laju dekomposisi serasah di hutan bakau hasil reboisasi yang berbeda kelas umurnya. In: Soemodihardjo S, Hardjowigeno S, Sudomo M, Ongkosongo OSR, Naamin N (eds). Prosiding Seminar III Ekosistem Mangrove. Panitia Program MAB Indonesia-LIPI. Jakarta.
- Khoon GW, Eong OJ, Hoong WC. 1984. Productivity of mangrove tree and its significance in A managed mangrove ecosystem in Malaysia. In: Soepadmo E, Rao AN, Macintosh DJ. 1984. Proceeding of the Asian Symposium on Mangrove Environment Research and Management. University of Malaya and UNESCO. Kuala Lumpur.
- Kitamura S, Anwar C, Chaniago A, Baba S. 1997. Handbook of Mangrove in Indonesia; Bali and Lombok. The Development of Sustainable Mangrove Management Project, Ministry of Forest Indonesia and Japan International Cooperation Agency. Denpasar.
- Kumar IJN, Sajish PR, Kumar RN, Basil G, Shailendra V. 2011. Nutrient dynamics in an *Avicennia marina* (FORSK.) VIERH, mangrove forest in Vamleshwar, Gujarat-India. *Global J Environ Res* 5 (1): 32-38.

- Kuriandewa TE. 1998. Produksi serasah hutan mangrove di Kawasan Suaka Margasatwa Sembilang, Sumatera Selatan. In Soemodihardjo S, Hardjowigeno S, Sudomo M, Ongkosongo OSR, Naamin N. Prosiding Seminar III Ekosistem Mangrove. Panitia Program MAB Indonesia-LIPI. Jakarta.
- Kustanti A, Yulia RF. 2010. Laporan pengelolaan terpadu hutan mangrove kerjasama: masyarakat, Universitas Lampung dan Kabupaten Lampung Timur. Universitas Lampung. Lampung.
- Kustanti A. 2011. Manajemen Hutan Mangrove. IPB Press. Bogor.
- Lestarina PM. 2011. Produktifitas serasah mangrove dan potensi kontribusi unsur hara di perairan mangrove Pulau Panjang Banten. [Tesis]. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Lopez-Portilho J, Ezcurra E. 1985. Litterfall of *Avicennia germinans* L. in a one-year cycle in a Mudflat at the Laguna de Mecoacan, Tabasco, Mexico. *J Biotropica* 17: 186-190.
- Ludwig JA, Reynolds JF. 1988. *Statistical Ecology: A Primer on Methods and Computing*. John Wiley and Sons. Singapore.
- Mackey AP, Smail G. 1995. Spatial and temporal variation in litterfall of *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. in the Brisbane River, Queensland, Australia. *J Aquat Bot* 52: 133-142.
- Mahmudi M, Soemarno, Marsoedi, Diana A. 2011. Produksi dan dekomposisi serasah *Rhizophora mucronata* serta kontribusinya terhadap nutrisi di mangrove Reboisasi Nguling, Pasuruan. *J Berkala Penelitian Hayati Edisi Khusus*: 6C: 19-24.
- Mahmudi M, Soewardi K, Kusmana C, Hardjomidjojo H, Damar A. 2008. Laju dekomposisi serasah mangrove dan kontribusinya terhadap nutrisi di hutan mangrove reboisasi. *J Penelitian Perikanan*. 2 (1): 19-25.
- Mahmudi M. 2010. Estimasi produksi ikan melalui nutrisi serasah daun mangrove di kawasan reboisasi *Rhizophora*, Nguling, Pasuruan, Jawa Timur. *J Ilmu Kelautan*. 15 (4): 231-235.
- Manan S. 1978. Masalah Pembinaan Kelestarian Ekosistem Hutan. Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Mandura AS. 1998. Litter fall and leaf decomposition in a sewage polluted mangrove stand at the Red Sea. *J Mar Sci* 9: 101-112.
- Martosubroto P, Naamin. 1977. Relationship between tidal forests (mangrove) and commercial shrimp production in Indonesia. *J Marine Research in Indonesia*. 18: 81-86.
- Mason CF. 1977. *Decomposition*. The Institute of Biology's Studies in Biology, No. 74. Edward Arnold, London.
- Metcalf KN, Franklin DC, McGuinness KA. 2011. Mangrove litter fall: extrapolation from traps to a large tropical macrotidal harbour. *Estuar Coast Shelf Sci* 95: 245-252.
- Mfilinge PL, Meziane T, Bachok Z, Tsuchiya M. 2005. Litter dynamics and particulate organic matter outwelling from a subtropical mangrove in Okinawa Island, South Japan. *Estuar Coast Shelf Sci* 63: 301-313.
- Munir MA. 2004. *Pendugaan Produktivitas Serasah Hutan Mangrove di Pulau Gili Sulat, Nusa Tenggara Barat*. [Skripsi]. IPB. Bogor.
- Nga BT, Tinh HQ, Tam DT, Schaffer M, Roijackers R. 2005. Young mangrove stands produce a large and high quality litter input to aquatic systems. *J Wetlands Ecol Manag* 13 (5): 569-576.
- Paw JN, Chua TE. 1991. An assessment of the ecological and economic impact of mangrove conversion in Southeast Asia. Towards an integrated management of tropical coastal resources. *ICLARM Conference Proceedings* 22: 201-212.
- Pribadi R. 1998. *The Ecology of Mangrove Vegetation in Bintuni Bay, Irian Jaya, Indonesia*. [Tesis]. University of Stirling. Scotland.
- Ramos E, Silva CA, Silva AP, Oliveira SR. 2006. Concentration, stock and transport rate of heavy metals in a tropical red mangrove, Natal, Brazil. *J Mar Chem* 99: 2-11.
- Ronnback P. 1999. The ecological basis for economic value of seafood production supported by mangrove ecosystems. *J Ecol Econ* 29: 235-252.
- Saparinto C. 2007. *Pendayagunaan Ekosistem Mangrove*. PT. Dahara Prize. Semarang.
- Sediadi A, Pramudji. 1987. Penelitian kecepatan gugur mangrove dan penguraiannya dalam hutan bakau di Teluk Ambon. Dalam: Soerianegara I, Adisoemarto S, Soemodihardjo S, Hardjowigeno S, Sudomo M, Ongkosongo OSR (eds.). *Prosiding Seminar III Ekosistem Mangrove*. Panitia Program MAB Indonesia-LIPI. Bogor.
- Siarudin M, Rachman E. 2008. Biomassa lantai hutan dan jatuhnya serasah di kawasan mangrove Blanakan, Subang, Jawa Barat. *J Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 5 (4): 329-335.
- Siddiqui JA, Qasim R. 1990. Litter production and physico-chemical conditions in mangrove, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh, swamps at Karachi Back Waters and Bakran Creek. *J Islamic Acad Sci* 3 (1): 15-21.
- Sidjabat MM. 1973. *Pengantar Oseanografi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Silva CAR, Oliveira SR, Rego RDP, Mozeto AA. 2007. Dynamics of phosphorus and nitrogen through litter fall and decomposition in a Tropical mangrove forest. *J Mar Environ Res* 64: 524-534.
- Smith RL. 1980. *Ecology and Field Biology*. Harper and Row Publishers New York.
- Soemodihardjo S. 1992. Studi gugur serasah di hutan mangrove Taman Nasional Ujung Kulon. *J Oseanologi di Indonesia*. 25: 1-25.
- Soenardjo N. 1999. Produksi dan laju dekomposisi serasah mangrove dan hubungannya dengan struktur komunitas mangrove di Kaliuntu Kabupaten Rembang Jawa Tengah. [Tesis]. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Soerojo. 1986. Struktur dan gugur serasah hutan mangrove di Kembang Kuning, Cilacap. Dalam: Soerianegara I, Adisoemarto S, Soemodihardjo S, Hardjowigeno S, Sudomo M, Ongkosongo OSR (eds.). *Prosiding Seminar III Ekosistem Mangrove*. Panitia Program MAB Indonesia-LIPI. Bogor.
- Soerojo. 2003. Pengamatan gugur serasah di hutan mangrove Sembilang Sumatra Selatan. Dalam: Soerianegara I, Adisoemarto S, Soemodihardjo S, Hardjowigeno S, Sudomo M, Ongkosongo OSR (eds.). *Prosiding Seminar III Ekosistem Mangrove*. Panitia Program MAB Indonesia-LIPI. Bogor.
- Stanley SO, Morita RY. 1968. Salinity effect on the maximal growth temperature of some bacteria isolated from marine environments. *J Bacteriol* 95: 169-173.
- Stumm W, Morgan JJ. 1970. *Aquatic Chemistry an Introduction Emphasizing Chemical Equilibria in Natural Waters*. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Syarief A. 2012. *Hutan Mangrove Meningkatkan 300 Ha*. Radar Lampung, 21 Februari 2012. www.radarlampung.co.id. [9 Juni 2012].
- Tam NFY, Wong YS, Lan CY, Wang LN. 1998. Litter production and decomposition in a subtropical mangrove swamp receiving wastewater. *J Exp Mar Biol Ecol* 226: 1-18.
- Turner RE. 1977. Intertidal vegetation and commercial yields of penaeid shrimp. *J Trans Amer Fish Soc* 106: 411-416.
- Ulqodry TZ. 2008. *Produktifitas Serasah Mangrove dan Potensi Kontribusi Unsur Hara di Perairan Mangrove Tanjung Api-api Sumatera Selatan*. [Tesis]. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Wibisana BT. 2004. *Produksi dan laju dekomposisi serasah mangrove di Wilayah Pesisir Kabupaten Berau, Kalimantan Timur*. [Skripsi]. IPB, Bogor.
- Wijiyono. 2009. *Keanekaragaman bakteri serasah daun Avicennia marina yang mengalami dekomposisi pada berbagai tingkat salinitas di Teluk Tapian Nauli*. [Tesis]. Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Woodroffe CD. 1982. Litter production and decomposition in the New Zealand Mangrove, *Avicennia marina* var. *resinifera*. *N Z J Mar Freshw Res* 16: 179-188.
- Zamroni Y, Rohyani IM. 2008. *Produksi serasah hutan mangrove di Perairan Pantai Teluk Sepi, Lombok Barat*. *Biodiversitas* 9 (4): 284-287.