

# PRODUKTIVITAS EKOSISTEM HUTAN MANGROVE

Oleh :

**Bambang Suprakto**

Politeknik Kelautan dan Perikanan Bitung  
Jl. Tandurusa Kotak Pos. 12 BTG/Bitung Sulawesi Utara

## ABSTRACT

*Microorganisms can cause a variety of changes in both biochemical and physically that can cause unwanted properties, which in turn leads food damaged and rot. Best efforts to maintain the quality of the fishery products as follows : (1) reducing the number of microorganisms and enzymes, where spoilage bacteria found on the skin and especially on the gills and intestinals; (2) Killing or inhibiting the activity of bacteria and enzymes with use of low temperatures, high temperature, moisture reduction, use of antiseptics and radiation; (3) Protecting fishery products from bacterial contamination and cause other damage that comes from outside.*

## 1. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Hutan mangrove merupakan elemen ekosistem litoral yang paling banyak ditemukan dan berperan dalam menyeimbangkan kualitas lingkungan dan menetralkan bahan-bahan pencemar. Dalam tinjauan siklus biomassa, hutan mangrove memberikan masukan unsur hara terhadap ekosistem air, menyediakan tempat berlindung dan tempat asuhan bagi anak-anak ikan, tempat kawin/pemijahan, dan lain-lain. Sumber makanan utama bagi organisme air di daerah mangrove dalam bentuk partikel bahan organik (detritus) yang dihasilkan dari dekomposisi serasah mangrove (seperti daun, ranting dan bunga). Selama proses dekomposisi, serasah mangrove berangsur-angsur meningkat kadar proteinnya dan berfungsi sebagai sumber makanan bagi berbagai organisme pemakan deposit seperti moluska, kepiting dan cacing *polychaeta*. Konsumen primer ini menjadi makanan bagi konsumen tingkat dua, biasanya didominasi oleh ikan-ikan buas berukuran kecil selanjutnya dimakan oleh juvenil ikan predator besar yang membentuk konsumen tingkat tiga.

### Tujuan

Tulisan ini bertujuan untuk memberikan gambaran pengetahuan tentang produktivitas ekosistem hutan mangrove

yang merupakan elemen ekosistem yang terpenting di zona litoral.

## 2. Metode Penulisan

Paper/tulisan ini dibuat berdasarkan rangkuman (review) dari berbagai tulisan ilmiah maupun artikel, baik yang bersumber dari jurnal-jurnal maupun media ilmiah lainnya.

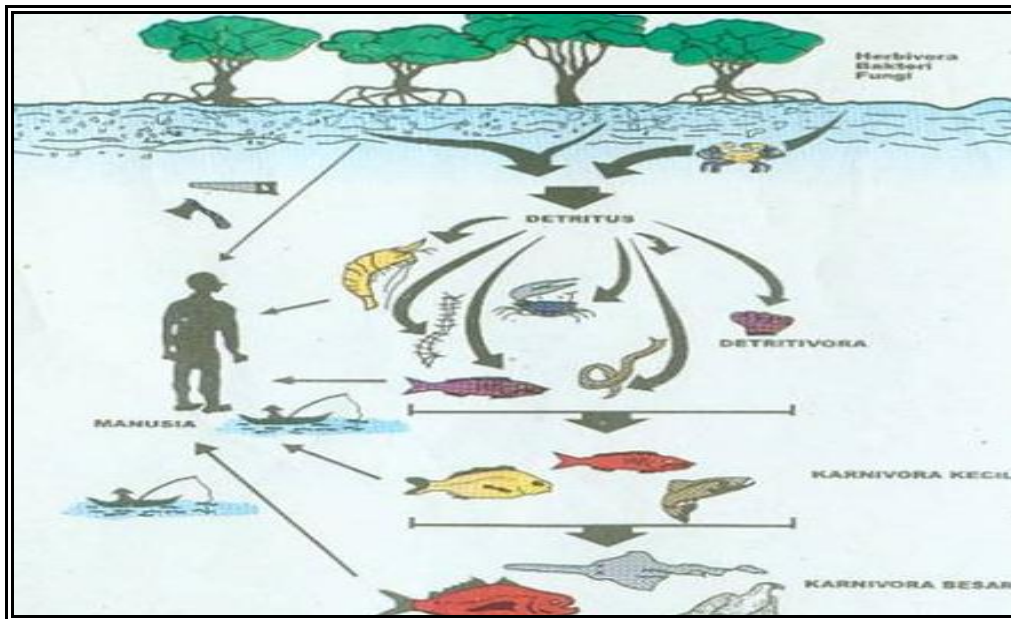
## 3. EKOSISTEM HUTAN MANGROVE

Tentang ekologi hutan mangrove, dalam FAO, (2000), hutan mangrove sering disebut hutan bakau atau hutan payau. Dinamakan hutan bakau oleh karena sebagian besar vegetasinya didominasi oleh jenis bakau, dan disebut hutan payau karena hutannya tumbuh di atas tanah yang selalu tergenang oleh air payau.

Menurut Cahyo S (2007) ekosistem mangrove merupakan habitat bagi berbagai fauna, baik fauna khas mangrove maupun fauna yang berasosiasi dengan mangrove. Berbagai fauna tersebut menjadikan mangrove sebagai tempat tinggal, mencari makan, bermain atau tempat berkembang biak. Fauna mangrove hampir mewakili semua phylum, meliputi protozoa sederhana sampai burung, reptilia dan mamalia. Secara garis besar fauna mangrove dapat dibedakan atas fauna darat (terrestrial), fauna air tawar dan fauna laut. Fauna darat, misalnya kera ekor panjang (*Macaca spp.*), Biawak (*Varanus salvator*), berbagai jenis

burung, dan lain-lain. Sedangkan fauna laut didominasi oleh *Mollusca* dan *Crustaceae* (lihat Gambar 1).

Zamroni Y dan Immy SR (2008), tingginya produksi serasah famili *Rhizophoraceae* karena tingkat kerapatannya (468 pohon/ha)



Gambar 1. Hubungan saling Bergantung Antara Berbagai Komponen Ekosistem Hutan Mangrove (Bengen DG, 2000)

Sebagai ekosistem yang unik, hutan mangrove memiliki berbagai fungsi dan manfaat, yaitu: (1) Fungsi fisik; menjaga garis pantai tetap stabil, melindungi pantai dan tebing sungai, mencegah terjadinya erosi pantai, serta sebagai perangkap zat pencemar (2) Fungsi biologis; sebagai daerah pasca larva dan yuwana jenis-jenis ikan tertentu dan menjadi habitat alami berbagai jenis biota dengan produktifitas tinggi (lihat Gambar 2). (3) Fungsi ekonomi atau fungsi produksi; menghasilkan produk langsung seperti bahan bangunan, bahan bakar, makanan, obat-obatan, minuman dan lain-lain (Dahuri, 2000; Murdiyanto, 2004).

Demikian pentingnya fungsi dan manfaat mangrove seperti disampaikan diatas, maka dalam pemanfaatan kawasan pesisir selain untuk kepentingan ekonomi tetap dapat dilaksanakan, namun tetap dijaga fungsi alaminya.

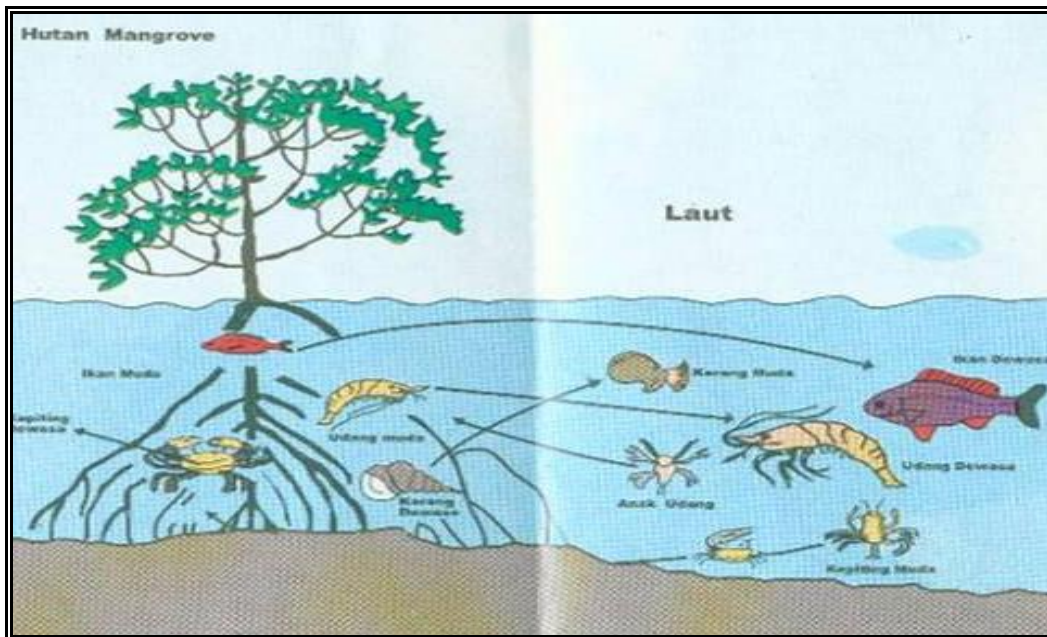
#### 4. Produksi Serasah Dan Proses Dekomposisi

##### 4.1 Produksi Serasah Mangrove

Menurut Lugo dan Snedaker (1974), produktivitas primer hutan mangrove mencapai 5.000 gr/C/m<sup>2</sup>/tahun. Kemudian

jauh lebih tinggi dibandingkan dengan famili lainnya, hal ini sesuai dengan pernyataan Moller dalam Soeroyo (2003) bahwa kerapatan pohon mempengaruhi produksi serasah. Semakin tinggi kerapatan pohon, maka semakin tinggi pula produksi serasahnya.

Rata-rata laju produksi serasah daun setiap jenis mangrove di Teluk Sepi untuk *R. stylosa* sebesar 3.94 gr/pohon/hari, *S. alba* sebesar 4,22 gr/pohon/hari, *R. mucronata* sebesar 2,1 gr/pohon/hari dan *R. apiculata* sebesar 1,67 gr/pohon/hari. Jenis mangrove yang sama dengan umur berbeda akan memiliki laju produksi serasah yang berbeda pula. Menurut Bunyavejchewin dan Nuyim (2001) dalam Zamroni Y dan Immy SR (2008), *R. apiculata* memiliki serasah daun yang lebih banyak pada jenis mangrove yang lebih tua atau optimum. Serasah daun memberikan kontribusi yang terbesar (8,67 ton/ha/tahun atau 87,56%) diikuti oleh organ reproduktif (1,12 ton/ha/tahun atau 11,33%) dan ranting (0,16 ton/ha/tahun atau 1,54%). Affandi (1996), persentase guguran serasah daun mangrove sebesar 57% di kawasan sungai, 65% di kawasan tambak, dan 81%



Gambar 2. Fungsi biologis hutan mangrove (Bengen, DG. 2000)

dikawasan rawa hutan payau RPH Tritih Cilacap.

Kemudian menurut Pramuji (1999) total produksi serasah *Sonneratia alba* dipesisir Posso Ambon adalah sebesar 82,70 ton/ha/tahun, dan komponen daun memiliki kontribusi sebesar 81,78%. Sedangkan kontribusi ranting adalah sebesar 15,21%, dan komponen bunga hanya 2.99%. Produksi serasah ini menunjukkan adanya dua musim yang berbeda, yaitu yang pertama pada bulan Oktober 1998 (15,46 ton/ha), dan yang kedua adalah pada bulan Januari 1999 (15,77 ton/ha). Sedangkan hasil penelitian Kuriandewa TE tahun 1998 di kawasan Suaka Margasatwa Sembilang Sumatera Selatan menunjukkan bahwa total produksi serasah mangrove selama 1 tahun adalah sebesar 137,58 ton/ha, dengan komponen daun memiliki kontribusi 59,64%, cabang/ranting mencapai 20,53 % dan bunga sebesar 19,83 %. Jenis dominan yang memberikan hara terbesar di hutan mangrove ini adalah *Rhizophora mucronata* dengan produksi serasah sebesar 5,41 ton/ha/tahun (Zamroni Y dan Immy SR, 2008).

#### 4.2 Dekomposisi Serasah Mangrove

Bakteri merupakan salah satu komponen penting yang berperan dalam penguraian serasah daun di ekosistem

mangrove. Hampir semua bakteri laut bersifat Gram negatif dan ukurannya lebih kecil dibanding dengan bakteri non laut. Keberadaan bakteri laut Gram positif terbanyak ditemukan pada sedimen (Kathiresan dan Bingham, 2001 dalam Wijiyono, 2009). Dalam proses dekomposisi di perairan mangrove, peran aktif bakteri mutlak diperlukan. Bakteri akan menguraikan serasah secara enzimatik melalui peran aktif dari enzim proteolitik, selulolitik dan kitinoklastik. Bakteri kelompok proteolitik berperan dalam proses dekomposisi protein adalah *Pseudomonas*, sedangkan kelompok bakteri yang berperan dalam proses dekomposisi selulosa adalah bakteri *Cytophaga*, *Sporocytophaga*, kelompok bakteri yang mendekomposisi kitin meliputi *Bacillus*, *Pseudomonas* dan *Vibrio* (Lyla dan Ajmal, 2006).

Pada bagian atas sedimen mangrove dengan ketebalan 2 cm ditemukan 3,6 x 10<sup>11</sup> sel bakteri/gram bobot kering sedimen (Hogarth, 1999). Jumlah bakteri rata-rata pada serasah daun *Avicennia* spp yang ditemukan di perairan Dumai 1,12 x 10<sup>8</sup> cfu/gram (Feliatra, 2001). Menurut Adel (2001) jumlah bakteri aminolitik yang ditemukan pada serasah mangrove sebanyak 1,46 x 10<sup>6</sup> cfu/gram. Komunitas bakteri mangrove di ekosistem mangrove India, menunjukkan bahwa jumlah bakteri

yang hidup bebas berkisar antara  $8,1 \times 10^6$  sampai  $10,9 \times 10^6$  dan yang berpigmen berkisar antara  $0,18 \times 10^6$  sampai  $1,95 \times 10^6$  cfu/gram. Penelitian yang dilakukan oleh D.Costa *et al*, (2004) pada komunitas mangrove di India ditemukan 10 genus bakteri yaitu *Bacillus*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Beijerinckia*, *Erwinia*, *Microbacterium*, *Rhodococcus*, *Serratia*, *Staphylococcus* dan *Xanthomonas*.

Menurut Kolm *et al*, (2002) *Escherichia coli* ditemukan di perairan estuaria teluk Paranagua dan Antonina Brazil pada tingkat salinitas 1 ppt sampai 33 ppt sedangkan menurut Terrones *et al*, (2005) *Escherichia coli* ditemukan di estuaria Yalku Mexico pada tingkat salinitas 15 ppt sampai 35 ppt. Kerapatan populasi bakteri yang terdapat pada serasah daun yang mengalami dekomposisi pada umur enam hari dapat mencapai  $6 \times 10^8$  sel/cm<sup>2</sup> dengan kecepatan produksi  $8 \times 10^6$  sel/cm<sup>2</sup>/jam (Benner *et al*, 1988).

Proses dekomposisi bakteri sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan terutama ketersediaan oksigen terlarut khususnya bakteri aerobik. Dekomposisi oleh bakteri anaerob akan menghasilkan bahan-bahan yang dapat merugikan kehidupan organisme perairan (Sander, 1980). Proses dekomposisi dimulai dari proses penghancuran atau pemecahan struktur fisik yang dilakukan oleh hewan pemakan bangkai (*scavenger*) terhadap tumbuhan dan menyisakan sebagai bahan organik mati menjadi serasah, debris atau detritus dengan ukuran yang lebih kecil. Secara biologi bakteri yang melakukan proses secara enzimatik terhadap partikel-partikel organik. Bakteri mengeluarkan enzim protease, selulase, ligninase yang digunakan untuk menghancurkan molekul-molekul organik kompleks seperti protein dan karbohidrat dari tumbuhan yang telah mati. Beberapa senyawa yang dihasilkan digunakan oleh decomposer (Yunasfi, 2006).

Odum (1996) menyatakan bahwa pada ekosistem mangrove 51% dari produksi total daun mangrove merah di Florida dikonsumsi oleh *Grazer* darat, sisanya masuk ke dalam perairan sebagai detritus. Mann (1986) mengemukakan bahwa daun mangrove tersusun dari 61% berat kering sebagai protein, yang baru jatuh mengandung 3,1%, sedangkan yang mengalami proses

dekomposisi mengalami peningkatan menjadi 22%.

### 4.3 Kandungan Bahan Organik dan Nutrien

Daun mangrove sebagai sumber bahan organik yang sangat penting dalam penyediaan unsur hara melalui proses dekomposisi oleh peran aktif organisme. Beberapa jenis daun mangrove sangat sulit mengalami dekomposisi karena adanya kandungan unsur kimia di dalam daun. Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa daun *A. marina* mengandung unsur hara karbon 47,93%, nitrogen 0,35%, fosfor 0,083%, kalium 0,81% dan magnesium 0,49% (Arief, 2003).

### Bahan Organik

Tanah dasar tambak yang mengandung karbon organik 15-20% atau 30- 40% bahan organik tidak baik untuk budidaya perairan. Kandungan bahan organik yang baik untuk budidaya udang sekitar 10% atau 20% kandungan karbon organik (Boyd, 2002). Kandungan bahan organik yang tinggi akan meningkatkan kebutuhan oksigen untuk menguraikan bahan organik tersebut menjadi molekul yang lebih sederhana sehingga akan terjadi persaingan penggunaan oksigen dengan biota yang ada dalam tambak.

Limbah organik juga tersuspensi dalam air sehingga menghambat penetrasi cahaya matahari ke dasar tambak. Limbah tambak yang terdiri dari sisa pakan (*uneaten feed*), kotoran udang (*feces*), dan pemupukan terakumulasi di dasar tambak maupun tersuspensi dalam air. Limbah ini terdegradasi melalui proses mikrobiologi dengan menghasilkan amonia, nitrit, nitrat, dan fosfat (Zelaya *et al*, 2001). Limbah tambak udang mengandung lebih banyak bahan organik, nitrogen, dan fosfor dibanding tanah biasa serta mempunyai nilai BOD dan COD yang lebih tinggi (Latt, 2002).

Kandungan unsur hara karbon pada serasah daun mangrove menurun seiring dengan penurunan ukuran partikel-partikel serasah, sedangkan kandungan nitrogen dan fosfor meningkat (Greenway, 1994). Menurut Ito dan Nakagiri (1997) tanah hutan mangrove di daerah tropis dan subtropis bersifat semi aerobik, rendahnya kandungan unsur hara, memiliki konsentrasi logam berat

yang tinggi dan salinitasnya lebih tinggi dibanding dengan tanah teresterial. Serasah daun yang banyak kandungan nitrogen dan fosfor mengalami pelapukan dengan cepat tanpa penambahan unsure hara, terutama pada keadaan aerobik.

### Nutrien

Dua nutrisi yang paling penting di tambak adalah nitrogen dan fosfor, karena kedua nutrisi tersebut keberadaannya terbatas dan dibutuhkan untuk pertumbuhan fitoplankton (Boyd, 2002). Keberadaan kedua nutrisi tersebut di tambak berasal dari pemupukan dan pakan yang diberikan.

#### a. Nitrogen

Nitrogen biasanya diaplikasikan sebagai pupuk dalam bentuk urea atau amonium. Di dalam air, urea secara cepat terhidrolisis menjadi amonium yang dapat langsung dimanfaatkan oleh fitoplankton. Melalui rantai makanan, nitrogen pada fitoplankton akan dikonversi menjadi nitrogen protein pada ikan. Sedangkan nitrogen dari pakan yang diberikan pada ikan, hanya 20-40% yang diubah menjadi protein ikan, sisanya tersuspensi dalam air dan mengendap di dasar tambak (Boyd, 2002).

Amonium dapat juga teroksidasi menjadi nitrat oleh bakteri nitrifikasi yang dapat dimanfaatkan langsung oleh fitoplankton. Nitrogen organik pada plankton yang mati dan kotoran hewan air (*feces*) akan mengendap di dasar menjadi nitrogen organik tanah. Nitrogen pada material organik tanah akan dimineralisasi menjadi amonia dan kembali ke air sehingga dapat dimanfaatkan kembali oleh fitoplankton (Durborow, 1997). Jumlah nitrogen di atmosfer 79%, dan bahkan lebih banyak lagi N sebagai sedimen organik yang berada di dalam tanah. Baik nitrogen dalam bentuk gas ( $N_2$ ) di udara maupun terikat dalam sedimen tanah, keduanya tidak tersedia bagi tanaman. Hanya bentuk yang teroksidasi ( $NO_3^-$ ) atau bentuk yang tereduksi ( $NH_4^+$ ) yang tersedia. Ikatan dengan hidrogen, yang mereduksi N, dapat terbentuk karena petir, oleh organisme penambat nitrogen. Amonia dioksidasi menjadi nitrat atau bakteri nitrifikasi. Kandungan N tumbuhan rata-rata 2-4% dan mungkin juga sebesar 6-11%. Nitrogen merupakan bahan penyusun asam amino, amida, basa nitrogen seperti purin

dan protein serta nukleoprotein (Garner *et al*, 1991).

Faktor yang mempengaruhi aktivitas bakteri dalam penguraian bahan organik tumbuhan adalah jenis tumbuhan dan iklim. Faktor tumbuhan biasanya berbentuk sifat fisik dan kimia daun yang tercermin dalam perbandingan antara unsur karbon dan unsur nitrogen yang dinyatakan sebagai nisbah C/N (Thaiutsa dan Granger, 1979). Meningkatnya keanekaragaman bakteri mempengaruhi laju proses dekomposisi dan pola pelepasan unsur hara. Selama proses dekomposisi, kehilangan masa ditentukan oleh kandungan nitrogen dan rasio C/N pada substrat (Handayani *et al*, 1999). Rasio C/N yang tinggi menunjukkan tingkat kesulitan substrat terdekomposisi. Menurut Bross *et al*, (1995) rasio lignin/N merupakan indikator yang baik untuk mendeteksi laju kehilangan masa. Selain itu, lignin juga turut berpengaruh terhadap proses degradasi secara enzimatik pada karbohidrat dan protein (Mellilo *et al*, 1982).

#### b. Fosfor

Fosfor yang ada yang ada dalam tambak budidaya berasal dari pupuk seperti ammonium fosfat dan kalsium fosfat serta dari pakan. Fosfor yang ada dalam pakan tidak semua dikonversi menjadi daging ikan/udang. Menurut Boyd (2002), dua pertiga fosfor dalam pakan terakumulasi di tanah dasar. Sebagian besar diikat oleh tanah dan sebagian kecil larut dalam air. Fosfor dimanfaatkan oleh fitoplankton dalam bentuk ortofosfat ( $PO_4^{3-}$ ) dan terakumulasi dalam tubuh ikan/udang melalui rantai makanan. Fosfat yang tidak diserap oleh fitoplankton akan diikat oleh tanah. Kemampuan mengikat tanah dipengaruhi oleh kandungan liat (*clay*) tanah. Semakin tinggi kandungan liat pada tanah, semakin meningkat kemampuan tanah mengikat fosfat.

### 5. Produktivitas Ekosistem Mangrove Terhadap Perairan

Menurut Chairil A dan Hendra G (2006), produksi serasah mangrove di Talidandang Besar, Sumatera Timur menunjukkan bahwa jenis *Bruguiera parviflora* sebesar 1.267 gr/m<sup>2</sup>/th, *B. sexangula* 1.269 gr/m<sup>2</sup>/th, dan 1.096 gr/m<sup>2</sup>/th untuk komunitas *B. sexangula-Nypa*

*fruticans*. Pengamatan Khaorijon (1999) di hutan mangrove Pangkalan Batang, Bengkalis, Riau, menghasilkan 5,87 gr/0,25m<sup>2</sup>/minggu daun dan ranting *R. mucronata* atau setara dengan 1.221 gr/m<sup>2</sup>/th dan 2,30 gr/0,25m<sup>2</sup>/minggu daun dan ranting *Avicennia marina* atau setara dengan 478,4 gr/m<sup>2</sup>/th, dan cenderung membesar ke arah garis pantai.

Hasil pengamatan Halidah (2000) di Sinjai, Sulawesi Selatan menginformasikan adanya perbedaan produksi serasah berdasar usia tanamannya. *R. mucronata* 8 tahun (12,75 ton/ha/th), kemudian 10 tahun (11,68 ton/ha/th), dan 9 tahun (10,09 ton/ha/th), dengan laju pelapukan 74 % /60 hr (tegakan 8 th); 96%/60 hr (tegakan 9 th), dan 96,5%/60 hr (tegakan 10 th).

Hasil pengamatan di luar pun memperoleh data produksi berkisar antara 5-17 ton daun kering/ha/th (Bunt, 1978; Sasekumar dan Loi, 1983; Boonruang, 1984; dan Leach dan Burkin, 1985). Sukardjo (1995) menambahkan hasil pengamatan guguran serasahnya sebesar 13,08 ton/ha/th, yang setara dengan penyumbangan 2 kg P/ha/th dan 148 kg N/ha/th. Nilai ini sangat berarti bagi sumbangan unsur hara bagi flora dan fauna yang hidup di daerah tersebut maupun kaitannya dengan perputaran hara dalam ekosistem mangrove.

Hasil penelitian Martosubroto dan Naamin (1977) menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara luasan kawasan mangrove dengan produksi perikanan budidaya. Semakin meningkatnya luasan kawasan mangrove maka produksi perikanan pun turut meningkat dengan membentuk persamaan  $Y = 0,06 + 0,15 X$ ; Y merupakan produksi tangkapan dalam ton/th, sedangkan X merupakan luasan mangrove dalam ha.

Kemudian hasil penelitian lain yang berkaitan dengan ekonomi menunjukkan bahwa pembuatan 1 ha tambak ikan 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 (Turner, 1977). Pengurangan hutan mangrove terutama di areal *green belt* sudah barang tentu akan menurunkan produktivitas perikanan tangkapan.

Raharjo AB (2003) menyebutkan bahwa hasil udang alam yang tertangkap dengan alat bubu pada tambak dengan tutupan mangrove 30 % sebesar 151,2 kg, tutupan mangrove 10 % sebanyak 103,7 kg dan tambak tanpa vegetasi mangrove sebesar 36,2 kg. Hal ini terbukti bahwa penutupan mangrove 30% menunjukkan kualitas air yang lebih baik untuk mendukung pertumbuhan udang disamping ketersediaan makanan alami berupa plankton, dibandingkan dengan kedua lokasi dengan penutupan mangrove 10 dan 0%.

## 6. Kesimpulan

Berdasarkan uraian diatas pada makalah ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hutan mangrove merupakan bagian ekosistem pesisir di zona litoral yang mempunyai produktivitas hayati tinggi, yaitu sebesar 5.000 gram C/m<sup>2</sup>/tahun.
2. Ekosistem mangrove memiliki fungsi ekologis; menjaga garis pantai tetap stabil, melindungi pantai dan tebing sungai, mencegah terjadinya erosi pantai, sebagai perangkap zat pencemar, sebagai tempat mencari makan, pemijahan, serta asuhan berbagai jenis-jenis ikan tertentu dan menjadi habitat alami berbagai jenis biota.
3. Produktivitas mangrove mulai dari proses dekomposisi serasah mangrove sampai menjadi unsur hara tersedia (N dan P) dimanfaatkan secara langsung pada ekosistem mangrove sebesar 5 % dan terdistribusi ke ekosistem sekitarnya termasuk padang lamun dan terumbu karang sebesar 95 %.
4. Adanya hubungan yang signifikan antara luasan kawasan mangrove dengan produksi perikanan budidaya tambak dan laut, demikian juga terhadap produksi hasil tangkapan ikan disekitar ekosistem mangrove.

## DAFTAR PUSTAKA

- Affiandi. M. 1996. Produksi dan laju pengahancuran serasah di hutan mangrove Alami dan binaan Cilacap Jawa Tengah (Tesis). Bandung ITB.
- Arief, A. 2003. *Hutan Mangrove*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.

- Bengen, D.G. 2000. *Sinopsis Ekosistem dan Sumberdaya Alam Pesisir*. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan – Institut Pertanian Bogor. Bogor, Indonesia.
- Boyd, CE. 2002. *Water Quality in Pond for Aquaculture*. Departement of Fisheries and Allied Aquaculture. Auburn University. Alabama, USA
- Cahyo. S. 2007. *Pemberdayaan Ekosistem Mangrove*. Dahara Prize. Jakarta.
- Chairil A dan Hendra G. 2006. Peranan Ekologis dan social ekonomis hutan mangrove dalam mendukung pembangunan wilayah pesisir. Makalah utama pada ekpose hasil-hasil penelitian (<http://www.dephut.go.id/> di akses pada tanggal 5 Nopember 2010)
- Dahuri, M., J.Rais., S.P. Ginting., dan M.J. Sitepu. 2000. *Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir Secara Terpadu*. PT. Pradnya Paramita. Jakarta, Indonesia.
- Feliantra. 2001. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Heterotrof yang Terdapat pada Daun Mangrove (*Avicennia* sp dan *Sonneratia* sp) dari Kawasan Stasiun Kaluatan Dumai. *Jurnal Natur Indonesia III (2)*. Hal 104-114
- Garner, F.P, Pearce, R.B, and Mitchell, R.L. 1991. *Fisiology Tanaman Budidaya*. Terjemahan. UI Press. Jakarta
- Hogarth, P.J. 1999. *The Biology of Mangrove*. Oxford Univercity Press. New York
- Khorijon. 1999. Produksi dan laju dekomposisi serasah di hutan mangrove hasil reboisasi yang berbeda kelas umur. Proseding seminar ekosistem mangrove IV: 145-154
- Lugo, E.A. and Snedaker, 1974. *The Ecology of Mangroves*. Annual Review of Ecology and Systematics.
- Lyla, P.S., and Ajmal. K.S. 2006. *Marine Microbial Diversity and Ecology : Importance and Future Perspectives*. Current Science. 90: 1325-1335
- Mann, K.H. 1986. *Ecology of Coastal Water a System Approach Studies in Ecology*. Blackwell Scientific Publication. Oxford. 8:18-52
- Martosubroto. P and N. Naamin. 1977. Relationship between mangrove forest and commercial shrimp production in Indonesia. *Mar. Res. Indonesia*. 18: 81-86
- Melillo, J.M., R.J. Naiman J.P. Alber, and A.E. Linkins. 1984. *Nitrogen and Lignin Control of Hardwood Leaf Litter Decomposition Dynamics*. Ecology. 63:621-626
- Odum. E.P. 1996. *Dasar-dasar Ekologi*. Edisi ke tiga. Terjemahan Tjahjono Samingan. Gajah Mada University Press. Yogyakarta: 697 Hal
- Pramudji. 1999. Produksi Serasah jenis *Sonneratia alba* Di Hutan Mangrove Passo Ambon. Balitbabg Biologi Laut. *Jurnal Puslitbang Oseanologi LIPI Hal 4-7*
- Sander. G.W. 1980. *Organic Matter and Decomposer*. In the Functioning of Fresh Water Ecosystem eds. By E.D. Le Cren and R.H Lawc\_Mc. Connel. Cambridge University Press. 588 Hal
- Sulistiyowati, Hari. 2000. Diagram Profil Hutan Mangrove di Taman Nasional Baluran Jawa Timur. *Jurnal Ilmu Dasar. Vol 1 No. 1*.
- Sukardjo. 1995. Litter fail production and turnover in the mangrove forest in Muara Angke, Kapuk, Jakarta. Biotrop special publication. SEAMO Biotrop 37: 129-144.
- Turner, RE. 1977. Intertidal vegetation and commercial yields of Penaeid shrimp. *Trans of the American Fish. Soc.* 106 (5): 411-416
- Widigdo, B. 2000. Diperlukan Pembakuan Kriteria Eko-Biologis Untuk Menentukan "Potensi Alami" Kawasan Pesisir Untuk Budidaya Udang. Dalam : *Prosiding Pelatihan Untuk Pelatih Pengelolaan Wilayah Pesisir Terpadu*. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan – Institut Pertanian Bogor dan Proyek Pesisir dan Coastal Resources Center – University of Rhode Island. Bogor, Indonesia.
- Wijiyono. 2009. Keanekaragaman bakteri pada serasah daun *Avicennia marina* yang mengalami dekomposisi pada salinitas yang berbeda di Teluk Tapian Nauli. *Tesis*. Sekolah Pascasarjana USU Medan.
- Yunasfi, 2006. Dekomposisi Serasah Daun *Avicennia marina* oleh Bacteri dan Fungi pada Berbagai Tingkat Salinitas. *Disertasi*. Bogor. Program Studi Ilmu Pengetahuan Kehutanan, IPB
- Zamproni Y dan Immy SR. 2008. Produksi Serasah Hutan Mangrove di Perairan pantai Teluk Sepi Lombok Barat. *Jurnal Biodiversitas*. Vol 9 (4) ISSN: 1412-033XX Oktober 2008. Hal 285-287