

KAJIAN EKOLOGI – EKONOMI PEMANFAATAN WILAYAH PESISIR UNTUK PERTAMBAKAN DI KABUPATEN SIDOARJO JAWA TIMUR

Oleh :

Muh.Hery Riyadi Alauddin¹⁾ Dwilaksono Kissoebagjo²⁾ Dinno Sudinno³⁾

¹⁾Dosen Akademi Perikanan Sidoarjo

²⁾Dosen Sekolah Tinggi Perikanan Jakarta

ABSTRACT

This research aims to assess the land suitability for mangrove conservation and aquaculture, assessing the characteristic biophysic and determining some of the main ecological parameters and economic value of mangroves that affect in aquaculture activities, and assess the models of sustainable pond management in Sidoarjo coastal area. This research was a case study with the object of study in Sidoarjo coastal area.. Mangrove ecosystem data collection is done by direct measurement of the field, interpretation of landsat 7 ETM + image in 2005 and 2010. The used of analysis method, consists of (i) Analysis of area and determination of Mangrove Vegetation Index (NDVI), (ii) Analysis of Mangrove Vegetation Structure, (iii) Analysis of Economic Value of Mangrove Ecosystems, (iv) Analysis of Sedimentation and River Flow; (v) Analysis land suitability and Environmental Carrying Capacity and (vi) Models and Simulation Management of Mangroves for aquaculture activities. Based on the canopy density analysis, determination using the formula NDVI, then get each category is either (a bit thick / dense) area of 667.492 ha (41.80%), being 691.124 ha (43.26%), and rarely 234.536 ha (14.97%). Mangrove ecosystem which found in research location there is 6 (six) types of *Avicennia alba*, *Rhizophora mucronata* Lam, *Sonneratia alba*, *Achantus ilicifolius* L, *Exoecaria agallocha* L, and *Pluchea indica* L. In general, mangrove contained in the research location dominated by *Avicennia alba* (Observations 2011). Total Economic Value (NET mangrove ecosystem in research location width 1597.74 hectares is Rp 199,270,674.36 /ha/year or average Rp 9,963,533.72 / ha /year. Generated land allocation for mangrove conservation are is very suitable (S1) 756.516 ha with Index Overlay Model (IOM) 2.52 to 3.00, suitable (S2) 1460.514 ha with Index Overlay Model (IOM) 2.04 - 2.51, and less suitable (S3) 2917.832 ha with Index Overlay Model (IOM) 1.55 to 2.03. Generated land allocation for brackishwaterpond are is very suitable (S1) 803.607 ha with Index Overlay Model (IOM) 2.51 to 3.00, suitable (S2) 2903.970 ha with Index Overlay Model (IOM) 2.01 - 2.50, and less suitable (S3) 22425.630 ha with Index Overlay Model (IOM) 1.50 to 2.00. Carrying capacity of sidoarjo coastal waters is 596,924.13 kg of organic for the intensive ponds 288.43 hectares, semi-intensive 532.10 hectares and traditional plus 1705.50 hectares. Of the three scenarios used were obtained best scenario is scenario 2 the intensive pond 288.43 hectares, semi intensive pond 532.10 hectares, and traditional plus 1705.50 hectares with profits Rp 20,520,832,575.8 and Rp 4,855,501,428.39 23,650,214,337.37 /year.

Keywords: Models, Ecology-Economic, Pond.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kabupaten Sidoarjo merupakan salah satu wilayah Provinsi Jawa Timur yang mempunyai hamparan hutan mangrove yang cukup luas. Wilayah pesisir Kabupaten Sidoarjo terletak di sepanjang Selat Madura dengan panjang garis pantai ± 27 km yang ditumbuhi oleh hutan mangrove seluas 3.253,20 ha (Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Sidoarjo 2001; Bappedalda 2003). Disebelah timur wilayah pesisir Kabupaten Sidoarjo terdapat hutan mangrove seluas 1.038,25 ha yang tersebar di beberapa Kecamatan yaitu Kecamatan Sidoarjo seluas 65,10 ha, Buduran seluas 77,15 ha, Jabon

seluas 552,15 ha, dan Sedati seluas 343,850 ha sedangkan di sebelah Barat yaitu di Kecamatan Waru seluas 361,75 ha (BappeKab. Sidoarjo 2008).

Hutan mangrove mempunyai peran ekologis dan ekonomis yang sangat penting bagi masyarakat dan lingkungan sekitarnya. Secara ekologis, hutan mangrove berfungsi sebagai daerah pemijahan (*spawning ground*), daerah mencari makan (*feeding ground*) dan daerah pembesaran (*nursery ground*) berbagai jenis ikan, udang, kerang-kerangan dan spesies lainnya. Sementara secara ekonomi, hutan mangrove dapat dimanfaatkan dari hasil hutan mangrove itu sendiri, perikanan estuaria dan pantai, serta wisata alam. Sebagai bentuk upaya untuk mengetahui seberapa besar nilai ekonomi sumberdaya hutan mangrove di wilayah pesisir Kabupaten Sidoarjo, perlu dilakukan penelitian ekonomi secara komprehensif, dimana penilaian ini tidak hanya berdasarkan pada nilai yang dapat dihitung berdasarkan manfaat langsung (*use value*) dari hutan mangrove, akan tetapi juga mempertimbangkan nilai yang dihitung berdasarkan manfaat tidak langsung (*non use value*). Hal ini penting untuk dilakukan, karena fungsi hutan mangrove bukan saja terletak pada fungsinya sebagai penyedia produk yang bernilai dipasar atau yang lebih cenderung telah mempunyai nilai ekonomi saja, akan tetapi sesungguhnya hutan mangrove mempunyai fungsi lain, berupa fungsi ekologi yang bila rusak, maka akan berdampak terhadap keberlanjutan sumberdaya lainnya di wilayah pesisir Kabupaten Sidoarjo. Apabila skenario pengelolaan tambak diimplementasikan di wilayah pesisir Kabupaten Sidoarjo, maka harus juga memperhatikan dampak eksternalitas dari kegiatan tambak, karena besaran 35 % input pakan menjadi limbah organik (Huisman 1987 dalam Widigdo *et al.* 2000) dan merupakan pemasok utama limbah bahan organik dan nutrisi ke ekosistem estuaria (Barg 1991; Phillips *et al.* 1993; Kibria *et al.* 1996; Boyd *et al.* 1998; Boyd 1999). Secara ekonomi, pakan merupakan komponen produksi utama yang mencapai 40 – 60 % dari total biaya produksi (Widigdo 2002). Bahkan menurut Haris (1997), pakan dan benih hampir menyerap 40 – 70 % dari total produksi udang. Masukan limbah organik ke estuaria disamping bersumber dari pakan juga bersumber dari sedimentasi, sehingga dengan adanya pembukaan lahan sangat berpotensi meningkatkan laju N. Menurut Gordon *et al.* (1996), hampir 50 % sedimen yang masuk ke estuaria mengandung N. Disamping itu, sumbangan N ke estuaria juga bersumber dari mangrove. Sumbangan N ke estuaria dari mangrove mencapai 3,768 gr/ha/hari (Djamaluddin 1996).

Untuk menjaga kelestarian budidaya tambak di wilayah pesisir Kabupaten Sidoarjo dan memperkecil penurunan kualitas lingkungan akibat buangan limbah tambak, maka jumlah atau luasan tambak yang dapat dibuka disuatu kawasan harus sesuai dengan kemampuan daya dukung lingkungan. Kegiatan budidaya tambak lestari harus memperhatikan dua aspek penting, yaitu: (1) kuantifikasi limbah tambak dan (2) kemampuan perairan pesisir dalam menerima limbah tambak (Soewardi 2002). Kuantifikasi limbah tambak udang meliputi penghitungan beban limbah yang dihasilkan dari suatu kegiatan budidaya tambak udang, sedangkan kuantifikasi kemampuan perairan pesisir adalah penghitungan kuantitatif beban limbah maksimum yang dapat ditampung oleh perairan pesisir berdasarkan kapasitas asimilasi. Dalam penelitian ini akan dilakukan kajian beberapa parameter ekologi yang menunjang pemanfaatan lahan mangrove untuk tambak secara lestari. Pada akhir kajian akan dilakukan pemodelan dengan skenario untuk tambak intensif, semi intensif, dan tradisional plus berdasarkan pertimbangan parameter ekologi dan ekonomi untuk penentuan luas tambak lestari sesuai daya dukung lingkungan.

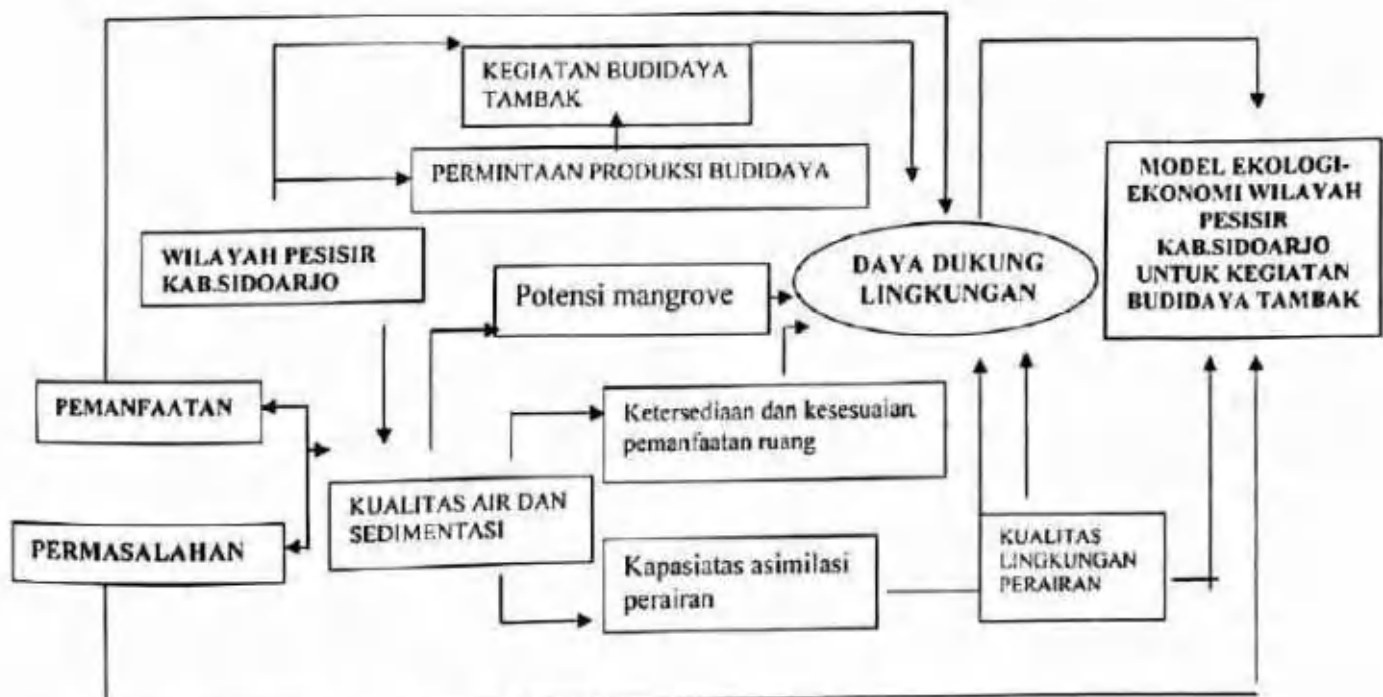
Tujuan dan Manfaat Penelitian

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk membangun model ekologi – ekonomi pengelolaan tambak sesuai dengan daya dukung lingkungan di wilayah pesisir Kabupaten Sidoarjo. Sedangkan secara khusus penelitian ini bertujuan untuk : (1) Mengkaji kesesuaian lahan untuk konservasi mangrove dan budidaya tambak ; (2) Mengkaji karakteristik biofisik dan menentukan beberapa parameter utama ekologi dan nilai ekonomi mangrove yang berpengaruh dalam kegiatan budidaya tambak dan (3) Mengkaji model pengelolaan tambak berkelanjutan

Kerangka Pendekatan Penelitian

Wilayah pesisir Kabupaten Sidoarjo digolongkan kedalam salah satu wilayah pesisir yang perlu dikelola secara bijaksana, bertanggungjawab, dan berkelanjutan. Dengan demikian salah satu unsur penting yang harus diperhatikan adalah bagaimana menempatkan komponen lingkungan sebagai faktor penyeimbang dari berbagai kegiatan pemanfaatan yang telah dan akan dilakukan. Dengan demikian pemanfaatan lahan di wilayah pesisir Kabupaten Sidoarjo tidak hanya mementingkan pemanfaatan untuk saat ini (*economic oriented*), akan tetapi juga untuk kepentingan dimasa yang akan datang (*ecological oriented*).

Kegiatan budidaya tambak di wilayah pesisir Kabupaten Sidoarjo pada dasarnya untuk menciptakan lapangan kerja, lapangan berusaha, meningkatkan nilai ekspor ikan dan udang dan peningkatan PAD. Indikasi meningkatnya permintaan akan produk budidaya baik ikan dan udang terlihat dari laju pertumbuhan ekspor produk budidaya sebesar 7,21 % per tahun. Di wilayah pesisir Kabupaten Sidoarjo terdapat ekosistem mangrove dengan berbagai sumberdaya alam yang terkandung di dalamnya. Karena mangrove merupakan salah satu ekosistem penunjang bagi terjadinya siklus perputaran hara di wilayah pesisir, maka pemanfaatannya perlu direncanakan dengan sebaik-baiknya. Keberadaan ekosistem mangrove dikawasan tersebut berpengaruh positif dalam mendukung peningkatan potensi sumberdaya alam dan menjaga kestabilan pantai, juga dapat meningkatkan nilai tambah terhadap masyarakat setempat. Olehkarena itu, pendekatan pengelolaan yang dilakukan adalah *"bagaimana menjaga ekosistem mangrove agar tetap lestari melalui pendekatan konservasi, tetapi dapat meningkatkan pendapatan masyarakat sekitarnya melalui kegiatan budidayatambak"*. Oleh karena itu, pemanfaatan wilayah pesisir harus memperhatikan kemampuan daya dukung perairan untuk menerima beban limbah kegiatan budidaya, sehingga keberlanjutan usaha secara ekonomi dapat menguntungkan dan secara ekologis tetap mempertahankan kelestarian sumberdaya alam dan lingkungan. Daya dukung lingkungan suatu kawasan ditentukan oleh kemampuan asimilasi atau kapasitas lingkungan menerima beban limbah, kondisi oseanografi, dan karakteristik biofisik perairan. Upaya mempertahankan kelestarian usaha budidaya tambak dan memperkecil penurunan kualitas lingkungan pesisir akibat limbah dari kegiatan pertambakan, maka luasan tambak tidak boleh melampaui daya dukung lingkungan pesisir.

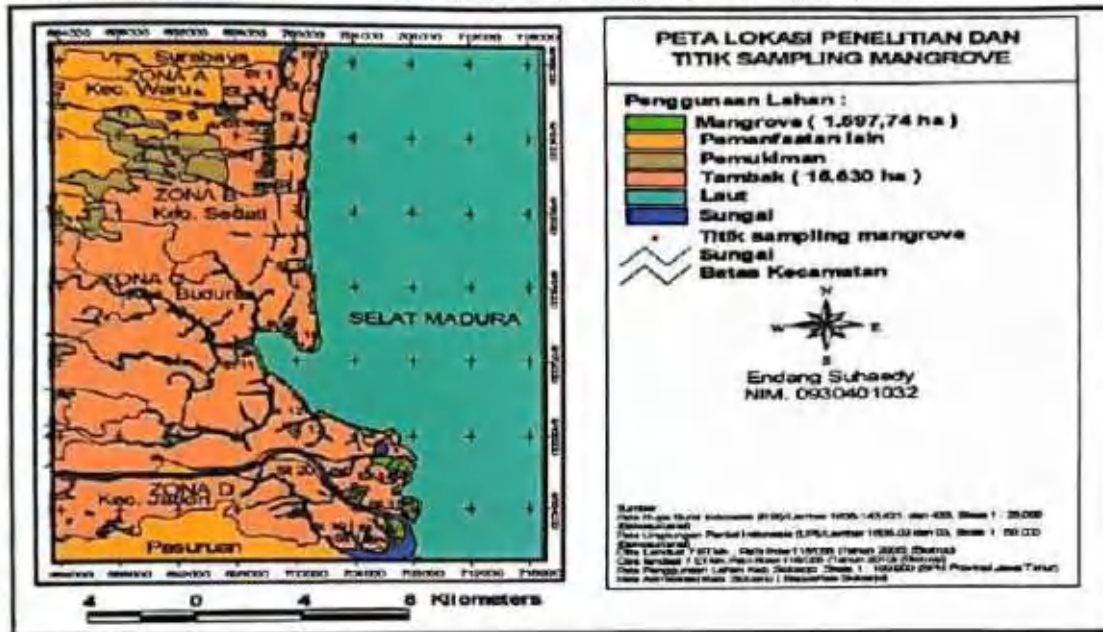


Gambar 1. Kerangka Pendekatan Penelitian

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini bersifat studi kasus (*case study*) dengan objek penelitian wilayah pesisir Kabupaten Sidoarjo. Objek penelitian dipilih secara sengaja (*purposive*) dengan pertimbangan bahwa : (1) wilayah pesisir Kabupaten Sidoarjo mempunyai potensi hutan mangrove dan sudah terjadi konversi untuk tambak dan : (2) kegiatan budidaya tambak udang yang ada saat ini berpotensi memberikan dampak ekologi (lingkungan) dan dampak sosial ekonomi. Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan April s/d Agustus 2011.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian dan Titik Sampling Mangrove dan Kualitas Air

Jenis, Alat, dan Bahan

Dalam penelitian ini digunakan data primer dan sekunder. Data primer dikumpulkan melalui sampling, observasi, kuisioner, dan wawancara langsung di lokasi penelitian meliputi : kondisi ekosistem mangrove, parameter fisik-kimia perairan kawasan mangrove dan perairan pesisir, kualitas tanah, nilai ekonomi ekosistem mangrove, nilai ekonomi tambak, laju sedimentasi dan debit sungai, kualitas tanah serta limbah tambak. Sedangkan data sekunder diperoleh melalui studi literatur dari berbagai laporan, hasil penelitian dan dokumen yang berasal dari berbagai instansi yang terkait dengan topik penelitian meliputi : data citra landsat 7 ETM+ tahun 2005 dan 2010, Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) Skala 1 : 25.000, Peta Lingkungan Pantai Indonesia (LPI), Skala 1 : 50.000, Peta Kemampuan Tanah Kab.Sidoarjo, Skala 1 : 100.000, Peta Penggunaan Lahan Kab. Sidoarjo, Skala 1 : 100.00 dan Peta Administrasi Kab.Sidoarjo.

Pengumpulan Data

Pengumpulan Data Ekosistem Mangrove

Pengumpulan data ekosistem mangrove dalam penelitian ini dilakukan dengan pengukuran langsung di lapangan. Interpretasi data citra landat 7 ETM+ tahun 2005 dan 2010. Pengukuran langsung di lapangan ini untuk mengetahui kondisi dan potensi hutan mangrove. Interpretasi terhadap citra Landsat 7 ETM + dilakukan untuk mengetahui perubahan luasan mangrove. Penarikan contoh (sampel) untuk data vegetasi mangrove terbagai atas 20 stasiun (titik sampling) yang berbentuk jalur – jalur atau transek di sepanjang garis pantai yang ditentukan secara sengaja (*purposive sampling*) (Bengen

2000; Elyazar dkk.2007) sesuai dengan kondisi di lapangan dan dianggap *representative* mewakili tegakan mangrove di wilayah pesisir Kabupaten Sidoarjo.

Penentuan sampel untuk data vegetasi mangrove menggunakan metode transek kuadrat (garis berpetak) yaitu dengan membuat transek garis tegak lurus dari arah laut ke arah darat (tegak lurus garis pantai sepanjang zonasi hutan mangrove). Panjang garis transek bervariasi menurut ketebalan vegetasi mangrove (keberadaan vegetasi mangrove yang menjadi penghubung teresterial dengan perairan). Analisis vegetasi mangrove dilakukan dengan membuat petak-petak kuadrat/contoh (plot) berbentuk bujursangkar dengan ukuran 5 x 5 m² (pancang), dan 10 x 10 m² (pohon). Pada setiap petak kuadrat/contoh (plot) yang telah ditentukan kemudian dilakukan determinasi setiap jenis mangrove yang ada, jumlah individu setiap jenis, serta ukuran lingkaran balang pohon mangrove setinggi dada (1,3 meter). Tujuan dari analisis vegetasi ini untuk mengetahui tingkat kerapatan tegakan mangrove, jenis dan keanekaragaman mangrove. Sepanjang jalur transek pada saat pengambilan data vegetasi, dilakukan juga pengukuran parameter kualitas air dan kualitas tanah serta mencatat jenis – jenis fauna teresterial dan akuatik yang ditemukan pada setiap petak contoh /plot.

Pengumpulan Data Valuasi Ekonomi Mangrove

Pengambilan data valuasi ekonomi mangrove dilakukan terhadap masyarakat dan instansi/lembaga yang memanfaatkan ekosistem mangrove baik secara langsung maupun tidak langsung . Sub populasi responden tersebut dikelompokkan menjadi 5 kelompok, yaitu : (1) Kelompok pengambil hasil hutan mangrove ; (2) Kelompok pengambil hasil perikanan; (3) Kelompok pengambil satwa; (4) Kelompok pembudidaya; dan (5) Kelompok masyarakat umum. Pengambilan contoh responden ini dilakukan secara acak yang diambil dari 5 (lima) kelompok tersebut. Penetapan jumlah contoh (responden) disamping mengikuti kaidah – kaidah yang sudah umum, juga mengikuti aturan yang dikemukakan oleh Gay (1976) dan Pagosa *et.al* (1978) *dicu dalam* Sevilla *et al* (1993), dimana untuk populasi sebesar 1.500 – 2.500 diperlukan contoh sebanyak 96 responden dan untuk populasi sebesar 7.000 – 10.000 diperlukan contoh sebanyak 99 responden. Jumlah responden dilokasi penelitian untuk masing – masing Kecamatan sebanyak 35 orang (2 % dari populasi).

Metode Analisis

Analisis Luasan dan Penentuan Indeks Vegetasi Mangrove (NDVI)

Luas hutan mangrove yang terdapat di lokasi penelitian (Kecamatan Waru, Sedati, Buduran, dan Jabon) dihitung dengan menggunakan Citra Landsat 7 ETM+ tahun 1991, 2005 dan 2010. Citra landsat diolah dengan menggunakan ER Mapper 7.0 dan Arc View dengan kombinasi warna RGB 542. Penghitungan tingkat kerapatan mangrove dilakukan melalui Indeks Vegetasi yang didasarkan pada adanya respon objek penginderaan jauh pada kisaran spektrum radiasi inframerah dengan inframerah dekat. Indeks vegetasi yang diperoleh merupakan nilai – nilai yang memberikan gambaran tentang tingkat kehijauan vegetasi. Analisis Indeks Vegetasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Penghitungan nilai NDVI diformulasikan sebagai berikut :

$$NDVI = \frac{TM_4 - TM_3}{TM_3 + TM_4} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

TM4 = Nilai refleksi kanal infra merah (kanal 4)

TM3 = Nilai refleksi kanal merah (kanal 3)

Nilai kerapatan vegetasi yang dihasilkan dikelompokkan menjadi 3 kelas yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Estimasi kisaran tingkat kerapatan berdasarkan NDVI menggunakan data Citra Landsat 7 ETM+

Kelas Kerusakan Mangrove	Kisaran Nilai NDVI	Estmasi Karapatan Kanopi	Tingkat Kerapatan
1	-1 – (-0,5)	< 25 %	Jarang
2	-0,5 – 0,1	25 % - 50 %	Sedang
3	0,1 – 0,32	50 % - 75 %	Lebat
4	0,32 - 1	75 % - 100 %	Sangat lebat

Sumber : Hasil Modifikasi Tim Fakultas Kehutanan IPB (2004)

Analisis Struktur Vegetasi Mangrove

Analisis struktur vegetasi mangrove mengacu pada English *et al.* (1994) dan Bengen (2000) yaitu menghitung kerapatan, frekuensi, penutupan, dan Indeks Nilai Penting (INP) masing – masing spesies. Analisis ini menggunakan data hasil pengukuran lapangan berupa jumlah individu (IND), diameter batang (DB), jenis pohon mangrove serta luas petak contoh yang diambil.

Analisis Nilai Ekonomi Ekosistem Mangrove

Analisis nilai ekonomi ekosistem alami dalam konteks pelestarian ekosistem dan lingkungan wilayah pesisir dan lautan merupakan salah satu upaya untuk mengimbangi permintaan pasar terhadap sumberdaya alam secara tidak terkendali, tidak rasional dan cenderung merusak, bahkan pasar cenderung meniti bertalu rendah keberadaan sumberdaya alam dan lingkungan. Dengan demikian, estimasi terhadap nilai ekonomi ekosistem alamiah dapat dijadikan *justifikasi* dari upaya pelestarian dan perlindungan ekosistem mangrove. Nilai Ekonomi Total adalah penjumlahan seluruh nilai manfaat yang telah diidentifikasi baik nilai manfaat langsung, nilai manfaat tidak langsung, nilai manfaat pilihan dan nilai manfaat keberadaan. *Total Economic Valuation* (TEV) atau Total Manfaat Ekonomi hutan mangrove dapat dituliskan dengan formula :

$$TEV = ML + MTL + MP + ME \dots\dots\dots(2)$$

dimana : TEV = Total manfaat ekonomi hutan mangrove; ML = Manfaat Langsung; MTL = Manfaat Tidak langsung; MP = Manfaat Pilihan; ME = Manfaat Eksistensi

Analisis Sedimentasi dan Debit Sungai

Batas – batas Daerah Aliran Sungai (DAS) ditentukan dari peta Topografi atau Peta Rupa Bumi (RBI). Batas – batas Daerah Aliran Sungai (DAS) digunakan dalam melakukan estimasi luasan Daerah Aliran Sungai (DAS) di Kabupaten Sidoarjo. Debit sungai sesaat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$Q = \sum A_i \times V_i \dots\dots\dots(3)$$

Dimana : Q = debit terukur (m³/detik); A_i = luas penampang i (m²) ; V_i = kecepatan rata – rata penampang i (m/detik)

Berdasarkan debit konsentrasi yang terukur, persamaan di atas dipergunakan untuk laju sedimentasi sungai yang dihitung persamaan :

$$V = k \times Q \times C \dots\dots\dots(4)$$

Dimana . V = laju sedimentasi sungai (kg/hari); Q = debit sungai (l/hari); C = konsentrasi (kg/l); K = kosefisien sedimentasi (nilai derajat kekasaran)

Analisis Kesesuaian Lahan Dan Daya Dukung Lingkungan

Analisis Kesesuaian Lahan

Proses penyusunan kesesuaian lahan untuk kegiatan pemanfaatan wilayah pesisir Kabupaten Sidoarjo untuk konservasi dan tambak dilakukan dengan prinsip membandingkan kriteria faktor-faktor penentu kesesuaian dengan kondisi eksisting, melalui teknik tumpang susun (*overlay*) dan analisis tabular dengan menggunakan alat (*tools*) berupa Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan perangkat lunak Arc View (Wahyudi 2008). Kawasan konservasi ditentukan berdasarkan parameter-parameter biogeofisik, yang relevan. Berdasarkan parameter-parameter tersebut dapat disusun matriks kesesuaian peruntukan lahan konservasi mangrove. Kelas-kelas kesesuaian peruntukan lahan pada matriks tersebut menggambarkan tingkat kesesuaian suatu kawasan untuk konservasi

Tabel 2. Matrik Kriteria Kesesuaian Lahan untuk Kawasan Konservasi

No	Parameter	S1 (Sangat Sesuai)	S2 (Sesuai)	S3 (Kurang Sesuai)
1.	Kemiringan Lereng (%)	0 - 3	3 - 6	> 6
2.	Jarak dari Pantai (m)	< 200	200 - 300	> 300
3.	Jenis Tanah	Aluvial pantai	Hidromoft	Regosol, Gleihumus
4.	Ketinggian (m)	0 - 3	3 - 6	> 6
5.	Drainase	Tergenang	Tergenang	Tidak Tergenang
6.	Bervegetasi	Mangrove	Mangrove	Non Mangrove
7.	Indeks Vegetasi (NDVI)	0.32 - 1	0.1 - 0.32 - 0.5 - 0.1	-1 - 0.5

Sumber : Poernomo (1992); Bakosurtanal (1996); Imran (2004); Pengamatan Lapangan (2010); Justifikasi Tenaga Ahli (2011)

Pemanfaatan lahan untuk budidaya tambak, didasarkan pada kriteria kesesuaian lahan budidaya tambak. Kriteria yang digunakan dalam penentuan kesesuaian kawasan budidaya tambak, didasarkan pada matrik kesesuaian lahan untuk kawasan.

Tabel 3. Matrik Kriteria Kesesuaian Lahan untuk Pertambakan

No	Parameter	S1 (Sangat Sesuai)	S2 (Sesuai)	S3 (Kurang Sesuai)
1.	Kemiringan Lereng (%)	0 - 3	3 - 6	> 6
2.	Jarak dari Pantai (m)	200 - 500	> 500 - 1000	< 200 atau > 1000
3.	Jarak dari Sungai	50 - 100	> 100 - 200	> 200
4.	Jenis Tanah	Aluvial pantai	Aluvial Hidromoft	Regosol, Gleihumus
5.	Kedalaman tanah (cm)	> 90	30 - 80	< 30
6.	Ketinggian (m)	0 - 3	3 - 6	> 6
6.	Drainase	Tergenang	Tergenang	Tidak Tergenang
7.	Salinitas (ppt)	12 - 20	20 - 30	5 - 12 30 - 45 < 5 dan > 45
8.	Geologi	Sedimen padu	Sedimen padu	Sedimen lepas

Sumber : Poernomo (1992); Bakosurtanal (1996); Imran (2004); Pengamatan Lapangan (2010); Justifikasi Tenaga Ahli (2011)

Pemetaan kawasan yang sesuai bagi kawasan konservasi dan budidaya tambak dilakukan dengan operasi tumpang susun (*overlay operation*) secara bertahap dari setiap lema/layer yang dipakai sebagai parameter. Proses tumpang susun didasarkan pada nilai indeks kesesuaian lahan dengan menggunakan pendekatan *Index Overlay Model- IOM* (Bonham dan Carter 1994). Hasil akhir dari analisis SIG melalui pendekatan *Index Overlay Model* adalah diperolehnya peringkat kelas kesesuaian lahan untuk konservasi mangrove, budidaya tambak dan ekowisata mangrove yaitu Kelas Sangat Sesuai (S1), Kelas Sesuai

(S2) dan, Kelas Kurang Sesuai (S3). Penyusunan peta kesesuaian lahan ini dimaksudkan untuk memberikan informasi secara spasial tentang lokasi dan luas lahan yang dapat dimanfaatkan untuk kawasan konservasi mangrove dan budidaya tambak

Analisis Daya Dukung Ekologi (Lingkungan) dan Ekonomi

Daya dukung ekologi (lingkungan) untuk kegiatan pertambakan digunakan metode pendekatan yang mengacu pada hubungan kuantitas air dengan beban limbah organik dan Daya Dukung Ekologi (Lingkungan) Perairan Berdasarkan Ketersediaan Oksigen Terlarut untuk Menguraikan Beban Limbah Organik. Daya dukung ekonomi adalah lingkup skala usaha dalam pemanfaatan suatu sumberdaya yang memberikan keuntungan ekonomi maksimum dan berkesinambungan (Scones 1999 *diacu dalam* Prasetyawati 2001). Daya dukung ekonomi tambak ini diperlukan untuk membandingkan nilai manfaat ekonomi tambak dengan nilai manfaat ekonomi ekosistem mangrove, sehingga dapat diketahui mana yang lebih menguntungkan secara ekonomi jika mangrove dibiarkan lestari atau dikonversi menjadi lahan tambak. Pembuat dan pengambil kebijakan perlu mempertimbangkan nilai manfaat ekonomi ekosistem mangrove dan tambak untuk menentukan kebijakan yang tepat. Sedangkan daya dukung ekonomi yang didasarkan pada kelayakan usaha kegiatan pertambakan yang meliputi : *Revenue Cost Ratio (R/C)*, *Net Present Value (NPV)* dan *Net Benefit Cost Ratio (Net B/C)*.

Analisis Pemodelan Tambak Berkelanjutan

Informasi dasar model ini yaitu pemanfaatan wilayah pesisir Kabupaten Sidoarjo untuk pertambakan pada sistem hamparan dengan tingkatan teknologi intensif, semi intensif, dan tradisional plus yang dioperasionalkan secara serempak dan seragam dalam setiap aktivitas budidaya mulai dari persiapan lahan, penebaran benur, pengelolaan pakan, pengelolaan kualitas air, panen dan pascapanen. Sebagai masukan/input salah satunya adalah pakan, sehingga diperkirakan akan ada limbah organik (N anorganik) yang dihasilkan dan dibuang ke lingkungan perairan pesisir. Sumber lainnya yang berkontribusi menyumbang limbah organik ($\text{NO}_3\text{-N}$) adalah ekosistem mangrove dan sedimentasi dari sungai yang terdapat di wilayah pesisir Kabupaten Sidoarjo. Akibatnya akumulasi $\text{NO}_3\text{-N}$ yang terdapat dalam lingkungan perairan pesisir merupakan loading dari tiga ekosistem yaitu tambak, mangrove, dan sungai. Model ini dikembangkan untuk melihat apakah mengkonversi mangrove menjadi lahan pertambakan memberikan tingkat keuntungan atau manfaat dibandingkan dengan tetap mempertahankan hutan mangrove. Model dinamik pertambakan secara berkelanjutan terdiri dari 4 (empat) sub model, yaitu : sub model ekologi (lingkungan) tambak, sub model ekologi perairan pesisir (estuaria), sub model ekonomi, dan sub model tenaga kerja

HASIL DAN PEMBAHASAN

Luasan dan Indeks Vegetasi Mangrove (NDVI)

Berdasarkan hasil pengukuran dan interpretasi luas hutan mangrove yang dilakukan dengan menggunakan citra Landsat 7 ETM+ tahun 2005 dan 2010 dengan kombinasi warna RGB 542 diperoleh luas hutan mangrove di lokasi penelitian. Luas hutan mangrove di wilayah pesisir Kabupaten Sidoarjo tahun 2001 seluas 3.253,20 ha (Bappedalda 2003; Hasil Analisis SIG 2010), berdasarkan citra Landsat 7 ETM+ tahun 2005 seluas 1.400 ha dan berdasarkan hasil analisis citra Landsat 7 ETM + tahun 2010 seluas 1.597,74 ha. Dari luasan tersebut, berarti dalam kurun waktu 5 tahun terjadi penurunan luasan 1.853,20 ha (43,03 %) atau 370,64 ha/tahun (11,39 % /tahun). Indeks vegetasi mangrove menggambarkan kerapatan mangrove berdasarkan luas kanopi pohon. Sesuai dengan kondisi mangrove hasil pengamatan lapang, maka interval dan kategori Indeks Vegetasi Mangrove dikelompokkan menjadi tiga yaitu jarang (-1-(-0,5)), sedang (-0,5 – 0,1), dan masih baik (agak lebat/lebat) (0,1 – 0,32). Berdasarkan hasil analisis penentuan kerapatan kanopi dengan menggunakan formula NDVI, maka didapatkan luas masing – masing

kategori masih baik (agak lebat/lebat) seluas 667,492 ha (41,80 %), sedang 691,124 ha (43,26 %), dan jarang 234,536 ha (14,97 %).

Struktur Vegetasi Mangrove dan Kondisi Fisik Lingkungan

Ekosistem mangrove yang terdapat dilokasi penelitian ditemukan 6 (enam) jenis yaitu *Avicennia alba*, *Rhizophora mucronata* Lam, *Sonneratia alba*, *Achantus ilicifolius* L, *Exoecaria agallocha* L, dan *Pluchea indica* L. Pada umumnya mangrove yang terdapat di lokasi penelitian didominasi oleh jenis *Avicennia alba* (Hasil Pengamatan 2011). Kerapatan mangrove tertinggi di Kecamatan Waru, Sedati, Buduran, dan Jabon terdapat pada jenis *Avicennia alba* yaitu masing – masing 3.510,00 pohon/ha (tingkat pohon) dan 704,72 pohon/ha (tingkat pancang), 4.208,33 pohon/ha (tingkat pohon) dan 1.452,67 pohon/ha (tingkat pancang), 2.515,00 pohon/ha (tingkat pohon) dan 1.206,60 (tingkat pancang), dan 990,00 pohon/ha (tingkat pohon) dan 373,33 pohon/ha (tingkat pancang). Frekuensi relatif mangrove tertinggi di Kecamatan Waru, Sedati, Buduran dan Jabon terdapat pada jenis *Avicennia alba* dengan nilai masing – masing 92,30 % (tingkat pohon) dan 92,30 % (tingkat pancang), 86,44 % (tingkat pohon) dan 92,59 % (tingkat pancang), 94,44 % (tingkat pohon) dan 93,75 % (tingkat pancang) dan 75,00 % (tingkat pohon) dan 75,00 % (tingkat pancang). Penutupan relatif jenis tertinggi di Kecamatan Waru, Sedati, Buduran, dan Jabon terdapat pada jenis *Avicennia alba* dengan nilai masing – masing 81,25 % (tingkat pohon) dan 81,25 % (tingkat pancang), 69,81 % (tingkat pohon) dan 67,73 % (tingkat pancang), 85,70 % (tingkat pohon) dan 96,65 % (tingkat pancang) serta 22,80 % (tingkat pohon) dan 38,09 % (tingkat pancang). Indeks nilai penting jenis mangrove di Kecamatan Waru berkisar antara 26,92 – 273,08 % (tingkat pohon) dan 28,73 – 271,27 % (tingkat pancang), Kecamatan Sedati berkisar antara 44,98 – 255,01 % (tingkat pohon) dan 42,35 – 257,64 % (tingkat pancang), Kecamatan Buduran berkisar antara 41,28 – 258,72 % (tingkat pohon) dan 32,28 – 267,63 % (tingkat pancang) serta Kecamatan Jabon berkisar antara 12,51 – 190,92 % (tingkat pohon) dan 15,76 – 205,08 % (tingkat pancang). Indeks nilai penting tertinggi di Kecamatan Waru, Sedati, Buduran, dan Jabon untuk baik tingkat pohon dan pancang terdapat pada jenis *Avicennia alba* dengan nilai masing – masing 273,08 % (tingkat pohon) dan 275,52 % (tingkat pancang), 255,01 % (tingkat pohon) dan 271,27 % (tingkat pancang), 258,72 % (tingkat pohon) dan 267,63 % (tingkat pancang), dan 190,92 % (tingkat pohon) dan 205,08 % (tingkat pancang) selanjutnya di ikuti oleh jenis *Rhizophora mucronata* Lam dengan nilai masing – masing di Kecamatan Waru 26,51 % (tingkat pohon) dan 27,49 % (tingkat pancang), Kecamatan Sedati 44,98 % (tingkat pohon) dan 42,35 % (tingkat pancang), Kecamatan Buduran 41,28 % (tingkat pohon) dan 32,28 % (tingkat pancang), serta Kecamatan Jabon 12,51 % (tingkat pohon) dan 15,76 % (tingkat pancang).

Parameter fisik lingkungan mangrove di lokasi penelitian yang diamati merupakan parameter yang mempunyai pengaruh terhadap tumbuh kembangnya mangrove. Parameter fisik lingkungan mangrove yang diamati meliputi suhu air dan lingkungan, pH air dan tanah, salinitas serta tekstur tanah. Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan, pH air dan tanah pada lingkungan ekosistem mangrove di lokasi penelitian pada jalur transek masing – masing berkisar antara 6,80 – 7,50 ($7,16 \pm 0,21$) dan 5,20 – 6,20 ($5,78 \pm 0,35$) (Kecamatan Waru), 7,15 – 7,40 ($7,15 \pm 0,18$) dan 5,40 – 6,30 ($5,77 \pm 0,27$) (Kecamatan Sedati), 7,00 – 7,40 ($7,20 \pm 0,12$) dan 5,70 – 6,30 ($5,98 \pm 0,17$) (Kecamatan Buduran) dan 6,70 – 7,40 ($7,09 \pm 0,20$) dan 5,50 – 6,20 ($5,84 \pm 0,20$). Berdasarkan hasil pengukuran suhu air dan udara pada setiap jalur transek di lokasi penelitian berkisar antara 27,00 – 29,00 ($27,85 \pm 0,75$) dan 28,00 – 29,50 ($28,60 \pm 0,61$) (Kecamatan Waru), 27,00 – 30,50 ($28,50 \pm 1,08$) dan 27,50 – 31,00 ($29,35 \pm 1,13$) (Kecamatan Sedati), 28,00 – 29,00 ($28,60 \pm 0,46$) dan 29,00 – 30,00 ($29,35 \pm 0,41$) (Kecamatan Buduran) dan 27,50 – 29,50 ($28,60 \pm 0,61$) dan 27,00 – 30,00 ($29,15 \pm 1,00$) (Kecamatan Jabon). Suhu lingkungan udara dan air yang tinggi disebabkan oleh tutupan mangrove yang rendah sehingga intensitas cahaya matahari yang masuk ke lingkungan mangrove cukup tinggi sedangkan suhu lingkungan udara dan air yang rendah disebabkan tutupan mangrove yang tinggi. Menurut Aksornkoae (1993), kisaran suhu lingkungan untuk hutan mangrove yang alami berkisar antara 21 – 31 °C dan suhu 28 °C.

Selanjutnya Supriharyono (2000) menambahkan bahwa selain salinitas, suhu air juga merupakan faktor penting yang menentukan kehidupan mangrove. Suhu pembatas kehidupan mangrove adalah suhu rendah dan maksimum. Suhu yang baik untuk kehidupan mangrove tidak kurang dari 20°C sedangkan suhu yang tinggi (>40 °C) cenderung tidak mempengaruhi pertumbuhan dan/atau kehidupan mangrove. Hasil pengukuran lapangan menunjukkan bahwa salinitas perairan berkisar antara 15,00 – 24,00 (19,50 ± 3,57)(Kecamatan Waru), 20,00 – 29,00 (24,70 ± 3,47) (Kecamatan Sedati), 20,00 – 27,00 (23,40 ± 2,80) (Kecamatan Buduran), dan 20,00 – 26,00 (22,70 ± 2,75) (Kecamatan Jabon). Menurut Nybakken (1993), fluktuasi salinitas dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan dan aliran sungai.

Nilai Parameter Kualitas Air untuk Budidaya Tambak

Kualitas air merupakan persyaratan yang sangat penting dan juga menjadi salah satu faktor yang menentukan keberhasilan kegiatan budidaya tambak. Hasil pengukuran suhu perairan sebesar 29,98 ± 0,73 °C. Suhu ini masih tergolong sesuai untuk budidaya udang berdasarkan nilai yang direkomendasikan yaitu 21 – 32 °C dan suhu optimumnya antara 29 – 30°C (Boyd 1990; Poernomo 1992; Widigdo 2002; Soewardi 2002). Hasil pengukuran salinitas perairan sebesar 31,25 ± 4,28 ‰. Salinitas hasil pengukuran masih berada dalam kisaran yang diperkenankan untuk budidaya udang berdasarkan nilai yang direkomendasikan yaitu 5 – 35 ‰ dan untuk pertumbuhan optimum diperlukan salinitas 15-25 ‰ (Boyd 1990; Poernomo 1992; Widigdo 2002; Soewardi 2002). pH hasil pengukuran masih dalam kisaran yang sesuai untuk budidaya udang yaitu 6.5 – 8.5 dengan kisaran optimum 8.0-8.5 (Poernomo 1992; Widigdo 2002; Soewardi 2002; MenKLH 2004). Hasil pengukuran kandungan oksigen terlarut perairan sebesar 4,98 ± 0,98 mg/l. Kandungan oksigen terlarut hasil pengukuran masih sesuai atau dalam batas toleransi untuk budidaya tambak yaitu ≥ 3 mg/l (3 -10 mg/l) and optimum 4-7 mg/l (Boyd 1990; Poernomo 1992; Wedmeyer 1996; Widigdo 2002). Sedangkan berdasarkan tingkat pencemaran, perairan pesisir Kecamatan Mangara Bombang termasuk dalam kategori belum tercemar sampai tercemar ringan sehingga masih layak digunakan untuk budidaya udang. Hasil pengukuran BOD₅ sebesar 5,46 ± 1,88 mg/l. BOD₅ ini masih berada dalam kisaran baku mutu lingkungan yaitu ≤ 25 mg/l (MenKLH 2004). Berdasarkan tingkat pencemaran, dapat disimpulkan bahwa perairan pesisir masuk kategori tercemar sedang. Hasil pengukuran COD diperoleh 12,62 ± 3,73 mg/l. Nilai COD ini masih berada dalam kisaran baku mutu lingkungan yaitu < 20 mg/l (MenKLH 2004). Hasil pengukuran kandungan ammonia perairan tambak udang intensif dan tradisional masing – masing sebesar 0,45 ± 0,15 mg/l. Kandungan ammonia (NH₃-N) masih dalam batas yang aman untuk budidaya udang berdasarkan nilai yang direkomendasikan yaitu < 1.0 mg/l (Boyd 1990; Poernomo 1992; Wedmeyer 1996; Widigdo 2002; MenKLH 2004). Hasil pengukuran kandungan nitrat (NO₃-N) perairan pesisir sebesar 20,92 ± 0,72 mg/l. Hasil pengukuran kandungan fosfat (PO₄-P) pada perairan pesisir Kabupaten Sidoarjo sebesar 0,96 ± 1,29 mg/l. Kandungan fosfat (PO₄-P) ini melampaui kisaran nilai yang direkomendasikan untuk budidaya tambak yaitu 0.05 – 0.5 mg/l (Boyd 1990; Poernomo 1992; Wedmeyer 1996; Widigdo 2002; Effendi 2003; MenKLH 2004).

Nilai Manfaat Ekonomi Mangrove

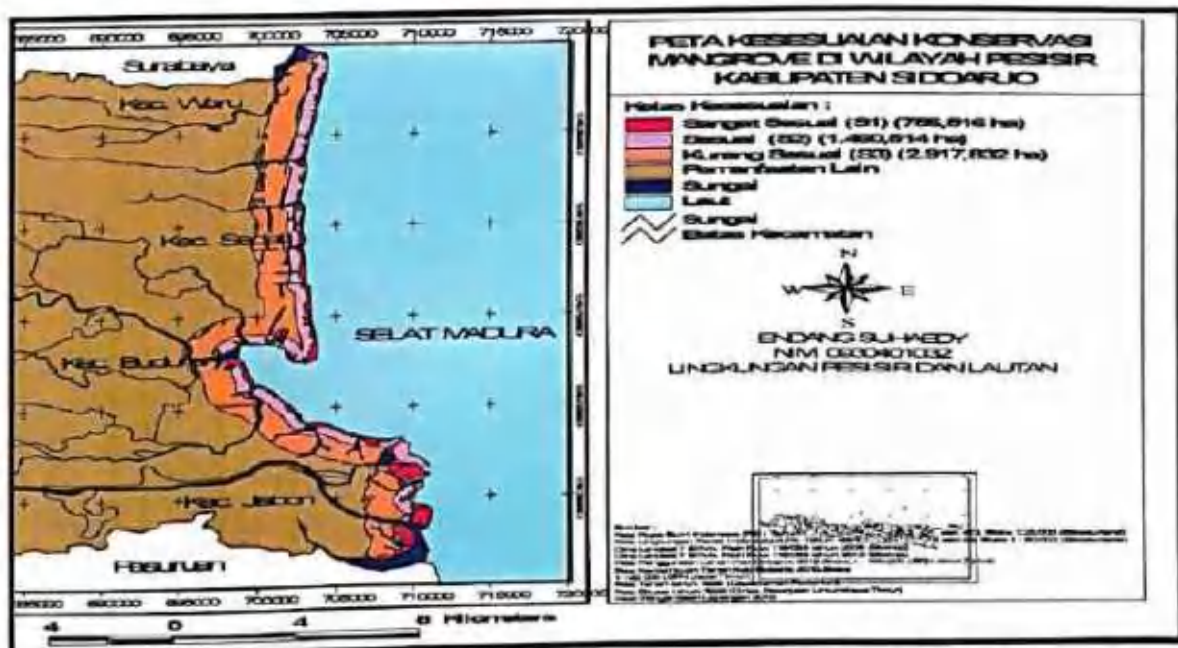
Nilai manfaat total hutan mangrove di lokasi penelitian terdiri dari 4 (empat) kategori yaitu : (1) nilai manfaat langsung (*direct use value*); (2) nilai manfaat tidak langsung (*non-direct use value*); (3) nilai manfaat pilihan (*option value*); (4) nilai manfaat keberadaan (*existence value*). Penghitungan nilai manfaat ekosistem mangrove berpedoman pada keadaan di lokasi penelitian dan didukung pula oleh berbagai data sekunder. Berdasarkan penghitungan pengelolaan mangrove selama 20 tahun diperoleh bahwa Nilai Ekonomi Total (NET) ekosistem mangrove di lokasi penelitian seluas 1.597,74 hektar sebesar Rp 199.270.674,36/tahun atau rata – rata 9.963.533,72/ha/tahun. Beberapa penelitian di Kabupaten Subang Jawa Barat diperoleh NET rata – rata Rp 14.998.692,34/ha/tahun (Fakhrudin 1996). Sedangkan Agustuno (1996) yang menggunakan pendekatan surplus

konsumen mendapatkan NET hutan mangrove di wilayah pesisir Kabupaten Indramayu sebesar Rp 14.618.218/ha/tahun. Sementara hasil penelitian Maryadi (1998), memperoleh NET hutan mangrove di wilayah pesisir Kecamatan Tulung Selapan, Sumatera Selatan sebesar Rp 3.953.549/ha/tahun. Menurut Kusumastanto (2000) bahwa manfaat fungsi ekosistem hutan mangrove di berbagai kawasan Indonesia rata – rata sebesar US \$ 3.829,71/ha/tahun. Apabila dikonversi kedalam rupiah dengan asumsi Rp 9.000 per US \$, maka diperoleh manfaat hutan mangrove rata – rata sebesar Rp 34.467.390/ha/tahun.

Potensi Areal Konservasi Mangrove dan Tambak

Potensi Areal untuk Konservasi Mangrove

Kawasan konservasi mangrove ditentukan dengan teknik tumpang susun (*overlay*) terhadap layer jarak dari pantai, bervegetasi, jenis tanah, drainase, kemiringan lereng, dan ketinggian lahan. Parameter kriteria kesesuaian konservasi mangrove sebagai berikut : kemiringan lereng, jarak dari pantai, jenis tanah, ketinggian, drainase, bervegetasi, dan indeks vegetasi (NDVI). Analisis kesesuaian lahan dengan menggunakan SIG, serta diversifikasi dengan pengamatan lapangan dan pendekatan *professional adjustment*. Hasil analisis tumpang susun (*overlay*) dari parameter yang digunakan untuk penentuan kesesuaian konservasi mangrove diperoleh luas lahan yang sangat sesuai (S1) untuk konservasi mangrove seluas 756,516 ha dengan nilai *Indeks Overlay Model (IOM)* 2,52 – 3,00, sesuai (S2) seluas 1.460,514 ha dengan nilai *Indeks Overlay Model (IOM)* 2,04 – 2,51, dan kurang sesuai (S3) seluas 2.917,832 ha dengan nilai *Indeks Overlay Model (IOM)* 1,55 – 2,03. Total luas lahan yang sesuai untuk kawasan konservasi mangrove 2.217,030 ha dan luas hutan mangrove yang terdapat di wilayah pesisir Kabupaten Sidoarjo seluas 1.597,74 ha, sehingga masih terdapat lahan yang dapat dijadikan atau dikembangkan sebagai kawasan konservasi mangrove seluas 619,290 ha (Hasil Analisis SIG 2010). Nilai manfaat ekonomi statis untuk tujuan konservasi sebesar US \$ 1.395,50 dan secara dinamis US \$ 11.487,91ha/th (Barton 1994).

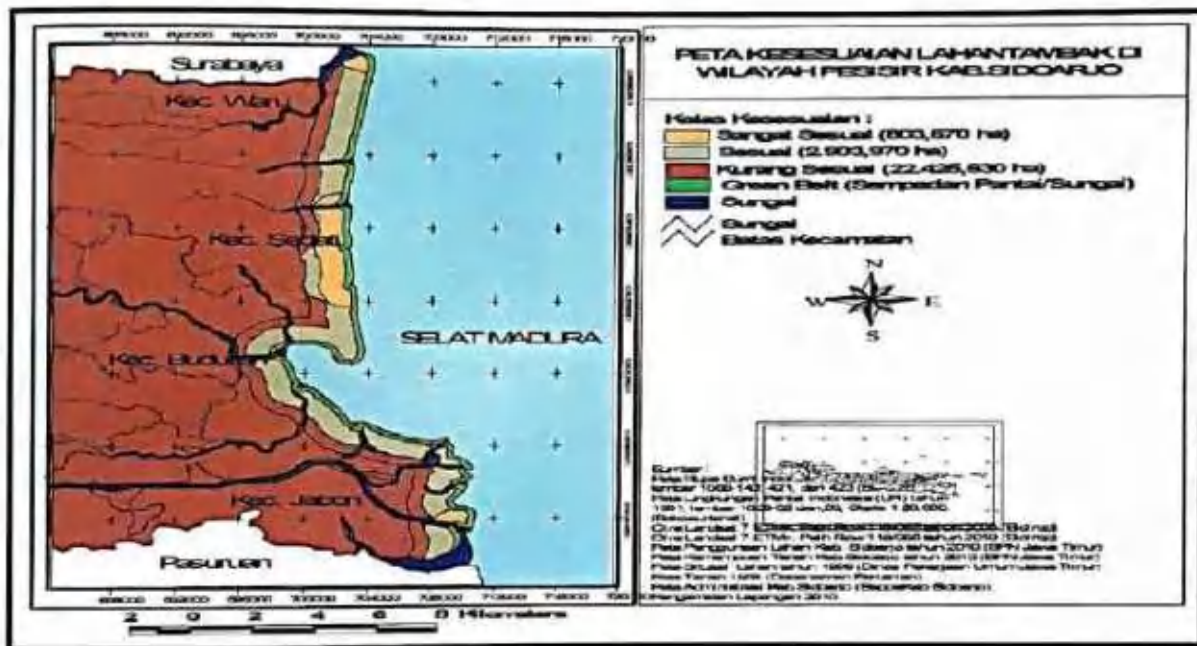


Gambar 3. Peta Kesesuaian Konservasi Mangrove Di Wilayah Pesisir Kabupaten Sidoarjo

Potensi Areal untuk Pertambakan

Penilaian kesesuaian lahan sebagai faktor penentu dalam pertambakan di wilayah pesisir Kabupaten Sidoarjo didasarkan atas beberapa parameter kesesuaian sebagai

berikut: kemiringan lereng, jarak dari pantai, jarak dari sungai, jenis tanah, ketinggian, drainase, salinitas dan geologi. Teknik *overlay* terhadap layer-layer kemiringan lereng, jarak dari pantai, jarak dari sungai, jenis tanah, ketinggian, drainase, salinitas dan geologi, digunakan dalam penentuan kesesuaian lahan tambak. Hasil analisis tumpang susun (*overlay*) dari parameter yang digunakan untuk penentuan kesesuaian lahan tambak diperoleh luas lahan yang sangat sesuai (S1) untuk tambak seluas 803,607 ha dengan nilai Indeks Overlay Model (IOM) 2,51 – 3,00, sesuai (S2) seluas 2.903,970 ha dengan nilai Indeks Overlay Model (IOM) 2,01 – 2,50, dan kurang sesuai (S3) seluas 22.425,630 ha dengan nilai Indeks Overlay Model (IOM) 1,50 – 2,00. Total luas lahan yang sesuai untuk tambak seluas 3.707.570 ha (23,87 % dari luas tambak saat ini 15.530 ha), sehingga terdapat 11.826,43 ha lahan yang tidak sesuai secara biogeofisik dan bioteknis dijadikan sebagai lahan tambak, akibatnya banyak lahan tambak yang tidak produktif dan akhirnya dilerantarkan.



Gambar 4. Peta Kesesuaian Lahan Tambak Di Wilayah Pesisir Kabupaten Sidoarjo

Daya Dukung Kegiatan Pertambakan Terkait Pengelolaan Mangrove Kuantifikasi Volume Air Tersedia di Perairan Pesisir untuk Kegiatan Pertambakan

Kuantifikasi atau volume air yang tersedia di pesisir pantai ditentukan oleh volume air laut yang memasuki perairan pantai ketika air pasang. Daya dukung ekologi (lingkungan) untuk kegiatan pertambakan sangat tergantung dari volume air yang tersedia di pantai, dengan asumsi volume air laut yang masuk ke daerah pantai ketika terjadi pasang selalu berganti dari pasang yang satu ke pasang berikutnya, volume air yang berganti itulah yang disebut air yang tersedia di pantai. Karena volume air laut tersebut selalu tergantung oleh volume air laut dari laut lepas, maka diperkirakan volume air tersebut memiliki kualitas baik untuk kegiatan budidaya. Volume air laut yang masuk ke pantai dihitung dengan formula Widigdo dan Pariwono (2003). Hasil perhitungan volume air yang tersedia di perairan pesisir untuk kegiatan pertambakan ketika pasang naik (V_0) sebesar $16.989.842,05 \text{ m}^3$ per periode pasang dan ketika air surut (V_s); sebesar $16.699.898,86 \text{ m}^3$. Volume total air yang tersedia di pantai dalam satu siklus pasang surut untuk mengencerkan limbah sebesar $33.689.740,91 \text{ m}^3$. Volume total air yang tersedia di pantai per hari (dua kali siklus pasang surut), sebesar $67.379.481,82 \text{ m}^3$

Estimasi Daya Dukung Ekologi (Lingkungan)

Estimasi daya dukung ekologi (lingkungan) untuk kegiatan pertambakan di wilayah pesisir Kabupaten Sidoarjo ditentukan dengan 2 (dua) pendekatan, yaitu : (1) volume air penerima limbah sebesar 60- 100 kali lipat dari volume limbah yang dibuang ke pantai; (2) kapasitas ketersediaan oksigen terlarut dalam perairan untuk menguraikan beban limbah organik

(1) Daya Dukung Ekologi (Lingkungan) Berdasarkan Volume Air Laut Penerima Limbah

Hasil perhitungan volume air yang tersedia di pantai untuk kegiatan pertambakan sebesar 66.509.652,27 m³/hari. Volume air tersedia di perairan pesisir untuk mengencerkan limbah tambak dijadikan dasar penentuan luas tambak lestari sesuai dengan daya dukung ekologi (lingkungan). Apabila dimanfaatkan untuk budidaya tambak intensif dengan asumsi kemampuan produksi udang adalah 4 ton/ha/MT, maka luas tambak yang dapat diusahakan 673,74 ha (4,34 % dari luas tambak eksisting dan 18,17 % dari luas lahan yang sesuai berdasarkan kondisi biogeofisik spesifik wilayah pesisir). Apabila dimanfaatkan untuk kegiatan budidaya tambak semi intensif dengan asumsi kemampuan produksi 2 ton/ha/MT, maka luas tambak yang dapat diusahakan 1.347,58 ha (8,68 % dari luas tambak eksisting dan 36,35 % dari luas lahan yang sesuai berdasarkan kondisi biogeofisik spesifik wilayah pesisir). Apabila dimanfaatkan untuk kegiatan budidaya tambak tradisional plus dengan asumsi produksi 778,77 kg/ha/MT, maka luas tambak yang dapat diusahakan 3.463,96 ha (22,30 % dari luas tambak eksisting dan 93,43 % dari luas lahan yang sesuai berdasarkan kondisi biogeofisik spesifik wilayah pesisir).

(2) Daya Dukung Ekologi (Lingkungan) Perairan Berdasarkan Ketersediaan Oksigen Terlarut untuk Menguraikan Beban Limbah Organik

Hasil penghitungan volume air yang tersedia di perairan pesisir untuk pertambakan per hari sebesar 66.509.652,17 m³, maka diperoleh daya dukung perairan pesisir Kabupaten Sidoarjo dalam menguraikan limbah organik sebesar 596.924,13 kg. Jika seluruh lahan tambak dikembangkan untuk budidaya intensif dengan produksi maksimum 3,38 ton/ha/MT, maka luas lahan tambak yang diperbolehkan agar tidak melampaui daya dukung seluas 288,43 ha (1,89 % dari luas tambak eksisting dan 7,78 % dari luas lahan yang sesuai berdasarkan kondisi biogeofisik spesifik wilayah pesisir) dengan batasan daya dukung produksi sebesar 973,45 ton/MT. Jika seluruh lahan tambak dikembangkan untuk budidaya semi-intensif dengan produksi maksimum 2,0 ton/ha/MT, maka luas lahan tambak yang diperbolehkan agar tidak melampaui daya dukung seluas 532,10 ha (3,48 % dari luas tambak eksisting dan 14,35 % dari luas lahan yang sesuai berdasarkan kondisi biogeofisik spesifik wilayah pesisir) dengan batasan daya dukung produksi sebesar 1.064,20 ton/MT. Jika seluruh lahan tambak dikembangkan untuk budidaya tradisional plus dengan produksi maksimum 0,7 ton/ha/MT, maka luas lahan tambak tradisional yang diperbolehkan agar tidak melampaui daya dukung lingkungan seluas 1.705,50 ha (11,15 % dari luas tambak eksisting dan 46,00 % dari luas lahan yang sesuai berdasarkan kondisi biogeofisik spesifik wilayah pesisir) dengan batasan daya dukung produksi sebesar 1.193,85 ton/MT. Sedangkan kombinasi yang optimal dan masih dalam batasan daya dukung lingkungan adalah 50% usaha budidaya tradisional plus dengan luas 852,75 ha, kemudian 25% untuk teknologi budidaya semi-intensif dengan luas lahan 133,03 ha, dan 25% budidaya intensif dengan luas lahan 72,11 ha (produksi optimal 1.106,34 ton/MT). Kombinasi total luas tambak intensif, semi intensif, dan tradisional plus seluas 1.057,89 ha (6,81 %).

(3) Daya Dukung Ekonomi dan Sosial Tambak

Penilaian ekonomi usaha budidaya tambak digunakan metode manfaat biaya (Ruitenbeek 1992; Munasinghe 1993; Kusumastanto 2003). Hasil perhitungan usaha budidaya tambak tradisional udang diperoleh rata – rata manfaat bersih Rp 10.137.674,20, R/C 3,12, NPV Rp 42.151.721,31 dan Net B/C 2,58. Sedangkan budidaya tradisional bandeng diperoleh rata – rata manfaat bersih sebesar Rp 4.355.675, R/C 2,43, NPV Rp 13.133.023,72, dan Net B/C 1,75. Budidaya intensif menghasilkan manfaat bersih sebesar

Rp 196.400.000/ha/MT, Net B/C 2,15 dan NPV Rp 805.981.255,59 (10 tahun)(Boer 2001, Imran 2004). Budidaya udang semi intensif (monokultur udang) menghasilkan manfaat bersih sebesar Rp 76.035.170/ha/MT, Net B/C 1,64 dan NPV Rp 248.524.046,93 (10 tahun). Tradisional plus menghasilkan manfaat bersih Rp 26.269.320, Net B/C 3,33 dan NPV Rp 120.938.698,81 (10 tahun) (Boer 2001; Imran 2004; Alauddin 2010). Tambak dengan teknologi intensif pada kondisi daya dukung ekologi (lingkungan) seluas 288,43 ha dapat menyerap tenaga kerja aktual sebanyak 1.153 orang atau 553.785,60 HOK/th. Tambak dengan teknologi semi intensif pada kondisi daya dukung lingkungan seluas 532,10 ha, dapat menyerap tenaga kerja aktual sebanyak 1.064 orang atau 1.021.632 HOK/th. Tambak dengan teknologi tradisional plus pada kondisi daya dukung ekologi (lingkungan) seluas 1.705,50 ha dapat menyerap tenaga kerja aktual sebesar 1.705 orang atau 3.274.560 HOK/th. Kombinasi teknologi tambak intensif, semi intensif, dan tradisional plus pada kondisi daya dukung ekologi (lingkungan) masing – masing seluas 72,11 ha, 133,03 ha, dan 852,75 ha dapat menyerap total tenaga kerja aktual sebanyak 1.407 orang atau 2.031.148,80 HOK/th.

Model dan Simulasi Pengelolaan Mangrove untuk Kegiatan Pertambakan

Luas tambak yang sesuai dengan hasil analisis daya dukung lingkungan dijadikan dasar sebagai luas tambak optimal di wilayah pesisir Kabupaten Sidoarjo. Beberapa asumsi yang digunakan dalam model dinamik pengelolaan tambak berkelanjutan di wilayah pesisir Kabupaten Sidoarjo yaitu :

- ◊ Tipe model yang digunakan adalah kompartemen yaitu variabel didefinisikan dan dikuantifikasi dimana waktu sebagai faktor penentu.
- ◊ Buangan lumpur lapindo dan buangan limbah antropogenik (*external loading*) di sekitar wilayah pesisir Kabupaten Sidoarjo diabaikan.
- ◊ Dinamika yang ada merupakan nilai hasil pengamatan dari setiap parameter selama penelitian

a. Penetapan Variabel Simulasi Model

Variabel keputusan (*decision variabel*) dalam simulasi model ini yaitu luas tambak sedangkan variabel indikator (*indicator variabel*) yaitu jumlah $\text{NO}_3\text{-N}$ di tambak, $\text{NO}_3\text{-N}$ dari sedimen, $\text{NO}_3\text{-N}$ dari mangrove, jumlah konsentrasi $\text{NO}_3\text{-N}$ di perairan pesisir (pantai/estuaria), keuntungan dan NPV tambak, dan nilai NPV mangrove terkonversi. Beberapa informasi variabel yang mendasari masing – masing skenario, yaitu : lama pemeliharaan, dosis pakan, luas hutan mangrove, nilai manfaat dan biaya mangrove, laju N dari mangrove 0,029 kg/hari, target produksi (intensif 4,2 ton/ha/MT, semi intensif 2 ton/ha/MT, dan tradisional plus 700 kg/ha/MT), Investasi, Modal kerja, dan biaya eksternalitas (intensif : 15 % x investasi, semi intensif : 10 % x investasi, dan tradisional plus 5 % x investasi). Untuk melakukan simulasi digunakan 3 skenario yaitu :

Skenario 1. Luas tambak saat ini (Semi intensif 1.553,042 ha dan Tradisional/Tradisional plus 13.977.371 ha)

(asumsi luas tambak sama dengan luas mangrove terkonversi). Pada skenario 1 yaitu luas tambak semi intensif pada kondisi saat ini (*eksisting*) seluas 1.553,042 ha diperoleh nilai konsentrasi $\text{NO}_3\text{-N}$ di tambak setelah mendapatkan masukan dari ekosistem mangrove dan sedimentasi, serta setelah mengalami proses asimilasi di ekosistem perairan sebesar 10,81 ppm/ha atau sebesar 0,35 ppm/ha sampai hari ke 120 atau berkisar 0 – 0,30 ppm/ha/hari (nilai maksimum per ha). Apabila dikaitkan dengan aspek ekonomi dalam mengelola tambak pada kondisi saat ini yang menimbulkan dampak eksternalitas dan dibutuhkan biaya eksternalitas sebesar Rp 1.780.000/tahun yang akan dibebankan kepada komponen biaya. Mengelola tambak semi intensif saat ini seluas 1.553,042 ha, akan mendapatkan keuntungan sebesar Rp 69.072.308.849,22 dengan mempertimbangkan NPV sebesar Rp 222.235.732,30 /10tahun atau Rp 22.234.596,06/tahun. Apabila dibandingkan dengan hilangnya nilai ekonomi mangrove dari pembukaan (konversi) mangrove menjadi tambak pada kondisi eksisting untuk teknologi semi intensif sebesar Rp 14.180.874.722,37/tahun dengan NPV sebesar Rp 182.503.342,54/20 tahun atau Rp 9.125.167,13/tahun. Sedangkan untuk luas tambak tradisional pada kondisi saat ini (*eksisting*) seluas 13.977,371 diperoleh

nilai konsentrasi $\text{NO}_3\text{-N}$ di tambak setelah mendapatkan masukan dari ekosistem mangrove dan sedimentasi, serta setelah mengalami asimilasi diekosistem perairan pesisir (pantai) sebesar 89,03 ppm/ha atau sebesar 2,98 ppm/ha sampai hari ke 120 atau berkisar 0 – 2,98 ppm/ha/hari (nilai maksimum per ha). Apabila dikaitkan dengan aspek ekonomi dalam mengelola tambak pada kondisi saat ini yang menimbulkan dampak eksternalitas dan dibutuhkan biaya eksternalitas sebesar Rp 72.500/tahun yang akan dibebankan kepada komponen biaya. Mengelola tambak tradisional saat ini seluas 13.977,371 ha, akan mendapatkan keuntungan sebesar Rp 55.438.665.133,31 dengan mempertimbangkan NPV sebesar Rp 19.830.118,30/10 tahun atau Rp 1.983.011,83/tahun. Apabila dibandingkan dengan hilangnya nilai ekonomi mangrove dari pembukaan (konversi) mangrove menjadi tambak tradisional pada kondisi eksisting sebesar Rp 127.555.236.171,02/tahun dengan NPV sebesar Rp 182.503.342,54/20 tahun atau Rp 9.125.167,13/tahun.

Skenario 2. Luas tambak pada kondisi daya dukung lingkungan (diusahakan hanya intensif 288,43 ha, diusahakan hanya semi intensif 532,10 ha, dan diusahakan hanya tradisional plus 1.705,50 ha) (asumsi luas

tambak sama dengan luas mangrove terkonversi). Pada skenario 2 yaitu jika diusahakan tambak intensif pada kondisi daya dukung lingkungan seluas 288,43 ha diperoleh nilai konsentrasi $\text{NO}_3\text{-N}$ di tambak setelah mendapatkan masukan dari ekosistem mangrove dan sedimentasi, serta setelah mengalami proses asimilasi diekosistem perairan sebesar 10,55 ppm/ha atau sebesar 0,35 ppm/ha sampai hari ke 120 atau berkisar 0 – 0,35 ppm/ha/hari (nilai maksimum per ha). Apabila dikaitkan dengan aspek ekonomi dalam mengelola tambak intensif yang menimbulkan dampak eksternalitas dan dibutuhkan biaya eksternalitas sebesar Rp 3.600.000/tahun yang akan dibebankan kepada komponen biaya. Mengelola tambak intensif seluas 288,43 ha, akan mendapatkan keuntungan sebesar Rp 20.520.832.575,81 dengan mempertimbangkan NPV sebesar Rp 355.733.324,82/10 tahun atau Rp 35.573.332,48/tahun. Apabila dibandingkan dengan hilangnya nilai ekonomi mangrove dari pembukaan (konversi) mangrove menjadi tambak intensif sebesar Rp 2.631.971.954,50/tahun dengan NPV sebesar Rp 182.503.342,54/20 tahun atau Rp 9.125.167,13/tahun. Jika diusahakan tambak semi intensif pada kondisi daya dukung lingkungan seluas 532,10 ha diperoleh nilai konsentrasi $\text{NO}_3\text{-N}$ di tambak setelah mendapatkan masukan dari ekosistem mangrove dan sedimentasi, serta setelah mengalami proses asimilasi diekosistem perairan sebesar 10,57 ppm/ha atau sebesar 0,35 ppm/ha sampai hari ke 120 atau berkisar 0 – 0,35 ppm/ha/hari (nilai maksimum per ha). Apabila dikaitkan dengan aspek ekonomi dalam mengelola tambak semi intensif yang menimbulkan dampak eksternalitas dan dibutuhkan biaya eksternalitas sebesar Rp 1.780.000/tahun yang akan dibebankan kepada komponen biaya. Mengelola tambak semi intensif seluas 532,10 ha, akan mendapatkan keuntungan sebesar Rp 23.650.214.337,37 dengan mempertimbangkan NPV sebesar Rp 222.234.677,10/10 tahun atau Rp 22.223.467,71/tahun. Apabila dibandingkan dengan hilangnya nilai ekonomi mangrove dari pembukaan (konversi) mangrove menjadi tambak semi intensif sebesar Rp 4.855.501.428,39 /tahun dengan NPV sebesar Rp 182.503.342,54/20 tahun atau Rp 9.125.167,13/tahun.

Jika diusahakan tambak tradisional plus pada kondisi daya dukung lingkungan seluas 1.705,50 ha diperoleh nilai konsentrasi $\text{NO}_3\text{-N}$ di tambak setelah mendapatkan masukan dari ekosistem mangrove dan sedimentasi, serta setelah mengalami proses asimilasi diekosistem perairan sebesar 10,35 ppm/ha atau sebesar 0,35 ppm/ha sampai hari ke 120 atau berkisar 0 – 0,35 ppm/ha/hari (nilai maksimum per ha). Apabila dikaitkan dengan aspek ekonomi dalam mengelola tambak tradisional plus yang menimbulkan dampak eksternalitas dan dibutuhkan biaya eksternalitas sebesar Rp 72.500/tahun yang akan dibebankan kepada komponen biaya. Mengelola tambak intensif seluas 1.705,50 ha, akan mendapatkan keuntungan sebesar Rp 32.653.542.005,62/tahun dengan mempertimbangkan NPV sebesar Rp 95.730.114,46/10 tahun atau Rp 9.573.011,44/tahun. Apabila dibandingkan dengan hilangnya nilai ekonomi mangrove dari pembukaan (konversi)

mangrove menjadi tambak intensif sebesar Rp 15.562.972.535,46/tahun dengan NPV sebesar Rp 182.503.342,54/20 tahun atau Rp 9.125.167,13/tahun.

Skenario 3. Kombinasi luas lahan pada kondisi daya dukung lingkungan (intensif 72,11 ha, semi intensif

133,03 ha, dan tradisional plus 852,75 ha)(asumsi luas tambak sama dengan luas mangrove terkonversi). Pada skenario 3 yaitu jika diusahakan kombinasi teknologi budidaya tambak yaitu intensif 72,11 ha, semi intensif 133,03 ha, dan tradisional plus 852,75 ha dalam suatu kawasan pada kondisi daya dukung lingkungan, diperoleh nilai konsentrasi $\text{NO}_3\text{-N}$ di tambak setelah mendapatkan masukan dari ekosistem mangrove dan sedimentasi, serta setelah mengalami proses asimilasi di ekosistem perairan sebesar 10,00 ppm/ha atau sebesar 0,33 ppm/ha sampai hari ke 120 atau berkisar 0 – 0,33 ppm/ha/hari (nilai maksimum per ha). Apabila dikaitkan dengan aspek ekonomi dalam mengelola kombinasi teknologi tambak intensif, semi intensif, dan tradisional plus dengan sistem hamparan dalam satu kawasan yang menimbulkan dampak eksternalitas dan dibutuhkan biaya eksternalitas sebesar Rp 3.600.000/tahun (intensif), Rp 1.780.000 (semi intensif), dan Rp 72.800 (tradisional plus) yang akan dibebankan kepada komponen biaya. Mengelola tambak intensif seluas 72,11 ha, 133,03, dan 825,75 ha akan mendapatkan keuntungan sebesar Rp 142.539.695.814,81 dengan mempertimbangkan NPV sebesar Rp 673.698.096,28/10 tahun atau Rp 67.369.809,63/tahun. Apabila dibandingkan dengan hilangnya nilai ekonomi mangrove dari pembukaan (konversi) mangrove menjadi tambak intensif sebesar Rp 9.653.423.052,21/tahun dengan NPV sebesar Rp 182.503.342,54/20 tahun atau Rp 9.125.167,13/tahun.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Ekosistem mangrove yang terdapat di lokasi penelitian ditemukan 6 (enam) jenis yaitu *Avicennia alba*, *Rhizophora mucronata* Lam, *Sonneratia alba*, *Achantus ilicifolius* L, *Exoecaria agallocha* L, dan *Pluchea indica* L. Indeks nilai penting tertinggi baik tingkat pohon dan pancang terdapat pada jenis *Avicennia alba*. Indeks Nilai Penting (INP) yang besar pada *Avicennia alba* menunjukkan bahwa jenis ini merupakan jenis yang paling dominan dan mampu menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan yang ada. Nilai Ekonomi Total (NET) ekosistem mangrove di lokasi penelitian cukup tinggi sebesar Rp 199.270.674,36/tahun atau rata – rata 9.963.533,72/ha/tahun dibandingkan dengan nilai ekonomi jika dikonversi menjadi tambak sehingga hutan mangrove harus tetap dipertahankan.
2. Hasil analisis kesesuaian lahan berdasarkan kondisi dan kriteria biogeofisik spesifik wilayah pesisir Kabupaten Sidoarjo diperoleh luas lahan yang sesuai untuk konservasi mangrove seluas 2.217,030 ha, tambak seluas 3.707,570 ha dan pengembangan kawasan ekowisata mangrove seluas 611,438 ha.
3. Daya dukung lingkungan perairan pesisir Kabupaten Sidoarjo tergolong rendah dengan kemampuan menampung limbah organik sebesar 596.924,13 kg/hari. Berdasarkan kapasitas daya tampung terhadap limbah organik ini, maka jika dilakukan kegiatan budidaya tambak udang intensif, maka perairan hanya mampu mendukung seluas 288,43 ha (produksi optimal 973,45 ton/MT dan serapan tenaga kerja aktual 1.153 orang/553.785,60 HOK/th). Jika dilakukan kegiatan budidaya tambak semi intensif maka lingkungan perairan hanya mampu mendukung seluas 532,10 ha (produksi optimal 1.062,40 ton/MT dan serapan tenaga kerja aktual 1.064 orang/1.021.632 HOK/th), jika dilakukan kegiatan budidaya tambak tradisional plus hanya mampu mendukung seluas 1.705,50 ha (produksi 1.193,85 ton/MT dan serapan tenaga kerja aktual 1.705 orang/3.274.560 HOK/th), dan jika dilakukan kegiatan budidaya tambak dengan kombinasi ketiga teknologi, maka lingkungan perairan hanya mampu mendukung tambak intensif seluas 72,11 ha, semi intensif 133,03 ha, dan tradisional plus 852,75 ha (produksi optimal 1.106,34 ton/MT serapan tenaga kerja aktual 1.407 orang/2.031.148,80 HOK/th). Manfaat bersih tambak tradisional udang (monokultur) Rp 10.137.674,20, R/C 3,12, NPV Rp

42.151.721,31 dan Net B/C 2,58, manfaat bersih tambak tradisional bandeng (monokultur) diperoleh rata – rata sebesar Rp 4.355.675, R/C 2,43, NPV Rp 13.133.023,72, dan Net B/C 1,75, tambak udang semi intensif (monokultur) menghasilkan manfaat bersih sebesar Rp 76.035.170/ha/MT, Net B/C 1,64 dan NPV Rp 248.524.046,93 (10 tahun).

6. Skenario 2 merupakan skenario yang direkomendasikan untuk pemanfaatan tambak yang optimal dengan alokasi yaitu : (i) apabila hanya diusahakan tambak intensif seluas 288,43 ha (6,27 %) (kebutuhan mangrove seluas 6.737,89 ha); (ii) apabila hanya diusahakan tambak semi intensif seluas 532,10 ha (6,85 %) (kebutuhan mangrove seluas 1.169,18 ha) dan; (iii) apabila hanya diusahakan tambak tradisional plus seluas 1.705,50 ha (7,9 %) (mangrove tersedia 1.597,74 ha). Skenari 3 juga merupakan skenario kombinasi luas tambak yang optimal dengan alokasi yaitu tambak ntensif seluas 72,11 ha, semi intensif 133,03 ha, dan tradisional plus 852,75 ha dengan total luas 1.057,89 ha (6,81 %) (kebutuhan mangrove seluas 1.177,99 ha) merupakan skenario optimal dan berkelanjutan.
7. Model ekologi ekonomi pengembangan tambak secara berkelanjutan diwilayah pesisir adalah model yang memanfaatkan areal mangrove hanya 30 % dari total luas mangrove yang ada dengan teknologi intensif, semi intensif, dan tradisional plus dengan mempertimbangkan biaya eksternalitas 15 %.
8. Model ekologi – ekonomi yang diteliti dapat diimplementasikan dengan karakter lahan yang bervegetasi mangrove tanpa ekosistem lainnya (padang lamun dan terumbu karang), bersubstrat lumpur sampai lumpur berpasir dengan kemiringan lahan 0-20 % dengan frekuensi pasang 1 – 2 kali per hari.

Saran

1. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi acuan dalam pemanfaatan kawasan pesisir secara optimal dan berkelanjutan untuk tambak dari aspek ekologi dan ekonomi
2. Alokasi pemanfaatan wilayah pesisir harus disesuaikan dengan kemampuan daya dukung dan kapasitas asimilasi lingkungan perairan baik untuk kegiatan pertambakan agar degradasi kualitas lingkungan dapat dihindari dan pemanfaatan sumberdaya pesisir khususnya hutan mangrove dapat berkelanjutan
3. Agar mendapatkan nilai konsentrasi $\text{NO}_3\text{-N}$ lebih akurat maka perlu dilakukan penelitian langsung di tambak dan pengukuran $\text{NO}_3\text{-N}$ pada saat yang sama di perairan pesisir (estuaria). Selain itu, perlu juga memperhatikan variabel lainnya seperti Fosfor (P), karena merupakan nutrisi yang dapat memicu terjadinya eutrofikasi.
4. Pemerintah daerah harus mengimplementasikan kebijakan yang tegas tentang PERDA batas jalur hijau mangrove, mengoptimalkan hutan mangrove yang telah dikonversi (dibuka) dan menjadikan hutan mangrove yang ada saat ini sebagai kawasan konservasi.
5. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk menentukan hubungan tingkat maksimum nitrat yang dapat ditampung oleh tambak dan umur tambak

DAFTAR PUSTAKA

- Arifinbits.2009. Ekosistem mangrove di Indonesia (Botani Mangrove). LPP Mangrove 2008. <http://www.imred.org?q=content/ekosistem-mangrove-di-Indonesia>. (28 Juni 2008)
- Adrianto L. 2006. Sinopsis: pengenalan konsep dan metodologi valuasi ekonomi sumberdaya pesisir dan laut. Bogor: Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan Institut Pertanian Bogor.
- Alongi DM.1989. *The role of the soft-bottom benthic communities in tropical mangrove and coral reef ecosystem*. CRC. Critical Reviews in Aquatic Science I : 243-280

- Aksomkose S.1993. *Ecology and management of mangrove*. The IUCN Wetlands Programme.Bangkok Thailand
- Alkodra HS, YA Mulyani, A Priyono.1990. *The ecology and conservation of the migratory bird in java*. Faculty of Forestry. IPB.Bogor.
- Bann C.1988. *The economic valuation of mangrove: A Manual for Researchers*. Economic and Environment Program for Southeast Asia IDRC.
- Boyd CE. 1990. Water quality in ponds for aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station. Auburn University, Alabama, 482p.
- BAKOSURTANAL (Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional), 1998. Pengembangan Prototipe Wilayah Pesisir dan Marine Kupang Nusatenggara Timur. Puslitbang-Inderasig, Bakosurtanal, Cibinong.
- Berg UC. 1992. Guidelines for the promotion of environmental management of coastal aquaculture development. FAO Fisheries Technical Paper 328, FAO, Rome. 122p.
- Barr JB, Henwood and K. Lewis. 1997. A Marine Protected Areas Strategy for the Pacific Coast of Canada. *In* : Munro, N.W.P. and J.H.M. Wilson (Eds). *Linking Protected Areas With Working Landscapes Conserving Biodiversity*. Proceeding of the International Conference on Science and Management of Protected Areas. Halifax, Nova Scotia, 12-16 May 1997.
- Boyd CE and Musig Y 1992. Shrimp pond effluents: Observations of the nature of the problem on commercial farms. Proceeding of the special session on shrimp farming. Edited by J. Wyban. World aquaculture society, Baton rouge, LA. USA 195 – 197.
- Badan Perencanaan Pembangunan Kabupaten Sidoarjo .2008. Master plan pengendalian sumberdaya alam dan lingkungan hidup Kabupaten Sidoarjo. Laporan antara CV. Rona Lestari hal 3 – 23
- Barton DN.1994. Economic factors and valuation of tropical coastal resources.SMR-Report 14/1994. Center For Studies of Environmental and Resources. University of Bergen.Norway.
- Bratacida L.2002. Pelestarian ekosistem hutan mangrove di Provinsi DKI Jakarta. Prosiding Seminar Mangrove DKI Jakarta.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Sidoarjo. 2010. Sidoarjo dalam angka tahun 2009. Kabupaten Sidoarjo 2010.
- Bengen DG. 2000. Sinopsis teknik pengambilan contoh dan analisis data biofaik Sumberdaya Pesisir. Bogor; Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan Faperikan, Institut Pertanian Bogor (PKSPL-IPB).
- Bengen DG. 2001. Sinopsis ekosistem dan sumberdaya alam pesisir dan Laut. Bogor: Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan Institut Pertanian Bogor.
- Bengen DG.2002. Pengembangan konsep daya dukung dalam pengelolaan lingkungan pulau – pulau kecil (Laporan Akhir). Kantor MenegLH dan FPIK IPB.Bogor.
- Bengen DG. 2005. Pentingnya pengelolaan wilayah pesisir terpadu berbasis kesesuaian lingkungan bagi keberlanjutan pembangunan kelautan. Perspektif keterpaduan dalam

penataan ruang darat-laut. Merajut Inisiatif Lokal Menuju Kebijakan Nasional. Mitra Pesisir (CRMP II), Jakarta.

Barbier EB.1993. Evaluation of tropical wetlands resources economy and environment program for Southeast Asia (EEPSEA). EEPSEA Research Series. Singapore.

Bonham GF, Carter. 1994. Geographic information system for geoscientist; modeling with GIS. Pergamon. Ottawa, Ontario, Canada. 9 : 287 – 313 p.

Boers J. 2001. Sustainable coastal aquacultur. The economic and environmental rehabilitation of traditional aquaculture ponds at Sinjai, South Sulawesi, Indonesia. Collaborative Environmental Project in Indonesia, Jakarta Indonesia. 64 pp.

De Graaf GJ, Xuan TT.1999. *Extensive shrimp farming, mangrove clearance and marine fisheries in the southern provinces of Vietnam*. Mangroves and Salts Marshes 2: 159-166.

Eniyatno. 1999. Ilmu sistem. IPB Press.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan. 1992. Penilaian mutu tanah dan air untuk budidaya perikanan.Pedoman Teknis.

Poemomo, A., 1992. Pemilihan lokasi tambak udang berwawasan lingkungan. Seri Pengembangan Hasil Penelitian No.PHP/KAN/PATEK/004/1992

Rakocy, J.E. and R. Allison. 1981. Evaluation of Closed Recirculation System for Culture of Tilapia and Aquatic Macrophytes. Bioengineering Symposium for Fish Culture. FCS Publication.

WidigdoB, Pariwono. 2003. Daya dukung pantai utara Jawa Barat untuk budidaya udang (Studi Kasus di Kabupaten Subang, Tekuk Jakarta dan Serang). Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia 1, 10-17