

RESPON MANGROVE TERHADAP PENCEMARAN

Oleh:

Cecep Kusmana

Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan IPB

E-mail: cecep_kusmana@ipb.ac.id

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Ditinjau dari tiga ekosistem utama (mangrove, padang lamun, terumbu karang) yang menopang produktivitas perairan pesisir dan lautan, PP No. 19 Tahun 1999 perlu direvisi karena kriteria baku kerusakan mangrove, padang lamun, dan terumbu karang yang tertera pada penjelasan pasal 8 ayat 1 dan 2 secara substansial tidak menempatkan ketiga ekosistem tersebut sebagai suatu ekosistem. Khusus untuk ekosistem mangrove dalam kaitannya dengan pencemaran, tidak selamanya komunitas tumbuhan mangrove menjadi bioindikator yang sah sebagai penanda adanya pencemaran pada ekosistem mangrove yang bersangkutan. Banyak hasil penelitian membuktikan bahwa sedimen dan fauna invertebrate yang berada dan hidup di habitat mangrove berperan sebagai indikator yang sah penanda ada tidaknya pencemaran pada ekosistem mangrove yang bersangkutan. Dengan demikian, kriteria baku kerusakan mangrove harus dirubah.

B. Identifikasi Masalah

Mangrove sebagai sumberdaya pada dasarnya terdiri atas (1) satu atau lebih spesies tumbuhan yang hidupnya terbatas di habitat mangrove, (2) spesies-spesies tumbuhan yang hidupnya di habitat mangrove, namun juga dapat hidup di habitat non-mangrove, (3) biota yang berasosiasi dengan mangrove (biota darat dan laut, lumut kerak, cendawan, ganggang, bakteri dan lain-lain) baik yang hidupnya menetap, sementara, sekali-sekali, biasa ditemukan, kebetulan maupun khusus hidup di habitat mangrove, (4) proses-proses alamiah yang berperan dalam mempertahankan ekosistem ini baik yang berada di daerah bervegetasi maupun di luarnya, dan (5) daratan terbuka/hamparan lumpur yang berada antara batas hutan sebenarnya dengan laut.

Adapun keberlangsungan fungsi ekosistem mangrove ditentukan oleh proses ekologi internal yang secara signifikan dipengaruhi oleh proses eksternal sebagai berikut: (1) pasokan yang seimbang dari jumlah air tawar dan air laut, (2) suplai nutrisi yang cukup, dan (3) kondisi substrat yang stabil. Apabila salah satu faktor eksternal ini terganggu, maka proses ekologis internal dari ekosistem mangrove akan terganggu yang pada akhirnya mengakibatkan kerusakan/hilangnya mangrove tersebut. Oleh karena itu, permasalahannya adalah: bagaimana mempertahankan dan memelihara keharmonisan interaksi antara ketiga faktor eksternal tersebut di atas agar dapat menopang kelestarian hasil dan fungsi dari ekosistem mangrove?

C. Sasaran Utama dan Kegunaan

Sasaran utama dari perbaikan substansi pencemaran/kerusakan laut yang berkaitan dengan mangrove (begitupun dengan terumbu karang dan padang lamun) adalah tercapainya performansi ekosistem mangrove, terumbu karang dan padang lamun yang sehat. Adapun kegunaannya adalah agar ketiga ekosistem tersebut di atas dapat menghasilkan manfaat yang maksimal dan lestari untuk memenuhi kebutuhan hidup dan peningkatan kesejahteraan masyarakat dalam kondisi kualitas lingkungan yang baik.

D. Metode Penelitian

Mengingat luasnya mangrove yang akan menjadi subyek kajian, maka seyogyanya metode pendekatan yang digunakan dalam penelitian berupa sampling yang bersifat representative bagi karakteristik ekosistem yang dikaji. Selain itu, pengamatan seyogyanya tidak hanya dilakukan dalam satu titik waktu tetapi dilakukan dalam beberapa sekuens waktu yang sesuai dengan residence time dari polutan pencemar yang terdeposit pada komponen ekosistem yang dimaksud misalnya, dampak negative dari pencemaran minyak terhadap tumbuhan dan fauna akuatik mangrove beberapa bulan setelah terjadinya pencemaran dan berlangsung terus sampai beberapa tahun (lebih dari 5 tahun) ke depan.

ASAS-ASAS SCIENTIFIC YANG DIPERTIMBANGKAN DALAM SUBSTANSI REVISI PERATURAN PERUNDANGAN

Pengertian Mangrove, Komunitas Mangrove dan Ekosistem Mangrove

Mangrove merupakan tumbuh-tumbuhan yang tumbuh di daerah pasang-surut antara garis pasang tertinggi dengan garis surut terendah di wilayah tropika dan subtropika. Tumbuh-tumbuhan tersebut berasosiasi dengan organisme lain (fungi, mikroba, alga, fauna dan tumbuhan lainnya) membentuk komunitas mangrove. Selanjutnya komunitas mangrove tersebut berinteraksi dengan faktor abiotik (iklim, udara, tanah, air) membentuk ekosistem mangrove.

Urgensi Mangrove pada Ekosistem Laut

Sebagian besar daerah pantai pulau-pulau di Indonesia merupakan tempat tumbuh mangrove yang baik, sehingga mangrove merupakan suatu ekosistem yang umum mencirikan morfologi sistem biologi pesisir di Indonesia, di samping padang lamun dan terumbu karang, yang memainkan peranan penting dalam perlindungan dan pengembangan wilayah pesisir. Lugo dan Snedaker (1974) melaporkan bahwa rata-rata produktivitas primer kotor dari ketiga ekosistem tersebut adalah hutan mangrove $2.300 - 5.074 \text{ g Cm}^{-2} \text{ th}^{-1}$, padang lamun tropika $4.650 \text{ g Cm}^{-2} \text{ th}^{-1}$, dan terumbu karang $4.200 \text{ g cm}^{-2} \text{ th}^{-1}$.

Ekosistem mangrove merupakan ekosistem *interface* antara ekosistem daratan dengan ekosistem lautan. Oleh karena itu, ekosistem ini mempunyai fungsi spesifik yang keberkelangsuannya bergantung pada dinamika yang terjadi di ekosistem daratan dan lautan. Dalam hal ini, mangrove sendiri merupakan sumberdaya yang dapat dipulihkan (*renewable resources*) yang menyediakan berbagai jenis produk (produk langsung dan produk tidak langsung) dan pelayanan lingkungan seperti proteksi terhadap abrasi, proteksi lahan daratan pesisir dari tiupan angin kencang dan arus gelombang laut, menstabilisasi substrat/sedimen, proteksi terumbu karang dari suspensi koloid tanah dalam air, pengendali intrusi air laut, mengurangi tinggi dan kecepatan arus gelombang tsunami, pembersih air dari pencemaran polutan, dan tempat rekreasi. Kesemua sumberdaya dan jasa lingkungan tersebut disediakan secara gratis oleh ekosistem mangrove. Dengan perkataan lain, mangrove menyediakan berbagai jenis produk dan jasa yang berguna untuk menunjang keperluan hidup penduduk pesisir dan berbagai kegiatan ekonomi, baik skala lokal, regional, maupun nasional serta sebagai penyangga sistem kehidupan masyarakat sekitar hutan. Kesemua fungsi mangrove tersebut akan tetap berlanjut kalau keberadaan ekosistem mangrove dapat dipertahankan dan pemanfaatan sumberdayanya berdasarkan pada prinsip-prinsip kelestarian. Hal ini berarti mangrove berperan sebagai sumberdaya *renewable* dan penyangga sistem kehidupan jika semua proses ekologi yang terjadi di dalam ekosistem mangrove dapat berlangsung tanpa gangguan.

Mengingat ekosistem mangrove mempunyai fungsi yang penting seperti disebutkan di atas, maka kerusakan pada ekosistem ini harus ditangani secara tuntas dan dikelola secara benar agar fungsinya dapat dimanfaatkan secara optimal bagi sistem penyangga kehidupan dan keberlanjutan tipe-tipe ekosistem lainnya yang sustainabilitasnya berkaitan dengan eksistensi ekosistem mangrove.

Indikator Kesehatan Pohon dan Tegakan Hutan Mangrove

Sampai saat ini, belum ada indikator baku yang dapat digunakan untuk menentukan kesehatan pohon dan tegakan hutan mangrove. Berikut ini disampaikan beberapa indikator yang dapat digunakan untuk menentukan kesehatan pohon dan tegakan hutan mangrove dari berbagai pengaruh gangguan (Saenger 2002; Kusmana, pengalaman empiric):

1. Daun/Kanopi
 - Penurunan jumlah daun per ranting
 - Penurunan ukuran daun, daun berlekuk-lekuk dan menggulung
 - Luruhnya tunas dan daun muda
 - Berubahnya waktu pendewasaan daun
 - Nekrosis atau bintik-bintik klorosis pada daun
 - Perubahan masa terbentuknya daun dan peluruhan daun
 - Penurunan indeks area daun

2. Akar udara (Aerial Root)
 - Berkembangnya akar-akar berukuran kecil
 - Akar pasak yang berkelok-kelok dan menggulung
 - Perkembangan akar udara yang berlimpah
 - Kematian ujung akar
 - Periderm akar yang retak/terkelupas

3. Batang dan Cabang
 - Matinya bagian ujung cabang
 - Kulit batang/cabang yang terkelupas
 - Terbentuknya lentisel yang berlimpah
 - Jarak internoda yang pendek
 - Berhentinya pertumbuhan tunas
 - Kehadiran tunas batang dari meristem sekunder

4. Regenerasi
 - Kegagalan pembentukan akar
 - Kegagalan biji dan propagul membentuk sistem perakaran primer
 - Bentuk pertumbuhan abnormal dari anakan
 - Kegagalan pembentukan cabang primer
 - Klorosis atau nekrosis pada propagul
 - Pertumbuhan anakan yang kerdil

5. Struktur Reproduksi
 - Perubahan waktu masa pembentukan bunga dan buah
 - Ketiadaan atau kemelimpahan bunga
 - Kerusakan pada biji dan propagul
 - Kegagalan pembentukan buah

Respon Mangrove terhadap Stres Akibat Pencemaran

1. Respon Mangrove terhadap Polusi Logam Berat

Secara umum, berbagai jenis pohon mangrove mempunyai kandungan konsentrasi logam berat yang rendah sekalipun berada pada habitat yang terkontaminasi dengan unsur-unsur logam berat tersebut. Oleh karena itu, pohon mangrove bukan merupakan bioindikator yang baik dari ekosistem yang terkontaminasi oleh logam berat. Hal ini diperkuat oleh penelitian yang dilakukan oleh Silva *et al.* (1990) di Sepetiba Bay, Rio de Janeiro yang mengemukakan bahwa walaupun sedimen habitat mangrove mengandung 99% Mn dan Cu serta hampir 100% Fe, Zn, Cr, Pb dan Cd tetapi jaringan tumbuhan *Rhizophora mangle* mengandung < 1 % dari total konsentrasi logam berat tersebut. Begitu pula dilaporkan oleh Siddiqi and Zaidi (1994) yang melakukan penelitian di Pantai Saudi Arabian Gulf bahwa tidak ada korelasi antara konsentrasi logam berat di sedimen dengan konsentrasi logam berat di daun mangrove yang hidup pada tanah yang terkontaminasi logam berat.

Rendahnya tingkat konsentrasi logam berat pada tumbuhan mangrove ini kemungkinan disebabkan oleh beberapa hal: (a). Unsur-unsur logam berat tersimpan dalam bentuk senyawa organik kompleks yang mempunyai tingkat bioavailability yang rendah dalam sedimen, (b). Eklusi logam berat oleh tumbuhan mangrove itu sendiri, dan (c). Adaptasi fisiologi untuk menghindari akumulasi logam berat di dalam jaringan tumbuhan, dalam hal ini nampaknya akar mangrove merupakan penghalang bagi unsur-unsur logam berat untuk sampai ke berbagai jaringan tanaman yang sensitif. Moorthy and Kathiresan (1998a) melaporkan bahwa konsentrasi logam berat pada anakan *Rhizophora apiculata* menurun dari jaringan akar ke jaringan batang dan dari jaringan batang ke jaringan daun. Gangguan seperti musim kemarau yang panjang, perubahan dalam frekuensi dan lamanya penggenangan, dan salinitas dapat menyebabkan tanah mangrove kehilangan kemampuannya untuk mengikat logam berat dalam bentuk yang immobile bagi tumbuhan mangrove, sehingga sedimen mangrove berubah dari *sink* logam berat menjadi *source* logam berat (Lacerda 1998).

Tam (1998) melaporkan bahwa unsur logam berat dalam sedimen mangrove nampaknya tidak berpengaruh secara signifikan terhadap populasi bakteri walaupun dalam kondisi habitat yang terkontaminasi unsur-unsur logam berat tersebut, namun unsur-unsur logam berat ditemukan terakumulasi pada tubuh fauna makro-invertebrata, seperti keong dan kerang yang hidup di habitat mangrove.

2. Respon Mangrove terhadap Polutan Organik

Nutrient, terutama nitrogen dan posfor, sering merupakan komponen utama dari polusi bahan organik. Secara umum, lumpur mangrove dapat mengikat air buangan yang mengandung posfor secara baik, tetapi kurang efektif untuk melepas nitrogen. Nitrogen dan posfor tersebut umumnya terikat di dalam lapisan sedimen bagian atas, di mana bahan-bahan organik tersebut diurai oleh mikroorganisme.

Konsentrasi yang tinggi dari polutan organik dapat menimbulkan penyakit, kematian dan perubahan dalam komposisi jenis mangrove (Tattar *et al.* 1994). Selanjutnya, Mandura (1997) menemukan bahwa pembuangan sampah ke habitat mangrove telah mematikan banyak akar pasak dari *Avicennia marina* yang tumbuh di laut merah. Hilangnya banyak akar pasak tersebut akan menurunkan luasan permukaan respirasi dan permukaan pengambilan nutrient oleh tanaman yang pada akhirnya menurunkan pertumbuhan pohon. Efek dari polutan organik tersebut menyebabkan efek yang kurang baik terhadap pertumbuhan populasi invertebrata yang hidup di habitat mangrove yang bersangkutan. Pengaruh polutan organik di habitat mangrove akan lebih buruk apabila polutan tersebut mengandung bahan-bahan kimia yang beracun yang tentunya selain menyebabkan kematian terhadap tumbuhan mangrove juga menyebabkan kematian terhadap berbagai jenis fauna yang hidup di sedimen mangrove tersebut.

3. Respon Mangrove terhadap Polutan Minyak

Polusi minyak dari eksplorasi gas atau minyak, produksi petroleum mengakibatkan kerusakan mangrove yang fatal (Mastaller 1996). Ada 2 bentuk kerusakan yang umum terjadi pada mangrove akibat polusi minyak, yaitu: (a). Apabila tumpahan minyak dalam kuantitas yang besar, umumnya pohon-pohon mangrove mengalami devoliasi dalam kurun waktu 1-2 bulan yang selanjutnya diikuti dengan kematian, dan (b). Apabila deposit minyak dalam sedimen relatif rendah umumnya terjadi pengaruh sub-letal terhadap mangrove, seperti devoliasi sebagian dan terbukanya kanopi, penurunan laju pertumbuhan dan perubahan dalam komposisi jenis. Selain itu, kontaminasi minyak dapat merusak fauna yang hidup di sedimen dan akar mangrove. Residu minyak tinggal relatif lama (lebih dari 10 tahun) dalam sedimen mangrove, hal ini menyebabkan sedimen mangrove yang terkontaminasi oleh minyak membutuhkan waktu yang relatif lama untuk ditanami kembali.

Pengaruh minyak terhadap sistem perakaran mangrove adalah pada permukaan tanaman (sedimen, kulit kayu, akar penyangga, pneumatofor) yang berfungsi dalam pertukaran CO₂ dan O₂ akan tertutup minyak. Hal tersebut akan menurunkan tingkat oksigen dalam ruang akar 1-2% dalam waktu 2 hari (Clark 1986).

Fraksi minyak yang bersifat toksik akan menembus substrat dasar, tertinggal dan mengendap pada sedimen. Hal tersebut akan berpengaruh besar pada proses germinasi. Biji yang sudah berkecambah akan terjatuh ke substrat, dan jika biji tersebut terlapis oleh minyak pada substrat maka proses germinasi akan rusak (Clark 1986). Dari laporan IUCN (1983 *dalam* Hastuti 1994) terjadinya pencemaran minyak di Puerto Rico menunjukkan bahwa 8 tahun setelah kecelakaan minyak, benih tanaman yang akan tumbuh gagal berkembang menjadi pohon. Hasil penelitian Pakpahan (1991 *dalam* Pakpahan 1993), menunjukkan terjadinya kegagalan permudaan buatan jenis *Rhizophora* dan *Ceriops* di Cagar Alam Pulau Rambut, yang diduga disebabkan tingginya kadar minyak dan lemak di lokasi. Gejala kematian akibat pencemaran minyak pada mangrove menurut Pakpahan (1993) dicirikan oleh daun rontok, kulit mengering, timbul cendawan dan bakteri.

Pencemaran minyak pada ekosistem mangrove akan memberikan pengaruh terhadap organism yang berasosiasi pada ekosistem tersebut. Pengaruh dapat bersifat kronik karena minyak yang bersifat toksik bertahan serta berhubungan dalam waktu lama dengan organisme yang berasosiasi tersebut (IUCN 1983 *dalam* Hastuti 1994). Hasil penelitian tumpahan minyak di Equador Utara (1976), menyebabkan kematian organisme sessil dan terputusnya migrasi organisme semisessil serta beberapa krustasea dan moluska. Beberapa organisme sessil seperti barnacle, kerang anadara dan tiram menderita dan mati secara massal, dan tidak ditemukan dalam waktu dua bulan setelah terjadinya tumpahan minyak (Linden dan Jernelov 1983 *dalam* Hastuti 1994). Organism semisessil lainnya seperti gastropoda akan bermigrasi ke daerah yang tidak terkontaminasi. Pengaruh lainnya adalah penurunan jumlah kepiting *fiddler*, khususnya sejumlah individu pada stadia muda.

4. Respon Mangrove terhadap Buangan Panas

Beberapa peneliti (seperti Canoy 1975, Saenger 1988) melaporkan bahwa buangan panas menyebabkan pengurangan yang signifikan terhadap populasi fauna invertebrata, walaupun vegetasi mangrove nampaknya relatif mampu mentoleransi peningkatan temperatur air dibandingkan dengan rumput laut. Walaupun demikian, pengaruh buangan panas terhadap ekosistem mangrove dalam jangka panjang belum diketahui secara rinci.

REKOMENDASI

Dalam menentukan kriteria kerusakan ekosistem mangrove, perlu dipertimbangkan hal-hal berikut ini:

- a. Kesehatan dan pertumbuhan pohon/tegakan mangrove berikut regenerasinya
- b. *Cover density* (kerapatan kanopi), yang apabila terdapat citra landsat dapat dicerminkan dengan besaran nilai NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*)
- c. Kelimpahan dan keanekaragaman biota akuatik berikut kandungan polutan dalam tubuhnya
- d. Sifat kimia (terutama konsentrasi polutan pencemar) sedimen

Dalam hal tegakan mangrove, untuk keperluan praktis di lapangan, kriteria yang dapat digunakan untuk mengindikasikan adanya kerusakan tegakan mangrove adalah kerapatan kanopi (*cover density*). Apabila citra landsat tersedia, nilai NDVI dapat digunakan sebagai kriteria kerusakan hutan mangrove. Untuk lebih jelasnya tingkat kerusakan mangrove dalam hubungannya dengan nilai NDVI dan *cover density* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tingkat Kerusakan Mangrove Berdasarkan Nilai NDVI dan Kerapatan Kanopi

Kelas Kerusakan Mangrove	Kisaran Nilai NDVI	Estimasi Kerapatan Kanopi
Berat	-10 – 0.32	< 50%
Sedang	> 0.32 – 0.42	50 – 70%
Tidak Rusak	> 0.42 - 1	> 70%

DAFTAR PUSTAKA

- Clark, RB. 1986. *Marine Pollution*. Claredon Press. Oxford
- Hastuti, Y. 1994. *Pencemaran Minyak dan Pengaruhnya terhadap Ekosistem Hutan Mangrove*. Paper. PSIP-Pascasarjana IPB. Bogor
- Lacerda, LD. 1998. *Trace Metals Biogeochemistry and Diffuse Pollution in Mangrove Ecosystem*. ISME Mangrove Ecosystem Occasional Papers 2, 1-61
- Mastaller, M. 1996. *Destruction of Mangrove Wetlands-Causes and Consequensces*. *Natural Resources and Development* 43-44, 37-57
- Pakpahan, AM. 1993. *Kerusakan dan Upaya Rehabilitasi Hutan Mangrove di Cagar Alam Pulau Rambut, Teluk Jakarta*. Dalam *Simposium Nasional Rehabilitasi dan Konservasi Kawasan Mangrove STIPER*. Yogyakarta.
- Siddiqi, NA. and Hussain, KZ. 1994. *The Impact of Deer on Natural Regeneration in the Sunderbands Mangrove Forest of Bangladesh*. *Bangladesh Journal of Zoology* 22 (2), 223-234.
- Silva, CAR, Lacerda, LD and Rezende CE. 1990. *Heavy Metals reservoirs in Red Mangrove Forest*. *Biotropica* 22, 339-345
- Tam, NFY. 1998. *Effects of Wastewater Discharge on Microbial Populations and Enzyme Activities in Mangrove Soils*. *Environmental Pollution* 102 (2-3), 233-242
- Tattar, TA, Klekowski, Ej and Turner, BJ. 1994. *Dieback and Mortality in Red Mangrove, Rhizophora mangle L, in Southwest Puerto Rico*. *Arboricultural Journal* 18, 419-429