

## REVIEW:

**Ekosistem Mangrove di Jawa: 1. Kondisi Terkini****Mangrove ecosystem in Java: 1. recent status****AHMAD DWI SETYAWAN<sup>1,2</sup>, KUSUMO WINARNO<sup>1,2</sup>, PURIN CANDRA PURNAMA<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta 57126<sup>2</sup>Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Sebelas Maret Surakarta 57126

Diterima 15 Desember 2002. Disetujui 15 Januari 2003.

**ABSTRACT**

Mangrove ecosystem is a specific ecosystem that only take about 2% of total land in the earth. Indonesian mangrove ecosystem is the widest in the world and as a center of distribution and ecosystem biodiversity, however it undergoes rapid and dramatic destruction. In just 11 years, between 1982-1993, more than 50% of Indonesian mangrove disappeared. The most factor threatening the mangrove ecosystem is human activities, including conversion to aquaculture, deforestation, and environmental pollution. Other factors such as reclamation, sedimentation, and natural disturbance are also contributed to the disappearance of the mangrove. Mangrove ecosystem is very important in term of socio-economic and ecology functions. Because of its functions, wide range of people always paid attention whenever mangrove restoration taken place. Mangrove restoration potentially increases mangrove resource value, protect the coastal area from destruction, conserve biodiversity, fish production and both of directly and indirectly support the life of surrounding people.

© 2003 Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

**Key words:** mangrove, restoration, management, Java.**PENDAHULUAN**

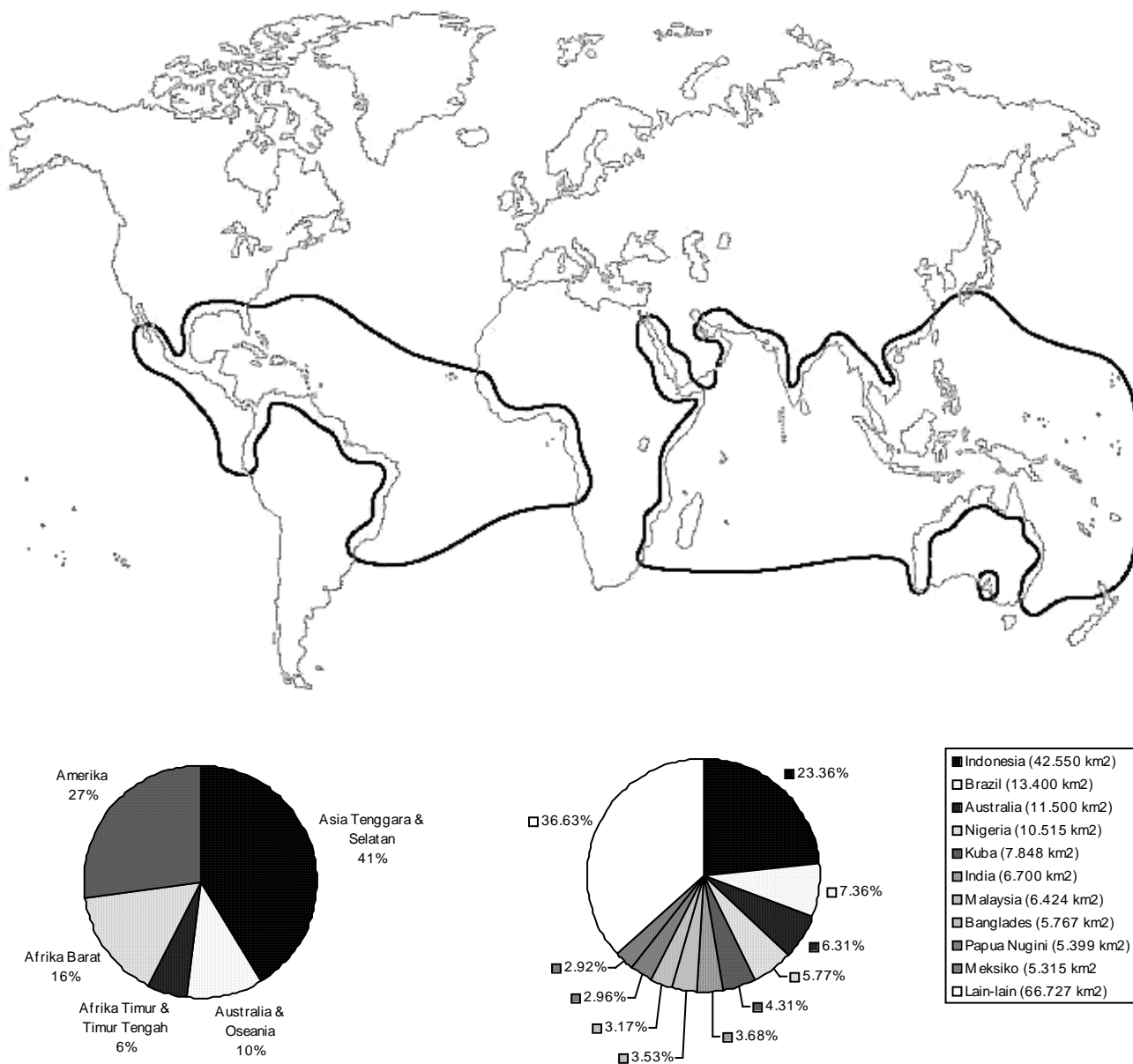
Kata mangrove merupakan perpaduan bahasa Melayu *manggi-manggi* dan bahasa Arab *el-gurm* menjadi *mang-gurm*, keduanya sama-sama berarti *Avicennia* (api-api), pelatitan nama Ibnu Sina, seorang dokter Arab yang banyak mengidentifikasi manfaat obat tumbuhan mangrove (Jayatissa *et al.*, 2002; Ng dan Sivasothi, 2001). Sedang menurut MacNae (1968) kata mangrove merupakan perpaduan bahasa Portugis *mangue* (tumbuhan laut) dan bahasa Inggris *grove* (belukar), yakni belukar yang tumbuh di tepi laut. Kata ini dapat ditujukan untuk menyebut spesies, tumbuhan, hutan atau komunitas (FAO, 1982; Ng dan Sivasothi, 2001).

Hutan mangrove atau *mangal* adalah sejumlah komunitas tumbuhan pantai tropis dan sub-tropis yang didominasi tumbuhan bunga terestrial berhabitus pohon dan semak yang dapat menginvasi dan tumbuh di kawasan pasang surut dengan salinitas tinggi (MacNae, 1968; Chapman, 1976; Tomlinson, 1986; Nybakken, 1993; Kitamura *et al.*, 1997). Dalam bahasa Indonesia hutan mangrove disebut juga hutan pasang surut, hutan payau, rawa-rawa payau atau hutan bakau. Istilah yang sering digunakan adalah hutan mangrove atau hutan bakau (Kartawinata, 1979). Namun untuk menghindari

kesalahan literasi dianjurkan penggunaan istilah mangrove karena bakau adalah nama generik anggota genus *Rhizophora* (Widodo, 1987).

Komunitas mangrove tersusun atas tumbuhan, hewan dan mikroba, namun tanpa hadirnya tumbuhan mangrove komunitas ini tidak dapat disebut ekosistem mangrove (Jayatissa *et al.*, 2002). Vegetasi mangrove berperan besar dalam ekologi ekosistem ini, dimana tumbuhan mangrove mayor merupakan penyusun utamanya (Lugo dan Snedaker, 1974; Hamilton dan Snedaker, 1984; Tomlinson, 1986). Identifikasi komposisi vegetasi mangrove merupakan prasyarat untuk memahami semua aspek struktur dan fungsi mangrove, sebagaimana kondisi biogeografi, konservasi dan manajemennya (Jayatissa *et al.*, 2002).

Ekosistem mangrove merupakan kawasan ekoton antara komunitas laut dengan pantai dan daratan, sehingga memiliki ciri-ciri tersendiri (Dahuri *et al.*, 1996). Komunitas ini sangat berbeda dengan komunitas laut, namun tidak berbeda tajam dengan komunitas daratan dengan terbentuknya rawa-rawa air tawar sebagai zona antara. Tomlinson (1986) mengklasifikasikan vegetasi mangrove menjadi: mangrove mayor, mangrove minor dan tumbuhan asosiasi. Tumbuhan mangrove mayor (*true mangrove*) sepenuhnya berhabitat di kawasan pasang surut, dapat membentuk tegakan murni,

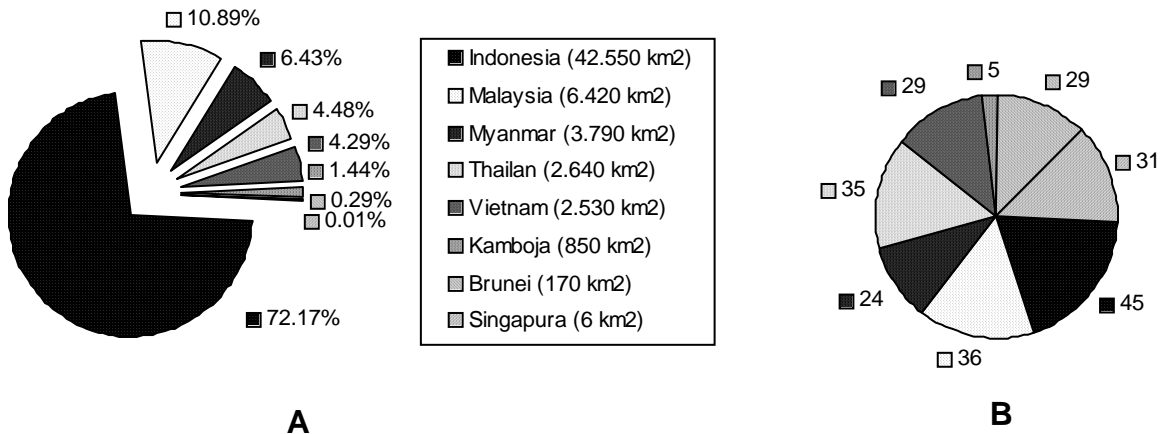


**Gambar 1.** Distribusi mangrove dunia dari total luas 18.107.700 ha (FAO 1985; Spalding *et al.*, 1997).

beradaptasi terhadap salinitas melalui pneumatofora, embryo vivipar, mekanisme filtrasi dan ekskresi garam, serta secara taksonomi berbeda dengan tumbuhan darat. Mangrove minor dibedakan oleh ketidakmampuannya membentuk tegakan murni, sedangkan tumbuhan asosiasi adalah tumbuhan yang toleran terhadap salinitas dan dapat berinteraksi dengan mangrove mayor.

Hutan mangrove terbentuk karena adanya perlindungan dari ombak, masukan air tawar, sedimentasi, aliran air pasang surut, dan suhu yang hangat (Walsh, 1974; Goldman dan Horne, 1983). Proses

internal pada komunitas ini seperti fiksasi energi, produksi bahan organik dan daur hara sangat dipengaruhi proses eksternal seperti suplai air tawar dan pasang surut, suplai hara dan stabilitas sedimen (Blasco, 1992). Faktor utama yang mempengaruhi komunitas ini adalah salinitas, tipe tanah, dan resistensi terhadap arus air dan gelombang laut (Chapman, 1992; Steenis, 1958). Faktor-faktor ini bervariasi sepanjang transek dari tepi laut ke daratan, sehingga dalam kondisi alami, dimana campur tangan manusia terbatas, dapat terbentuk zonasi vegetasi (Giesen, 1991).



**Gambar 2.** Distribusi luasan hutan mangrove di Asia Tenggara dengan luas keseluruhan sekitar 61.250 km<sup>2</sup> (A) dan jumlah spesies pada setiap negara (B) (Spalding *et al.*, 1997).

**DISTRIBUSI MANGROVE**

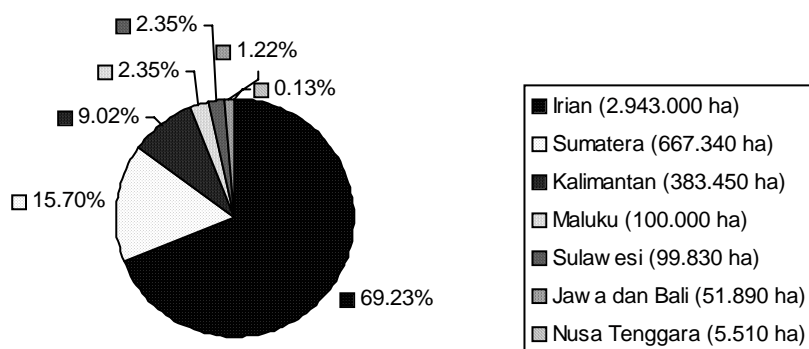
Tumbuhan mangrove diperkirakan berasal dari Indo-Malaysia, kawasan pusat biodiversitas mangrove dunia. Spesies ini terbawa arus laut ke seluruh pantai daerah tropis dan subtropis dunia, pada garis lintang 25°LU dan 25° LS, karena propagulnya dapat mengapung. Dari kawasan Indo-Malaysia, mangrove tersebar ke barat hingga India dan Afrika Timur, serta ke timur hingga Amerika dan Afrika Barat. Penyebaran mangrove dari pantai barat Amerika ke laut Karibia, terjadi pada jaman Cretaceous atas dan Miocene bawah, antara 66-23 juta tahun yang lalu, melewati selat yang kini menjadi tanah genting negara Panama. Penyebaran ke timur diikuti penyebaran ke utara hingga Jepang dan ke selatan hingga Selandia Baru. Sehingga sebagai perkecualian, mangrove ditemukan di Selandia Baru (38°LS) dan Jepang (32°LU). Cara dispersal propagul di atas menyebabkan mangrove di Amerika dan Afrika Barat (Atlantik) memiliki luas dan keragaman lebih rendah, karena harus melewati Samudera Pasifik, sedangkan mangrove di Asia, India, dan Afrika Timur memiliki keragaman lebih tinggi (Walsh, 1974; Tomlison, 1986). Hal ini menginspirasi Walsh (1974) untuk membagi dunia mangrove menjadi dua kawasan utama, yaitu Indo-Pasifik Barat yang meliputi Asia, India dan Afrika Timur, serta Amerika - Afrika Barat (Gambar 1.). Mangrove dari kawasan Indo-Pasifik Barat sangat terkenal dan beragam, terdiri lebih dari 40 spesies, sedangkan di Atlantik hanya sekitar 12 spesies.

Tumbuhan mangrove dari kedua kawasan ini memiliki perbedaan keanekaragaman spesies cukup menyolok. *Rhizophora* dan *Avicennia*, dua genus utama mangrove, diwakili spesies yang berbeda di kedua kawasan tersebut, mengindikasikan adanya spesiasi yang mandiri. Di Indo-Pasifik Barat ditemukan *Avicennia officinalis*, *A. marina*, *Rhizophora*

*mucronata*, *R. apiculata*, *Bruguiera gymnorhiza*, dan *Sonneratia alba*, sedangkan di Atlantik ditemukan *A. nitida*, *R. racemosa*, *R. mangle*, *R. harrissonii*, dan *Laguncularia racemosa* (Marius, 1977; Aksornkoe, 1997).

Indonesia merupakan negara besar, terdiri lebih dari 17.000 pulau, terletak di garis katulistiwa antara 6°LU-11°LS, dan 95-110°BT, jarak dari barat ke timur 5.000 km, dan dari utara ke selatan 2.000 km. Luas daratan sekitar 1.900.000 km<sup>2</sup>, dengan panjang garis pantai sekitar 81.000 km (Hadianto, 1998). Pantai yang panjang dengan kondisi geomorfologi dan hidrologi yang beragam memungkinkan terbentuknya berbagai tipe ekosistem mangrove. Sekitar 61.250 km<sup>2</sup> atau sepertiga mangrove dunia terdapat di Asia Tenggara, dimana 42.550 km<sup>2</sup> terdapat di Indonesia (Spalding *et al.*, 1997) (Gambar 2.). Ekosistem mangrove hanya mencakup 2% daratan bumi, sehingga secara global sangat langka dan bernilai dalam konservasi (Ong, 2002). Ekosistem ini merupakan bagian dari wilayah pesisir, pertemuan darat dan laut, yang mencakup 8% permukaan bumi (Birkeland, 1983; Ray dan McCormick, 1994; Clark, 1996).

Ekosistem mangrove di Indonesia umumnya terpecah-pecah dalam kelompok-kelompok kecil, sebagian besar terletak di Irian (Papua) (Gambar 3.). Mangrove di Jawa, Sumatra, Sulawesi, Kalimantan dan Irian sudah terpengaruh kegiatan pembangunan, sedangkan di Maluku dan Nusa Tenggara relatif masih alami. Di Indonesia mangrove tumbuh pada berbagai substrat seperti lumpur, pasir, terumbu karang dan kadang-kadang pada batuan, namun paling baik tumbuh di pantai berlumpur yang terlindung dari gelombang dan mendapat masukan air sungai. Tumbuhan mangrove di Sumatera, Kalimantan dan Sulawesi dapat mencapai tinggi 50 m dengan diameter 50 cm, meski umumnya hanya setinggi 25 m dengan diameter 18 cm (Soemodihardjo dan Ishemat, 1989). Keragaman



**Gambar 3.** Distribusi luasan hutan mangrove di Indonesia (FAO 1985).

spesies pada setiap lokasi berbeda-beda, di seluruh Indonesia jumlah tumbuhan mangrove sekitar 47 spesies (Anonim, 1997). Informasi lain menyatakan jumlahnya lebih dari 37 spesies (Soemodihardjo dan Ishemat, 1989) atau 45 spesies (Spalding *et al.*, 1997). Spesies utama berasal dari genera *Avicennia*, *Rhizophora*, *Sonneratia*, *Bruguiera*, *Ceriops*, *Excoecaria*, *Heritiera*, *Lumnitzera*, *Nypa*, *Xylocarpus*, dan *Aegiceras* (Soemodihardjo dan Sumardjani, 1994).

### PERAN EKOSISTEM MANGROVE

Hutan mangrove memiliki nilai sosial-ekonomi dan ekologi sangat penting (Bennett dan Reynolds, 1993). Selama berabad-abad ekosistem mangrove memiliki nilai sosial-ekonomi berupa: kayu bangunan, kayu bakar, kayu lapis, bubur kertas, tiang telepon, tiang pancang, bagan penangkap ikan, dermaga, bantalan kereta api, kayu untuk mebel dan kerajinan tangan, atap, tannin kulit kayu, bahan obat, gula, alkohol, asam asetat, protein hewani, madu, karbohidrat hipokotil dan bahan pewarna (Hamilton dan Snedaker, 1984; IPIECA, 1993a; Spaninks dan Beukering, 1997; Bandaranayake, 1998; Dahdouh-Guebas *et al.*, 2000; Manassrisuksi *et al.*, 2001; Ng dan Sivasothi, 2001; Ong, 2002).

Mangrove memiliki fungsi ekologi yang tidak kalah penting, antara lain untuk sekuestrasi karbon, menyaring dan menangkap bahan pencemar, menjaga stabilitas pantai dari erosi, intrusi air laut, dan tekanan badai, membentuk daratan baru, menjaga kealamian habitat, menjadi tempat bersarang, memijah dan membesarkan anak berbagai jenis ikan, udang, kerang, burung, dan fauna lain, serta memiliki fungsi sosial sebagai area konservasi, pendidikan, ekoturisme, dan identitas budaya (Thom, 1967; Tomlison, 1986; Sukardjo, 1989; Howe *et al.*, 1992; IPIECA, 1993a; Tanaka, 1994; Spaninks dan Beukering, 1997; Anonim, 2001b; Manassrisuksi *et al.*, 2001; Ng dan Sivasothi, 2001; Ong, 2002), namun nilai penting ekologi masih sering diabaikan (Coulter *et al.*, 2001).

Hasil kajian analisis biaya dan manfaat hutan mangrove di beberapa daerah menunjukkan total nilai ekonominya dapat mencapai triliunan rupiah. *Total economic value* (TEV) ekosistem mangrove per tahun di Pulau Madura Rp 49 trilyun, Irian Rp 329 trilyun, Kalimantan Timur Rp 178 trilyun, Jawa Barat Rp 1,357 trilyun, dan untuk seluruh Indonesia Rp 820 trilyun (Republika, 23/7/2002). Di teluk Bintuni, Irian, ekosistem mangrove seluas 300.000 ha setiap tahun mendukung pemanfaatan secara tradisional Rp. 100 milyar, perikanan Rp. 350 milyar, dan kayu Rp. 200 milyar (Ruitenbeek, 1992).

Hutan mangrove merupakan komunitas paling produktif di dunia (Clough, 1992). Sebagian besar biomassa mangrove dihasilkan dari guguran daun ( $\pm 90\%$ ), yang selanjutnya disimpan dalam sedimen ( $\pm 10\%$ ), terdekomposisi ( $\pm 40\%$ ), atau terbawa ke ekosistem lain ( $\pm 30\%$ ) (Duarte dan Cebrián, 1996). Biomassa ini merupakan makanan bagi organisme detritus yang hidup pada ekosistem mangrove dan pantai di sekitarnya (Manassrisuksi *et al.*, 2001).

### KERUSAKAN EKOSISTEM MANGROVE

Di seluruh dunia aktivitas manusia telah mengurangi luasan ekosistem alami dan menurunkan keanekaragaman hayati hingga tingkat yang mengkhawatirkan. Keanekaragaman hayati kawasan tropis merupakan yang tertinggi di dunia (Ligtvoet *et al.*, 1996). Hutan mangrove diperkirakan menempati 75% luas kawasan pantai tropis (Chapman, 1976), tetapi tekanan antropogenik telah menurunkan luas hutan ini secara global hingga di bawah 50% dari luas awal (Saenger *et al.*, 1983; Spalding *et al.* 1997).

Luasan hutan mangrove dunia sangat beragam tergantung metode dan referensi yang dijadikan acuan oleh penulisnya. Dengan teknologi *remote sensing* luas hutan mangrove dunia diperkirakan sekitar 18,1 juta ha (Spalding *et al.* 1997). Sedangkan sumber lama menyebutkan bahwa luas hutan mangrove dunia sekitar 15,9 juta ha (FAO, 1982), data yang diperbaharui luasnya sekitar 16,9 juta ha (Saenger *et al.*, 1983). Indonesia memiliki hutan mangrove terluas di dunia. Dari 15,9 juta ha mangrove dunia tersebut, sekitar 4,25 juta ha (27%) berada di Indonesia (FAO, 1982).

Penurunan luasan mangrove paling cepat dan dramatis terjadi di Asia Tenggara (Gómez 1988; Aksornkoae, 1993). Di Indonesia luas hutan ini terus menurun dari 5.209.543 ha (1982) menurun menjadi 3.237.700 ha (1987) dan menurun lagi hingga 2.496.185 ha (1993). Dalam kurun waktu 11 tahun (1982-1993), terjadi penurunan hutan mangrove lebih

dari 50% dari total luasan semula (Dephut, 1994; Soenarko, 2002). Penurunan luasan hutan mangrove disebabkan oleh reklamasi untuk membangun tambak udang, ikan, dan garam (Terchunian *et al.*, 1986; Primavera, 1993), penebangan hutan secara berlebihan (Walsh, 1974; Hussein, 1995; Semesi, 1998), pertambangan, pencemaran, pembendungan sungai (Lewis, 1990), pertanian, bencana alam (Nybakken, 1993; Jimenez, 1985; Knox dan Miyabara, 1984), serta tumpahan minyak (Ellison dan Farnsworth, 1996), namun yang terakhir ini belum banyak didokumentasikan (Burns *et al.*, 1994; 1999).

Degradasi ekosistem mangrove di atas didorong faktor-faktor berikut: penambahan penduduk, hingga dibutuhkan lebih banyak jalan, permukiman, kawasan industri, pelabuhan dan lain-lain; keuntungan jangka pendek, seperti tambak ikan dan udang, tambak garam dan sawah; kurangnya perhatian pemerintah; peraturan yang tidak jelas; teknik penebangan hutan yang tidak lestari; serta lemahnya sumberdaya manusia dan alokasi dana (Choudhury, 1996). Kerusakan hutan mangrove dapat pula terjadi karena konversi ke jenis hutan lainnya, misalnya sejak tahun 1997 Perhutani mengubah 6000 ha dari 11.263 ha hutan mangrove Segara Anakan menjadi perkebunan kayu putih (Suara Merdeka, 16/6/2001). Hal yang sama telah lebih dahulu dilakukan di hutan mangrove Indramayu (Machfud, 1990).

Penurunan luasan mangrove mendorong terjadinya intrusi air laut dan erosi pantai, sehingga menurunkan produktivitas perairan pantai (Aksornkoe, 1993). Untuk mengatasi hal ini banyak negara mengkampanyekan upaya konservasi, manajemen, dan restorasi hutan mangrove (Manassrisuksi *et al.*, 2001; Hong dan San, 1993). Menteri Kelautan dan Perikanan Rokhmin Dahuri menilai, kondisi kerusakan hutan mangrove dan terumbu karang di wilayah pesisir Indonesia sudah pada tingkat yang sangat mengkhawatirkan. Untuk itu dibutuhkan kebijakan nasional yang mengatur pengelolaan sumber daya pesisir dan pulau-pulau kecil (Suara Pembaruan, 29/7/2002). Kehidupan yang lestari tergantung pada berlanjutnya ekosistem alami yang menyediakan sumberdaya bagi manusia. Kawasan alami dan dilindungi harus beragam dan menyertakan berbagai kelompok habitat yang khas, sehingga nilai sosial-ekonomi dan ekologi juga beragam. Kawasan lindung dapat menjadi sumber bahan baku kehidupan sehari-hari masyarakat setempat, sarana wisata, menjadi identitas budaya dan spiritual, serta memberikan jasa ekologi bagi lingkungan di sekitarnya (Miller, 1999).

Ekosistem mangrove bersifat dinamis, setiap tempat memiliki komposisi spesies tersendiri. Ekosistem ini memiliki kemampuan tinggi untuk kembali terbentuk setelah kerusakan hebat selama pola hidrologi kembali stabil dan tersedia sumber propagul (Manassrisuksi *et al.*, 2001). Perubahan fisik seperti pengeringan, pembangunan kanal, dan pemakaian pupuk dapat mempengaruhi habitat

mangrove, sehingga struktur dan komposisinya dapat berubah-ubah (Tanaka, 1992; Odum, 1971).

### ANCAMAN KELESTARIAN EKOSISTEM MANGROVE DI JAWA

Pertambahan penduduk, penebangan hutan dan pertambahan merupakan tiga ancaman utama kelestarian hutan mangrove di Jawa (Hasmonel *et al.*, 2000), namun mangrove dapat pula rusak akibat reklamasi dan sedimentasi berlebihan, pencemaran lingkungan, dan pertambangan. Jawa merupakan kawasan dengan penduduk paling padat di dunia (Ligtvoet *et al.*, 1996), dimana 60% penduduk Indonesia yang jumlahnya lebih dari 200 juta tinggal di pulau yang luasnya hanya seperlima luas negeri (Hadianto, 1998), sehingga tingkat perubahan habitat alami sangat tinggi, termasuk untuk permukiman (Silvius *et al.*, 1987).

Kebanyakan kota-kota besar dunia terletak di pantai. Di Indonesia 75% kota yang ditinggali 100.000 penduduk terletak di tepian pantai, dimana hutan mangrove juga berada (Choudhury 1996). Di ibukota negara Jakarta, upaya perluasan kawasan permukiman ke arah selatan terbentur kendala alam berupa kawasan puncak yang menjadi daerah penyangga sumberdaya air. Upaya perluasan kota ke arah utara dengan mereklamasi kawasan pantai, tampaknya menjadi pilihan yang paling memungkinkan, namun hal ini perlu didukung pembentukan ekosistem mangrove baru untuk menjaga keberlanjutan fungsi ekologi mangrove bagi ekosistem di sekitarnya (Ligtvoet *et al.*, 1996). Terlebih sebagian pantai utara telah mengalami pencemaran, eksploitasi sumber daya yang berlebihan, dan degradasi habitat akibat pembangunan di wilayah pantai dan laut lepas (Butar-Butar, 1996).

Hutan mangrove di pulau Jawa, pada tahun 1985 seluas 170.500 ha, namun pada tahun 1997 tinggal 19.077 ha (11,19%). Penyusutan terbesar terjadi di Jawa Timur, dari luasan 57.500 ha tinggal 500 ha (8%), di Jawa Barat dari 66.500 ha tinggal kurang dari 5.000 ha (7,5%), dan di Jawa Tengah dari 46.500 ha tinggal 13.577 ha (29%). Sementara luas tambak di pulau Jawa adalah 128.740 ha yang tersebar di Jawa Barat (50.330 ha), Jawa Tengah (30.497 ha), dan Jawa Timur (47.913 ha). Apabila ekstensifikasi tambak dengan mengubah hutan mangrove terus dilakukan, maka kemungkinan besar akan sangat sulit menemukan hutan mangrove di Jawa (Giesen, 1993; Republika, 23/7/2002).

Pada masa lalu hutan Segara Anakan merupakan hutan mangrove terluas di Jawa, dimana luasnya mencapai 15.145 ha (Wirjodarmodjo *et al.*, 1979) atau bahkan 21.500 ha (Sasaki dan Sunarto, 1994). Pada masa kini luasnya sulit diprediksi akibat tingginya sedimentasi hingga terbentuk dataran-dataran baru yang diinvasi mangrove, serta banyaknya perubahan peruntukan area vegetasi mangrove lama yang telah

mapan (Setyawan *et al.*, 2002). Tingkat perubahan habitat yang sangat tinggi menyulitkan upaya untuk mengukur luasan hutan mangrove dan rawa-rawa air tawar di sekitarnya (Silvius *et al.*, 1987). Hampir semua ekosistem mangrove di Jawa mengalami gangguan sangat serius, hanya di beberapa taman nasional ekosistem ini masih dijumpai asli.

Hutan mangrove di Jawa Timur umumnya menempati daerah muara sungai dan dataran lumpur (*tidal flat*) di pantai utara. Kawasan terluas adalah daerah delta Brantas yang meliputi Gresik, Surabaya, Sidoarjo, Pasuruan dan sebagian Probolinggo. Sedimentasi yang cukup besar ditunjang kondisi pantai yang landai berombak tenang menyebabkan terbentuknya dataran lumpur secara terus menerus, suatu bentang geomorfologi yang sangat sesuai bagi pertumbuhan mangrove. Pada tahun 1970-an kawasan delta Brantas merupakan belantara mangrove dengan keanekaragaman hayati tinggi, dan menjadi daerah persinggahan burung-burung migran dari Asia ke Australia. Jenis burung air yang saat itu mudah dijumpai antara lain kuntul (*Egretta alba*), bangau tongtong (*Leptoptilos javanicus*), belibis kembang (*Dendrocygna arquata*), dan pecuk ular (*Anhinga melanogaster*). Pada saat ini delta Brantas telah banyak diubah untuk tambak, pemukiman, kawasan industri, rekreasi, pelabuhan, dan sawah. Pengembangan industri sejak tahun 1970-an merupakan salah satu pemicu parahnya kerusakan wilayah ini (Arisandi, 2001; Kompas, 31/7/2002). Di sepanjang pantai utara Jawa Timur terdapat lebih dari 25 jenis tumbuhan mangrove, dimana jenis-jenis *Rhizophora* dan *Avicennia* relatif dominan (Arisandi, 2001). Penelitian yang lebih mendetail di TN Baluran menunjukkan adanya 36 spesies mangrove (Saraswati, 2001).

Pantai utara Jawa Barat merupakan lokasi yang sangat potensial untuk pertumbuhan mangrove. Kawasan ini menjadi muara sekurang-kurangnya 15 sungai besar dan panjang, seperti Citarum, Cimanuk, Ciujung, dan Cisadane, sehingga menjamin terbentuk dataran lumpur yang cukup luas dan kontinyu. Kawasan ini telah lama dikenal sebagai tempat persinggahan terbesar burung-burung air yang bermigrasi dari daratan Asia. Jenis burung migran di pantai utara Jawa Barat antara lain trinil (*Tringa glareola*), ayam-ayaman (*Gallinago cinerea*), blekek (*Gallinago sp.*), curek (*Callidris ruficollis*), betonan (*Charadrius dubius*) dan seriwut (*Tringa hypoleucos*). Perburuan burung air merupakan ancaman serius konservasi biologi di kawasan ini (Iskandar, 1987; The Jakarta Post, 29/1/2002).

Pantai utara Jakarta masih menyisakan ekosistem mangrove, antara lain di cagar alam Muara Angke dekat pantai Kapuk seluas 25 ha, namun tekanan untuk mengubahnya menjadi lahan permukiman, tambak atau sawah sangat tinggi (Anonim, 1998). Di samping itu sedang diusulkan untuk merestorasi ekosistem mangrove di muara sungai Cisadane sebagai penyeimbang hilangnya mangrove dari pantai Kapuk akibat reklamasi. Keberadaan

ekosistem mangrove sangat penting sebagai sarana parkir luapan air hujan dari sungai-sungai sebelum masuk ke laut sehingga dapat mencegah dan mengurangi volume banjir (Ligtvoet *et al.*, 1996). Kenyataan empiris membuktikan banjir di jalan menuju Bandara Sukarno-Hatta, baru timbul setelah kawasan mangrove pantai Kapuk direklamasi untuk permukiman dan sarana kelengkapannya.

Ekosistem mangrove di pantai utara Jawa Tengah juga terbentuk pada dataran lumpur di muara-muara sungai. Namun nilai penting kawasan ini lebih rendah di banding pantai utara kedua propinsi tetangganya mengingat luasannya yang jauh lebih sempit, akibat pendeknya sungai-sungai yang bermuara ke pantai ini. Sebaliknya Jawa Tengah memiliki ekosistem mangrove yang sangat penting di pantai selatan. Segara Anakan merupakan hutan mangrove yang sangat menarik karena keadaan geomorfologinya mendukung terbentuknya ekosistem yang dinamis (Sukardjo, 1985). Sedimentasi yang tinggi dari sungai Citanduy, Cikoneng/Cimeneng, dan sungai-sungai lain menyebabkan terbentuk daratan baru yang didominasi tumbuhan pioner *Avicennia* dan *Sonneratia*, sedangkan *Rhizophora* menempati bagian kecil yang airnya tetap mengalir (Sasaki dan Sunarto, 1994). Pengecekan oleh Setyawan *et al.*, (2002) terhadap seluruh muara sungai di pantai selatan Jawa mulai dari teluk Pacitan hingga muara sungai Donan dan Segara Anakan menemukan 29 spesies mangrove, terdiri dari 9 spesies mayor, 2 spesies minor dan 18 spesies tumbuhan asosiasi, dimana *Sonneratia alba*, *Rhizophora mucronata*, *Avicennia alba* dan *Nypa fruticans* merupakan spesies yang paling sering ditemukan. Menurut Nurwanto (2001), kawasan Segara Anakan juga menjadi tempat perlindungan burung migran dari Asia, antara lain trinil (*Tringa stagnita*), grajahan (*Numentus spp*), dan cerek (*Charadrius javanicum*). Berdasarkan kondisi lingkungannya hutan mangrove Segara Anakan dapat dikelompokkan dalam zona akresi, zona alami, dan zona terpolusi minyak (Soewarno, 1982).

Permasalahan serius di kawasan Segara Anakan selain kemungkinan hilangnya laguna karena sedimentasi adalah kerusakan habitat dan berkembangnya desa-desa di sekitar yang membutuhkan perumahan, jalan, tambak dan lain-lain (Dudley, 2000). Sedimen yang utamanya dibawa Sungai Citanduy dan Cikoneng/Cimeneng secara signifikan mengubah ekosistem payau menjadi ekosistem daratan. Usulan pembendungan dan penyudetan Sungai Citanduy agar langsung bermuara di laut selatan diharapkan dapat mengurangi laju sedimentasi. Namun bagaimana buah simala-kama upaya ini dapat menyebabkan terbentuknya ekosistem baru yang dapat mempengaruhi kegiatan pariwisata di Pantai Pangandaran, Ciamis yang menjadi tumpuan hidup banyak penduduk (Winarno dan Setyawan, 2003).

Pantai selatan Jawa memiliki geomorfologi khas pada muara sungai dengan terbentuknya gumuk pasir (*sand dunes*). Gumuk pasir menyebabkan

terbentuknya laguna yang terlindung dari hampasan gelombang laut sehingga memungkinkan kehidupan komunitas mangrove. Pada musim hujan, gumuk pasir terbuka oleh besarnya debit air sungai sehingga laguna memiliki ekosistem pasang surut, sedangkan pada musim kemarau dengan sedikitnya debit air sungai, maka gumuk pasir sepenuhnya menutupi muara sungai sehingga air sungai menggenang dan salinitas laguna menurun. Spesies mangrove yang tumbuh di muara sungai diperkirakan melakukan adaptasi terhadap salinitas dan air yang menggenang tersebut (Djohan, 2000, komunikasi pribadi). Di pantai selatan Jawa Timur ekosistem mangrove dijumpai di Teluk Grajakan - Segara Anak, TN Alas Purwo (Anonim, 2000), Pulau Sempu (Kompas, 31/5/2002) dan Teluk Pacitan. Di pantai Selatan Jawa Tengah ditemukan terutama di muara sungai Bogowonto, di samping Segara Anakan, Cilacap (Setyawan *et al.*, 2002). Di Jawa Barat antara lain ditemukan di teluk Pelabuhan Ratu, sedangkan di Banten utamanya di TN Ujung Kulon (Blower dan Zon, 1977; Hommel, 1987).

### EKOSISTEM ALAMI MANGROVE DI JAWA

Jawa masih menyisakan hutan mangrove yang alami, sehingga dapat menjadi sumber propagul untuk merestorasi ekosistem yang rusak. Ekosistem alami ini terdapat di beberapa kawasan taman nasional, antara lain TN Baluran dan TN Alas Purwo di Jawa Timur, serta TN Ujung Kulon di Banten. Adapun beberapa cagar alam yang diharapkan dapat mengkonservasi mangrove tampaknya tidak lagi mampu melaksanakan fungsinya, seperti Muara Angke serta Nusakambangan barat dan timur. Di lepas pantai utara Jawa, terdapat dua taman nasional laut yang juga menyimpan ekosistem mangrove, yaitu TNL Karimunjawa dan TNL kepulauan Seribu, di samping itu di pulau Bawean terdapat sekelompok masyarakat yang secara sengaja menjaga dan memperluas kawasan mangrove.

Taman Nasional Ujung Kulon terletak di ujung barat pulau Jawa. Sejak tahun 1991 kawasan ini dimasukkan dalam daftar warisan dunia pada kriteria (iii) yakni memiliki fenomena alam yang luar biasa dan (iv) yakni merupakan habitat konservasi *in situ* spesies langka (Anonim, 2002). TN Ujung Kulon memiliki hutan mangrove di sepanjang pantai utara tanah genting, sungai Cikalong, Pulau Handeuleum, dan Pulau Panaitan. Spesies yang dominan antara lain *S. alba*, *Lumnitzera racemosa*, *N. fruticans*, *Avicennia*, *Rhizophora*, dan *Bruguiera* (Blower dan Zon, 1977; Hommel, 1987). TN Baluran di ujung timur laut pulau Jawa, memiliki 36 spesies mangrove yang letaknya terpencar-pencar, delapan diantaranya baru diidentifikasi yaitu *Acrostichum aureum*, *Osbornea octodonta*, *Bruguiera sexangula*, *B. gymnorhiza*, *Rhizophora lamarckii*, *R. mucronata*, *R. stylosa*, dan

*Heritiera littoralis* (Saraswati, 2001). TNL Karimunjawa memiliki 25 spesies mangrove mayor dan minor, antara lain: *Bruguiera*, *Rhizophora*, *Ceriops*, *Sonneratia*, *Avicennia*, dan *Xylocarpus* (Martoyo, 2000).

Terdapat banyak faktor yang menyebabkan rusaknya ekosistem mangrove di Jawa. Dalam tulisan ini akan diketengahkan beberapa faktor yang menjadi penyumbang terbesar kerusakan tersebut, antara lain: pertambahan, penebangan hutan, reklamasi dan sedimentasi, serta pencemaran lingkungan, khususnya oleh minyak bumi.

### PERTAMBAKAN

Hilangnya hutan mangrove terutama disebabkan pembuatan tambak ikan dan udang, khususnya dalam dua dekade terakhir (Kairo *et al.*, 2001; Ong, 2002; The Jakarta Post, 29/1/2002). Nilai ekonomi udang yang tinggi menjadikannya mata dagangan penting di dunia (Martinez-Alier, 2001; Ong, 2002). Keberhasilan teknik budidaya udang di Taiwan pada tahun 1970-an mendorong upaya pertambakan udang secara modern dalam skala luas di Asia Tenggara, Karibia dan Amerika Selatan (Phillips *et al.*, 1993; Primavera, 1993, 1995; Ellison dan Farnsworth, 1996; Naylor *et al.* 1998). Hingga tahun 1991, hutan mangrove seluas 1,2 juta hektar di kawasan Indo-Pasifik Barat telah diubah menjadi tambak (Primavera, 1995). Sejak tahun 1990 sekitar 269.000 ha hutan mangrove Indonesia dikonversi menjadi tambak (Choudhury, 1996). Konversi mangrove menjadi tambak secara besar-besaran terjadi di pantai utara Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Jawa Timur (Anonim, 2001a).

Di Indonesia pembuatan tambak udang pada awalnya di mulai di pantai utara Jawa, dimana mendorong perusakan hutan mangrove secara besar-besaran antara pertengahan tahun 1970-1990-an. Kini kebanyakan tambak tersebut tidak lagi produktif, sehingga dicari lahan baru seperti di Irian, Sulawesi, Kalimantan, dan Maluku. Beberapa tambak besar di Indonesia merupakan milik pengusaha Thailand. Mereka memindahkan lokasi usahanya ke Indonesia karena areal pertambakan di negerinya tidak lagi produktif akibat kerusakan ekosistem mangrove (Martinez-Alier, 2001). Pembuatan tambak di sekitar muara sungai dan dataran pantai utara Jawa menyebabkan perubahan vegetasi muara secara nyata. Ekosistem mangrove hanya tersisa pada tempat-tempat tertentu yang sangat terisolasi atau ditanam di tepi tambak yang berbatasan dengan pantai atau sungai untuk mencegah abrasi (Anonim, 1995).

Pengamatan penulis pada tahun 2002 di sepanjang pantai utara Jawa menunjukkan adanya tambak-tambak ikan yang dikelola secara intensif hingga jauh ke arah daratan. Hampir semua pantai yang mengalami sedimentasi membentuk dataran lumpur dan memiliki ekosistem mangrove diubah menjadi areal tambak. Secara intensif hal ini

berlangsung antara lain di pantai Indramayu, Brebes, Pekalongan, Demak, Pati, Rembang, Lamongan, Gresik dan Situbondo, meskipun beberapa areal tambak tampaknya tidak lagi produktif akibat perubahan kondisi hidrologi, edafit (tanah sulfat asam), penyakit dan pencemaran lingkungan. Hal ini dapat dijumpai di Brebes, Situbondo dan Probolinggo dimana ratusan hektar tambak beserta sarana produksinya dibiarkan rusak tidak terurus. Pengamatan yang sama di pantai selatan Jawa menunjukkan pula adanya upaya mengubah lahan basah mangrove menjadi tambak udang. Dalam jumlah terbatas hal ini dijumpai di muara Sungai Lokulo, Cakrayasan, Bogowonto, dan Ijo, sedang dalam skala besar dilakukan di Segara Anakan, namun upaya terakhir ini gagal karena adanya akumulasi pirit yang beracun (tanah sulfat asam), di samping penjarangan oleh masyarakat karena tidak adanya kepastian hukum atas tanah timbul yang digunakan (Kompas, 7/3/1998; Republika, 24/3/2001).

### PENEBAANGAN HUTAN

Kerusakan ekosistem mangrove tidak hanya terjadi di luar kawasan hutan namun juga di dalam hutan yang dikelola Perhutani. Berdasarkan identifikasi Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutaan Sosial Departemen Kehutanan, kerusakan mangrove di dalam hutan mencapai 1,7 juta hektar (44,73%), sedangkan di luar hutan mencapai 4,2 juta hektar (87,5%). Pembukaan lahan untuk tambak udang memiliki andil besar bagi kerusakan mangrove di luar hutan, sedangkan penebangan secara tidak lestari merupakan penyebab utama kerusakan mangrove di dalam hutan (Suara Pembaruan, 11/8/2002). Penebangan hutan hingga tingkat yang tidak memungkinkan penyembuhan secara alami merupakan ancaman serius ekosistem mangrove (Hasmonel *et al.*, 2000).

Keterkaitan mangrove dengan produktivitas perikanan telah banyak dilaporkan (e.g. Lewis *et al.* 1985; Twilley, 1993; Primavera, 1995; Ellison dan Farnsworth, 1996). Pembabatan ekosistem mangrove selalu diikuti penurunan hasil tangkapan ikan dan udang pada perairan pantai di sekitarnya (Martosubroto dan Naamin, 1977), termasuk pembabatan mangrove untuk pertambakan. Oleh karena itu perlu adanya manajemen yang terintegrasi antara pengelola hutan mangrove dan perikanan, sehingga terbuka kesempatan untuk melakukan akuakultur dan marikultur secara berkelanjutan (Kairo *et al.*, 2001).

Kerusakan hutan mangrove dan daerah aliran sungai di Indramayu menyebabkan muara-muara sungai mengalami pendangkalan hebat, sehingga menghambat lalu lintas perahu nelayan. Ketiadaan mangrove menyebabkan sedimen yang dibawa aliran sungai tidak tertangkap dan terendapkan, sehingga menyebar di alur pelayaran. Upaya pengerukan sedimen sangat mahal dan diperkirakan akan sia-sia

apabila perusakan daerah aliran sungai, pembabatan pepohonan, dan konversi menjadi lahan terbuka masih berlanjut. Pembabatan hutan mangrove menyebabkan abrasi di Indramayu dan Jepara, hingga menghapus beberapa kawasan permukiman dari peta. Sebaliknya pengelolaan hutan mangrove yang baik di sekitar teluk Grajakan, Banyuwangi menyebabkan kawasan yang menghadap ke pantai selatan Jawa tersebut aman dari abrasi dan badai. Badai tsunami merupakan salah satu bencana alam paling merusak di kawasan pantai. Tsunami di Flores 12 Desember 1992 menelan korban 2100 jiwa, di Banyuwangi 2 Juni 1994 menelan 223 jiwa, dan di Biak 17 Februari 1996 menelan 104 jiwa (Suara Pembaruan, 11/8/2002).

### REKLAMASI DAN SEDIMENTASI

#### Reklamasi

Reklamasi pantai untuk kepentingan industri dan pelabuhan telah banyak dilakukan di pantai utara Jawa, namun reklamasi besar-besaran tampaknya baru akan dilakukan dalam megaproyek *Jakarta Waterfront City* di pantai utara Jakarta dan Jawa Barat. Di pantai ini kawasan pasang surut seluas 8000 ha dan sepanjang 30 km direklamasi untuk area perumahan, perdagangan, marina, perkantoran, area rekreasi dan padang golf. Kawasan yang direklamasi meliputi 4000 ha laut Jawa dengan kedalaman 5 m dan 4000 ha bekas tambak dan hutan mangrove (150 ha). Reklamasi akan mempengaruhi ekosistem terumbu karang (Hasmonel *et al.*, 2000), dan merombak zona jeluk dangkal pantai utara Jakarta secara kompleks, dimana terjadi perubahan secara tiba-tiba antara ekosistem daratan dan laut (Ligtvoet *et al.*, 1996). Tanggul-tanggul pemecah gelombang dan waduk-waduk lapangan golf akan menggantikan hutan mangrove dan rawa-rawa yang saat ini masih diperlukan untuk menahan abrasi pantai dan menampung kelebihan air hujan (Hasmonel *et al.*, 2000).

Pada tahun 1940-an, kawasan pantai utara Jakarta memiliki area mangrove setebal 2-7 km. Kini kawasan mangrove hanya berupa garis tipis, terpisah-pisah di sepanjang tepian pantai akibat konversi ke tambak dan sawah. Di sisi timur pantai Jakarta tersisa hutan lindung Anke-Kapuk dan cagar alam Muara Angke, yang sangat miskin spesies dan rusak akibat pencemaran limbah kimia, sampah kota, perubahan hidrologi dan sedimentasi, sehingga secara ekologi tidak banyak berperan terhadap ekosistem perairan pantai Jakarta dan laut Jawa. Restorasi hutan Anke-Kapuk tidak praktis karena tekanan pembangunan yang cenderung mematikan habitat ini (Ligtvoet *et al.*, 1996; Hasmonel *et al.*, 2000). Oleh karena itu perlu adanya hutan mangrove baru yang bernilai ekologi, edukasi dan pariwisata. Salah satu lokasi yang sangat menjajikan adalah muara sungai Cisadane, dimana daratan lumpur terbentuk sejauh 30-50 meter per tahun dengan



potensi luas mencapai 400 ha dan kolonisasi tumbuhan mangrove relatif cepat. Kawasan ini kurang terpolusi dibanding lokasi lain, memiliki berbagai bentuk lanskap seperti tepian sungai, laguna, dataran lumpur, dan pulau-pulau baru, sehingga sangat sesuai bagi pembentukan ekosistem mangrove yang lengkap (Ligtvoet *et al.*, 1996).

Sebelumnya reklamasi pantai sudah dilakukan di kawasan pantai Ancol tahun 1960-an. Tanah hasil reklamasi digunakan untuk area industri, perumahan, dan rekreasi. Konversi mangrove untuk pemukiman juga pernah dilakukan pada tahun 1990-an di Pantai Kapuk. Reklamasi, seharusnya tidak hanya memperluas daratan tetapi juga dapat memperbaiki lingkungan sekitarnya (Hasmonel *et al.*, 2000). Tujuan akhir pengelolaan wilayah pesisir adalah memberi kesempatan masyarakat memanfaatkan sumber daya alam dan jasa-jasa lingkungan untuk meningkatkan kualitas hidup (Butar-Butar, 1996).

#### *Sedimentasi*

Sedimentasi merupakan masalah serius pada semua sungai-sungai besar di Jawa, Sumatera dan Kalimantan. Hal ini terkait dengan intensitas kegiatan manusia di daerah aliran sungai, sehingga menjadi suatu hal yang tampaknya sulit dihindari, khususnya di Jawa mengingat tingginya populasi penduduk. Sedimentasi yang berdampak serius terhadap kelangsungan ekosistem mangrove terjadi di Segara Anakan. Hal ini terkait dengan sifat lagunanya yang tertutup hingga terjadi akumulasi sedimen luar biasa. Setiap tahun sungai Citanduy mengangkut 5 juta m<sup>3</sup> sedimen dan sungai Cikonde/Cimeneng 770.000 m<sup>3</sup>, dimana sebagian besar diendapkan di Segara Anakan. Sedimentasi di pantai utara Jawa, tampaknya tidak banyak mempengaruhi ekosistem mangrove walaupun sangat merugikan perekonomian (Anonim, 2001a).

Sedimentasi merupakan faktor dinamis yang mendorong terbentuknya ekosistem mangrove, namun sedimentasi yang berlebih di Segara Anakan akan mengubur laguna dan merubahnya menjadi ekosistem daratan. Pada saat ini luasan Segara Anakan diperkirakan hanya tinggal 600ha, dengan kedalaman pada saat surut tidak lebih dari 50 cm. Pada tahun 1903 perairan laguna itu masih sekitar 6.450 ha dengan kedalaman antara 30-40 m (ECI, 1994). Pengerukan Segara Anakan dan penyudetan muara Sungai Cintanduy diharapkan dapat mengurangi pelumpuran di laguna (Winarno dan Setyawan, 2003). Kawasan Segara Anakan merupakan tempat pemijahan dan pengasuhan berbagai biota laut, serta menyuplai beraneka bibit jenis ikan dan udang di sepanjang pantai selatan Jawa, mulai dari Pelabuhan Ratu hingga Gunung Kidul. Pelumpuran Segara Anakan yang menyebabkan menyempitnya luas laguna dan dangkalnya sungai menyebabkan banjir di Kecamatan Kawunganten, Sidareja, dan Patimuan di Kabupaten Cilacap, serta Kalipucang, Padaherang dan Banjarsari di

Kabupaten Ciamis (Pikiran Rakyat, 7/9/2002). Sebaliknya pada musim kemarau berkurangnya hutan bakau menyebabkan intrusi air asin di kawasan permukiman, seperti Panikel, Motean, Bugel, Ciawitali, Cibereum, Karanganyar, dan Majingklak, serta menyebabkan air sungai Cikonde/Cimeneng dan Citanduy menjadi payau sehingga tidak dapat digunakan untuk minum dan memasak (Suara Pembaruan, 21/10/2002).

## PENCEMARAN LINGKUNGAN

Kawasan mangrove merupakan habitat antara laut dan daratan, sehingga pencemaran yang terjadi di laut maupun di daratan dapat berdampak pada kawasan ini. Sekitar 80% pencemaran di laut berasal dari daratan, seperti dari industri, pertanian, dan rumah tangga. Sumber pencemar terbesar di laut berasal dari aliran permukaan dari daratan (44%), emisi pesawat terbang (33%), pelayaran dan tumpahan minyak (12%), pembuangan limbah ke laut (10%), dan kegiatan penambangan lepas pantai (1%) (Anonim, 2001a). Bahan pencemar seperti minyak, sampah, dan limbah industri dapat menutupi akar mangrove sehingga mengurangi kemampuan respirasi, osmoregulasi, dan mati. Tumpahan minyak mendapat perhatian besar karena menyebabkan banyak kerusakan jangka panjang pada ekosistem mangrove (Wardrup, 1987; Burns *et al.*, 1993; Duke *et al.*, 1997), sedangkan logam berat memiliki toksisitas, persistensi dan prevalensi yang sangat tinggi (Shriadah, 1999).

Tumpahan minyak di laut akan terbawa ke kawasan mangrove pada saat air pasang, lalu terdeposit di permukaan sedimen dan akar pohon ketika air surut. Pola pasang harian yang berubah-ubah menyebabkan setiap tempat mendapatkan pengaruh yang berbeda-beda. Pada pencemaran berat, tumbuhan mangrove dapat mati akibat lentisel pneumatofora tertutup minyak. Mangrove juga dapat mati akibat terserapnya minyak oleh sedimen. Senyawa aromatis minyak bumi dengan berat molekul rendah dapat merusak membran sel akar yang terletak di dalam sedimen, sehingga garam dapat masuk ke jaringan dan terjadi keracunan (IPIECA, 1993a).

Selama paruh akhir abad ke-20 kebutuhan industri di negara-negara maju akan minyak bumi berkembang pesat, sehingga operasi pelayaran kapal tangker - satu-satunya moda transportasi pengangkut minyak bumi antara benua - berlangsung sangat intensif. Salah satu akibatnya adalah kecelakaan kapal tangker dimana jutaan liter minyak bumi tumpah ke laut dan tersebar hingga kawasan pesisir di sekitarnya. Kejadian terbaru adalah tenggelamnya kapal tangker *Prestige* yang membawa 76 juta liter minyak di pantai utara Spanyol pada bulan Nopember 2002. Kecelakaan kapal tangker paling terkenal adalah tenggelamnya *Exxon Valdez* pada tahun 1989 di Alaska yang menyebabkan tumpahnya 40 juta liter

minyak bumi (Bragg *et al.*, 1994; Pickrell, 2002). Di perairan laut sekitar Jawa, kecelakaan kapal tangker minyak bumi telah beberapa kali terjadi (Tabel 1.).

**Tabel 1.** Kejadian tumpahan minyak bumi di perairan laut sekitar Jawa sejak tahun 1990-an (Anonim, 2003; 2001a).

Tahun	Lokasi	Kejadian
1994	Cilacap	Tabrakan antara kapal tanker MV. Bandar Ayu dengan kapal ikan.
1997	Selat Madura	Tenggelamnya kapal tanker SETDCO.
1998	Tanjung Priok	Kandasnya kapal Permina Supply No. 27 dengan muatan solar.
1999	Cilacap	Robeknya kapal tanker MT. King Fisher yang menumpahkan 640.000 liter minyak dan mencemari teluk Cilacap sepanjang 38 km.
2000	Cilacap	Tenggelamnya kapal tangker HHC yang memuat 9000 ton aspal.
2001	Tegal-Cirebon	Tenggelamnya kapal tangker Steadfast yang mengangkut 800-1200 ton minyak.
2002	Yogyakarta	Tenggelamnya M.V. Kalla Lines di pantai Congot yang membawa aspal.

Dampak tumpahan minyak akibat kecelakaan kapal tangker masih akan terasa hingga puluhan tahun kemudian. Kecelakaan kapal tangker di teluk Buzzards, Massachusetts, pada bulan September 1969 yang menumpahkan 700.000 liter minyak disel hingga kini masih menyisakan residu pada sedimen rawa, sehingga tingkat kerugian pada ekosistem sulit dipastikan. Meskipun lapisan minyak telah hilang dari permukaan air, hidrokarbon minyak masih tetap bertahan dalam sedimen pada kedalaman 6-28 cm. Degradasi minyak bumi sangat lambat bahkan setelah 30 tahun. Hal ini disebabkan ketiadaan oksigen dan sulfat dari sedimen yang dibutuhkan bakteri pendegradasi untuk bertahan hidup (Pickrell, 2002). Di kawasan tropis laju degradasi minyak biasanya lebih cepat, hambatan degradasi selain akibat sifat sedimen mangrove yang anaerob, juga karena tingginya konsentrasi tannin pada lumpur mangrove sehingga menghambat kehidupan bakteri pendegradasi (IPIECA, 1993a).

Berbagai teknik untuk membersihkan lingkungan dari pencemaran minyak telah ditemukan dan dapat diterapkan secara baik, namun beberapa teknik dapat menghambat penyembuhan habitat tertentu (Sell, 1995). Hingga kini cara terbaik adalah mengambil tumpahan minyak langsung secara mekanis, baik dengan menyedok, menyedot, menyerap atau cara lain. Penggunaan dispersan agar minyak mengendap hanya memindahkan pencemaran dari permukaan air ke permukaan sedimen (IPIECA, 1993b).

Sedimen mangrove didominasi lumpur anaerob dan mengandung sulfur (Alongi dan Saes Kumar, 1992). Permukaan sedimen yang mengandung oksigen kurang dari 1 cm, bahkan pada hutan *Rhizophora* hanya sedalam 1-2 mm (Duke *et al.*, 1999). Ketersediaan oksigen dan nutrisi merupakan faktor pembatas kehidupan bakteri pendegradasi hidrokarbon (Swannell *et al.*, 1994; Scherrer dan Mille, 1989; Oudot dan Dutrieux, 1989; Burns *et al.*, 1999). Pendekatan bioremediasi dapat digunakan untuk biodegradasi minyak, dimana mikroba diberi tambahan akseptor elektron dan nutrisi, sehingga pertumbuhan dan perkembangannya lebih cepat. Teknik ini telah berhasil diterapkan pada lingkungan pantai berpasir, berkerikil dan berkerakal (Prince, 1993; Bragg *et al.*, 1994; Swannell *et al.*, 1994, 1996, 1999). Meskipun masih jarang dilakukan pada lingkungan mangrove (Burns *et al.*, 1999), penambahan aerasi dan nutrisi terbukti dapat mempercepat pertumbuhan organisme pendegradasi hidrokarbon minyak bumi di kawasan mangrove (Ramsay *et al.*, 2000).

Pengaruh tumpahan minyak pada sedimen mangrove dapat berlangsung selama puluhan tahun, namun di kawasan tropis setahun setelah terjadinya tumpahan, restorasi mangrove sudah dapat dilakukan. Semakin lama masa jeda, maka semakin tinggi tingkat keberhasilan pertumbuhan propagule. Hal ini tergantung pada jenis minyak yang tumpah, tipe tanah, pola pasang-surut dan intensitas hujan (IPIECA, 1993a). Di Refineria Panama, dua tahun setelah tumpahnya minyak, sebanyak 86.000 sedling mangrove dengan tinggi rata-rata 1 m ditanam pada area seluas 75 ha, dari hasilnya 90% sedling tersebut dapat tumbuh dan bertahan hidup (Teas, 1989).

## PENUTUP

Ekosistem mangrove di Jawa mengalami penurunan sangat drastis, akibat tingginya tekanan populasi penduduk yang berimplikasi pada besarnya kegiatan pertambahan, penebangan hutan mangrove, reklamasi dan sedimentasi, serta pencemaran lingkungan. Hal ini menimbulkan kesadaran akan pentingnya upaya konservasi, manajemen, dan restorasi hutan mangrove, untuk menjaga kelestarian fungsi sosial-ekonomi, sosial-budaya, dan peran ekologi. Hambatan utama pemanfaatan mangrove secara lestari adalah pengelolaan yang bersifat sektoral, lemahnya keikutsertaan masyarakat, kemiskinan, dan kurangnya kepedulian terhadap nilai ekologi mangrove. Permasalahan manajemen ini bergabung dengan lemahnya pengetahuan mengenai teknik silvikultur, potensi penggunaan, dan teknik regenerasi. Restorasi mangrove berpotensi besar menaikkan nilai sumber daya ini, memberi mata pencaharian penduduk, mencegah kerusakan pantai, menjaga biodiversitas, dan produksi perikanan. Hal ini akan dibahas dalam bagian kedua tulisan ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aksornkoae S. 1993. *Ecology and Management of Mangroves*. Bangkok: International Union for Conservation of Nature and Natural Resources.
- Alongi, D.M. and A. Sasekumar. 1992. Benthic communities. In Robertson, A.I. and D.M. Alongi (ed.). *Coastal and Estuarine Studies: Tropical Mangrove Ecosystems*. Washington DC.: American Geophysical Union.
- Anonim. 1995. *Summary Environmental Impact Assessment of the North Java Flood Control Sector Project in the Republic of Indonesia. July 1995*. Jakarta: Directorate General of Water Resources Development (DGWRD).
- Anonim. 1997. *National Strategy for Mangrove Management in Indonesia. Volume 1: Strategy and Action Plan. Volume 2: Mangrove in Indonesia Current Status*. Jakarta: Office of the Minister of Environment, Departemen of Forestry, Indonesian Institute of Science, Department of Home Affairs, and The Mangrove Foundation.
- Anonim. 1998. *Muara Angke Nature Reserve*. <http://users.bart.nl/~edcolijn/angke.html>
- Anonim. 2000. *Pesona Alas Purwo*. [http://siklusits.tripod.com/alas\\_purwo.htm](http://siklusits.tripod.com/alas_purwo.htm)
- Anonim. 2001a. *Naskah Akademik Pengelolaan Wilayah Pesisir*. Jakarta: Departemen Kelautan dan Perikanan.
- Anonim. 2001b. Shoreline stabilization and storm protection. *Wetland Values and Function*. Gland: The Ramsar Bureau
- Anonim. 2002. *Brief Descriptions of Sites Inscribed on the World Heritage List*. Paris: UNESCO World Heritage Centre.
- Anonim. 2003. *The Mariner Group - Oil Spill History*. <http://www.marinergroup.com/oil-spill-history.htm>
- Arisandi, P. 2001. *Mangrove Jawa Timur, Hutan Pantai yang Terlupakan*. Gresik: Ecological Observation and Wetlands Conservation (ECOTON).
- Bandaranayake, W.M. 1998. Traditional and medicinal uses of mangroves. *Mangrove and Salt Marshes* 2: 133-148.
- Bennett, E.L. and C.J. Reynolds. 1993. The value of mangrove area in Sarawak. *Biodiversity Conservation* 2: 359-375.
- Birkeland, C. 1983. *Influences of Topography of Nearby Land Masses in Combination with Local Water Movement Patterns on the nature of Nearshore Marine Communities, Productivity and Processes in Island Marine Ecosystem*. Dunedine: UNESCO Report in Marine Science No. 27.
- Blasco, F. 1992. Outlines of ecology, botany and forestry of the mangals of the Indian subcontinent. In Chapman, V.J. (ed.). *Ecosystems of the World 1: Wet Coastal Ecosystems*. Amsterdam: Elsevier.
- Blower, J.H. and A.P.M. van der Zon. 1977. *Ujung Kulon National Park Management Plan 1977-1981*. Field report. Bogor: UNDP/FAO Nature Conservation and Wildlife Management Project INS/73/013..
- Bragg, J. R., R.C. Prince, E.J. Harner, and R.M. Atlas. 1994. Effectiveness of bioremediation for the Exxon Valdez oil spill. *Nature* 368: 413-418.
- Burns, K.A. 1993. Evidence for the importance for including hydrocarbon oxidation products in environmental assessment studies. *Marine Pollution Bulletin* 26: 77-85.
- Burns, K.A., S. Codi, R.J.P. Swannell, and N.C. Duke. 1999. Assessing the petroleum hydrocarbon degradation potential of endogenous tropical marine wetland microorganisms: Flask experiments. *Mangroves and Salt Marshes* 3: 67-83.
- Burns, K.A., S.D. Garrity, D. Jorissen, J. MacPherson, and M. Stoelting. 1994 The Galeta oil spill. II: Unexpected persistence of oil trapped in mangrove sediments. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 38: 349-364.
- Butar-Butar. M. 1996. *Laporan Akhir Tim Analisis dan Evaluasi Hukum tentang Penggunaan Pantai untuk Kepentingan Pribadi/Perorangan*. Jakarta: Badan Pembinaan Hukum Nasional, Departemen Kehakiman Republik Indonesia.
- Chapman, V.J. 1976. *Mangrove Vegetation*. Liechtenstein J.Cramer Verlag.
- Chapman, V.J. 1992. Wet coastal formations of Indo Malesia and Papua-New Guinea. In Chapman, V.J. (ed.). *Ecosystems of the World 1: Wet Coastal Ecosystems*. Amsterdam: Elsevier.
- Choudhury, J.K. 1996. Mangrove forest management. *Mangrove Rehabilitation and Management Project in Sulawesi*. Jakarta: Asia Development Bank.
- Chowdhury, R.A., and I. Ahmed. 1994. History of forest management. In Hussain Z, and G. Acharya (ed.). *Mangroves of the Sundarbans, Vol. 2: Bangladesh*. Gland, Switzerland: IUCN Wetlands Program.
- Clark, R. J. 1996. *Coastal Zone Management Hand Book*. Boca Raton: CRC Lewis Publishers.
- Clough, B.F. 1992. Primary productivity and growth of mangrove forests. In Robertson, A.I. and D.M. Alongi (ed.). *Coastal and Estuarine Studies: Tropical Mangrove Ecosystems*. Washington DC.: American Geophysical Union.
- Coulter, S.C., C.M. Duarte, S.T. Mai, H.T. Nguyen, T.H. Hoang, H.G. Le, and N.G. Phan. 2001. Retrospective estimates of net leaf production in *Kandelia candel* mangrove forests. *Marine Ecology Progress Series* 221: 117-124.
- Dahdouh-Guebas, F., C. Mathenge, J.G. Kairo, and N. Koedam. 2000. Utilization of mangrove wood products around Mida Creek (Kenya) among subsistence and commercial users. *Economic Botany* 54: 513-527.
- Dahuri R, J. Rais, S.P.Ginting dan M.J. Sitepu. 1996. *Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. Jakarta: P.T. Saptodadi.
- Departemen Kehutanan. 1994. *Pedoman Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi (RTR) Daerah Pantai*. Jakarta: Direktorat Jenderal Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan, Departemen Kehutanan.
- Duarte, C.M. and J. Cebrián. 1996. The fate of marine autotrophic production. *Limnology and Oceanography* 41:1758-1766
- Dudley, R.G. 2000. *Segara Anakan Fisheries Management Plan*. Cilacap: Segara Anakan Conservation and Development Project.
- Duke, N.C., K.A. Burns, and R.P.J. Swannell. 1999. *Research into the Bioremediation of Oil Spills in Tropical Australia: with Particular Emphasis on Oiled Mangrove and Salt Marsh Habitat*. Final report to the Australian Safety Maritime Authority. Townsville: Australian Institute of Marine Science.
- Duke, N.C., Z.S. Pinzon, and M.C.Prada, M.C. 1997. Large-scale damage to mangrove forests following two large oil spills in Panama. *Biotropica* 29: 2-14.
- ECl, 1994. *Segara Anakan Conservation and Development Project*. Jakarta: Asian Development Bank.
- Ellison, A.M. and E.J. Farnsworth. 1996. Anthropogenic disturbance of Caribbean mangrove ecosystems: past impacts, present trends, and future predictions. *Biotropica* 24: 549-565.
- FAO. 1982. *Managenet and Utilization of Mangrove in Asia and the Pacific*. Rome: FAO Environment Paper 3.
- Giesen, W. 1991. *Checklist of Indonesian Fresh Water Aquatic Herbs*. PHPA/AWB Sumatra Wetland Project Report No. 27. Jakarta: Asian Wetland Bureau-Indonesia.
- Giesen, W. 1993. Indonesian mangroves: an update on remaining area and main management issues. *International Seminar on Coastal Zone Mangement of Small Island Ecosystem, Ambon, 7-10 April 1993*.
- Goldman, R.C. and Horne, 1983. *Lymnology*. New York: McGraw Hill International Book Company.
- Gómez, E.G. 1988. Overview of environmental problems in the East Asian seas region. *Ambio* 17:166-169.
- Hadianto. 1998. Geological data processing activities in the directorate of environmental geologi for anticipated development in large urban areas. *The DCGM Phase III Coordinator's Meeting*, Bangkok, Thailand, January 12-14, 1998.
- Hamilton, L.S. and S.C. Snedaker. 1984. *Handbook for Mangrove Area Management*. Honolulu: Environment and Policy Institute, East-West Center.
- Hasmonel, M.W. Purwaningdyah, dan R. Nurhayati. 2000. *Reklamasi Pantai dalam Hubungannya dengan Pendaftaran Tanah (Studi Kasus di Pantai Utara Jakarta)*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Hommel, P.W.F.M. 1987. *Landscape-ecology of Ujung Kulon (West Java, Indonesia)*. Wageningen: Soil Survey Institute.
- Hong, P.N. and H.T. San. 1993. *Mangroves of Vietnam*. Bangkok: International Union for Conservation of Nature and Natural Resources.
- Howe, C.P., G.F. Claride, R. Hughes, and Zuwendra. 1992. *Manual of Guideline for Scoping EIA in Indonesia Wetland*. Second

- edition. PHPA/AWB Sumatra Wetland Project No. 6B. Jakarta: Direktorat General of Forest Protection and Nature Conservation-Asian Wetland Bureau Indonesia
- Hussain, Z. and G. Acharya, 1994. (ed.). *Mangroves of the Sundarbans. Vol. 2: Bangladesh*. Bangkok: International Union for the Conservation of Nature.
- Hussein, M.Z. 1995. Silviculture of mangroves. *Unasyilva* 46: 36-42.
- IPIECA. 1993a. *Biological Impact of Oil Pollution: Mangroves*. IPIECA Report No. 4. London: International Petroleum Industry Environmental Conservation Association.
- IPIECA. 1993b. *Dispersants and their Role in Oil Spill Response*. IPIECA Report No. 5. London: International Petroleum Industry Environmental Conservation Association.
- Iskandar, J. 1987. Stop perburuan burung air. *Suara Alam* 49: 47-50.
- Jayatissa, L.P., F. Dahdouh-Guebas, and N. Koedam. 2002. A review of the floral composition and distribution of mangroves in Sri Lanka. *Botanical Journal of the Linnean Society* 138: 29-43.
- Jimenez, J.A., R. Martinez, and L. Encarnacion. 1985. Massive tree mortality in Puerto Rican mangroves forests. *Caribbean Journal of Science* 21: 75-78.
- Kairo, J.G., F. Dahdouh-Guebas, J. Bosire, and N. Koedam. 2001. Restoration and management of mangrove systems — a lesson for and from the East African region. *South African Journal of Botany* 67: 383-389.
- Kartawinata, K. 1979. Status pengetahuan hutan bakau di Indonesia. *Prosiding Seminar Ekosistem Hutan Mangrove*. Jakarta: MAP LON LIPI.
- Kitamura, S., C. Anwar, A. Chaniago, and S. Baba. 1997. *Handbook of Mangroves in Indonesia; Bal & Lombok*. Denpasar: The Development of Sustainable Mangrove Management Project, Ministry of Forest Indonesia and Japan International Cooperation Agency.
- Knox, G.A. and T. Miyabara. 1984. *Coastal Zone Resource Development and Conservation in South East Asia, with special Reference to Indonesia*. Jakarta: UNESCO.
- Kompas, 31/5/2002. *Panorama Cagar Alam Pulau Sempu*.
- Kompas, 31/7/2002. *90 Persen Pantura Jatim Rusak*.
- Kompas, 7/3/1998. *Massa Rusak Sarana Tambak Udang*.
- Lewis, R.R. 1990. Creation and restoration of coastal wetlands in Puerto Rico and the US Virgin Islands. In Kusler J.A. and M.E. Kentula (ed.) *Wetland Creation and Restoration: The Status of Science, Vol. 1: Regional Reviews*. Washington: Island Press.
- Lewis, R.R., R.G. Gilmore, D.W. Crewz, and W.E. Odum. 1985. Mangrove habitat and fishery resources of Florida. In Seaman, W. (ed.) *Florida Aquatic Habitat and Fishery Resources*. Kissimee: Florida Chapter American Fisheries Society.
- Lightvoet, W., R.H. Hughes, and S. Wulffraat. 1996. Recreating mangrove forest near Jakarta, Conserving biodiversity in an urban environment. *Land and Water International* 84: 8-11.
- Lugo A.E. and S.C. Snedaker. 1974. The ecology of mangroves. *Annual Review of Ecology and Systematics* 5: 39-63.
- Machfud, D.S. 1990. *Social Forestry Network: Social Forestry in Disputed upland Areas in Java*. Jakarta: Perum Perhutani, State Forest Corporation, Java, Indonesia.
- MacNae, W. 1968. A general account of the fauna and flora of mangrove swamps and forests in the Indo-West-Pacific region. *Advances in Marine Biology* 6: 73-270.
- Manassrisuksu, K., M. Weir, and Y.A. Hussin. 2001. Assessment of mangrove rehabilitation programme using remote sensing and GIS: a case study of Amphur Khlung, Chantaburi Province, Eastern Thailand. *22<sup>nd</sup> Asian Conference on Remote Sensing, Singapore 5-9 November 2001*.
- Marius, C. 1977. Propositions pour une classification française des sols de mangroves tropicales. *Cah. ORSTOM* 15 (1): 89-102.
- Martinez-Alier, J. 2001. *Ecological Conflicts and Valuation - Mangroves vs. Shrimp in the Late 1990s*. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Martosubroto, P. and M. Naamin. 1977. Relationship between tidal forests (mangroves) and commercial shrimp production in Indonesia. *Marine Research Indonesia* 18: 81-86.
- Martoyo, I.D. 2000. Taman Nasional Karimunjawa, potensi dan hambatan pembentukan kawasan konservasi biodiversitas di Propinsi Jawa Tengah. *Dalam Setyawan, A.D. dan Sutarno (ed.). Menuju Taman Nasional Gunung Lawu. Prosiding Semiloka Nasional Konservasi Biodiversitas untuk Perlindungan dan Penyelamatan Plasma Nutfah di Pulau Jawa, Surakarta 17-20 Juli 2000*. Surakarta: Jurusan Biologi FMIPA UNS.
- Miller, K.R. 1999. International wilderness provides ecological services for sustainable living. *International Journal of Wilderness* 5 (3): 35-39.
- Naylor, R.L., R.J. Goldberg, H. Mooney, M. Beveridge, J. Clay, C. Folke, N. Kautsky, J. Lubchenco, J.H. Primavera, and M. Williams. 1998. Nature's subsidies to shrimp and salmon farming. *Science* 282: 883-884.
- Ng, P.K.L. and N. Sivasothi (ed.). 2001. *A Guide to Mangroves of Singapore. Volume 1: The Ecosystem and Plant Diversity and Volume 2: Animal Diversity*. Singapore: The Singapore Science Centre.
- Nurwanto, Y.A. 2001. *Keanekaragaman Vegetasi Hutan Mangrove di Segara Anakan Cilacap*. [Tesis]. Surakarta: Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pasca Sarjana UNS.
- Nybakken, J.W. 1993. *Marine Biology, An Ecological Approach*. Third edition. New York: Harper Collins College Publishers.
- Odum, E.P., 1971. *Fundamental of Ecology*. Third edition. Philadelphia: W.B. Saunders Company.
- Ong, J.E. 2002. The hidden costs of mangrove services: use of mangroves for shrimp aquaculture. *International Science Round Table for the Media, Bali Indonesia, 4 June 2002*. Joint event of ICSU, IGBP, IHDP, WCRP, BIODIVERSITAS and START.
- Oudot, J. and E. Dutrieux. 1989. Hydrocarbon weathering and biodegradation in a tropical estuarine ecosystem. *Marine Environmental Research* 27: 195-212.
- Phillips, M.J., C.K. Kwei-Lin, and M.C.M. Beveridge. 1993. Shrimp culture and the environment: lessons from the world's most rapidly expanding warmwater aquaculture sector. In Pullin, R.S.V., H. Rosenthal and J.L. MacLean (ed.) *Environment and Aquaculture in Developing Countries*. ICLARM Conference Proceedings 31.
- Pickrell, J. 2002. Oil spills pollute indefinitely and invisibly, study says. *National Geographic News, November 22, 2002*.
- Pikiran Rakyat, 7/9/2002. *Melihat Segara Anakan yang Nyaris Rusak Total: Pangandaran Menolak, Karanganyar Ancam Bendung Citanduy*.
- Primavera, J.H. 1993. A critical review of shrimp pond culture in the Philippines. *Reviews in Fisheries. Science* 1 (2): 151-201
- Primavera, J.H. 1995. Mangroves and brackish water pond culture in the Philippines. *Hydrobiologia* 295: 303-309.
- Prince, R.C., R.E. Bare, G.N. George, C.E. Haith, M.J. Grossman, J.R. Lute, D.L. Elmendorf, V. Minak-Bernero, J.D. Senius, L.G. Keim, R.R. Chianelli, S.M. Hinton, and A.R. Teal. 1993. The effect of bioremediation on the microbial populations of oiled beaches in Prince William Sound, Alaska. In *Proceedings of the 1993 Oil Spill Conference*. Washington DC: American Petroleum Institute.
- Rahman, L.M. 2000. The Sundarbans: A Unique Wilderness of the World. In McCool, S.F., D.N. Cole, W.T. Borrie, and J. O'Loughlin (ed.). *Wilderness science in a time of change conference—Volume 2: Wilderness within the context of larger systems; 1999 May 23-27; Missoula, MT. Proceedings RMRS-P-15-VOL-2*. Ogden: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, and Rocky Mountain Research Station.
- Ramsay, M.A., R.P.J. Suwannell, W.A. Shipton, N.C. Duke, and R.T. Hill. 2000. Bioremediation on the microbial community in oiled mangrove sediments. *Marine Pollution Bulletin* 41 (7-12): 413-419.
- Ray, C.C. and R.G. McCormick. 1994. Coastal marine protected areas, a moving target. *Proceeding from the International Workshop on Coastal Marine Protected Areas and Biosphere Reserves*. Canberra: ANCA/UNESCO.
- Republika, 23/7/2002. *Kajian Ekonomi Ekosistem Hutan Mangrove Mengejutkan*.
- Republika, 24/03/2001. *Hutan Mangrove di Cilacap Menyusut*.
- Ruitenbeek, J.H. 1998. *Mangrove Management: An Economic Analysis of Management Options with a Focus on Bintuni Bay, Irian Jaya*. EMDI Environmental Reports 8. Jakarta: Environmental Management Development in Indonesia Project (EMDI).
- Saenger, P., E.J. Hegerl, and J.D.S. Davie. 1983. Global status of mangrove ecosystems. *The Environmentalist* 3: 1-88. Also cited as: IUCN. 1983. *Global Status of Mangrove Ecosystems*. Gland: International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources.

- Saraswati, A. 2001. *8 Spesies As New Mangrove In Baluran National Park*. Banyuwangi: Baluran Breaking News.
- Sasaki, Y. and H. Sunarto. 1994. Mangrove forest of Segara Anakan lagoon. In Takashima, F. and K. Soewardi (ed.). *Ecological Assessment for Management Planning of Segara Anakan Lagoon, Cilacap, Central Java*. Tokyo: NODAI Center for International Program, Tokyo University of Agriculture and JSPS-DGHE Program.
- Scherrer, P. and G. Mille. 1989. Biodegradation of crude oil in an experimentally polluted peaty mangrove soil. *Marine Pollution Bulletin* 20: 430-432.
- Sell, D. 1995. The effect of oil spill clean-up on shore recovery times. *Proceedings of the Second International Oil Spill Research and Development Forum, London, 23-26 May 1995*. London: The International Maritime Organization.
- Semesi, A.K. 1998. Mangrove management and utilization in eastern Africa. *Ambio* 27: 620-626.
- Setyawan, A.D., A. Susilowati dan Wiryanto. 2002. Habitat reliks vegetasi mangrove di pantai selatan Jawa. *Biodiversitas* 3 (2): 242-256.
- Shriadah, M.M.A. 1999. Heavy metals in mangrove sediments of the United Arab Emirates shoreline (Arabian Gulf). *Water, Air, and Soil Pollution* 116: 523-534, 1999.
- Silvius, M.J., A.P.J.M. Steeman, E.T. Berczy, E. Djuharsa and A.W. Taufik. 1987. *The Indonesian Wetland Inventory. A Preliminary Compilation of Existing Information on Wetlands of Indonesia, Vol. I and II*. Bogor: PHPA, AWB/INTERWADER, EDWIN.
- Soemodihardjo, S and S. Ishemat. 1989. Country Report: Indonesia, The Status of Mangrove Forests in Indonesia, *Symposium on Mangrove Management*. Biotrop Special Publication No 37.
- Soemodihardjo, S. and L. Sumardjani. 1994. Re-afforestation of mangrove forests in Indonesia. *Proceeding of the Workshop on ITTO Project. Bangkok, 18-20 April 1994*.
- Soenarko. 2002. Kebijakan KIMPRASWIL dalam Rangka Percepatan Pembangunan Kelautan dan Perikanan. *Rapat Koordinasi Nasional Departemen Kelautan dan Perikanan Tahun 2002, Jakarta, 30 Mei 2002*.
- Soewarno, H. 1982. *The Cilacap Mangrove Ecosystem*. Jakarta: Lapan.
- Spalding, M., F. Blasco, and C. Field. 1997. *World Mangrove Atlas*. Okinawa: International Society for Mangrove Ecosystems.
- Spaninks, F. and P. van Beukering. 1997. *Economic Valuation of Mangrove Ecosystems: Potential and Limitations*. CREED Working Paper No 14, July 1997. London and Amsterdam: International Institute for Environment and Development, and Institute for Environmental Studies.
- Steenis, C.G.G..J. van. 1958. Ecology of mangroves. In *Flora Malesiana*. Djakarta: Noordhoff-Kollf.
- Suara Merdeka, 16/6/2001. *Hutan Mangrove Dimodifikasi dengan Kayu Putih*.
- Suara Pembaruan 29/7/2002. *Kerusakan Hutan Bakau Mengkhawatirkan*.
- Suara Pembaruan, 11/8/2002. *Pendangkalan dan Abrasi di Jawa Mengkhawatirkan*.
- Suara Pembaruan, 21/10/2002. *Warga Segara Anakan Kesulitan Air Bersih*
- Suara Pembaruan, 29/7/2002a. *10 Ha Hutan Bakau di Cilacap Kekeringan*.
- Sukardjo, S. 1985. Laguna dan vegetasi mangrove. *Oseana* 10 (4): 128-137
- Sukardjo, S. 1989. The mangrove forests of Java and Bali (Indonesia). *Symposium on Mangrove Management*. Biotrop Special Publication No 37.
- Swannell, R.P.J., A. Basseres, K. Lee, and F.X. Merlin. 1994. A direct respirometric method for the in situ determination of bioremediation efficacy. In *17<sup>th</sup> Arctic and Marine Oil Spill Program Technical Seminar*. Ottawa: Environment Canada.
- Swannell, R.P.J., D. Mitchell, D.M. Jones, S. Petch, I.M. Head, A. Willis, K. Lee, and J. Lepo. 1999. Bioremediation of oil contaminated fine sediments. In *Proceedings of 1999 International Oil Spill Conference*. Washington: The American Petroleum Institute.
- Swannell, R.P.J., K. Lee, and M. McDonagh. 1996. Field evaluations of marine oil spill bioremediation. *Microbiological Reviews* 60: 342-365.
- Tanaka, S., 1992. *Bali Environment the Sustainable Mangrove Forest*. Jakarta: Development of Sustainable Mangrove Management Project.
- Teas, H.J. 1989. Mangrove restoration after the 1986 Refineria Panama oil spill. *Proceedings 1989 Oil Spill Conference*. Washington, D.C.: American Petroleum Institute.
- Terchunian, A., V. Klemas, A. Alvarez, B. Vasconez, and L. Guerrero. 1986. Mangrove mapping in Ecuador: The impact of shrimp pond construction. *Environmental Management* 10: 345-350
- The Jakarta Post, 29/1/2002. *Development Sends Waterfowl to Brink*.
- Thom, B.G. 1967. Mangrove ecology and deltaic geomorphology: Tabasco, Mexico. *Journal of Ecology* 55: 301-343
- Tomlinson, C.B. 1986. *The Botany of Mangroves*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Twilley, R.R. 1993. Mangrove ecosystem biodiversity and conservation in Ecuador. In Potter, C.S., J.I. Cohen, and D. Janczewski (ed.). *Perspectives on Biodiversity: Case Studies of Genetic Resource Conservation and Development*. Washington DC: American Association for the Advancement of Science.
- UNDP. 1998. *Integrated resource development of the Sundarbans Reserved Forests, Bangladesh. Volume I Project BGD/84/056*. Dhaka: United Nations Development Programme, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Walsh, G.E. 1974. Mangroves: a review. In Reimold, R.J., and W.H. Queen (ed.). *Ecology of Halophytes*. New York: Academic Press.
- Wardrup, J.A., 1987. The effects of oils and dispersants on mangroves: a review and bibliography. *Occasional paper no. 2: Environmental Studies*. Adelaide: University of Adelaide.
- Watson, J.G. 1928. *Mangrove forests of the Malay Peninsula*. Kulala Lumpur: Malaysian Forest Records No. 6
- Widodo, H. 1987. Mangrove hilang ekosistem terancam. *Suara Alam* 49: 11-15.
- Winarno, K. dan A.D. Setyawan. 2003. Penyudetan Sungai Citanduy, buah simalakama konservasi ekosistem mangrove Segara Anakan. *Biodiversitas* 4 (1): 63-72.
- Wirjodarmodjo, H., S.D. Soeroso dan S. Bambang. 1979. Pengelolaan Hutan Payau Cilacap. *Prosiding Seminar Ekosistem Hutan Mangrove*. Jakarta: Lembaga Oseanologi Nasional LIPI.