ISSN: 2086-907X

WORKING PAPER PKSPL-IPB

PUSAT KAJIAN SUMBERDAYA PESISIR DAN LAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
Center for Coastal and Marine Resources Studies
Bogor Agricultural University

EKOSISTEM PANTAI DAN PERANNYA DALAM PENANGGULANGAN TSUNAMI

Oleh:

Arief Budi Purwanto

PKSPL-IPB

BOGOR
2011

ISSN: 2086-907X

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI iii
DAFTAR GAMBAR v
1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Fakta dari Peristiwa Tsunami Acah 2
2 TINJAUAN PUSTAKA 3
2.1 Gempa Bumi 3
2.2 Tsunami 5
2.3 Ekosistem Pantai 6
2.3.1 Hutan Mangrove dan Ekosistem Mangrove 6
2.3.2 Terumbu Karang 9
2.3.3 Padang Lamun 13
3 PERAN EKOSISTEM PANTAI DAN UPAYA MITIGASI 13
3.1 Peran Ekosistem Pantai Sebagai Pelindung Alami Pantai 13
3.2 Rekayasa Lingkungan Pesisir sebagai Mitigasi Bencana Alam 16
4 KESIMPULAN 18
DAFTAR PUSTAKA 19

PKSPL-IPB

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Proses pergerakan pelat bumi dan fenomena alam yang dihasilkannya termasuk gempa dan aktifnya gunung berapi dan kemungkinan munculnya gas dari dasar bumi (Sumber http://rst.gsfc.nasa.gov).....4

Gambar 2 Proses terjadinya Tsunami (Sumber, Departemen Kelautan dan Perikanan, 2007).....6

PKSPL-IPB

EKOSISTEM PANTAI DAN PERANNYA DALAM PENANGGULANGAN TSUNAMI

Arief Budi Purwanto[1]

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan daerah kepulauan yang diapit lempeng Eropa Asia-Australia di Selatan serta lempeng Pasifik dan Philipina dibagian Timur-Utara. Pergeseran diantara lempeng tersebut dapat mengakibatkan terjadinya proses gempa bumi di suatu titik kedalaman dan menjalar sepanjang patahan/sesar. Jika bidang patahan terjadi di dasar laut, kestabilan air laut terganggu secara vertikal maupun horizontal. Bahkan jika gempa yang terjadi magnitudenya besar (9 skala Richter) seperti yang terjadi di Aceh, terjadi sesar sepanjang ribuan kilometer sehingga menyebabkan terjadinya Tsunami (Desember 2004) yang menelan korban jiwa hampir 300.000 orang serta kerusakan infrastruktur yang amat besar. Pada bulan Mei tahun 2006 kembali terjadi gempa tektonik di Selatan Yogyakarta juga akibat pergeseran lempeng Asia-Australia, yang juga mengakibatkan korban jiwa mendekati angka 5000 jiwa dan kerusakan infrastruktur yang besar. Di Pangandaran juga pernah terjadi Tsunami dengan gelombang setinggi 5 meter menyapu daerah Pantai Pangandaran dan lagi-lagi terjadi korban jiwa sekitar 400 orang dan kerusakan infra struktur (Yulianto, 2006).

Indonesia sebagai negara kepulauan bergaris pantai kira-kira 81 000 km memiliki wilayah pesisir yang beragam. Wilayah tersebut tidak saja berupa lingkungan alami, namun banyak juga yang telah rusak atau berubah menjadi lingkungan binaan. Okupasi lingkungan binaan tersebut menjadi kota, desa serta penggunaan lahan lain, seperti industri, transportasi dan utilitas yang merupakan lingkungan berharga perlu dilindungi dari ancaman bencana alam (Dahuri, 1996).

Menurut Purbawinata (Kompas, 08 Januari 2005), di Indonesia terdapat 28 wilayah pesisir rawan tsunami, seperti wilayah pantai-pantai Aceh, Sumatera Utara bagian barat, Sumatera Barat, Bengkulu, Lampung Selatan, Banten barat dan selatan, Jawa Tengah bagian selatan, Jawa Timur, Bali, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Utara, Sulawesi Tengah, Sulawesi Selatan, Maluku Utara, Maluku Selatan, Biak-Yapen, Fak-Fak, dan Balikpapan. Gelombang tsunami yang terjadi di Nangroe Aceh Darussalam (NAD) pada bulan Desember 2004 telah menyebabkan kerusakan massif dan korban yang sangat

[1] Kepala Sub Program Pengelolaan Sumberdaya Alam & Lingkungan Pesisir dan Laut di PKSPL-IPB.

PKSPL-IPB

besar. Daerah pesisir pantai NAD yang merupakan daerah terdekat dengan pusat gempa mengalami dampak paling parah, selain korban jiwa lebih dari 200 ribu orang, sebagian besar kota dan perkampungan di pesisir NAD hancur, seperti yang terjadi pada kota Banda Aceh, Meulaboh, Aceh Jaya dan lainnya. Kerusakan berat juga terjadi di pantai barat Sumatera Utara, terutama pantai barat pulau Nias. Selain itu, kerusakan daerah pantai dan korban jiwa juga terjadi di berbagai negara Asia lainnya, seperti pantai wisata Phuket (Thailand), India, Banglades, dan sampai ke daerah pesisir timur Afrika.

1.2 Fakta dari Peristiwa Tsunami Aceh

Onrizal (2005) melaporkan bahwa permukiman penduduk di Desa Moawo dan Desa Pasar Lahewa yang terletak di daerah pasang surut, pesisir utara Nias selamat dari amukan gelombang tsunami. Permukiman tersebut tidak langsung berhadapan dengan laut, namun antara permukiman dengan laut terdapat hutan mangrove lebat dengan kerapatan pohon berdiameter > 2 cm lebih dari 17.000 inc/ha dengan lebar sekitar 200–300 m. Sebagian besar rumah di daerah tersebut berupa rumah dengan tiang kayu berdindingkan anyaman bambu dan beratapkan daun nipa atau rumbia, dan sangat sedikit yang berupa bangunan semi permanen. Kondisi yang hampir serupa juga dilaporkan oleh Dahdouh-Guebas et al. (2005) untuk berbagai pesisir pantai Asia dan Afrika.

Selain hutan mangrove, terumbu karang dan hutan pantai juga berfungsi melindungi pantai dari tsunami. Sebagai contoh adalah daerah Lhok Pawoh, Sawang, Aceh Selatan, yang selamat dari tsunami karena memiliki padang lamun, pantai berbatu dan terumbu karang yang masih baik (WIIP, 2005). WIIP (2005) juga menemukan fakta bahwa Desa Ladang Tuha, Aceh Selatan yang memiliki hutan pantai yang rapat dan kompak juga selamat dari tsunami.

Berbagai fakta tersebut sesuai dengan penjelasan Venkataramani (2004) bahwa hutan mangrove yang lebat berfungsi seperti tembok yang melindungi kehidupan masyarakat pesisir di belakang mangrove dari tsunami. Penjelasan yang sama juga dihasilkan dalam konferensi para ahli ekologi di India pada tanggal 2 Februari 2005, atau satu setengah bulan setelah tsunami di akhir Desember 2004, yang menyimpulkan bahwa hutan mangrove secara mencolok mengurangi dampak tsunami di pesisir pantai berbagai negara di Asia (Anonim, 2005a), sehingga hutan mangrove merupakan pelindung alami pantai dari tsunami dan apabila mangrove hilang, maka kerusakan yang terjadi akan maksimal (Bhutto, 2005, Anonim, 2005b).

Pada sisi lain, kerusakan berat dan korban jiwa yang besar terjadi di daerah pesisir yang hutan mangrove atau hutan pantai serta padang lamun dan terumbu karangnya sebagai pelindung alami pantai sudah rusak sebelum tsunami terjadi. Salah satu bukti adalah seperti hasil penelusuran data oleh Kusmana & Onrizal (2003) menunjukkan bahwa hampir 97% hutan mangrove di NAD telah rusak dan

PKSPL-IPB

hilang dalam kurun waktu antara tahun 1993 sampai tahun 1999. Sedangkan di Sumatera Utara, hutan mangrovenya berkurang sebesar 27%. Hal yang sama juga terjadi di pantai barat Nias, misalnya pesisir Mandrehe dan Sirombu, seperti dilaporkan Onrizal (2005a, 2005b), dimana hutan mangrove dan hutan pantainya juga sudah rusak sebelum kejadian tsunami.

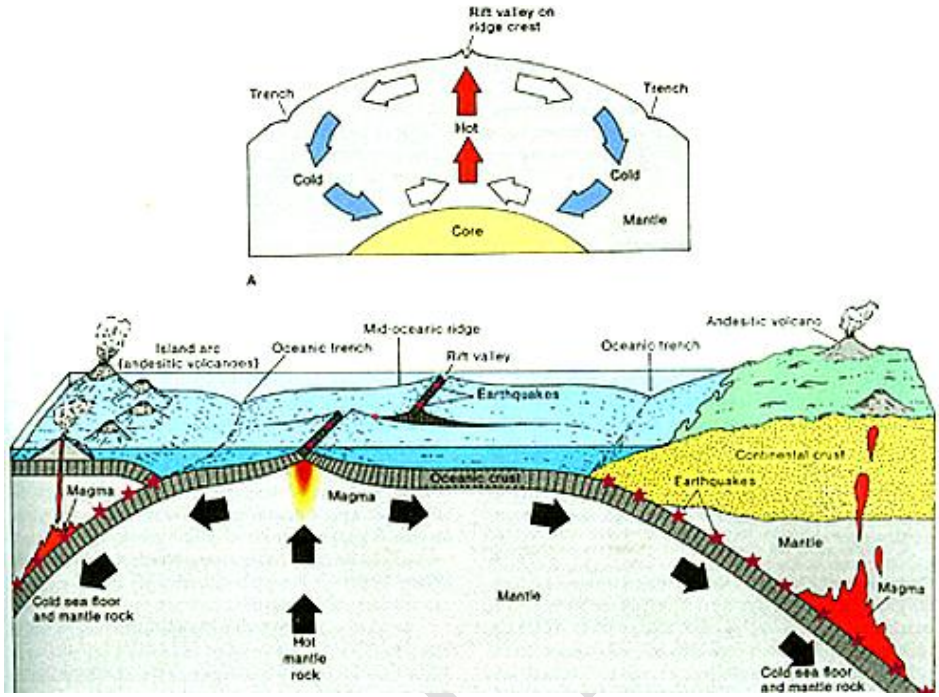
Berbagai fakta di atas telah menunjukkan fungsi hutan mangrove dan hutan pantai dalam melindungi pantai dari gelombang tsunami. Lembaga penelitian MSSRF (2005) *dalam* Anonim (2005a) menjelaskan bahwa hutan mangrove mengurangi dampak tsunami melalui dua cara, yaitu kecepatan air berkurang karena pergesekan dengan hutan mangrove yang lebat, dan volume air dari gelombang tsunami yang sampai ke daratan menjadi sedikit karena air tersebar ke banyak saluran (kanal) yang terdapat di ekosistem mangrove.

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gempa Bumi

Gempa bumi, terutama gerakan tanah yang kuat adalah contoh dari pembebanan siklik yang tidak beraturan yang meliputi sebuah cakupan yang utuh dari karakteristik dan regangan geser serta karakteristik perilaku tanah dalam region. Konsekwensi pada tanah deposit seperti liquifaksi dan kegagalan lereng, atau penurunan yang besar dalam kaitan dengan lahan *densification*, dapat mengakibatkan kerusakan yang fatal pada bangunan di daerah itu. Dengan begitu, di daerah seismic, kebutuhan akan analisis yang rasional dan perkiraan-perkiraan objektif yang memiliki resiko harta dan kehidupan bukan hanya kebutuhan akademis. Gambar di bawah ini memberi klarifikasi hubungan kejadian-kejadian tersebut.

PKSPL-IPB



Gambar 1 Proses pergerakan pelat bumi dan fenomena alam yang dihasilkannya termasuk gempa dan aktifnya gunung berapi dan kemungkinan munculnya gas dari dasar bumi (Sumber http://rst.gsfc.nasa.gov)

Permasalahan umumnya yang sering ditanyakan adalah di mana dan kapan tepatnya peristiwa gempa akan terjadi dan seberapa kuat akan mengakibatkan kerusakan bagi manusia. Perhitungan yang tepat memang masih kita cari untuk memprediksikan gempa selanjutnya. Namun fenomena alam tersebut menunjukkan rentang waktu yang tidak terlalu lama sudah dapat dipastikan dan daerah dampak yang akan terkena juga sudah dapat diketahui dengan pasti. Daratan Pulau Jawa sebelah Utara dan Pulau Sumatera bagian Timur tentu akan lebih kecil resikonya, demikian juga hampir seluruh Pulau Kalimantan akan sangat kecil kemungkinannya. Dimulai dari Aceh, Nias, Bengkulu, Pandeglang, Pelabuhan Ratu, Yogyakarta, Madiun (yang semuanya terletak di deretan selatan Sumatera dan Jawa) adalah wilayah riskan bencana gempa gempa. Jadi permasalahannya yang sebenarnya adalah bukan pada perkiraan tepat kapan dan di mana kejadian gempa berikutnya, namun lebih kepada sejauh mana kesiapan wilayah-wilayah tersebut menghadapi gempa.

Tidak untungnya, periode gempa kuat sebagian besar berulang lebih dari satu generasi atau berkisar paling tidak 60-an tahun. Hal ini tentu tidak akan mempermudah penduduk di wilayah tertentu mengingat peristiwa tersebut. Lebih-lebih jika kawasan tersebut tidak sama sekali mengalami kejadian gempa-gempa kecil sebelumnya yang justeru disinyalir justeru akan memunculkan gempa yang

besar karena akumulasi energi yang tidak terlepaskan sedikit demi sedikit. “Memori bencana” tentu akan tidak tersampaikan dengan mudah karena periode yang panjang ini. Tentu hampir semua kota di bagian selatan-barat Sumatera, Jawa, Bali, NTT dan Maluku dalam kondisi yang sama, mengingat lokasi geografis mereka. Klaim “paling aman” justeru berbuah pahit ketika gempa mengocang dan masyarakat tidak siap menghadapinya, dan korban banyak berjatuhan, yang semestinya dapat dihindarkan atau paling tidak dapat dikurangi. Pemerintah juga semestinya tidak harus mententramkan dengan cara “menina-bobokan” masyarakat akan terlupakannya ancaman bencana gempa yang sangat mungkin akan terjadi. Informasi yang jujur dengan mempersiapkan segala alternatif pencegahan korban dan kerugian semaksimal mungkin di suatu daerah dapat saja diterima sebagai solusi pemecahan masalah di suatu wilayah gempa yang memang tidak dapat dihindarkan. Sebagai perbandingan, hampir seluruh kota di Jepang sangat rawan terhadap gempa, namun persiapan infrastruktur yang benar dan pengetahuan masyarakat akan gempa yang cukup memadai masih menjadikan Jepang sebagai suatu wilayah tujuan investasi ekonomi yang sangat besar di dunia tanpa harus menjadi *paranoid* terhadap realitas negatif suatu wilayah.

2.2 Tsunami

Pengertian Tsunami berasal dari bahasa Jepang yang artinya Tsu berati pelabuhan dan nami berarti gelombang (DKP, 2007). Kata ini secara mendunia sudah diterima dan secara harfiah yang berarti gelombang tinggi/besar yang menghantam pantai/pesisir. Tsunami sendiri terjadi akibat gempa tektonik yang besar dilaut (lebih besar dari 7.5 skala Richter dan kedalaman episentrum lebih kecil dari 70 km) yang mengakibatkan terjadinya patahan/rekahan vertikal memanjang (kasus Aceh patahan mencapai ribuan kilometer) sehingga air laut terhisap masuk dalam patahan dan kemudian secara hukum fisika air laut tadi terlempar kembali setelah patahan tadi mencapai keseimbangan. Kecepatan air/gelombang yang sangat cepat terjadi. Pada kasus Tsunami di Aceh kecepatannya dapat mencapai ratusan kilometer per jam nya. Antara terjadinya gempa dan Tsunami ada jeda waktu yang dapat digunakan untuk memberikan peringatan dini pada masyarakat. Pengalaman di Aceh menunjukkan peringatan dini belum berjalan. Secara diagramatis terlihat pada Gambar 2 proses terjadinya Tsunami

PKSPL-IPB

Gambar 2 Proses terjadinya Tsunami (Sumber, Departemen Kelautan dan Perikanan, 2007)

2.3 Ekosistem Pantai

2.3.1 Hutan Mangrove dan Ekosistem Mangrove

Hutan mangrove adalah hutan yang terdapat di daerah pantai yang selalu atau secara teratur tergenang air laut dan terpengaruh oleh pasang surut air laut tetapi tidak terpengaruh oleh iklim. Sedangkan daerah pantai adalah daratan yang terletak di bagian hilir Daerah Aliran Sungai (DAS) yang berbatasan dengan laut dan masih dipengaruhi oleh pasang surut, dengan kelerengan kurang dari 8% (Departemen Kehutanan, 1994 dalam Santoso, 2000).

Menurut Nybakken (1992), hutan mangrove adalah sebutan umum yang digunakan untuk menggambarkan suatu varietas komunitas pantai tropik yang didominasi oleh beberapa spesies pohon-pohon yang khas atau semak-semak yang mempunyai kemampuan untuk tumbuh dalam perairan asin. Hutan mangrove meliputi pohon-pohon dan semak yang tergolong ke dalam 8 famili, dan terdiri atas 12 genera tumbuhan berbunga : *Avicennie*, *Sonneratia*, *Rhyzophora*, *Bruguiera*, *Ceriops*, *Xylocarpus*, *Lummitzera*, *Laguncularia*, *Aegiceras*, *Aegiatilis*, *Snaeda*, dan *Conocarpus* (Bengen, 2000).

Kata mangrove mempunyai dua arti, pertama sebagai komunitas, yaitu komunitas atau masyarakat tumbuhan atau hutan yang tahan terhadap kadar garam/salinitas (pasang surut air laut); dan kedua sebagai individu spesies (Macnae, 1968 dalam Supriharyono, 2000). Supaya tidak rancu, Macnae menggunakan istilah “mangal” apabila berkaitan dengan komunitas hutan dan “mangrove” untuk individu tumbuhan. Hutan mangrove oleh masyarakat sering disebut pula dengan hutan bakau atau hutan payau. Namun menurut Khazali

(1998), penyebutan mangrove sebagai bakau nampaknya kurang tepat karena bakau merupakan salah satu nama kelompok jenis tumbuhan yang ada di mangrove.

Kawasan pesisir dan laut merupakan sebuah ekosistem yang terpadu dan saling berkolerasi secara timbal balik (Siregar dan Purwaka, 2002). Masing-masing elemen dalam ekosistem memiliki peran dan fungsi yang saling mendukung. Kerusakan salah satu komponen ekosistem dari salah satunya (daratan dan lautan) secara langsung berpengaruh terhadap keseimbangan ekosistem keseluruhan. Hutan mangrove merupakan elemen yang paling banyak berperan dalam menyeimbangkan kualitas lingkungan dan menetralisir bahan-bahan pencemar.

Menurut Davis, Claridge dan Natarina (1995), hutan mangrove memiliki fungsi dan manfaat sebagai berikut :

1. Habitat Satwa Langka

   Hutan bakau sering menjadi habitat jenis-jenis satwa. Lebih dari 100 jenis burung hidup disini, dan daratan lumpur yang luas berbatasan dengan hutan bakau merupakan tempat mendaratnya ribuan burung pantai ringan migran, termasuk jenis burung langka Blekok Asia (*Limnodrumus semipalmatus*)

2. Pelindung terhadap Bencana Alam

   Vegetasi hutan bakau dapat melindungi bangunan, tanaman pertanian atau vegetasi alami dari kerusakan akibat badai atau angin yang bermuatan garam melalui proses filtrasi.

3. Pengendapan Lumpur

   Sifat fisik tanaman pada hutan bakau membantu proses pengendapan lumpur. Pengendapan lumpur berhubungan erat dengan penghilangan racun dan unsur hara air, karena bahan-bahan tersebut seringkali terikat pada partikel lumpur. Dengan hutan bakau, kualitas air laut terjaga dari endapan lumpur erosi.

4. Penambah Unsur Hara

   Sifat fisik hutan bakau cenderung memperlambat aliran air dan terjadi pengendapan. Seiring dengan proses pengendapan ini terjadi unsur hara yang berasal dari berbagai sumber, termasuk pencucian dari areal pertanian.

5. Penambat Racun

   Banyak racun yang memasuki ekosistem perairan dalam keadaan terikat pada permukaan lumpur atau terdapat di antara kisi-kisi molekul partikel tanah air. Beberapa spesies tertentu dalam hutan bakau bahkan membantu proses penambatan racun secara aktif

6. Sumber Alam dalam Kawasan (In-Situ) dan Luar Kawasan (Ex-Situ)

PKSPL-IPB

Hasil alam in-situ mencakup semua fauna dan hasil pertambangan atau mineral yang dapat dimanfaatkan secara langsung di dalam kawasan. Sedangkan sumber alam ex-situ meliputi produk-produk alamiah di hutan mangrove dan terangkut/berpindah ke tempat lain yang kemudian digunakan oleh masyarakat di daerah tersebut, menjadi sumber makanan bagi organisme lain atau menyediakan fungsi lain seperti menambah luas pantai karena pemindahan pasir dan lumpur.

7. Transportasi

   Pada beberapa hutan mangrove, transportasi melalui air merupakan cara yang paling efisien dan paling sesuai dengan lingkungan.

8. Sumber Plasma Nutfah

   Plasma nutfah dari kehidupan liar sangat besar manfaatnya baik bagi perbaikan jenis-jenis satwa komersial maupun untuk memelihara populasi kehidupan liar itu sendiri.

9. Rekreasi dan Pariwisata

   Hutan bakau memiliki nilai estetika baik dari faktor alamnya maupun dari kehidupan yang ada di dalamnya.

10. Sarana Pendidikan dan Penelitian

    Upaya pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi membutuhkan laboratorium lapang yang baik untuk kegiatan penelitian dan pendidikan.

11. Memelihara Proses-Proses dan Sistem Alami

    Hutan bakau sangat tinggi peranannya dalam mendukung berlangsungnya proses-proses ekologi, geomorfologi, atau geologi di dalamnya.

12. Penyerapan Karbon

    Proses fotosentesis mengubah karbon anorganik (C02) menjadi karbon organik dalam bentuk bahan vegetasi. Pada sebagian besar ekosistem, bahan ini membusuk dan melepaskan karbon kembali ke atmosfer sebagai (C02). Akan tetapi hutan bakau justru mengandung sejumlah besar bahan organik yang tidak membusuk. Karena itu, hutan bakau lebih berfungsi sebagai penyerap karbon dibandingkan dengan sumber karbon.

13. Memelihara Iklim Mikro

    Evapotranspirasi hutan bakau mampu menjaga kelembaban dan curah hujan kawasan tersebut, sehingga keseimbangan iklim mikro terjaga.

14. Mencegah berkembangnya Tanah Sulfat Masam

    Keberadaan hutan bakau dapat mencegah teroksidasinya lapisan pirit dan menghalangi berkembangnya kondisi alam.

PKSPL-IPB

Tumbuhan mangrove mempunyai daya adaptasi yang khas terhadap lingkungan. Bengen (2001), menguraikan adaptasi tersebut dalam bentuk :

1. Adaptasi terhadap kadar oksigen rendah, menyebabkan mangrove memiliki bentuk perakaran yang khas: (1) bertipe cakar ayam yang mempunyai *pneumatofora* (misalnya: *Avecennia* spp., *Xylocarpus*. dan *Sonneratia* spp.) untuk mengambil oksigen dari udara; dan (2) bertipe penyangga/tongkat yang mempunyai *lentisel* (misalnya *Rhyzophora* spp.).
2. Adaptasi terhadap kadar garam yang tinggi :
   - Memiliki sel-sel khusus dalam daun yang berfungsi untuk menyimpan garam.
   - Berdaun kuat dan tebal yang banyak mengandung air untuk mengatur keseimbangan garam.
   - Daunnya memiliki struktur stomata khusus untuk mengurangi penguapan.
3. Adaptasi terhadap tanah yang kurang strabil dan adanya pasang surut, dengan cara mengembangkan struktur akar yang sangat ekstensif dan membentuk jaringan horisontal yang lebar. Di samping untuk memperkokoh pohon, akar tersebut juga berfungsi untuk mengambil unsur hara dan menahan sedimen.

2.3.2 Terumbu Karang

Terumbu karang (*Coral reef*) merupakan masyarakat organisme yang hidup didasar perairan dan berupa bentukan batuan kapur (CaCO3) yang cukup kuat menahan gaya gelombang laut. Sedangkan organisme–organisme yang dominan hidup disini adalah binatang-binatang karang yang mempunyai kerangka kapur, dan algae yang banyak diantaranya juga mengandung kapur. Berkaitan dengan terumbu karang di atas dibedakan antara binatang karang atau karang (*reef coral*) sebagai individu organisme atau komponen dari masyarakat dan terumbu karang (*coral reef)* sebagai suatu ekosistem (Sorokin, 1993).

Terumbu karang (*coral reef*) sebagai ekosistem dasar laut dengan penghuni utama karang batu mempunyai arsitektur yang mengagumkan dan dibentuk oleh ribuan hewan kecil yang disebut polip. Dalam bentuk sederhananya, karang terdiri dari satu polip saja yang mempunyai bentuk tubuh seperti tabung dengan mulut yang terletak di bagian atas dan dikelilingi oleh tentakel. Namun pada kebanyakan spesies, satu individu polip karang akan berkembang menjadi banyak individu yang disebut koloni (Sorokin, 1993).

Berdasarkan kepada kemampuan memproduksi kapur maka karang dibedakan menjadi dua kelompok yaitu karang hermatipik dan karang ahermatipik.

PKSPL-IPB

Karang hermatifik adalah karang yang dapat membentuk bangunan karang yang dikenal menghasilkan terumbu dan penyebarannya hanya ditemukan didaerah tropis. Karang ahermatipik tidak menghasilkan terumbu dan ini merupakan kelompok yang tersebar luas diseluruh dunia. Perbedaan utama karang Hermatipik dan karang ahermatipik adalah adanya simbiosis mutualisme antara karang hermatipik dengan zooxanthellae, yaitu sejenis algae unisular (*Dinoflagellata unisular*), seperti *Gymnodinium microadriatum*, yang terdapat di jaringan-jaringan polip binatang karang dan melaksanakan fotosistesis.

Hasil samping dari aktivitas ini adalah endapan kalsium karbonat yang struktur dan bentuk bangunannya khas. Ciri ini akhirnya digunakan untuk menentukan jenis atau spesies binatang karang. Karang hermatipik mempunyai sifat yang unik yaitu perpaduan antara sifat hewan dan tumbuhan sehingga arah pertumbuhannya selalu bersifat fototeopik positif. Umumnya jenis karang ini hidup di perairan pantai/laut yang cukup dangkal dimana penetrasi cahaya matahari masih sampai ke dasar perairan tersebut. Disamping itu untuk hidup binatang karang membutuhkan suhu air yang hangat berkisar antara 25-32 ^{o}C (Nybakken, 1982).

Menurut Veron (1995) terumbu karang merupakan endapan massif (deposit) padat kalsium (CaCo3) yang dihasilkan oleh karang dengan sedikit tambahan dari alga berkapur (*Calcareous algae*) dan organisme -organisme lain yang mensekresikan kalsium karbonat (CaCo3). Dalam proses pembentukan terumbu karang maka karang batu (*Scleractina*) merupakan penyusun yang paling penting atau hewan karang pembangun terumbu (*reef -building corals*). Karang batu termasuk ke dalam Kelas *Anthozoa* yaitu anggota *Filum Coelenterata* yang hanya mempunyai *stadium polip*. Kelas *Anthozoa* tersebut terdiri dari dua Subkelas yaitu *Hexacorallia* (atau *Zoantharia*) dan *Octocorallia*, yang keduanya dibedakan secara asal-usul, morfologi dan fisiologi.

Hewan karang sebagai pembangun utama terumbu adalah organisme laut yang efisien karena mampu tumbuh subur dalam lingkungan sedikit nutrien (*oligotrofik*). Menurut Sumich (1992) dan Burke *et al*. (2002) sebagian besar spesies karang melakukan simbiosis dengan alga simbiotik yaitu *zooxanthellae* yang hidup di dalam jaringannya. Dalam simbiosis, z*ooxanthellae* menghasilkan oksigen dan senyawa organik melalui fotosintesis yang akan dimanfaatkan oleh karang, sedangkan karang menghasilkan komponen inorganik berupa nitrat, fosfat dan karbon dioksida untuk keperluan hidup *zooxanthellae*.

Selanjutnya Sumich (1992) menjelaskan bahwa adanya proses fotosintesa oleh alga menyebabkan bertambahnya produksi kalsium karbonat dengan menghilangkan karbon dioksida dan merangsang reaksi kimia sebagai berikut: Ca (HCO3) CaCO3 + H2CO3 H2O + CO2

PKSPL-IPB

Fotosintesa oleh algae yang bersimbiose membuat karang pembentuk terumbu menghasilkan deposit cangkang yang terbuat dari kalsium karbonat, kira-kira 10 kali lebih cepat daripada karang yang tidak membentuk terumbu (*ahermatipik*) dan tidak bersimbiose dengan *zooxanthellae*.

Veron (1995) dan Wallace (1998) mengemukakan bahwa ekosistem terumbu karang adalah unik karena umumnya hanya terdapat di perairan tropis, sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan hidupnya terutama suhu, salinitas, sedimentasi, eutrofikasi dan memerlukan kualitas perairan alami (*pristine*). Demikian halnya dengan perubahan suhu lingkungan akibat pemanasan global yang melanda perairan tropis di tahun 1998 telah menyebabkan pemutihan karang (*coral bleaching*) yang diikuti dengan kematian massal mencapai 90-95%. Suharsono (1999) mencatat selama peristiwa pemutihan tersebut, rata-rata suhu permukaan air di perairan Indonesia adalah 2-3^{0}C di atas suhu normal.

Selain dari perubahan suhu, maka perubahan pada salinitas juga akan mempengaruhi terumbu karang. Hal ini sesuai dengan penjelasan McCook (1999) bahwa curah hujan yang tinggi dan aliran material permukaan dari daratan (*mainland run off*) dapat membunuh terumbu karang melalui peningkatan sedimen dan terjadinya penurunan salinitas air laut. Efek selanjutnya adalah kelebihan zat hara (*nutrient overload*) berkontribusi terhadap degradasi terumbu karang melalui peningkatan pertumbuhan makroalga yang melimpah (*overgrowth)* terhadap karang.

Meskipun beberapa karang dapat dijumpai dari lautan subtropis tetapi spesies yang membentuk karang hanya terdapat di daerah tropis. Kehidupan karang di lautan dibatasi oleh kedalaman yang biasanya kurang dari 25 m dan oleh area yang mempunyai suhu rata-rata minimum dalam setahun sebesar 10^{0}C. Pertumbuhan maksimum terumbu karang terjadi pada kedalaman kurang dari 10 m dan suhu sekitar 25^{0}C sampai 29^{0}C. Karena sifat hidup inilah maka terumbu karang banyak dijumpai di Indonesia (Hutabarat dan Evans, 1984).

Selanjutnya Nybakken (1992) mengelompokkan terumbu karang menjadi tiga tipe umum yaitu :

a. Terumbu karang tepi (*Fringing reef/shore reef*)
b. Terumbu karang penghalang (*Barrier reef*)
c. Terumbu karang cincin (*atoll*)

Diantara tiga struktur tersebut, terumbu karang yang paling umum dijumpai di perairan Indonesia adalah terumbu karang tepi (Suharsono, 1998). Penjelasan ketiga tipe terumbu karang sebagai berikut :

1. Terumbu karang tepi (*fringing reef*) ini berkembang di sepanjang pantai dan mencapai kedalaman tidak lebih dari 40m. Terumbu karang ini tumbuh ke

PKSPL-IPB

atas atau kearah laut. Pertumbuhan terbaik biasanya terdapat dibagian yang cukup arus. Sedangkan diantara pantai dan tepi luar terumbu, karang batu cenderung mempunyai pertumbuhaan yang kurang baik bahkan banyak mati karena sering mengalami kekeringan dan banyak endapan yang datang dari darat.

2. Terumbu karang tipe penghalang (*Barrief reef*) terletak di berbagai jarak kejauhan dari pantai dan dipisahkan dari pantai tersebut oleh dasar laut yang terlalu dalam untuk pertumbuhan karang batu (40-70 m). Umumnya memanjang menyusuri pantai dan biasanya berputar-putar seakan-akan merupakan penghalang bagi pendatang yang datang dari luar. Contohnya adalah *The Greaat Barier reef* yang berderet disebelah timur laut Australia dengan panjang 1.350 mil.
3. Terumbu karang cincin (atol) yang melingkari suatu goba (*laggon*). Kedalaman goba didalam atol sekitar 45m jarang sampai 100m seperti terumbu karang penghalang. Contohnya adalah atol di Pulau Taka Bone Rate di Sulawesi Selatan.

Moberg and Folke (1999) *dalam* Cesar (2000) menyatakan bahwa fungsi ekosistem terumbu karang yang mengacu kepada habitat, biologis atau proses ekosistem sebagai penyumbang barang maupun jasa. Untuk barang merupakan yang terkait dengan sumberdaya pulih seperti bahan makanan yaitu ikan, rumput laut dan tambang seperti pasir, karang. Sedangkan untuk jasa dari ekosistem terumbu karang dibedakan :

1. Jasa struktur fisik sebagai pelindung pantai.
2. Jasa biologi sebagai habitat dan dan suport mata rantai kehidupan.
3. Jasa biokimia sebagai fiksasi nitrogen.
4. Jasa informasi sebagai pencatatan iklim.
5. Jasa sosial dan budaya sebagai nilai keindahan, rekrasi dan permainan

Terumbu karang menyediakan berbagai manfaat langsung maupun tidak langsung. Cesar (2000) menjelaskan bahwa ekosistem terumbu karang banyak menyumbangkan berbagai biota laut seperti ikan karang, mollusca, crustacean bagi masyarakat yang hidup dikawasan pesisir. Selain itu bersama dengan ekosistem pesisir lainnya menyediakan makanan dan merupakan tempat berpijah bagi berbagai jenis biota laut yang mempunyai nilai ekonomis tinggi.

Menurut Munro dan William *dalam* Dahuri (1996) dari perairan yang terdapat ekosistem terumbu karang pada kedalaman 30 m setiap kilometer perseginya terkandung ikan sebanyak 15 ton. Sementara itu Supriharyono (2000) mengemukakan bahwa tingginya produktivitas primer di perairan terumbu karang, memungkinkan ekosistem ini dijadikan tempat pemijahan, pengasuhan, dan mencari makan bagi banyak biota laut. Menurut Salm (1984) *dalam* Supriharyono

PKSPL-IPB

(2000), bahwa 16% dari total hasil ekspor ikan Indonesia berasal dari daerah karang. Luas terumbu karang di Indonesia diperkirakan sekitar 50.000 km ^{2} dan mempunyai kaenekaragaman jenis dan produktivitas primer yang tinggi.

2.3.3 Padang Lamun

Di pesisir pantai Indonesia ada tiga tipe ekosistem yang penting, yakni terumbu karang, mangrove, dan padang lamun. Di antara ketiganya, padang lamun paling sedikit dikenal. Kurangnya perhatian kepada padang lamun, antara lain, disebabkan padang lamun sering disalahpahami sebagai lingkungan yang tak ada gunanya, tak memberikan manfaat bagi kehidupan manusia.

Lamun (*seagrass*) adalah tumbuhan berbunga yang telah menyesuaikan diri hidup terbenam di dalam laut dangkal. Lamun berbeda dengan rumput laut (*seaweed*) yang dikenal juga sebagai makroalga. Lamun berbunga (jantan dan betina) dan berbuah di dalam air. Produksi serbuk sari dan penyerbukan sampai pembuahan semuanya terjadi dalam medium air laut. Lamun mempunyai akar dan rimpang (*rhizome*) yang mencengkeram dasar laut sehingga dapat membantu pertahanan pantai dari gerusan ombak dan gelombang. Dari sekitar 60 jenis lamun yang dikenal di dunia, Indonesia mempunyai sekitar 13 jenis.

Suatu hamparan laut dangkal yang didominasi oleh tumbuhan lamun dikenal sebagai padang lamun. Padang lamun dapat terdiri dari vegetasi lamun jenis tunggal ataupun jenis campuran. Padang lamun merupakan tempat berbagai jenis ikan berlindung, mencari makan, bertelur, dan membesarkan anaknya. Ikan baronang, misalnya, adalah salah satu jenis ikan yang hidup di padang lamun.

Amat banyak jenis biota laut lainnya hidup berasosiasi dengan lamun, seperti teripang, bintang laut, bulu babi, kerang, udang, dan kepiting. Duyung (Dugong dugon) adalah mamalia laut yang hidupnya amat bergantung pada makanannya berupa lamun. Penyu hijau (*Chelonia mydas*) juga dikenal sebagai pemakan lamun yang penting. Karena itu, rusak atau hilangnya habitat padang lamun akan menimbulkan dampak lingkungan yang luas.

3 PERAN EKOSISTEM PANTAI DAN UPAYA MITIGASI

3.1 Peran Ekosistem Pantai Sebagai Pelindung Alami Pantai

Gempa bumi di dasar laut yang dapat memicu terjadinya gelombang tsunami merupakan peristiwa alam dimana tidak ada campur tangan manusia yang bisa mencegah terjadinya. Hutan mangrove dan hutan pantai secara alami tumbuh di pesisir pantai. Hutan mangrove pada daerah pasang surut, dimana lantai hutannya tenggelam saat air laut pasang dan bebas genangan saat air laut surut, sementara hutan pantai pada lahan pantai yang kering dan tidak terpengaruh pasang surut air

PKSPL-IPB

laut. Pada perairan pesisir pantai tumbuh dan berkembang padang lamun dan terumbu karang.

Sebagai pelindung pantai, sangat penting untuk menjaga keberadaan pelindung alami pantai, apakah berupa hutan mangrove, hutan pantai, terumbu karang maupun padang lamun. Dengan menjaga keberadaannya, maka ekosistem pantai tersebut akan melindungi kehidupan manusia dan makhluk lainnya di daerah pesisir, baik secara fisik, biologi, maupun secara ekonomi. Fakta kejadian tsunami terakhir adalah contoh akurat dan kuat buat kita semua. Sebenarnya, jauh sebelumnya, UU no. 5 tahun 1990 tentang Konservasi Sumberdaya Alam Hayati dan Ekosistemnya, dan Keppres 32 tahun 1990 tentang Pengelolaan Kawasan Lindung yang antara lain mengatur kawasan lindung pantai. Dalam UU No. 5 tahun 1990 disebutkan bahwa 200 m daerah pesisir pantai adalah kawasan lindung,

Keppres 32 tahun 1990 juga mengatur bahwa daerah pantai dalam kisaran 130 x perbedaan pasang surut adalah kawasan lindung dan merupakan hasil penelitian ilmiah dalam bidang ekologi hutan. Pada areal tersebut tidak boleh dilakukan kegiatan yang dapat menghilangkan fungsi lindungnya, misalnya tidak dibenarkan (a) menebang pohon di dalamnya, (b) dikonversi ke bentuk penggunaan lain, seperti menjadi permukiman, tambak, kebun kelapa sawit atau bentuk lainya. Tentu hal ini, seharusnya menjadi acuan dalam menyusun tata ruang terkait dengan rehabilitasi pasca bencana yang saat ini dilaksanakan, dimana seharusnya kawasan lindung dan dimana kawasan budidaya ditempatkan. Konsistensi dan saling mengingatkan antar semua pihak yang berkepentingan (*stakeholders*) serta penegakan hukum (*law enforcement*) menjadi kata kuncinya, sehingga kesalahan yang sama tidak terulang lagi.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh para peneliti dari Fakultas Teknik Kelautan Institut Teknologi Sepuluh November (FTK ITS) Surabaya, selama kurun waktu tiga tahun (1997 - 2000). Ternyata terbukti bahwa hutan bakau memiliki efektivitas cukup besar dalam mengurangi efek negatif dari gelombang tsunami. Hal ini dibuktikan dengan hasil riset yang dilakukan di Pantai Rajegwesi, Banyuwangi, Jawa Timur.

Dengan ketebalan pohon bakau sebanyak 125 batang yang dihitung dari garis pantai ke arah daratan mampu mengurangi tinggi dan energi gelombang tsunami. Gelombang pertama yang menghantam pohon bakau tingginya bisa mencapai 4,58 m. Pada pohon ke-125, tinggi gelombang tadi tinggal 1,07 meter. Kekuatan energi gelombang yang diukur pada pohon pertama yakni sebesar 26.300 erg (satuan energi). Dan pada pohon ke - 125, energinya berkurang tinggal 1.400 erg. Gelombang tsunami sudah dianggap tidak berbahaya bila tingginya sekitar 1 meter.

PKSPL-IPB

Hasil lainnya dari penelitian ini adalah bahwa di wilayah pesisir juga harus ada terumbu karang serta padang lamun (tumbuhan air di laut), baru kemudian hutan bakau. Dari hasil penelitian ini juga diusulkan tata ruang baru di wilayah pesisir. Di belakang mangrove seyogianya ada kawasan pertambakan, lalu ada lahan pertanian atau perkebunan, setelah itu baru permukiman. Tinggi gelombang yang keluar dari hutan bakau sekitar 1 meter, dan jika gelombang tersebut dihadang oleh areal perkebunan, tentunya penduduk akan merasa aman. Idealnya, jarak aman pemukiman penduduk dari pantai untuk menghindari hantaman gelombang tsunami adalah 2- 3,5 kilometer dari garis pantai.

Selain manfaat ekologis, ternyata hutan bakau juga memberikan manfaat ekonomis bagi penduduk sekitar. Hutan bakau tidak hanya bisa memberikan proteksi terhadap bahaya tsunami. Hutan ini juga bisa menangkal abrasi dan memproteksi proses merembesnya air laut ke daratan (*sea water intrusion*). Sebagian besar ikan laut juga biasa bertelur di daerah pesisir. Jadi, nilai ekonomisnya adalah terjaganya kekayaan laut. Kekayaan laut itu bukan hanya logam, gas, atau minyak, tapi juga berbagai macam jenis ikan.

Disisi lain, padang lamun sering dijumpai berdampingan atau tumpang tindih dengan ekosistem mangrove dan terumbu karang. Bahkan, terdapat interkoneksi antar ketiganya. Secara fisik, padang lamun berfungsi mengubah lingkungan laut menjadi lebih tenang dan memerangkap berbagai sedimen. Perakaran lamun yang membentuk jalinan akar rimpang di bawah lapisan sediment, telah membantu menstabilkan dasar laut serta melindunginya dari erosi pantai (abrasi) dan pasang surut.

Karena fungsi lamun tak banyak dipahami, banyak padang lamun yang rusak oleh berbagai aktivitas manusia. Luas total padang lamun di Indonesia semula diperkirakan 30.000 kilometer persegi, tetapi diperkirakan kini telah menyusut 30-40 persen.

Kerusakan ekosistem lamun, antara lain, karena reklamasi dan pembangunan fisik di garis pantai, pencemaran, penangkapan ikan dengan cara destruktif (bom, sianida, pukat dasar), dan tangkap lebih (*over-fishing*). Pembangunan pelabuhan dan industri di Teluk Banten, misalnya, telah melenyapkan ratusan hektar padang lamun. Tutupan lamun di Pulau Pari (DKI Jakarta) telah berkurang sekitar 25 persen dari tahun 1999 hingga 2004.

Mengingat ancaman terhadap padang lamun semakin meningkat, akhir-akhir ini mulailah timbul perhatian untuk menyelamatkan padang lamun. Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Pesisir dan Pulau-pulau Kecil juga telah mengamanatkan perlunya penyelamatan dan pengelolaan padang lamun sebagai bagian dari pengelolaan terpadu ekosistem pesisir dan pulau-pulau kecil. Program pengelolaan padang lamun berbasis masyarakat yang pertama di

PKSPL-IPB

Indonesia adalah Program Trismades (Trikora *Seagrass Management Demonstration Site*) di pantai timur Pulau Bintan, Kepulauan Riau, yang mendapat dukungan pendanaan dari Program Lingkungan Perserikatan Bangsa-Bangsa (UNEP) dan baru dimulai tahun 2008.

Awal Oktober 2009, tiga badan PBB, yakni UNEP, FAO, dan UNESCO, berkolaborasi meluncurkan laporan yang dikenal sebagai *Blue Carbon Report*. Laporan ini menggarisbawahi peranan laut sebagai pengikat karbon (*blue carbon*), sebagai tandingan terhadap peranan hutan daratan (*green carbon*) yang selama ini sangat mendominasi wacana dalam masalah pengikatan karbon dari atmosfer. Di seluruh laut terdapat tumbuhan yang dapat menyerap karbon dari atmosfer lewat fotosintesis, baik berupa plankton yang mikroskopis maupun yang berupa tumbuhan yang hanya hidup di pantai seperti di hutan mangrove, padang lamun, ataupun rawa payau (*salt marsh*). Meskipun tumbuhan pantai (*mangrove*, padang lamun, dan rawa payau) luas totalnya kurang dari setengah persen dari luas seluruh laut, ketiganya dapat mengunci lebih dari separuh karbon laut ke sedimen dasar laut.

3.2 Rekayasa Lingkungan Pesisir sebagai Mitigasi Bencana Alam

Upaya minimalisasi dan mitigasi bencana minimal dengan melakukan pendekatan terhadap ekosistem. Ekosistem yang erat kaitannya dan perannya dalam mitigasi bencana di pesisir adalah terumbu karang, lamun dan mangrove. Terumbu karang yang termasuk sebagai biota pesisir dan laut (terutama) daerah dataran pantai mampu menyarikan air (menahan laju air) sebesar 0,041m terutama jenis *soft coral*. Dengan kemampuannya ini, maka koral selain memiliki tingkat produktivitas yang tinggi juga berpotensi sebagai media untuk menahan gerak dan lajunya gelombang (Weber, 1993). Fenomena tsunami, badai dan berbagai bentuk masukan dari darat juga dapat ditoleransi oleh terumbu karang secara baik. Namun semua kemampuan itu menjadi tidak berguna dikala kita melihat banyak perusakan akibat kegiatan yang hanyak mengambil manfaat ekonomi dari karang. Kalau dipahami betul berapa besar energi gelombang yang dapat dikendalikan secara alami melalui proses biologi terumbu karang. Model mitigasi lingkungan/ekologi yang dapat diterapkan dalam rangka mengatasi abrasi adalah dengan melalui penanaman kembali hutan mangrove dilokasi-lokasi yang sesuai setelah mempertimbangkan kondisi lingkungan setempat

Namun, secara umum model mitigasi dengan cara ini mengikuti tahapan sebagaiberikut:

1). Survei kondisi bio-fisik lingkungan dan penentuan lokasi percontohan

Kegiatan ini ditujukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor apa saja yang mendukung maupun yang tak mendukung dilakukannya penanaman mangrove dan gambaran kondisi bio-fisik lingkungan.

PKSPL-IPB

2). Partisipasi Masyarakat

Diawali dengan pembentukan kelompok masyarakat peduli mangrove yang diberi nama Kelompok Peduli Konservasi (KPK). Pembentukan kelompok ini dimaksudkan untuk lebih mengoptimalkan keterlibatan masyarakat dalam program Mitigasi Lingkungan.

3). Penanaman Mangrove

Pada lokasi-lokasi tertentu, sebelum penanaman dilakukan maka dibuat terlebih dahulu alat penahan ombak (APO) agar pertumbuhan mangrove terlindung dari hantaman gelombang.

4). Pemeliharaan Terumbu Karang

Terumbu karang menjadi penting dalam antisipasi bencana akibat kerusakan yang di timbulkan oleh gelombang pasang.

5). Melakukan Pemugaran Daerah Pantai

Langkah mitigasi yang bersifat cepat,tapi tidak mampu bertahan lama adalah dengan melakukan pemugaran di sekitar bagian pantai yang sangat beresiko. Hutan mangrove juga menjadi salah satu komponen yang mempu menghambat laju gelombang laut menuju darat. Beberapa daerah di Timur Sumatera seperti di Lampung Timur, Sumatera Selatan, Riau mengalami tekanan gelombang yang kuat saat musim Timur. Namun berkat adanya mangrove lokasi tersebut relatif mampu diselamatkan dan tahan terhadap abrasi pantai. Makin tebal mangrove yang ada dikawasan tersebut, maka makin tinggi juga kekuatan untuk menahan laju pergerakan gelombang, arus, sediment. Bahkan cenderung sedimen yang ada akan terperangkap di kawasan mangrove

Pratikto, melalui studinya pada 2002, mengatakan, ekosistem mangrove juga dapat menjadi pelindung secara alami dari bahaya tsunami. Hasil penelitian yang dilakukan di Teluk Grajagan, Banyuwangi, Jawa Timur, menunjukkan dengan adanya ekosistem mangrove telah terjadi reduksi tinggi gelombang sebesar 0,7340 dan perubahan energi gelombang sebesar (E) = 19635,26 joule. Dari segi ekonomi, di sekitar lokasi hutan mangrove bisa digunakan untuk tambak udang dan budidaya air payau. Di Indonesia diperkirakan terdapat 1.211.309 hektare lahan yang bisa dijadikan sebagai lahan tambak. Industri perikanan tambak udang merupakan salah satu industri yang menggiurkan sebelum terjadi krisis moneter. Tetapi, kemudian setelah terjadi krisis pembukaan hutan mangrove semakin menjadi-jadi untuk mempertahankan pendapatan mereka. Pembukaan lahan baru dengan mengorbankan hutan mangrove itu banyak terjadi di Nanggroe Aceh Darussalam (NAD), Sumatera Utara, Riau, Sumatera Selatan, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Timur. Di Indonesia, nilai pemanfaatan hutan mangrove masih bernilai rendah karena masih sebatas eksploitatif. Selain itu, minimnya perhatian terhadap pelestarian kawasan hutan itu dari berbagai pihak menjadikan

PKSPL-IPB

pembukaan lahan hutan semakin menjadi-jadi dalam skala besar dan waktu yang cepat. (Kurnia, dkk. 2005)

4 KESIMPULAN

Dalam rangka menggagas inisitif bagi pengurangan resiko bencana khususnya bencana wilayah pesisir, maka diperlukan suatu pengelolaan dan pengendalian bencana pesisi yang terintegrasi, meskipun kiranya akan menjadi sangat kompleks bila melibatkan berbagai aspek. Akan tetapi yang perlu dicermati adalah potensi bencana selalu ada sepanjang waktu dengan sejumlah besar potensi kerusakan dan kerugian yang diakibatkannya. Tsunami sebagai salah satu contoh bencana pesisir dapat dimitigasi dengan upaya konservasi ekosistem pantai dengan pelibatan pemangku kepentingan.

Oleh karena itu pengelolaan menyeluruh, terpadu dan berkelanjutan untuk bencana seperti bencana-bencana yang diakibatkan oleh perubahan iklim global maupun bencana karena kegiatan antropogenik adalah sangat diperlukan. Pengelolaan bencana adalah suatu proses yang harus dikelola secara terus menerus dan bukan dengan pengelolaan yang terpisah (*partial*) serta sesaat (*insidentil*), oleh karena itu pengelolaan bencana dalam rangka mengurangi resiko memerlukan suatu kelembagaan institusi khusus yang bertugas untuk itu termasuk didalamnya mengeluarkan kebijakan-kebijakan startegis bagi pengurangan resiko bencana termasuk intergrasi antara pengelolaan ekosistem dan peran pemangku kepentingan.

PKSPL-IPB

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2005a. Mangrove forests reduce impact of tsunami and cyclones, ecological experts say. http://www.iema.net/print.php?sid=3609 [06-04-2005]

Anonim. 2005b. Mangrove forests reduced impact of tsunami. Institute of Environmental Management and Assesment. http://www.iema.net/ print.php? sid=3609 [06-04-2005]

Bengen, D.G. 2001. *Sinopsis Ekosistem dan Sumberdaya Alam Pesisir dan Laut*. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan (PKSPL IPB)

Bhutto, E.A.W. 2005. Mangrove forests: a natural defence against tsunami. http://www.dawn.com/2005/02/14/ebr14.htm [06-04-2005]

Dahdouh-Guebas, F., L.P. Jayatissa, D. Di Nitto, J.O. Bosire, D. Lo Seen, & N. Koedam. 2005. How effective were mangroces as a defence against the recent tsunami? Curren Biology 15 (12): 443-447

Dahuri,R., J.Rais, S.P. Ginting, dan M.J.Sitepu. 1996. Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. PT. Pradnya Paramita, Jakarta. 305 halaman.

DKP. 2007. Upaya Mitigasi Bencana dan Pencemaran. Direktorat Pesisir dan Lautan. Ditjen KP3K. Departemen Kelautan dan Perikanan.

Yulianto, E. 2006. Pangandaran dan Tsunami. Pusat Penelitian Geoteknologi – LIPI.

http://www.oseanografi.lipi.go.id/component/content/article/21-berita-koran/778-lingkungan-pesisir-saatnya-peduli-padang-lamun.html

Konservasi Lahan Basah 13 (2): 5-7

Kurnia, R., Yon Vitner, dkk. 2005. Pengelolaan Ekosistem dan Mitigasi Bencana di Wilayah Pesisir. Makalah Falsafah Sains. SPS IPB

Kusmana & Onrizal (2003). Prospek Perkembangan Hutan Mangrove di Indonesia. Paper disampaikan pada Seminar Nasional "Mengurangi Dampak Tsunami: Kemungkinan Penerapan Hasil Riset" di Balai Pengkajian Dinamika Pantai (BPDP) – BPPT, Bulaksumur, Yagyakarta pada tanggal 11 Maret 2003

Makalah disampaikan pada Lokakarya Rehabilitasi Hutan Mangrove Pasca Tsunami di Medan, 9 April 2005

Onrizal. 2005a. Peranan hutan mangrove dan hutan pantai dalam melindungi pantai dari tsunami.

PKSPL-IPB

Onrizal. 2005b. Hutan mangrove selamatkan masyarakat di pesisir utara Nias dari tsunami. Warta

Reducing Earthquake-Tsunami Hazards in Pacific Northwest Ports and Harbors, 2001 Hazard,Disaster and community. Code of Practice USA 2003 Earthquakes by Bruce A. Bolt, 2003, Badan Meteorologi dan Geofisika, 2004

Venkataramani, G. 2004. Mangroves can act as shield against tsunami. The Hindu. 28 Desember 2004. http://www.hinduonnet.com/2004/ 12/28/stories/200412280519 1300.htm [18-03-2005]

WI-IP. 2005. Photos of coastal wetlands of Aceh: Wetlands International - IP rapid assessment (29 Januari - 13 Februari 2005). http://www. wetlands.or.id/tsunami/ tsu-photo.htm [06-04-2005]

PKSPL-IPB