

PERUBAHAN IKLIM DAN RESIKO BENCANA PADA WILAYAH PESISIR DAN PULAU-PULAU KECIL

Jusmy D Putuhena

Program Studi Konservasi Hutan, Fakultas Pertanian, Universitas Pattimura
Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka, Ambon. e-mail: jusmy_putuhena@yahoo.com

ABSTRAK

Perubahan iklim merupakan isu global akibat meningkatnya gas rumah kaca yang dihasilkan dari aktifitas penggunaan bahan bakar fosil dan perubahan fungsi lahan (deforestasi). Hal ini memberikan pengaruh terhadap wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil, berupa 1) Kenaikan muka air laut; 2) Perubahan suhu permukaan air laut; 3) Perubahan keasaman air laut; dan 4) Peningkatan frekuensi dan intensitas terjadinya iklim ekstrim. Kerentanan pada ekosistem pesisir akan menyebabkan perubahan komposisi dan penyebaran geografis, peningkatan suhu air, berkurangnya luas daratan dan hilangnya pulau kecil. Dampaknya antara lain matinya terumbu karang, pertumbuhan mangrove menjadi terhambat, padang lamun menjadi stres, kematian fitoplankton hingga akhirnya produksi ikan berkurang. Langkah adaptasi dan mitigasi yang dapat dilakukan antara lain 1) Proteksi sepadan pantai; 2) Retreat yang bermakna pindah ke tempat yang lebih aman; dan 3) Akomodasi berupa pemanfaatan daerah pesisir lewat penyesuaian perubahan yang terjadi.

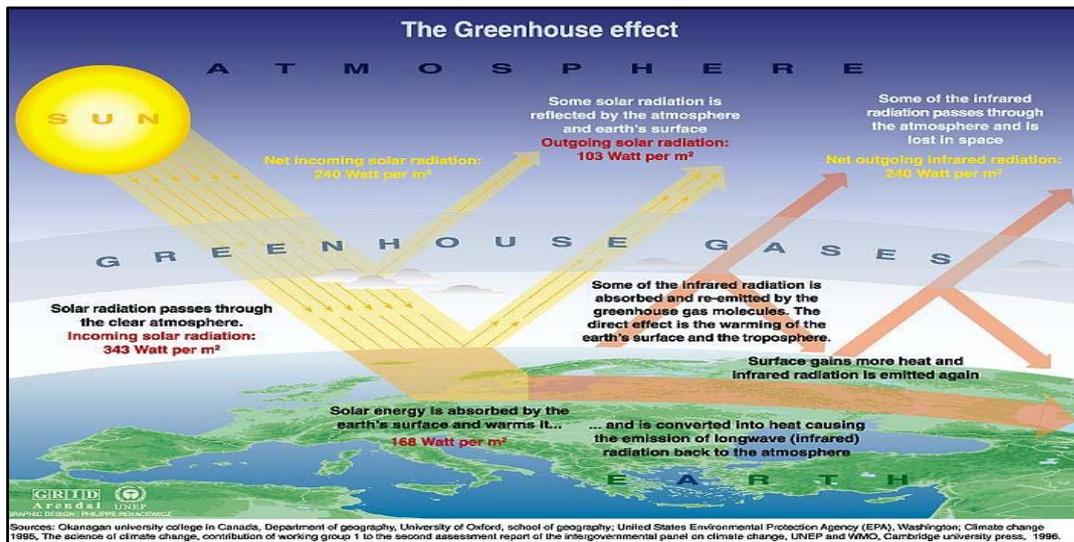
Kata kunci: perubahan iklim, pulau-pulau kecil

PENDAHULUAN

Perubahan iklim merupakan isu global yang disebabkan oleh meningkatnya gas seperti CO₂ (*carbon dioxide*), CH₄ (*methane*), N₂O (*nitrous oxide*), CFCs (*chloro-fluorocarbons*) dan VOCs (*volatile organic compounds*) yang dihasilkan dari aktifitas penggunaan energi BBF dan perubahan fungsi lahan (deforestasi). Meningkatnya konsentrasi beberapa jenis gas ini di atmosfer bumi menyebabkan penyerapan energi matahari dan refleksi panas matahari menjadi semakin tinggi. Kondisi ini meningkatkan suhu udara di Bumi dan memicu terjadinya perubahan iklim (Gambar 1).

Perubahan iklim berpengaruh pada seluruh sistem di Bumi yang meliputi ekosistem, struktur komunitas dan populasi, distribusi organisme dan sebagainya. Indikator perubahan iklim mulai nampak dengan bergesernya periode musim dari waktu yang biasanya. Perubahan iklim ini secara langsung maupun tidak langsung memengaruhi berbagai aspek kehidupan manusia.

Konsentrasi gas CO₂ cenderung mengalami peningkatan dan secara langsung kondisi ini juga menaikkan suhu Bumi. Peningkatan rata-rata suhu global dunia berkisar antara 0,6±0,2 °C sejak akhir abad ke-19 dan rata-rata kenaikan permukaan laut berkisar antara 10 dan 20 cm selama abad ke-20. Diprediksikan bahwa rata-rata permukaan laut akan meningkat antara 9 dan 88 cm akan terjadi pada tahun 1990 hingga tahun 2100, sejalan dengan peningkatan suhu bumi dengan kisaran antara 1,4 hingga 5,8 °C (IPCC 2007).



Gambar 1. Efek Gas Rumah Kaca.

Fenomena kenaikan muka air laut merupakan *issue* yang mengemuka, seiring dengan terjadinya persoalan pemanasan global (*global warming*). Soemarwoto (2000) mengemukakan bahwa dampak pemanasan global akan menyebabkan kenaikan suhu permukaan laut yang kemudian mengakibatkan terjadinya pemuaihan air laut. Pemanasan global juga akan menyebabkan mencairnya es abadi di pegunungan serta di daerah Arktik dan Antartik. Pemuaihan air laut dan mencairnya salju-salju abadi akan menyebabkan naiknya permukaan air laut.

Dampak perubahan iklim terhadap aspek kelautan sangat kompleks, hal ini dapat terjadi secara langsung dan tidak langsung, baik dalam jangka waktu pendek dan yang umumnya pada masa waktu yang panjang. Naiknya suhu udara di Bumi, berdampak pada meningkatnya suhu air, dan secara tidak langsung menambah volume air di samudera dan menyebabkan semakin tinggi paras laut (*sea level rise*). Naiknya paras laut memengaruhi formasi *North Atlantic Deep Water* (NADW) yang akan sangat berpengaruh langsung pada sirkulasi global air laut. Pada Samudera Pasifik, meningkatnya stratifikasi air laut akan meningkatkan frekuensi kejadian El Nino/Southern Oscillation (ENSO) dan variasi iklim lebih ekstrim. ENSO mengakibatkan suhu permukaan laut meningkat dan lapisan termoklin menipis.

Indonesia sebagai negara kepulauan (*archipelago*) yang terdiri dari ±17.508 pulau dengan luasan daratan yang mencapai ±2,9 juta km², dimana sekitar 992 pulau yang berpenghuni dan kurang lebih 5.700 buah atau 33% saja yang telah diberi nama. Pulau-pulau ini pada dasarnya dapat diklasifikasi menjadi empat kelompok, yaitu pulau besar, pulau sedang, pulau kecil, dan pulau sangat kecil (Murdiyarso 1999).

Perubahan naiknya paras air laut akan memberikan pengaruh yang besar terhadap wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil di Indonesia. Perubahan ini disebabkan antara lain: 1) Kenaikan permukaan air laut; 2) Perubahan suhu permukaan air laut; 3) Perubahan keasaman air (pH); dan 4) Peningkatan frekuensi dan intensitas terjadinya iklim ekstrim seperti terjadinya badai dan gelombang tinggi (KLHI 2007).

TIPOLOGI EKOSISTEM PESISIR DAN PULAU-PULAU KECIL

Definisi sebuah pulau samudera pada dekade 70-an oleh IHP-UNSCI dinyatakan sebagai pulau yang berukuran kurang dari 10.000 km². Menurut para peneliti air di seluruh penjuru dunia, maka ditetapkan bahwa pulau kecil yaitu pulau dengan ukuran luas kurang dari 2.000 km² (Hehanusa dan Bakti 2004). Dalam Undang-Undang Nomor 7 tahun 2004 tentang sumberdaya air juga telah ditetapkan bahwa air di pulau kecil atau gabungan beberapa pulau kecil wajib dikelola sebagai suatu kesatuan wilayah. Selanjutnya suatu wilayah sungai (WS) dapat terdiri dari satu atau gabungan dari beberapa pulau kecil, dengan ketentuan ini berarti bahwa pulau kecil juga perlu dilengkapi dengan sebuah rencana pengelolaan air.

Karakteristik pulau kecil umumnya rentan terhadap bahaya dan mempunyai kapasitas terbatas sebagai penyangga bahaya lingkungan (Myers *et al.* 2000), keterbatasan lain dari pulau kecil adalah sumberdaya alam terbatas (Velde *et al.* 2007) ditambah lagi dengan cara pertanian tradisional yang kurang berkelanjutan (Bertram 1986), serta keterbatasan adanya air (Hehanusa dan Bakti 2004).

Wilayah pesisir adalah suatu wilayah peralihan antara daratan dan lautan. Apabila ditinjau dari garis pantai (*coastline*), maka suatu wilayah pesisir memiliki dua macam batas (*boundaries*), yaitu: batas yang sejajar garis pantai (*longshore*) dan batas yang tegak lurus terhadap garis pantai (*cross-shore*). Penetapan batas-batas suatu wilayah pesisir yang tegak lurus terhadap garis pantai, sejauh ini belum ada kesepakatan. Wilayah pesisir yang digunakan di Indonesia adalah wilayah tempat daratan berbatasan dengan lautan. Batas di daratan meliputi daerah-daerah yang tergenang air maupun yang tidak tergenang air yang masih dipengaruhi oleh peristiwa di laut seperti pasang-surut, angin laut dan intrusi garam. Sedangkan batas di laut ialah daerah-daerah yang dipengaruhi oleh proses-proses alami di daratan seperti sedimentasi dan mengalirnya air tawar ke laut, serta daerah-daerah laut yang dipengaruhi oleh kegiatan manusia di daratan.

Ekosistem pesisir merupakan unit fungsional komponen hayati (biotik) dan non-hayati (abiotik). Komponen biotik yang menyusun suatu ekosistem pesisir terbagi atas empat kelompok utama: a) produsen (vegetasi autotrof, alga dan fitoplankton yang menggunakan energi matahari untuk proses fotosintesa yang menghasilkan zat organik kompleks dari zat anorganik sederhana); b) konsumen primer (hewan yang memakan produsen); c) konsumen sekunder (karnivora, yaitu semua organisme yang memakan hewan); dan d) Dekomposer (sebagai dekomposer adalah organisme avertebrata, bakteri dan cendawan yang memakan sisa materi organik berupa bangkai, daun, ekskreta, dan lainnya).

Komponen abiotik suatu ekosistem pesisir adalah faktor iklim (suhu, curah hujan, kelembaban) merupakan penentu keberadaan suatu jenis organisme. Faktor-faktor ini senantiasa berada dalam satu seri gradien. Kemampuan adaptasi organisme seringkali berubah secara bertahap sepanjang gradien tersebut, tapi sering pula terdapat titik perubahan yang berbaur atau zona persimpangan yang disebut ekoton (misalnya zona intertidal perairan laut).

DIMENSI EKOLOGIS LINGKUNGAN PESISIR

Secara prinsip ekosistem pesisir mempunyai 4 fungsi pokok bagi kehidupan manusia, yaitu: sebagai penyedia sumberdaya alam, penerima limbah, penyedia jasa-jasa pendukung kehidupan, dan penyedia jasa-jasa kenyamanan.

Sebagai suatu ekosistem, perairan pesisir menyediakan sumberdaya alam yang produktif baik yang dapat dikonsumsi langsung maupun tidak langsung, seperti sumberdaya alam hayati yang dapat pulih (di antaranya sumberdaya perikanan, terumbu karang dan rumput laut), dan sumberdaya alam nir-hayati yang tidak dapat pulih (di antaranya sumberdaya mineral, minyak bumi dan gas alam).

Ekosistem Terumbu Karang

Terumbu karang merupakan suatu ekosistem khas yang terdapat di wilayah pesisir daerah tropis. Pada dasarnya terumbu terbentuk dari endapan-endapan masif kalsium karbonat (CaCO_3), yang dihasilkan oleh organisme karang pembentuk terumbu (karang hermatipik) dari filum Cnidaria, ordo Scleractinia yang hidup bersimbiosis dengan zooxantellae, dan sedikit tambahan dari alga berkapur serta organisme lain yang menyekresi kalsium karbonat.

Faktor-faktor fisik lingkungan yang berperan dalam perkembangan terumbu karang adalah sebagai berikut (Departemen Kelautan dan Perikanan 2007). Pertama, suhu air $>18^\circ\text{C}$, tapi bagi perkembangan yang optimal diperlukan suhu rata-rata tahunan berkisar antara $23-25^\circ\text{C}$, dengan suhu maksimal yang masih dapat ditoleransikan berkisar antara $36-40^\circ\text{C}$. Kedua, kedalaman perairan <50 m, dengan kedalaman bagi perkembangan optimal pada 25 m atau kurang. Terakhir, salinitas air yang konstan berkisar antara $30-36\text{‰}$. Perairan yang cerah, bergelombang besar dan bebas dari sedimen.

Ekosistem Hutan Mangrove

Hutan mangrove merupakan komunitas vegetasi pantai tropis, yang didominasi oleh beberapa spesies pohon mangrove yang mampu tumbuh dan berkembang pada daerah pasang-surut pantai berlumpur. Komunitas vegetasi ini umumnya tumbuh pada daerah intertidal dan supratidal yang cukup mendapat aliran air, dan terlindung dari gelombang besar dan arus pasang surut yang kuat. Oleh karena itu, hutan mangrove banyak ditemukan di pantai-pantai teluk yang dangkal, estuaria, delta dan daerah pantai yang terlindung. Penyebaran hutan mangrove ditentukan oleh berbagai faktor lingkungan, misalnya salinitas.

Padang Lamun

Lamun (*seagrass*) merupakan satu-satunya tumbuhan berbunga (*Angiospermae*) yang memiliki rhizoma, daun dan akar sejati yang hidup terendam di dalam laut. Tanaman ini dapat membentuk padang lamun yang luas hingga ke dasar laut yang masih dapat dijangkau oleh cahaya matahari yang memadai bagi pertumbuhannya.

Lamun hidup di perairan yang dangkal dan jernih, dengan sirkulasi air yang baik. Air yang bersirkulasi diperlukan untuk menghantarkan zat-zat hara dan oksigen, serta mengangkut hasil metabolisme lamun ke luar padang lamun. Hampir semua tipe substrat dapat ditumbuhi lamun, mulai dari substrat berlumpur sampai berbatu. Namun padang lamun yang luas lebih sering ditemukan di substrat berlumpur-pasir yang tebal antara hutan rawa mangrove dan terumbu karang.

Ekosistem Estuaria

Estuaria adalah wilayah pesisir semi tertutup yang mempunyai hubungan bebas dengan laut terbuka dan menerima masukan air tawar dari daratan. Sebagian besar estuaria didominasi oleh substrat berlumpur yang merupakan endapan yang dibawa oleh air tawar dan air laut. Contoh dari estuaria adalah muara sungai, teluk dan rawa pasang surut.

Estuaria dapat dikelompokkan atas empat tipe, berdasarkan karakteristik geomorfologinya (Dahuri *et al.* 1996):

1. **Estuaria dataran pesisir**; paling umum dijumpai, dimana pembentukannya terjadi akibat penaikan permukaan air laut yang menggenangi sungai di bagian pantai yang landai.
2. **Laguna (gobah)** atau **teluk semi tertutup**; terbentuk oleh adanya beting pasir yang terletak sejajar dengan garis pantai, sehingga menghalangi interaksi langsung dan terbuka dengan air laut.
3. **Fjords**; merupakan estuaria yang dalam, terbentuk oleh aktifitas glasier yang mengakibatkan tergenangnya lembah es oleh air laut.
4. **Estuaria tektonik**; terbentuk akibat aktifitas tektonik (gempa bumi atau letusan gunung berapi) yang mengakibatkan turunnya permukaan tanah yang kemudian digenangi oleh air laut pada saat pasang.

DAMPAK PERUBAHAN IKLIM PADA PESISIR DAN PULAU-PULAU KECIL

Salah satu akibat dari pemanasan global adalah meningkatnya permukaan air laut. Menurut IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) dalam 100 tahun terakhir telah terjadi peningkatan permukaan air laut setinggi 10-25 cm. Sementara itu, diperkirakan pada tahun 2100 mendatang akan terjadi peningkatan air laut setinggi 15-95 cm (Greenpeace 1998 *dalam* Meiviana *et al.* 2004). Rata-rata peningkatan permukaan air laut selama 300 tahun terakhir adalah 1,2 mm/tahun (Church *et al.* 2005 *dalam* June 2007). Pada Gambar 2 menunjukkan sejumlah kondisi pulau-pulau kecil.

Secara umum dapat dibedakan 4 (empat) macam kemungkinan dampak kenaikan permukaan air laut (Noronha 1991 *dalam* Soegiarto 1991):

1. Dampak fisik berupa: peningkatan kerusakan karena banjir dan gelombang pasang; erosi pantai dan peningkatan sedimentasi; perubahan kecepatan aliran sungai; meningkatnya gelombang laut; dan meningkatnya keamblesan (*subsidence*) tanah.

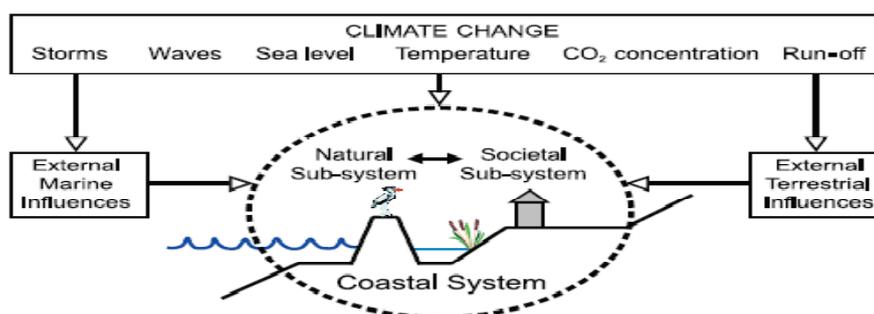
2. Dampak ekologis berupa: hilang/berkurangnya wilayah genangan (*wetland*) di wilayah pesisir; intrusi air laut; evaporasi kolam garam; hilang/berkurangnya tanaman pesisir; hilangnya habitat pesisir; berkurangnya lahan yang dapat ditanami; dan hilangnya biomassa non-perdagangan.
3. Dampak sosio-ekonomis berupa: terpengaruhnya lingkungan pemukiman; kerusakan/hilangnya sarana dan prasarana; kerusakan masyarakat/desa pantai; meningkatnya kerusakan, korban manusia dan harta benda bila terjadi gelombang pasang; perubahan kegiatan ekonomi di wilayah pesisir; peningkatan biaya asuransi banjir; hilang/berkurangnya daerah rekreasi pesisir; dan meningkatnya biaya penanggulangan banjir.
4. Dampak kelembagaan/hukum berupa: perubahan batas-batas maritim; penyesuaian peraturan perundangan; perubahan praktek pengelolaan wilayah pesisir; perlu dibentuknya lembaga baru untuk menangani kenaikan paras laut; dan peningkatan pajak.



Gambar 2. Pulau-Pulau Kecil Pada Wilayah Pesisir.

Perubahan iklim global yang terjadi saat ini, akan memengaruhi sebagian besar kondisi lingkungan di wilayah kepulauan Indonesia. Hal ini dapat dilihat pada kondisi yang terjadi saat ini tempat beberapa wilayah kepulauan di Indonesia telah terpengaruh oleh dampak perubahan iklim seperti disajikan dalam Gambar 3 (Murdiyarto 1998).

Berkenaan dengan proyeksi kenaikan permukaan laut, telah dilakukan penelitian proyeksi kenaikan permukaan laut untuk wilayah Indonesia. Hasil proyeksi tersebut menunjukkan wilayah Indonesia mengalami kehilangan daratan akibat kenaikan permukaan air laut. Jika diambil hasil proyeksi untuk tahun 2010, 2050, dan 2100 dengan luas daratan yang hilang secara berturut-turut seluas 7.408 km², 30.120 km², dan 90.260 km² (Susandi *et al.* 2008).



Gambar 3. Pengaruh perubahan iklim global terhadap wilayah pesisir.

Perubahan iklim global akan memberikan dampak terhadap wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil, antara lain sebagai berikut:

Kerentanan Pada Ekosistem Pesisir

Pergerakan zona iklim akan menyebabkan perubahan pada komposisi dan penyebaran geografis ekosistem. Setiap individu harus beradaptasi pada perubahan yang terjadi, sementara habitatnya akan terdegradasi. Spesies yang tidak dapat beradaptasi akan punah. Perubahan iklim juga menyebabkan matinya terumbu karang akibat peningkatan temperatur laut walaupun hanya sebesar 2–3 °C.

Peningkatan temperatur akan menyebabkan alga yang tumbuh pada terumbu karang akan mati. Matinya alga yang merupakan makanan dan pemberi warna pada terumbu karang, pada akhirnya juga akan menyebabkan matinya terumbu karang sehingga warnanya berubah menjadi putih dan mati (*coral bleaching*). *Coral bleaching* adalah suatu fenomena dimana memutihnya sebagian atau seluruhnya tutupan karang yang disebabkan oleh hilangnya simbiotik alga atau pigmennya (Brown 1997). Pemutihan karang menyebabkan punahnya berbagai jenis ikan karang yang bernilai ekonomi tinggi misalnya, ikan kerapu macan, kerapu sunu, napoleon, dan lain-lain, karena tak ada lagi terumbu karang yang layak untuk dihuni dan berfungsi sebagai sumber makanan. Padahal Indonesia mempunyai lebih dari 1.650 jenis ikan karang, itupun hanya yang terdapat di wilayah Indonesia Bagian Timur, belum terhitung yang berada di wilayah lainnya.

Peningkatan suhu air laut akan menyebabkan pertumbuhan dan perkembangan mangrove terganggu. Pertumbuhan daun akan terganggu pada suhu di atas 25 °C. Kenaikan suhu di atas 35 °C akan memengaruhi struktur akar dari mangrove dan kestabilan pertumbuhan mangrove. Peningkatan konsentrasi CO₂ di atmosfer akan memberikan dampak secara tidak langsung terhadap keberadaan ekosistem mangrove, yang disebabkan oleh terjadinya peristiwa pemutihan karang, yang selama ini berfungsi sebagai pelindung ekosistem mangrove dari hempasan gelombang dan badai. Berkurangnya curah hujan pada suatu daerah akan memberikan dampak terhadap produktifitas mangrove, pertumbuhan dan kelangsungan hidup mangrove yang tumbuh dan juga akan berpengaruh pada spesies dan biota laut yang tidak memiliki toleransi tinggi terhadap perubahan salinitas air laut. Rendahnya curah hujan pada suatu daerah akan berpengaruh terhadap penurunan luas areal mangrove, berkurangnya keanekaragaman hayati, dan diprediksikan akan terjadi penyempitan daerah ekosistem mangrove yang berfungsi sebagai preservasi dan pelindung wilayah daratan.

Pemanasan berlebihan secara terbuka akan menyebabkan padang lamun sangat rentan terhadap stres yang akan berakibat pada kematian. Terjadinya peningkatan suhu air laut pada umumnya akan merubah kecepatan pertumbuhan dan fungsi fisiologi serta perubahan pola reproduksi.

Perikanan merupakan salah satu isu penting yang terkait dengan perubahan iklim global. Secara umum, perikanan dapat dikategorikan dalam perikanan rakyat, perikanan komersil dan perikanan rekreasi. Ketiga jenis kategori ini dapat berdampak negatif atau positif ditinjau dari aspek stok perikanan akibat perubahan

iklim. Pada akhirnya kondisi ini akan merubah aspek sosial dan ekonomi masyarakat. Bila perubahan terjadi pada stok perikanan (ikan, udang, dan lain-lain), maka sumber protein dari laut akan semakin berkurang. Hal ini akan berpengaruh pada situasi ketahanan pangan nasional, terutama untuk pemenuhan gizi masyarakat.

Peningkatan suhu juga memengaruhi fitoplankton yang berfungsi sebagai produsen perairan. Meningkatnya konsentrasi CO₂ akan mempercepat terjadinya proses pengapuran, yang menyebabkan terjadinya kematian. Kondisi ini akan memengaruhi produktifitas perairan laut.

Pengaruh yang paling nampak dijumpai pada wilayah-wilayah kepulauan di Indonesia adalah pengaruh meningkatnya permukaan laut yang meningkatkan proses perendaman pulau-pulau, terutama pulau-pulau kecil. Akibatnya, terjadi perubahan pada garis pantai dan luasan wilayah pulau semakin kecil. Faktor ini juga berpengaruh pada intrusi air laut yang semakin besar, sehingga berakibat pada berkurangnya pasokan air tawar yang dimiliki oleh pulau-pulau kecil.

Dalam 10 tahun terakhir paras laut meningkat setinggi 0,1-0,3 m, sedangkan lewat model prediksi diperkirakan ada perubahan paras laut antara 0,3-0,5 m, dan kemungkinan menutupi area seluas 1 juta km². Jika hal ini terus menerus terjadi, maka hutan mangrove, estuaria dan *wetlands* yang terdapat di pesisir akan semakin berkurang luasnya. Akibatnya, tingkat produktifitas perairan semakin menurun, dan akan memengaruhi kehidupan biota laut yang berasosiasi dengan ekosistem pesisir.

Naiknya permukaan air laut ini berikutnya akan menyebabkan tergenangnya daerah-daerah pantai dengan kelerengan yang kecil. Kenaikan permukaan air laut juga akan meningkatkan abrasi pantai, merusak permukiman, tambak, daerah pertanian, kawasan pantai, dan lain-lain, bahkan menenggelamkan pulau-pulau kecil.

Sosial Ekonomi dan Budaya Masyarakat

Perubahan iklim berdampak luas terhadap jutaan nelayan pesisir. Saat ini sekitar 42 juta penduduk Indonesia mendiami wilayah yang terletak 10 m di atas permukaan laut. Umumnya penduduk sangat bergantung hidupnya pada ekosistem pesisir yang rentan dengan perubahan kecil saja akan berdampak besar. Perubahan suhu air yang merusak terumbu karang, akan menyebabkan kondisi buruk penurunan populasi ikan.

Perahu-perahu penangkap ikan juga harus menghadapi cuaca yang tidak menentu dan gelombang tinggi. Perubahan iklim juga sudah mengganggu mata pencaharian masyarakat pulau. Di Maluku, para nelayan mengatakan mereka tidak dapat lagi memperkirakan waktu dan lokasi untuk menangkap ikan karena pola iklim yang sudah berubah. Kenaikan permukaan air laut juga dapat menggenangi tambak-tambak ikan dan udang di pulau Jawa, Sumatera dan Sulawesi.

Tenggelamnya Pulau-Pulau Kecil

Sebagai negara kepulauan yang memiliki lebih dari 17.000 pulau dan 80.000 kilometer garis pantai, Indonesia amat rentan terhadap kenaikan permukaan air laut. Kenaikan 1 meter saja dapat menenggelamkan 405.000 hektar wilayah pesisir dan menenggelamkan 2.000 pulau yang terletak dekat permukaan laut beserta kawasan terumbu karang. Hal ini berpengaruh pada batas-batas negara, tempat penelitian mutakhir mengungkapkan bahwa minimal 8 dari 92 pulau-pulau kecil terluar yang merupakan perbatasan perairan Indonesia sangat rentan terhadap kenaikan permukaan air laut.

ADAPTASI DAN MITIGASI

Masalah variabilitas iklim kini dan mendatang dijadikan sebagai salah satu peubah penting dalam menentukan dasar perencanaan pembangunan nasional baik jangka pendek, menengah dan panjang. Menghadapi perubahan iklim, sistem peningkatan ketahanan dalam masyarakat untuk mengurangi resiko bahaya perubahan iklim dilakukan melalui upaya adaptasi dan mitigasi.

Adaptasi merupakan tindakan penyesuaian sistem alam dan sosial untuk menghadapi dampak negatif dari perubahan iklim. Mitigasi dilakukan pada upaya mengurangi sumber gas-gas rumah kaca dan peningkatannya, agar proses pembangunan tidak terhambat dan tujuan pembangunan berkelanjutan dapat tercapai.

Bentuk adaptasi yang dapat dilakukan oleh penduduk di wilayah pesisir untuk menyikapi dampak perubahan iklim dengan memilih tiga strategi dasar penyesuaian diri yaitu:

Proteksi

Proteksi merupakan upaya perlindungan yang dilakukan untuk menyesuaikan diri terhadap dampak yang ditimbulkan oleh peristiwa perubahan iklim. Bentuk perlindungan dapat dilakukan dengan membuat bangunan berupa tembok pelindung di sepanjang pantai. Namun pilihan ini di samping membutuhkan biaya yang besar, juga dapat memicu terjadinya erosi dan sedimentasi di wilayah pesisir. Pilihan lain yang diyakini lebih baik untuk melindungi daerah pesisir dari ancaman peristiwa perubahan iklim adalah dengan membuat tumpukan dari pasir, menciptakan daerah *wetland* atau menanam pohon di tepi pantai.

Retreat

Retreat bermakna pindah ke daerah yang lebih baik atau aman kondisinya atau pilihan yang paling sederhana ialah membangun hunian yang jauh dari tepi pantai. Bentuk adaptasi dapat juga dilakukan dengan membuat regulasi yang mengatur tentang ukuran, kepadatan dan bentuk bangunan di daerah yang permukaannya kurang stabil.

Akomodasi

Akomodasi berarti penduduk tetap menggunakan daerah pantai, namun dengan melakukan beberapa penyesuaian, seperti mendirikan bangunan rumah panggung atau menanam tanaman yang memiliki toleransi terhadap air asin. Banyak pilihan termasuk sistem peringatan pada saat cuaca buruk, juga pilihan jangka panjang seperti peningkatan sistem pembuangan dengan meningkatkan kapasitas pompa atau pipa yang lebih besar dan membangun bentuk bangunan yang tahan terhadap perubahan iklim.

Pengelolaan Wilayah Pesisir secara Terpadu (*Integrated Coastal Zone Management*) merupakan sebuah proses yang sesuai dalam menangani masalah-masalah pengelolaan wilayah pesisir untuk jangka waktu yang lama dan singkat. Termasuk pada proses hilangnya habitat, degradasi kualitas air, perubahan pada siklus hidrologi, berkurangnya sumberdaya pesisir, adaptasi terhadap naiknya permukaan laut dan akibat dari perubahan iklim lainnya.

Pemerintah perlu memberikan bantuan di sektor perikanan berupa informasi kepada nelayan, misalnya data cuaca dan kelautan yang aktual sebagai penuntun bagi nelayan ketika melaut. Data perikanan yang aktual pun sangat diperlukan akibat terjadi perubahan pola dan zona hidup ikan dan hasil laut lainnya akibat pemanasan global dan perubahan iklim.

Pemerintah dapat pula memberikan bantuan finansial bagi nelayan untuk bisa memiliki kapal yang berteknologi canggih yang dibekali alat GPS (*Global Positioning System*) pada nelayan untuk mengetahui keberadaan ikan di suatu tempat; atau dengan penggunaan *bio-telemetry* sebagai teknologi baru yang mengandalkan penginderaan jarak jauh melalui satelit untuk mengetahui posisi dan karakteristik ikan.

Rehabilitasi terumbu karang dan penanaman mangrove di wilayah pesisir telah terbukti mampu berfungsi sebagai habitat baru yang mendukung kehidupan organisme perairan. Adanya hutan bakau diharapkan dapat mengurangi kemungkinan erosi pantai dan intrusi air laut ke dalam sumber air bersih akibat naiknya permukaan air laut.

Usaha lainnya adalah mengurangi tingkat kemiskinan karena masyarakat miskin paling rentan terhadap dampak perubahan iklim dengan minimnya kemampuan mereka untuk beradaptasi. Selain itu penting untuk dilakukan yaitu mengantisipasi bencana alam yang saat ini semakin sering terjadi karena adanya perubahan iklim. Hal ini dapat dilakukan dengan membuat sistem peringatan dini di daerah yang dinilai rawan badai serta memberi petunjuk mengenai apa yang harus dilakukan masyarakat.

KESIMPULAN

Perubahan iklim akibat pemanasan global berdampak terhadap meningkatnya suhu permukaan bumi, kenaikan permukaan air laut dan presipitasi. Kondisi ini mengakibatkan wilayah pesisir sangat rentan. Dampak tersebut antara lain kerusakan dan kerugian secara fisik, ekologis, sosio-ekonomis dan kelembagaan.

Perubahan iklim bersifat merubah siklus alam sehingga perlu ada strategi yang harus dilakukan (terutama oleh manusia) untuk menekan faktor-faktor pemicu perubahan iklim sebagai strategi mitigasi. Namun, karena perubahan iklim tersebut telah dan sedang terjadi, maka perlu dilakukan strategi adaptasi. Dampak yang semakin nyata yang terlihat pada peningkatan suhu, naiknya permukaan laut, berubahnya musim, menyebabkan sumberdaya alam dan lingkungan semakin rentan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bertram G. 1986. Sustainable Development in Pasific Micro-economies. *World Dev* 14:809-822.
- Brown BE. 1997. *Coral Bleaching: Causes and Consequences*. Coral Reef 16. Suppl:S129–S136.
- Dahuri RH, Rais J, Ginting SP, Sitepu MJ. 1996. Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. Jakarta: Pradnya Paramitha.
- Departemen Kelautan dan Perikanan. 2007. *Survey Toponimi Pulau-Pulau Kecil Indonesia*. Direktorat Pulau-Pulau Kecil, Direktorat Jenderal Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil. Jakarta.
- Hehanussa PE, Bakti H. 2004. Sumber Daya Air di Pulau Kecil. LIPI Pr.
- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. *Climate Change: The Physical Science Basis. Summary for Policy Makers, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Paris, February 2007. <http://www.ipcc.ch/> .
- June T. 2007. *Perubahan Iklim dan Lingkungan*. Bahan Kuliah Perubahan Lingkungan Global (PSL 706). Bogor: Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- [KLHI] Kementerian Lingkungan Hidup Indonesia. 2007. *National Action Plan Addressing Climate Change*. Jakarta.
- Meiviana A, Sulistiowati DR, Soejachmoen MH. 2004. *Bumi Makin Panas Ancaman Perubahan Iklim di Indonesia*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup, JICA dan Pelangi.
- Murdiyarso D. 1999. *Perlindungan Atmosfer melalui Perdagangan Karbon: Paradigma Baru dalam Sektor Kehutanan*. Orasi Ilmiah Guru Besar Tetap Ilmu Atmosfer pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor, 4 September 1999. Bogor: IPB.
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Fonseca GAB da, Kent J. 2000. Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities. *Nature* 403:853-858.
- Soegiarto A. 1991. *Peranan Perairan Air Laut Indonesia pada Isu Perubahan Iklim Global dengan Tekanan Pembahasan pada Kenaikan Paras Laut dan Pengembangan Wilayah Pesisir*. Pidato Penerimaan Jabatan Guru Besar Luar Biasa Ilmu Oseanografi pada Institut Pertanian Bogor, 12 Oktober 1991. Bogor: IPB.

- Soemarwoto O. 2000. *Atur-Diri-Sendiri Paradigma Baru Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Yogyakarta: Gadjah Mada Univ Pr.
- Susandi A, Firdaus Y, Herlianti I. 2008. *Impact of Climate Change on Indonesian Sea Level Rise with Referente to It's Socioeconomic Impact*. Bali: EEPSEA Climate Change Conference.
- Velde M Van der, Green SR, Vanclooster M, Clotheir BE. 2007. Sustainable Development in Small Island Developing State: Agriculture Intensification, Economic Development, and Freshwater Resources Management on the Coral Atoll of Tongatapu. *J Ecological Economics*.