

Indeks Kerentanan Pulau-Pulau Kecil : Kasus Pulau Barrang Lompo-Makasar

Amiruddin Tahir *, Mennofatria Boer, Setyo Budi Susilo, dan Indra Jaya

Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan-Institut Pertanian Bogor

Jl. Rasamala Kampus IPB Darmaga-Bogor

Telp/Faks: 0251 8624 360/0811113882

Amiruddin.tahir@yahoo.com

Abstrak

Indonesia adalah negara kepulauan yang diperkirakan akan mengalami ancaman dampak pemanasan global dan kenaikan muka laut. Pemanasan global juga akan meningkatkan kerentanan pulau-pulau kecil. Kajian kerentanan pulau-pulau kecil merupakan bagian dari pengelolaan pulau-pulau kecil berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung serta memproyeksikan kerentanan pulau-pulau kecil, dan menyusun strategi adaptasi pulau-pulau kecil. Penelitian dilakukan di Pulau Barrang Lompo-Makasar pada Bulan Nopember 2009. Prinsip dasar analisis data adalah mentransformasikan data lapang (kuantitatif dan kualitatif) ke dalam nilai skor untuk menghitung indeks kerentanan pulau. Indeks kerentanan Pulau Barrang Lompo adalah 8,33 (kategori sedang) dengan perubahan parameter kenaikan muka laut dan perendaman pada 2 tahun ke depan. Elevasi dan kemiringan Pulau Barrang Lompo sangat rendah, dan pada tahun 2100 diperkirakan lebih dari 80 % daratan pulau ini terendam. Strategi adaptasi yang diusulkan adalah pengembangan konservasi laut sekitar 50 % dari habitat pesisir, pembangunan bangunan pelindung pantai dan relokasi pemukiman penduduk.

Kata kunci: pulau-pulau kecil, kerentanan, indeks.

Abstract

Indonesia consist of many islands, especially small islands. Small islands are vulnerable to the impact of global warming and sea level rise. Small islands vulnerability assessment is part of the sustainability small island management. The research aims to formulate the small islands vulnerability index, to simulate and to predict the vulnerability dynamic of small islands, to develop adaptation strategies of small islands. The research conducted on Barrang Lompo Island located in Makasar on Nopember 2009. Data collection through observation, measurement, and depth interview. The principle of data analysis is by means of transformation of quantitative and qualitative data into scoring value to produce the small island vulnerability index. The results showed that vulnerability index for Barrang Lompo Island is 8.33 (moderate), coastal inundation until 2100 reach 80 % of the land area. The suggested adaptation strategies are conservation of 50 % of coastal habitat, sea wall construction and resettlement.

Key words: Small island, vulnerability, index.

Pendahuluan

Perubahan iklim global diperkirakan akan mempengaruhi masyarakat pesisir di berbagai belahan dunia (IPCC, 2001; Dolan & Walker, 2004). Salah satu hal yang akan berubah adalah akselerasi terhadap kenaikan muka laut yang akan menimbulkan dampak lanjutan seperti perendaman daratan pulau-pulau kecil, peningkatan banjir, erosi pantai, intrusi air laut dan perubahan proses-proses ekologi di wilayah pesisir. Perubahan yang terjadi pada aspek biologi-fisik ini juga akan berdampak terhadap aspek

sosial ekonomi masyarakat di wilayah pesisir seperti hilangnya infrastruktur, penurunan nilai-nilai ekologi, dan nilai ekonomi sumberdaya pesisir (Klein & Nicholls, 1999). Selain itu, perkembangan daerah pemukiman dan pertumbuhan penduduk yang cepat di wilayah pesisir juga merupakan salah satu hal yang akan mengalami perubahan secara fundamental karena perubahan iklim (Nicholls, 1995).

Kerentanan adalah kecenderungan suatu entitas mengalami kerusakan (SOPAC, 2005). Dengan demikian, kerentanan pulau-pulau kecil

*) Corresponding author

dapat diartikan kemudahan suatu sistem pulau-pulau kecil mengalami kerusakan. Semakin tinggi tingkat kerentanan suatu pulau, semakin mudah pulau tersebut mengalami kerusakan. Pulau-pulau kecil merupakan salah satu daerah yang paling rentan terhadap kenaikan muka laut (Mimura, 1999; Pelling & Uitto, 2001). Fenomena ini telah ditunjukkan oleh pulau-pulau kecil di beberapa negara SIDS (*small island development state*) di kawasan Pasifik. Kajian kerentanan di negara-negara anggota SIDS ini didorong oleh sebuah resolusi yang dikeluarkan pada tahun 1994 yang bertujuan mengembangkan indeks kerentanan lingkungan dan indeks lainnya secara kontinyu untuk menggambarkan status dari negara-negara kepulauan. Sebaliknya, Indonesia sebagai negara kepulauan belum memiliki indeks kerentanan (Simamora, 2009). Padahal, Indonesia memiliki banyak pulau-pulau kecil yang diperkirakan memiliki kerentanan yang tinggi dan ancaman kenaikan muka air laut. Salah satu pulau kecil tersebut adalah Pulau Barrang Lompo-Makasar. Pulau ini memiliki elevasi yang sangat rendah dan diperkirakan akan mengalami ancaman karena kenaikan muka air laut. Tujuan dari penelitian adalah menentukan parameter yang mempengaruhi kerentanan pulau-pulau kecil, menghitung dan memproyeksikan indeks kerentanan pulau-pulau kecil, serta merancang strategi adaptasi terhadap perubahan muka laut.

Materi dan Metode

Pengumpulan Data

Pengumpulan data primer dilakukan melalui pengukuran di lapangan, pengamatan dan wawancara dengan responden yang dilakukan pada tanggal 16-23 Nopember 2009. Data sekunder dikumpulkan dari berbagai sumber baik yang belum maupun sudah dipublikasikan oleh pihak lain (AVISO, 2009; Dinas Hidrooseanografi, 2009). Data yang dikumpulkan terdiri dari data geofisik, seperti pasang surut, gelombang, elevasi dan kemiringan, tipologi pantai, luas pulau; data ekobiologi, seperti ekosistem terumbu karang, mangrove, padang lamun dan sumberdaya ikan; dan kondisi sosial ekonomi dan budaya seperti penduduk, penggunaan lahan, program konservasi laut. Data geofisik diukur dengan menggunakan alat pengukur topografi pulau (*total station*), data ekobiologi dilakukan dengan pengamatan dan pengukuran dengan metode *point line transect* dan *line transect plot*. Data sosial ekonomi dikumpulkan melalui wawancara secara mendalam (*depth interview*) dengan masyarakat

setempat.

Parameter Kerentanan

Penentuan parameter kerentanan menggunakan pendekatan VSD (*vulnerability scoping diagram*) (Polsky *et al.* 2007), di dalamnya terdapat 17 parameter yang dikaji, yaitu kenaikan muka laut (SR), erosi pantai (ER), tinggi gelombang (GL), rata-rata tunggang pasang (PS), kejadian tsunami (TS), pertumbuhan (PD) dan kepadatan penduduk (KP), elevasi (EL) dan slope (SL), tipologi pantai (TP), penggunaan lahan (PL), tipologi pemukiman penduduk (PP), habitat pesisir (HP), ekosistem mangrove (MR), ekosistem terumbu karang (TK), padang lamun (LM) dan konservasi laut (KL).

Kuantifikasi Indeks Kerentanan PPK

Konsep kerentanan mengacu pada kerentanan yang dikemukakan oleh Turner *et al.* (2003), yang mana kerentanan (V) merupakan fungsi *overlay* dari *exposure* (E), *sensitivity* (S), dan *adaptive capacity* (AC), yang selanjutnya diekspresikan dalam bentuk matematika oleh Metzger *et al.*, (2006) sebagai berikut:

$$V = f(E, S, AC) \quad (1)$$

Fungsi tersebut di atas diekspresikan lebih lanjut dalam bentuk persamaan matematika oleh Hamzah (*in press*) dan juga memiliki kesamaan yang dikembangkan oleh UHU-EHS (2006) menjadi:

$$V = (E \times S)/AC \quad (2)$$

Dengan menjabarkan parameter kerentanan seperti yang diadopsi dari Polsky *et al.* (2007), maka dimensi E dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$IE = 0,34 (SR \times ER) + 0,14GL + 0,17 PS + 0,18TS + 0,14 (PD \times KD) \quad (3)$$

Dengan pendekatan yang sama, dimensi S dapat dituliskan menjadi:

$$IS = 0,38 EL + 0,24 TP + 0,12 SL + 0,13 PL + 0,13 PP \quad (4)$$

Adapun dimensi AC dapat dituliskan sebagai berikut:

$$IAC = 0,40 HP + 0,22 TK + 0,21 MR + 0,09 LM + 0,08 KL \quad (5)$$

Dengan mensubstitusi persamaan (3), (4), dan (5) ke dalam persamaan (2) diperoleh persamaan indeks kerentanan pulau-pulau kecil (IK-PPK) sebagai berikut:

$$IK-PPK = IE \times IS/IAC \quad (6)$$

Skala penilaian (skor) setiap parameter adalah antara 1 sampai 5, dengan mensubstitusi nilai maksimum dan minimum ke dalam persamaan (6), diperoleh nilai minimum IK-PPK sebesar 0,20 dan nilai maksimum sebesar 76,00. Dengan menggunakan nilai maksimum dan minimum tersebut, skala penilaian tingkat kerentanan pulau-pulau kecil dibagi menjadi 4 kategori (Doukakis, 2005) sebagai berikut:

0,20	-	6,04	:	Kerentanan rendah (<i>low</i>)
6,05	-	18,18	:	Kerentanan sedang (<i>moderate</i>)
18,19	-	40,48	:	Kerentanan tinggi (<i>high</i>)
40,49	-	76,00	:	Kerentanan sangat tinggi (<i>very high</i>)

Proyeksi Kerentanan Pulau-Pulau Kecil

Kerentanan pulau-pulau kecil memiliki karakteristik yang dinamis, yang berarti kerentanan tersebut akan berubah-ubah sesuai dengan perubahan dari faktor-faktor yang mempengaruhinya. Model dinamik kerentanan pulau-pulau kecil adalah:

$$V_t = V_0 e^{-kt} + 76,00 (1 - e^{-kt}) \quad (6)$$

Keterangan:

V_t	=	Indeks kerentanan pada waktu t
V_0	=	Indeks kerentanan awal
e	=	Dasar logaritma natural
k	=	Koefisien kerentanan
t	=	Waktu/tahun

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Geofisik

Pulau Barrang Lompo merupakan pulau karang dari kelompok pulau datar, dengan luas sekitar 20,58 ha dan ketinggian maksimum 200 cm di atas permukaan laut, dan sebagian besar daratan Pulau Barrang Lompo berada pada ketinggian antara 0-20 cm dan 21-40 cm. Kemiringan daratan Pulau Barrang Lompo relatif kecil, yaitu 0-8 % yang mencakup areal seluas 20,06 ha. Pantai Pulau Barrang Lompo didominasi oleh pantai berpasir dengan panjang total 2.809,11 m. Sebagian besar pantai telah dilindungi oleh bangunan pelindung pantai khususnya pada sisi barat, timur, dan utara.

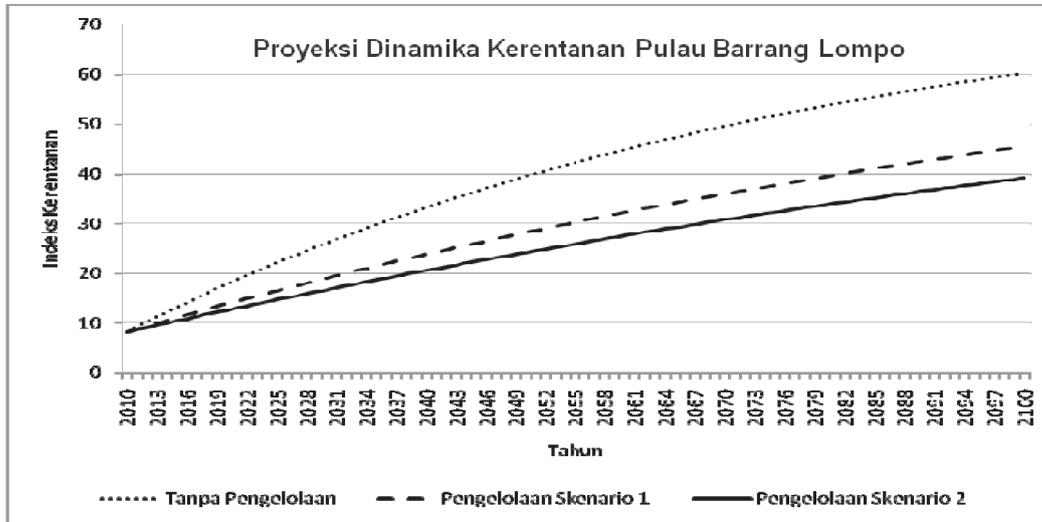
Berdasarkan data yang diperoleh dari AVISO (2009), diketahui tinggi gelombang sekitar Pulau Barrang Lompo mencapai 1,9 m dan laju kenaikan muka laut di perairan sekitar Pulau Barrang Lompo sekitar 5,09 mm/tahun. Hasil wawancara dengan masyarakat diperoleh informasi bahwa telah terjadi kemunduran garis pantai dengan laju perubahan 0,5 m/tahun. Berdasarkan data dari Dinas Hidrooseanografi diketahui tipe pasang di perairan Barrang Lompo adalah tipe campuran dominan tunggal, dengan rata-rata tunggang pasang sekitar 1,5 m.

Karakteristik Ekosistem Pesisir

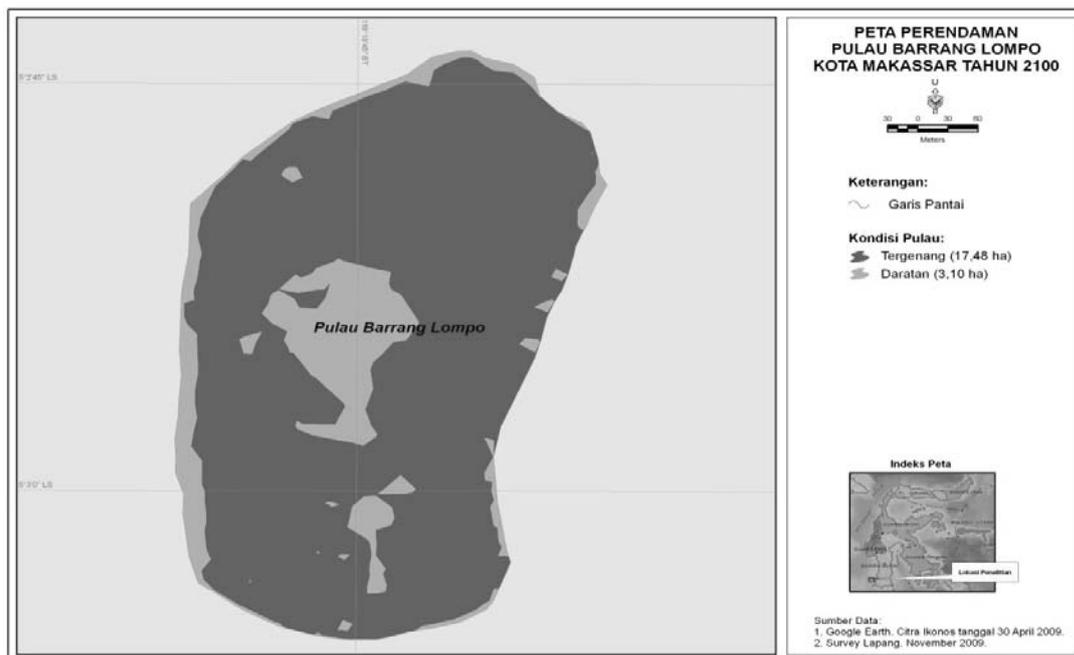
Luas habitat pesisir Pulau Barrang Lompo sekitar 130,57 ha, yang terdiri dari ekosistem terumbu karang seluas 71,72 ha dan ekosistem padang lamun seluas 58,85 ha. Kualitas tutupan karang hidup berkisar 50-75 %, sedangkan penutupan lamun sekitar 60 %. Ancaman utama keberlanjutan pengelolaan terumbu karang di pulau ini adalah kegiatan penambangan karang yang dilakukan oleh masyarakat untuk keperluan bahan bangunan. Jenis lamun yang ditemukan di perairan Pulau Barrang Lompo adalah *Enhalus acoroides*, *Cymodocea rotundata*, *Halophila ovalis*, dan *Thalassia empirchii*.

Indeks Kerentanan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Indeks kerentanan Pulau Barrang Lompo adalah 8,27, yang menurut Doukakis (2005) termasuk dalam kategori kerentanan sedang. Kerentanan ini akan berubah secara cepat jika tidak dilakukan pengelolaan. Untuk mengetahui sejauhmana perubahan kerentanan Pulau Barrang Lompo pada masa yang akan datang, digunakan tiga skenario pengelolaan dengan asumsi perubahan parameter kenaikan muka laut dan peluang perendaman pada 2 tahun ke depan. Skenario pertama adalah tidak dilakukan upaya pengelolaan. Skenario kedua, pengembangan kawasan konservasi laut sebesar 30 %. Hal ini perlu dilakukan mengingat habitat pesisir di Pulau Barrang Lompo didominasi oleh ekosistem terumbu karang. Ekosistem terumbu karang memiliki peran dalam meredam energi gelombang yang mencapai pantai. Skenario ketiga, adalah meningkatkan proporsi kawasan konservasi laut menjadi 50 % dari habitat pesisir Pulau Barrang Lompo dan pembangunan tembok pelindung pantai. Melalui peningkatan kapasitas adaptif (skenario kedua dan ketiga), perubahan kerentanan Pulau Barrang



Gambar 1. Proyeksi kerentanan Pulau Barrang Lompo



Gambar 2. Perkiraan kondisi daratan Pulau Barrang Lompo Tahun 2100

Lompo dapat diperlambat (Gambar 1).

Nilai kerentanan merupakan gambaran dari ketersinggkapan, sensitivitas dan kapasitas adaptif (McCarthy *et al.*, 2001). Kerentanan yang tinggi dimungkinkan oleh posisi pulau yang terekspos terhadap gangguan alam (Turvey, 2007) atau karena posisinya yang terpencil (Campbell, 2006). Kerentanan ini akan mempengaruhi kemampuan pulau

beradaptasi terhadap perubahan yang terjadi (Turner *et al.*, 2003). Salah satu yang dapat dilakukan untuk mengurangi kerentanan pulau-pulau kecil adalah peningkatan kapasitas adaptif alamiah dari sistem (Smit & Pilifosova, 2003). Pengelolaan ekosistem pesisir, seperti terumbu karang, mangrove dan padang lamun merupakan upaya untuk meningkatkan kapasitas adaptif dari pulau-pulau kecil.

Hasil analisis sensitivitas terhadap 17 parameter kerentanan, diketahui sebanyak 7 parameter yang memiliki tingkat sensitivitas yang tinggi terhadap kerentanan pulau-pulau kecil, kejadian tsunami (1,6), pertumbuhan penduduk (2,3), kepadatan penduduk (1,9), elevasi (1,9), slope (2,2) dalam skala 0 - 2,5. Parameter yang memiliki sensitivitas yang tinggi adalah parameter yang memiliki nilai skor yang besar, yaitu terumbu karang, habitat pesisir dengan nilai skor masing-masing 5 dan 4 (*adaptive capacity*), penggunaan lahan, kemiringan/slope, dan elevasi dengan nilai skor masing-masing 5 (*sensitivity*), pertumbuhan dan kepadatan penduduk serta kejadian tsunami dimana keduanya memiliki nilai skor 5 (*exposure*).

Laju Perendaman Daratan Pulau

Analisis laju perendaman daratan menunjukkan bahwa daratan Pulau Barrang Lompo pada tahun 2020 akan terendam sekitar 1,21 ha atau 5,88 % dari luas daratan saat ini dan akan meningkat sampai pada tahun 2100 (Gambar 2). Kenaikan muka laut merupakan ancaman serius bagi pulau-pulau kecil yang memiliki elevasi yang rendah. Oleh karena Pulau Barrang Lompo adalah pulau dataran rendah, maka pulau ini memiliki resiko perendaman yang tinggi karena kenaikan muka laut sebagaimana yang banyak diteliti oleh Yamano *et al.*, (2007) dan Barnet & Adger (2003). Selain ancaman perendaman, kenaikan muka laut juga memberikan dampak berupa erosi pantai dan instruksi air laut (Aung *et al.*, 2009). Kenaikan muka laut yang mengakibatkan perendaman daratan pulau akan berdampak secara ekonomi bagi kehidupan masyarakat di pulau tersebut.

Strategi Adaptasi

Berdasarkan analisis perubahan kerentanan dan laju perendaman daratan pulau yang telah diuraikan, pilihan strategi adaptasi yang dapat dikembangkan adalah strategi adaptasi yang bersifat reaktif (UNFCCC, 2007), yaitu perlindungan terhadap infrastruktur di wilayah pesisir, penyadaran masyarakat untuk meningkatkan upaya perlindungan terhadap ekosistem pesisir dan laut, dan pembangunan bangunan pelindung pantai (*sea wall*), perlindungan dan konservasi terumbu karang, mangrove, padang lamun, dan vegetasi pantai lainnya. Strategi adaptasi reaktif ini banyak dilakukan oleh berbagai sektor dalam merespon perubahan iklim di negara-negara

berkembang (UNFCCC, 2007),.

Strategi adaptasi yang diusulkan untuk Pulau Barrang Lompo adalah pengembangan kawasan konservasi laut (terumbu karang, padang lamun), termasuk penyadaran masyarakat dan rehabilitasi ekosistem pesisir, perlindungan bangunan pelindung pantai, dan pemindahan lokasi pemukiman penduduk ke tempat yang lebih aman (memiliki daya adaptasi yang tinggi). Usulan strategi adaptasi ini, sejalan dengan yang dikemukakan oleh Klein & Nicholls (1995).

Kesimpulan

Parameter kerentanan yang memiliki nilai yang cukup tinggi adalah kejadian tsunami pertumbuhan dan kepadatan penduduk (*exposure*), elevasi, kemiringan, dan penggunaan lahan (*sensitivity*), habitat pesisir dan terumbu karang (*adaptive capacity*). Indeks kerentanan Pulau Barrang Lompo adalah 8,33 (kategori sedang) dengan perubahan parameter kenaikan muka laut dan peluang perendaman pada 2 tahun ke depan. Elevasi Pulau Barrang Lompo sangat rendah, dan diperkirakan pada tahun 2100 lebih dari 80 % daratan pulau ini terendam. Strategi adaptasi untuk menurunkan kerentanan adalah pengembangan konservasi laut sekitar 50 % dari habitat pesisir, pembangunan bangunan pelindung pantai dan relokasi pemukiman penduduk.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Bapak Hasbi (staf Kelurahan Barrang Lompo) atas bantuan yang telah diberikan pada saat pelaksanaan penelitian di Pulau Barrang Lompo.

Daftar Pustaka

- Aung T, Singh A, & Prasad U. 2009. Sea level threat in Tuvalu. *American Journal of Applied Sciences* 6 (6): 1169-1174.
- Campbell J. 2006. Traditional disaster reduction in Pacific Island Communities. *GNS Science Report No. 38*.
- Dinas Hidroasenografi, 2009. Prediksi Pasang Surut 2009.
- Dolan AH & Walker IJ. 2003. Understanding vulnerability of coastal communities to climate change related risks. *Journal of Coastal Research*, SI 39 (Proceedings of the 8th International Coastal Symposium), pg - pg. Itajaí, SC - Brazil, ISSN

0749-0208

- Doukakis E. 2005. Coastal vulnerability and risk parameter. *Europian Water* 11/12: 3-7.
- Hamzah L. 2009 (*in press*). Kajian Kerentanan dan Strategi Adaptasi Terhadap Perubahan Iklim di P. Lombok NTB Indonesia. KLH, WWF dan Pemerintah Daerah NTB.
- IPCC 2001. Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, New York. 1032 p.
- Klein RJT & Nicholls RJ. 1999. Assesment of coastal vulnerability to climate change. *Ambio*, 28(2). 182-187.
- Lewis J. 2009. An island characteristic: Derivated vulnerabilities to indigenous and exogenous hazards. *Shima: The International Journal of Research into Island Cultures*. 3(1) : 1-15
- McCarthy JJ, Canziani OF, Leary NA, Dokken DJ, & White KS. 2001. Climate change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability. Cambridge University Press. Cambridge.
- Metzger MJ, Rounsevell MDA, Acosta-Michlik L, Leemans L, & Schröter L. 2006. The vulnerability of ecosystem services to land use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114, 69-85.
- Mimura N. 1999. Vulnerability of Island Countries in the South Pacific to sea level rise and climate change. *Climate Research*. 12 : 137-143
- Nichols RJ. 1995. Coastal megacity and climate change. *GeoJournal* 37: 369-379.
- Pelling M & Uitto JI. 2001. Small island developing states: natural disaster vulnerability and global change. *Environmental Hazard* 3 : 49-62
- Polsky C, Neff R, & Yarnal B. 2007. Building comparable global change vulnerability assessment: The vulnerability scoping diagram. *Global Environmental Change* 17: 472-485.
- Simamora AP. 2009. Republik Indonesia has no climate change vulnerability index for small islands. The Jakarta Pos (30 March, 2009), Jakarta.
- Smit B & Pilifosova O. 2003. From adaptation to adaptive capacity and vulnerability reduction, *In: Smith, JB.; and Huq, S. (eds), Climate change adaptive capacity and development*. World Scientific, River Edge, NJ, pp. 1-20.
- SOPAC (South of Pacific Islands Applied Geoscience Commission). 2005. Environmental Vulnerability Index: EVI: Description of Indicators. UNEP-SOPAC.
- Turner, B. L., II, Kasperson, R. E., Matson, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., Eckley, N., Kasperson, J. X., Luers, A., Martello, M. L., Polsky, C., Pulsipher, A., & Schiller, A., 2003. 'A framework for vulnerability analysis in sustainability science', *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 100: 8074-8079.
- Turvey R. 2007. Vulnerability Assessment of Developing Countries: The Case of Small-Island Developing States. *Development Policy Review*, 25 (2) : 243-264
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) 2007. Climate Change: impacts, vulnerabilities and adaptation in development countries. Climate Change Secretariat (UNFCCC). Martin-Luther-King-Strasse 8. 53175 Bonn, Germany
- UHU-EHS (United Nations University). 2006. Vulnerability: A conceptual and methodological review. Source No 3/2006.
- Yamano, H., H. Kayanne, T. Yamaguchi, Y. Kuwahara, H. Yokoki, H. Shimazaki, M & Chikamori, 2007. Atoll island vulnerability to flooding and inundation revealed by historical reconstruction: Fongafale islet, Funafuti Atoll,
- <http://www.avisioceanobs.com/en/news/ocean-indicators/mean-sea-level/index.html>. Download tanggal 4 Januari 2010.