

MANAJEMEN ADAPTASI DALAM PERUBAHAN IKLIM (*Adaptive Management in the Climate Change*)

Oleh / By :

Parlindungan Tambunan¹, Hendi Suhendi², Bambang Edy Siswanto³ & Yunita Lisnawati⁴

^{1,2,3,4} Pusat Penelitian dan Pengembangan Peningkatan Produktifitas Hutan, Kementerian Kehutanan,
Jalan Gunung Batu No. 5, Bogor 16610, Jawa Barat. Telpon/Fax: (0251) 7520005,
E-mail: tbn.lin_getup2010@yahoo.com

Diterima 25 Juli 2011, disetujui 1 November 2011

ABSTRACT

Recent rapid changes in the Earth's climate have altered ecological systems around the globe. The global average surface temperature has increased about 0,7°C. Temperature increases affect all chemical and biological processes for living in the world that changed dramatically and complex of the terrestrial ecosystems. Changes of ecosystem are the largest challenges for natural resource managers and conservation planners. Therefore, new approach is required to managing natural resources and ecosystem in the climate changes. One of the new approaches is application of adaptive management. Adaptive management is not only as a tool, but also it has attracted attention for its emphasis on management experiences as a source of learning. By learning, the idea glowed to create improved situation or innovation, because memory and behavior change process occurred in the person and organization. Thereby, the implemented adaptive management to achieve better solution for all of problems is by communication or dialogs among managers or leaders, scienstis, and members of institution, beside of ecological system and environmental problem knowledges and also creativity.

Keywords: Climate change, adaptative management, communication, knowledge and innovation.

ABSTRAK

Perubahan-perubahan iklim bumi yang sekarang telah merubah sistem ekologi di sekitar bumi. Rata-rata global temperatur permukaan bertambah sekitar 0,7°C. Pertambahan-pertambahan temperatur mempengaruhi semua proses kimia dan biologi kehidupan di alam yang mengubah secara dramatis dan kompleks ekosistem permukaan bumi. Perubahan-perubahan ekosistem merupakan tantangan terbesar bagi para manajer sumber daya alam dan perencanaan-perencanaan konservasi. Oleh sebab itu, pendekatan-pendekatan baru dibutuhkan untuk pengelolaan sumber daya alam dan ekosistem di dalam perubahan iklim. Salah satu pendekatan baru adalah menggunakan manajemen adaptasi. Manajemen adaptasi tidak hanya sebagai sebuah alat, tetapi juga mempunyai daya tarik perhatian pada pengalaman manajemen sebagai suatu sumber pembelajaran. Dengan pembelajaran, ide bersinar untuk menciptakan situasi yang lebih baik atau pembaharuan, karena proses perubahan ingatan dan tingkah laku terjadi dalam diri sendiri dan organsasi. Dengan demikian, implementasi manajemen adaptasi untuk mencapai solusi semua masalah adalah dengan komunikasi atau dialog antara para manajer atau pemimpin, para ahli, dan warga institusi, di samping pengetahuan sistem ekologi dan masalah lingkungan dan juga memiliki daya cipta.

Kata kunci: Perubahan iklim, manajemen adaptasi, komunikasi, pengetahuan dan pembaharuan.

I. PENDAHULUAN

Beberapa tahun belakangan ini temperatur global rata-rata naik sekitar $0,7^{\circ}\text{C}$ dan di daerah Kutub Utara diperkirakan naik sekitar dua kali ($1,4^{\circ}\text{C}$). Kenaikan tersebut cenderung terus bertambah di masa yang akan datang, seperti rata-rata temperatur global permukaan diproyeksikan naik antara $1,1 - 6,4^{\circ}\text{C}$ di tahun 2010 dan temperatur di Garis Lintang Utara diproyeksikan naik antara $3 - 12^{\circ}\text{C}$ sampai akhir abad kedua puluh satu (IPCC, 2007). Selain itu, pola hujan diproyeksikan juga terjadi perubahan, walaupun hujan beragam musim di setiap daerah.

Perubahan-perubahan (iklim) ini sangat berimplikasi pada sistem bumi secara alamiah, seperti perubahan temperatur (naik) menyebabkan mencairnya kumpulan salju di Kutub Utara. Peningkatan frekuensi dan penyebaran cairan salju meningkatkan volume air laut yang secara signifikan mengubah waktu dan sistem aliran permukaan, struktur dan komposisi vegetasi serta sistem alam pantai. Dengan kata lain, perubahan iklim secara signifikan mengubah ekosistem, karena semua sistem ekologi menunjukkan perubahan secara dramatis termasuk fisiologi, fenologi dan penyebaran spesies. Dari hasil observasi Parmesan dan Yohe (2003), sistem ekologi terlihat berubah pada peristiwa musim semi yang terjadi 2 atau 3 hari lebih awal per dasawarsa, kemudian tumbuh-tumbuhan mengalami pembungaan dan pembuahan lebih awal, burung bertelur dan beberapa binatang amfibi kawin lebih awal. Tumbuh-tumbuhan, burung, kupu-kupu dan binatang amfibi mengalami pergeseran pola penyebaran dan nilai akibat perubahan iklim. Selain itu, beberapa spesies berubah bentuk dari komunitasnya, spesies invasif muncul, dan fungsi ekosistem berubah.

Akibat perubahan iklim juga berdampak pada transformasi umat manusia. Salah satu

dampak yang terlihat dan dirasakan adalah pertambahan penduduk. Pertambahan penduduk berdampak pada perubahan ekonomi dan kualitas hidup. Peningkatan kualitas hidup memberi kecenderungan pemakaian sumberdaya yang makin banyak. Hal ini nampak dengan jelas dari kenyataan bahwa konsumsi kertas, baja, minyak, listrik dan barang jadi (seperti mobil, radio, TV, kulkas, dan lain-lain) bertambah. Secara signifikan konsumsi energi bertambah, pencemaran lingkungan meningkat, dan secara tidak langsung fungsi ekologi lingkungan yang mendukung kehidupan manusia terjadi kerusakan, misalnya deplesi lapisan ozon di stratosfer oleh klorofluorokarbon (CFC) meningkatkan sakit kanker kulit dan naiknya kadar karbondioksida (CO_2) di atmosfer. Dengan naiknya kadar CO_2 di atmosfer menyebabkan pemanasan global.

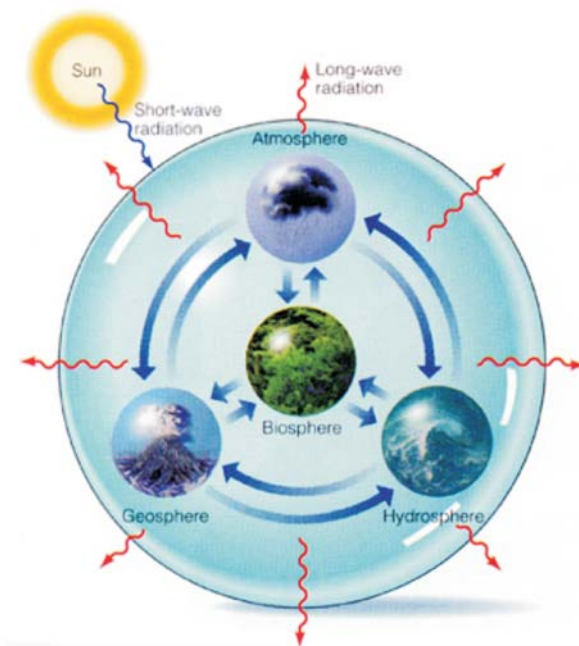
Bukti-bukti tersebut merupakan tantangan yang sangat besar bagi pengelola dan pengambil keputusan, karena penggerak dan penyebab terjadinya perubahan iklim yang sangat potensial adalah keragaman biogeofisika dan manusia. Manusia membuat proses dan mendesain analisis kebijakan untuk mengurangi dan mengadaptasi perubahan iklim dengan lengkap. Namun, apakah dalam penerapannya sudah dilakukan secara maksimal? Dalam tulisan ini, penulis mengeksplor bagaimana strategi adaptasi dapat digunakan (berhasil) untuk menghadapi perubahan iklim regional, ilmu pengetahuan global, ekonomi dan politik.

II. KONSEP SISTEM BUMI

Proses kehidupan secara alamiah dikontrol dan dikemudikan oleh sistem bumi. Bumi merupakan ekosistem raksasa, yang hidup dan yang mati berinteraksi melalui empat subsistem yang terbesar (Skinner, *et al.*, 2004), yaitu:

1. *Atmosfir*, yaitu lapisan udara yang mengelilingi atau menyelimuti bumi. Udara yang terkandung dalam atmosfir merupakan campuran dan kombinasi dari gas, debu dan uap air. Atmosfir berguna untuk melindungi makhluk hidup yang ada di muka bumi, karena membantu menjaga stabilitas suhu udara dan menyerap sinar matahari.
2. *Hidrosfir*, yaitu lapisan air yang ada di permukaan bumi, meliputi lautan, danau, sungai, air bawah tanah, salju dan uap air yang terdapat di lapisan udara.
3. *Biosfir*, yaitu bagian luar dari planet bumi, yang mencakup udara, daratan dan air yang memungkinkan proses biotik berlangsung. Menurut geofisiologi, *biosfir* adalah sistem ekologis global yang menyatukan seluruh makhluk hidup dan hubungan antar makhluk hidup, termasuk interaksi makhluk hidup dengan unsur-unsur bumi, yaitu udara, air dan batuan, serta berbagai material organik yang belum mengalami dekomposisi.
4. *Geosfir*, yaitu bagian dalam planet bumi dan bagian-bagian lain yang menutupi bumi termasuk bagian yang padat atau batu-batuan.

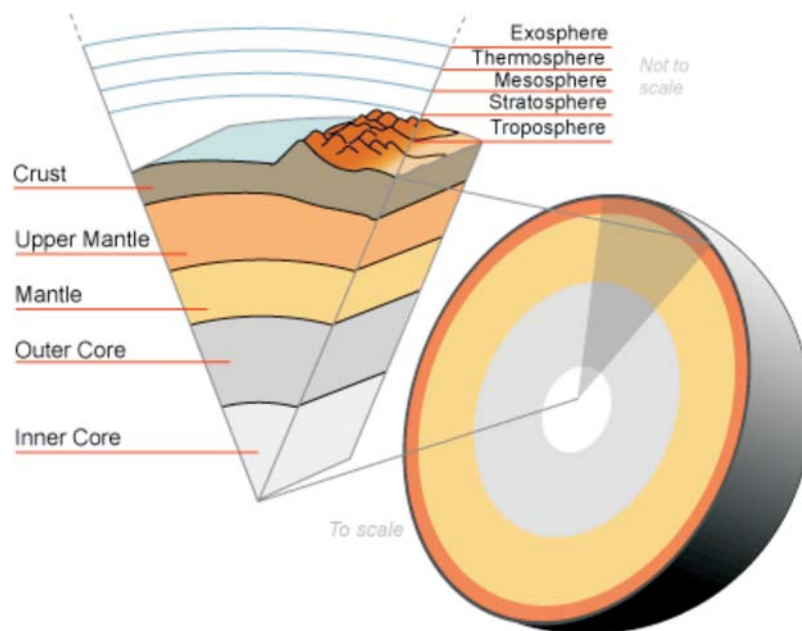
Keempat sub-sistem bumi tersebut bersifat terbuka, artinya pertukaran materi ataupun energi dapat terjadi melintasi batas. Model sistem bumi diperlihatkan seperti pada Gambar 1, bumi sebagai suatu benda langit yang merupakan salah satu anggota dari sistem tata surya. Bumi menerima pancaran radiasi gelombang pendek dari matahari, yang sebagian diserap dan sebagian dipantulkan. Radiasi matahari yang diserap permukaan bumi dipancarkan kembali oleh permukaan ke atmosfir dalam bentuk gelombang panjang atau sinar inframerah (Skinner, *et al.*, 2004). Dengan kata lain, bumi yang bersifat terbuka terjadi interaksi atau pertukaran materi energi di antara sub-sistem dan lingkungannya (angkasa luar termasuk planet-planet lain).



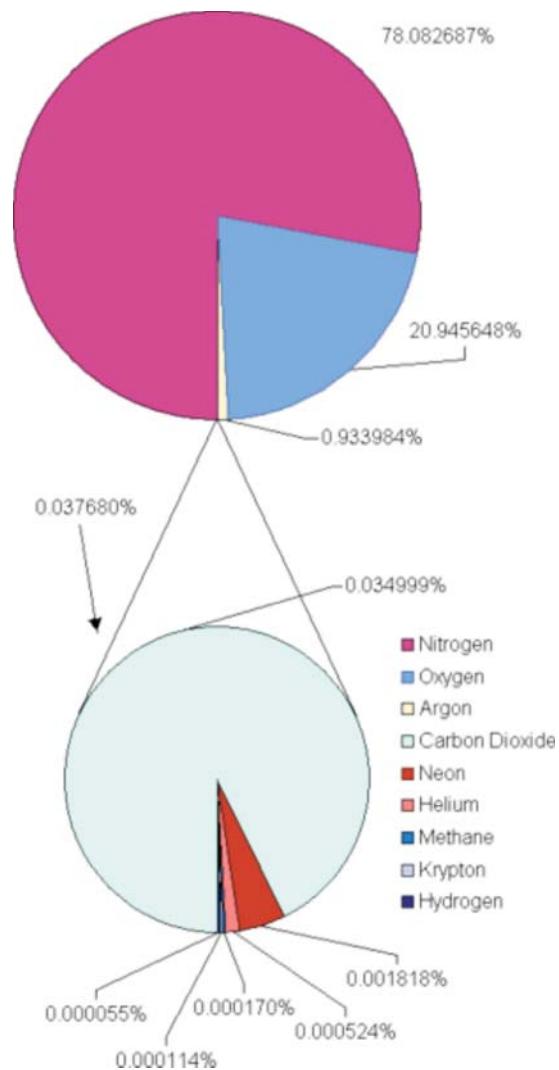
Gambar 1. Model sistem bumi (Skinner, *et al.*, 2004)
Figure 1. The earth system model (Skinner, *et al.*, 2004)

Dari Gambar 1 terlihat bumi dibungkus dengan selimut udara atau atmosfer, yang membuat kehidupan nyaman atau terlindungi dari pemanasan dan pendinginan yang berlebihan. Atmosfir terdiri dari empat lapisan utama (Gambar 2), yaitu *pertama*, lapisan yang paling dalam atau terendah di atas permukaan bumi disebut dengan troposfir, yang mempunyai ketebalan sampai sekitar 9 km di daerah kutub dan 17 km di daerah khatulistiwa. Menurut Chanlett (1977), dalam keadaan bersih, udara di lapisan stratosfir yang biasa

kita isap terdiri dari nitrogen (N_2 : 78,08%), oksigen (O_2 : 20,94%), argon (Ar: 0,93%), karbon dioksida (CO_2 : 0,03%), dan ozon (O_3 : 0,00005%). Udara di lapisan troposfir juga berisi uap air (H_2O) yang konsentrasinya berubah-ubah dan sejumlah helium (He), hidrogen (H_2), kripton (Kr), metan (CH_4) dan neon (Ne). Konsentrasi seluruh gas-gas ini berbeda menurut tinggi permukaan laut, dan mempunyai peranan penting mengelilingi bumi, yaitu untuk membatasi lingkungan bumi (Gambar 3).



Gambar 2. Lapisan utama atmosfer bumi (Chanlett, 1977)
Figure 2. The main layers of the earth's atmosphere (Chanlett, 1977)

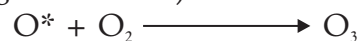


Gambar 3. Komposisi udara bumi dalam kondisi alamiah atau bersih (Chanlett, 1977)

Figure 3. The air composition of the earth's wrapped in the natural condition or clean (Chanlett, 1977)

Lapisan atmosfer *kedua* adalah stratosfir. Stratosfir adalah lapisan di sebelah luar atau di atas troposfir, ketebalannya sekitar 30 km sehingga jarak dari permukaan bumi sekitar 17 km sampai dengan 48 km di atas permukaan bumi. Pada lapisan stratosfir ditemukan juga sejumlah kecil gas ozon yang menyaring 99% sinar ultraviolet bergelombang pendek berenergi tinggi yang dapat merusak bumi dan isinya. Secara alamiah, ozon terbentuk dari molekul oksigen (O₂) melalui reaksi fotokimia, yaitu reaksi kimia yang menggunakan sinar

atau cahaya sebagai sumber energi. Dengan reaksi kimia terjadi, maka terbentuk satu molekul teraksitasi, yang dalam hal ini adalah O* (oksigen teraksitasi).



Dari hasil penelitian Finlayson-Pitts dan Pitts (2000), level ozon secara global pada lapisan troposfir satu abad yang lalu adalah antara 10- 15 ppb dan akhir-akhir ini antara 30- 40 ppb. Ini menunjukkan adanya kenaikan konsentrasi ozon di permukaan bumi.

Penambahan konsentrasi ozon merusak tanaman, sistem saluran pernapasan manusia dan hewan serta bahan-bahan yang terbuat dari karet (Runeckles and Chevone, 1992; Kyoto Protocol, 1997; IPCC, 2001). Penyebab utama naiknya konsentrasi ozon adalah pencemaran udara. Sumber pencemar udara adalah kebakaran hutan dan lahan, transportasi, industri, rumah tangga, dan lain-lain. Pencemar udara adalah dalam bentuk gas dan partikel. Dalam bentuk gas, seperti karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), sulfur dioksida (SO₂), nitrogen dioksida (N₂O), nitrogen oksida (NO_x), hidrogen sulfida (H₂S), khloro fluoro karbon (CFC), metan (CH₄), dan lain-lain. Kemudian dalam bentuk partikel, seperti aerosol (asap dan kabut), debu, fume, garam dan minyak. Apabila konsentrasi pencemar udara bertambah mempengaruhi kenaikan gas-gas rumah kaca (CO₂, CFC, N₂O, dan CH₄) secara simultan. Penambahan konsentrasi gas-gas rumah kaca menyebabkan pemanasan global. Dampak dari pemanasan global di antaranya adalah curah hujan yang tinggi mengakibatkan banjir dan kenaikan temperatur mengakibatkan kekeringan. Banjir dan kekeringan yang berat mengakibatkan ledakan penyakit melalui vektor malaria, demam berdarah, flu burung, hasil panen merosot, kelaparan, malnutrisi, rusaknya ekosistem laut dan berkurangnya keanekaragaman hayati (Tambunan, dkk., 2008). Untuk mencegah perubahan (kenaikan dan penurunan) konsentrasi gas-gas rumah kaca, salah satu strategi yang harus dilakukan adalah mempertahankan keanekaragaman ekosistem bumi, yaitu dengan cara mengontrol dinamika kehidupan manusia dalam segala aktivitasnya.

Lapisan atmosfer yang *ketiga* adalah mesosfir. Mesosfir terdapat di atas stratosfir pada ketinggian sekitar 51 km hingga 100 km di atas permukaan bumi. Pada lapisan mesosfir, meteor banyak ditemukan terbakar karena suhu di lapisan tersebut dapat mencapai sekitar

143°C. Oleh karena itu, pada setiap pesawat ruang angkasa dilapisi bahan-bahan yang tahan panas, seperti berlium, tungsten, karbon reinterosi atau karbon abiatif untuk menghindari panas yang menyebabkan kebakaran. Lapisan terakhir atau terluar dari lapisan atmosfer adalah *termosfir*. Lapisan termosfir adalah lapisan pertama yang mengekspos radiasi sinar matahari. Temperatur pada lapisan tersebut mencapai di atas 1.500°C (van der Pluijm and Stephen, 2004). Keempat komposisi lapisan atmosfer menunjukkan sirkulasi udara yang menghambat sinar ultraviolet dari matahari. Sinar ultraviolet dari matahari sangat bermanfaat bagi kehidupan makhluk hidup (khususnya dalam siklus karbon untuk proses fotosintesis dan respirasi) di permukaan bumi. Ketika matahari bersinar, tumbuhan melakukan fotosintesis untuk mengubah karbon dioksida menjadi karbohidrat (C₆H₁₂O₆) dan melepaskan oksigen (O₂) ke atmosfer. Dengan kata lain, tumbuh-tumbuhan menyuplai energi untuk manusia, hewan atau organisme lain yang tidak dapat mensintesis nutrisi organik yang mereka perlukan dalam bentuk makanan. Dalam proses tersebut energi panas dari sinar matahari diubah menjadi energi kimia yang disimpan sebagai glukosa dan unsur nutrisi lain, kemudian digunakan kembali untuk proses kehidupan melalui respirasi. Dalam proses respirasi, energi kimia diubah menjadi energi panas. Energi kimia tersebut adalah karbohidrat (C₆H₁₂O₆), dengan menghirup oksigen (O₂) dari udara menghasilkan senyawa-senyawa kimia yang merupakan sumber energi panas.

Dengan demikian, dalam konsep sistem bumi proses kehidupan di bumi yang merupakan suatu ekosistem raksasa terjadi suatu siklus kehidupan dan kematian. Secara visual kondisi keberadaan keempat sub-sistem berinteraksi satu sama lain dalam ruang dan waktu. Pergerakan materi energi di bumi terjadi dalam bentuk siklus dan terus-menerus.

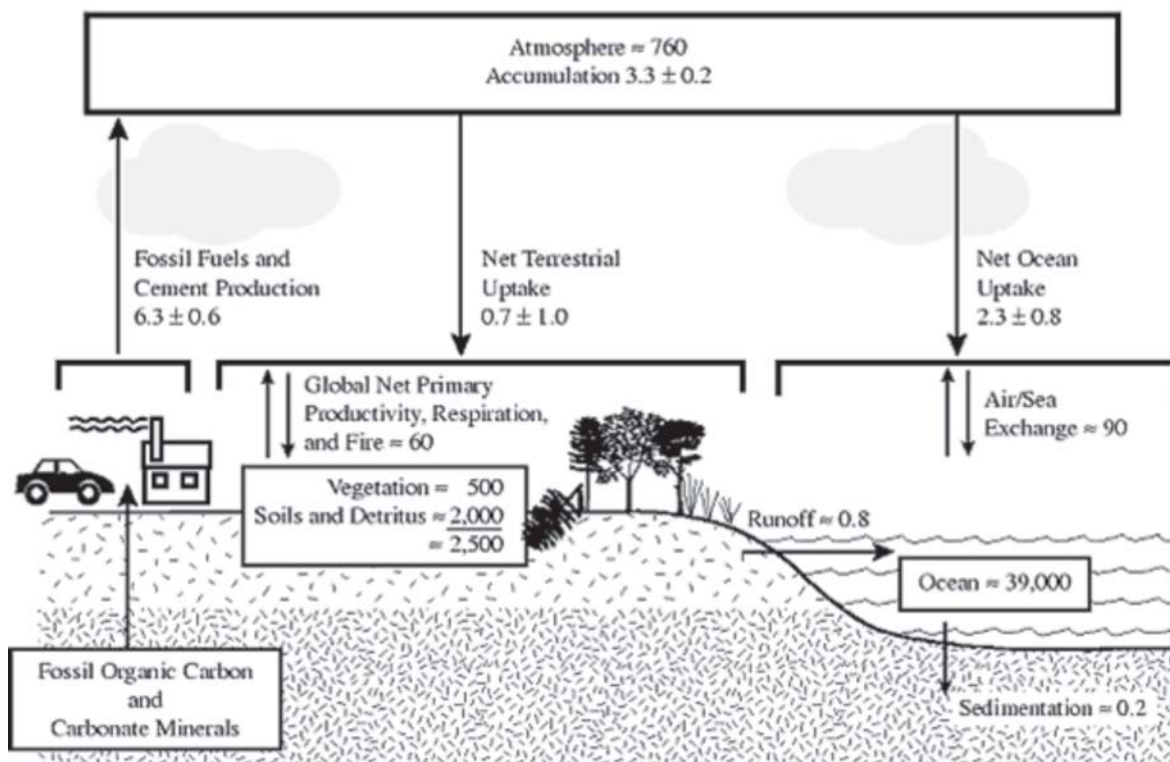
III. SIKLUS KARBON

Siklus karbon adalah siklus yang sangat mempengaruhi iklim di bumi, samudera dan di atmosfer, karena karbon merupakan unsur yang paling banyak nomor dua setelah oksigen di alam semesta. Karbon terdapat pada semua jenis makhluk hidup. Kelimpahan karbon adalah bersamaan dengan keanekaragaman senyawa organik dan kemampuannya membentuk polimer membuat karbon sebagai unsur dasar kimia dalam kehidupan. Karbon adalah unsur kimia yang paling stabil di antara unsur-unsur kimia lain. Karbon memiliki afinitas untuk berikatan dengan atom kecil lainnya, hingga dapat membentuk berbagai senyawa. Oleh karena itu, karbon dapat berikatan dengan atom lain (termasuk dengan karbon sendiri) membentuk 10 juta senyawa yang berbeda. Menurut Greenville (1978), karbon memiliki titik lebur dan titik sublimasi yang tertinggi di antara semua unsur kimia. Pada tekanan atmosfer, karbon tidak memiliki titik lebur karena titik tripelnya ada pada $10,8 \pm 0,2$ MPa dan $4.600 \pm 300^\circ\text{K}$ sehingga ia akan menyublim sekitar 3.900°K bahkan sampai temperatur sekitar 5.800°K . Walaupun karbon secara termodinamika mudah teroksidasi, karbon lebih sulit teroksidasi daripada senyawa lainnya, seperti besi dan tembaga. Selain itu, karbon jarang bereaksi di bawah kondisi yang normal, tetapi di bawah kondisi temperatur dan tekanan yang standar. Karbon tahan terhadap segala oksidator, tetapi karbon tidak bereaksi dengan asam sulfat, asam klorida, maupun basa lainnya.

Bagian terbesar dari karbon yang berada di atmosfer adalah karbon dioksida (CO_2).

Karbon dioksida memiliki peran yang sangat penting dalam menyokong kehidupan. Rata-rata konsentrasi CO_2 di atmosfer adalah 387 ppm berdasarkan volume. Namun jumlah ini bisa bervariasi tergantung pada lokasi dan waktu. Karbon dioksida adalah salah satu komponen gas rumah kaca (*greenhouse gas*) yang menyerap gelombang inframerah dengan kuat. Karbon dioksida dihasilkan oleh semua makhluk hidup, yaitu tumbuhan, hewan, manusia dan mikroorganisme pada proses respirasi dan digunakan oleh tumbuhan pada proses fotosintesis. Dengan demikian, secara langsung ada hubungan timbal balik yang positif antara temperatur dan CO_2 , karena dalam kedua proses respirasi dan fotosintesis berhubungan dengan energi sinar matahari yang merupakan sumber energi panas.

Siklus karbon global seperti pada Gambar 4. Karbon dalam bentuk senyawa organik dan anorganik, khususnya CO_2 , berputar antara atmosfer, samudera atau laut, dan permukaan bumi. Pertukaran secara alamiah yang terbesar adalah terjadi antara atmosfer dan biota bumi, yaitu sebesar 120 Gt C/tahun produksi utama kotor (GPP, *Gross Primary Production*) atau 60 Gt C/tahun produksi utama bersih (NPP, *Net Primary Production*). Kemudian, antara atmosfer dan permukaan air laut atau samudera adalah sekitar 90 Gt C/tahun. Menurut Schimel, *et al.* (1996), di atmosfer karbon terdapat sekitar 760 Gt C (Gambar 4). Keberadaan molekul CO_2 di atmosfer dalam kondisi alamiah adalah sekitar 2,5 tahun. Namun, karakteristik waktu antara semua sub-sistem tergantung dari ada atau tidaknya gangguan.

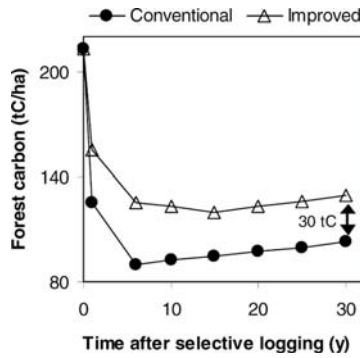


Gambar 4. Siklus global karbon, karbon yang tersedia dan yang dilepas dalam dan dari tempat penyimpanan (dalam satuan Gt/tahun C) (Schimel, et al., 1996)
 Figure 4. The global carbon cycle, showing carbon stocks and emits in and from reservoir (in Gt C/tahun) (Schimel, et al., 1996)

Pada Gambar 4 terlihat jelas bahwa samudera, tumbuh-tumbuhan dan tanah adalah gudang karbon, dan ketiganya sangat aktif dalam pertukaran CO₂. Samudera mengandung 50 kali lebih banyak dari yang ada di atmosfer dalam bentuk larutan anorganik karbon. Samudera mengambil karbon dari atmosfer terbatas, karena CO₂ larut dalam air laut dan kecepatan larutnya lambat bila bercampur antara permukaan dan bagian yang dalam air laut. Tumbuh-tumbuhan dan tanah di permukaan bumi mengandung karbon sekitar tiga kali jumlah karbon di atmosfer, dan pertukaran karbon dikontrol dalam fotosintesis dan respirasi. Dengan demikian, karbon yang tersedia secara alami mengalami perubahan dalam suatu ekosistem biasanya disebabkan oleh ketidak-

seimbangan karbon *input* dan *output* baik melalui fotosintesis maupun bahan organik yang masuk dan keluar melalui tumbuh-tumbuhan dan hewan yang telah mati, respirasi serta pembakaran. Penyebab utama perubahan ekosistem secara dramatis terjadi adalah akibat dari aktivitas manusia yang merusak komponen-komponen ekosistem bumi. Salah satu contoh dari hasil beberapa penelitian, seperti laporan Putz, et. al. (2008), penebangan hutan dengan cara konvensional, emisi karbon yang terjadi lebih dari 100 ton per ha. Dengan perkembangan kemajuan manajemen hutan setelah 30 tahun penyediaan karbon sebesar 30 ton per ha (Gambar 5). Hal ini ditunjukkan pula pada peningkatan produksi kayu hutan tropika sebesar 0,16 giga ton karbon per tahun (Gambar 6). Berdasarkan

data tersebut, maka manajemen intensif khususnya pada areal hutan skala kecil (misalnya: hutan rakyat dan hutan tanaman) dan meningkatkan konservasi hutan perlu



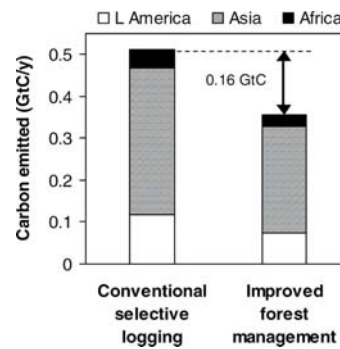
Gambar 5. Substansi pengurangan karbon dari kemajuan manajemen hutan.

Figure 5. Substantial reductions in Carbon loss from improved forest management.

perhatian serius. Selain itu, dari data tersebut menunjukkan bahwa kontribusi sektor kehutanan secara nyata dalam strategi pengurangan karbon di udara.

Hal ini ditegaskan oleh Houghton (2001) bahwa hutan menyimpan karbon 50% dari total karbon yang terdapat di permukaan bumi, dan mempunyai peranan kunci dalam siklus karbon secara global. Dengan demikian, keseimbangan karbon permukaan bumi harus dijaga dengan mengontrol aktivitas semua sektor secara terpadu yang mengubah kondisi lingkungan global.

Salah satu jalan untuk menjaga dan mengontrol keseimbangan karbon dari dampak perubahan iklim adalah memperbaiki kebijakan manajemen dengan tepat dan terstruktur dalam proses dan praktis berdasarkan pembelajaran dari hasil (*outcome*) program operasional atau disebut dengan manajemen yang dapat menyesuaikan diri (*adaptive management*).



Gambar 6. Pengurangan Global karbon tahunan yang diadopsi dari kemajuan manajemen praktis hutan tropika.

Figure 6. Annual reductions in Global Carbon reduction from adoption of Improved Tropical Forest Management Practices.

IV. MANAJEMEN ADAPTASI DAN IMPLEMENTASINYA

Manajemen adaptasi sangat banyak dan luas pengertiannya. Setiap orang beragam menginterpretasikan dalam defenisi dan pemakaian. Contohnya, untuk mencapai keberhasilan, apakah dibutuhkan manajemen adaptasi atau manajemen adaptasi hanya dugaan-dugaan yang tidak jelas ? Bagaimana penerapan manajemen adaptasi ?

Manajemen adaptasi berawal dari ide atau gagasan ilmiah yang bersinar dari pembelajaran pengalaman dan tindakan perilaku dalam manajemen sumberdaya alam. Manajemen sumberdaya alam umumnya terfokus pada dua hal, yaitu penyebab dan pengaruh. Penyebab, misalnya, Apakah yang menyebabkan timbul masalah ? Pengaruh, Apakah yang akan terjadi jika strategi manajemen dilakukan ? Dari kedua hal tersebut menghasilkan ketidakpastian, karena perhatian pada "penyebab dan pengaruh" dalam waktu lama, beragam skala, dan terpadu dengan aspek-aspek manajemen sumberdaya

hingga berpandangan multi disiplin, multi yurisdiksi, dan berhubungan dengan manajemen objektif. Selain itu, dengan terfokus pada "penyebab dan pengaruh" skala ruang pertumbuhan manajemen sumberdaya alam menjadi sangat luas dan kerangka waktunya panjang. Dalam menghadapi masalah tersebut, pendekatan tradisional pada penyelidikan ilmiah (*scientific inquiry*) ditemukan oleh Herrick dan Sarewitz (2000) tidak cukup, karena berhubungan dengan kemampuan memprediksi dan mempengaruhi seluruh sumber daya alam. Kemudian, banyak yang membantah bahwa strategi ilmu pengetahuan yang mengutamakan penelitian ilmiah memutuskan fenomena komponen-komponen yang ada di dalamnya (seperti disiplin).

Komponen disiplin apabila hilang dari ilmu pengetahuan, hubungannya sangat kuat dengan mekanisme identitas atau kerangka spesifik pada proses dan persoalan penelitian. Kendati hasil penelitian ilmiah mempunyai jasa dan masyarakat ilmu pengetahuan (*served and society science*) yang baik serta berkelanjutan, kapasitas komponen disiplin memberi kontribusi sangat efektif pada masalah-masalah lingkungan. Namun, keterbatasannya adalah pengakuan atau penghargaan hasil penelitian ilmiah dari suatu lembaga. Apalagi manajemen sumberdaya terpadu secara mutlak perlu suatu lembaga yang inovatif memberi pengakuan atau penghargaan terhadap hasil pengamatan dan evaluasi yang dilontarkan dalam suatu gagasan atau ide secara kritis. Bila suatu lembaga melakukan tindakan pembelajaran lemah akan menghasilkan tindakan perilaku yang melanggar disiplin, baik di dalam maupun di luar lembaga. Dari hasil observasi Friedmann (1987), hubungan pembelajaran dan tindakan berpengaruh pada model-model perencanaan sosial yang berkembang dalam masyarakat. Kelestarian perkembangannya membutuhkan pengakuan hubungan antara lingkungan,

ekonomi dan instrumen-instrumen sosial di dalam komunitasnya.

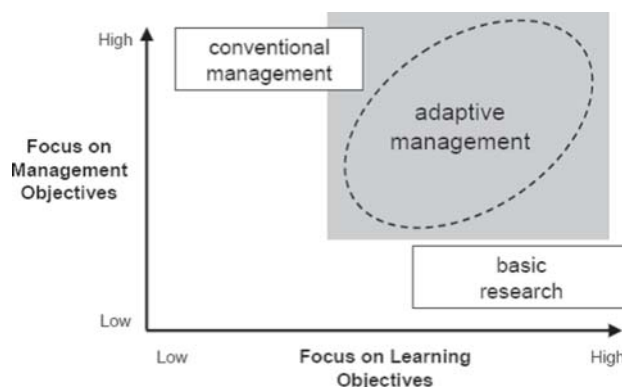
Berdasarkan hal tersebut, maka manajemen adaptasi menjadi perhatian yang sangat penting dalam implementasi kebijaksanaan dan peraturan. Manajemen adaptasi merupakan suatu pendekatan pembelajaran yang teliti melalui penerapan pola dan tindakan manajemen yang dibuat dengan sengaja sebagai percobaan. Dalam implementasinya, manajemen adaptasi merupakan sebuah perlindungan yang dapat terjadi setiap saat yang memerlukan pendekatan-pendekatan baru yang terbaru (*up-to-date*). *Up-to-date*, karena perubahan iklim yang terjadi sangat cepat dan tidak menentu, serta berdampak pada perubahan secara global.

Secara lebih spesifik, manajemen adaptasi dalam implementasinya menggunakan model-model sistem sumberdaya alam untuk membangun performan dan untuk memilih kebijaksanaan awal. Sebagai ukuran untuk membangun performan adalah implementasi peraturan-peraturan dalam sebuah proses dengan kerangka kerja monitoring, evaluasi, dan keputusan-keputusan yang tepat dan praktis secara berkelanjutan. Manajemen adaptasi menghasilkan sumberdaya pengambil keputusan (*decision maker*) secara alamiah untuk memperbaiki dan mengembangkan rezim-rezim manajemen yang dapat mengerti dan mengubah secara ilmiah masalah-masalah lingkungan. Dengan kata lain, dasar pemikiran manajemen adaptasi adalah mengerti dan memahami tentang sistem ekologi secara lengkap (Walters dan Holling, 1990). Dari sini tumbuh ide atau gagasan yang kritis dengan keyakinan bahwa segala sesuatu dapat diubah dan permintaan akan naik, walaupun dengan keterbatasan sumberdaya. Sebagaimana menurut hasil penelitian dan pengalaman Walters (1986) bahwa manajemen adaptasi dapat membantu kesalahan dan keterbatasan manajemen dengan tepat guna.

Manajemen adaptasi dapat *pasif* dan *aktif*. Manajemen adaptasi *pasif* berhubungan dengan situasi yang biasa, di mana manajer-manajer melaksanakan kebijakannya dengan memonitor dan mengevaluasi semua kegiatan anggotanya. Sedangkan, dalam manajemen adaptasi *aktif*, manajer-manajer membuat desain percobaan untuk menggali dan memperoleh ilmu pengetahuan secara komprehensif. Kedua bentuk manajemen adaptasi tersebut menghasilkan pengetahuan, model dan strategi manajemen yang selalu baru. Namun, kedua bentuk manajemen adaptasi tersebut sering membingungkan dan terjadi "*trial and error*", karena pengetahuan kurang, sembrono dalam merencanakan sesuatu dan tidak terdokumentasi kegiatan-kegiatan yang telah dilakukan.

Menurut Peter and Lisa (2003), tiga elemen kunci manajemen adaptasi dan ketiga elemen ini yang membedakannya dengan manajemen lainnya, yaitu (1) Struktur proses *multi-step* dalam menentukan sesuatu kerangka eksperimen untuk menghasilkan produk yang jelas dan nyata; (2) *Performance* dalam program dan operasional mempunyai skala sangat luas; dan (3) Alternatif-alternatif manajemen dilakukan berdasarkan penelitian yang

inovatif dan pembelajaran dari kesalahan. Implementasi manajemen adaptasi terbanyak pada situasi manajemen yang mengalami kekosongan (*gap*) dan ketidakpastian hasil pengetahuan atau disebut "NATO", *No Action Talk Only*. Pada saat kondisi kebuntuan komunikasi manajemen suatu lembaga seperti ini, manajemen adaptasi yang merupakan pendekatan manajemen yang paling efektif melakukan dialog dan kerjasama antara manajer dan anggota-anggotanya (apabila dalam suatu lembaga penelitian dengan peneliti-penelitinya) untuk memecahkan masalah yang ada (*Cause/effect*; sebab/akibat) dan untuk mencapai tujuan bersama (*Objective, tujuan*). Manajemen adaptasi merupakan kombinasi dari manajemen konvensional dan manajemen penelitian (seperti pada Gambar 7). Manajemen konvensional, fokus dialog atau komunikasi cenderung pada tujuan manajemen dengan maksud belajar tentang sebab dan akibat yang berhubungan dengan tindakan dan hasil manajemen. Sedangkan, fokus dialog manajemen penelitian adalah pada tujuan pembelajaran tentang daerah, skala luas dan topik-topik yang mempunyai hubungan langsung dengan manajer.

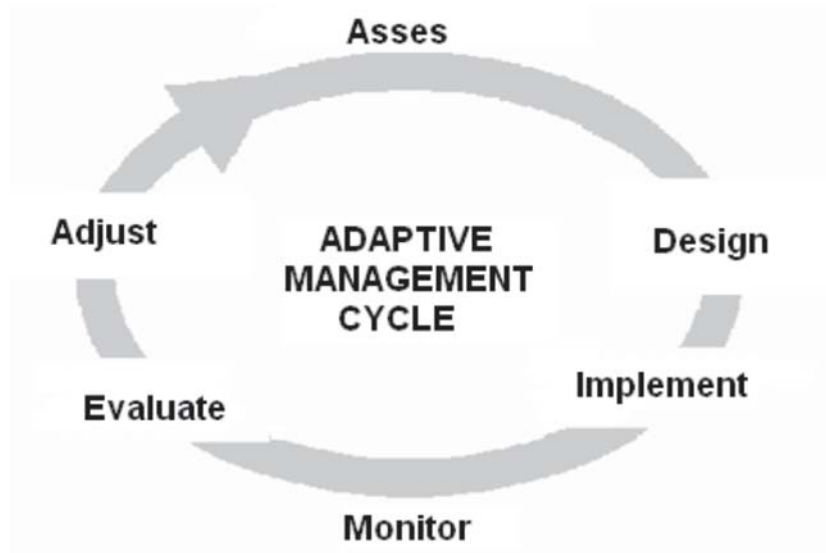


Gambar 7. Hubungan antara manajemen adaptasi, manajemen konvensional dan penelitian (Peter and Lisa, 2003)

Figure 7. The relationships between adaptive management, conventional management and research (Peter and Lisa, 2003)

Dari Gambar 7 terlihat bahwa manajemen adaptasi sangat membantu manajemen atau manajer untuk beradaptasi dengan perubahan-perubahan kondisi lingkungan, ekonomi pasar, pengalaman dan pengetahuan ilmiah, teknologi dan nilai-nilai sosial. Bukti kebenaran suatu proses manajemen adaptasi adalah pengaplikasian enam tahapan proses manajemen adaptasi itu sendiri dengan tepat (Gambar 8), yaitu (1) Penilaian masalah-masalah (*assess the problems*), meliputi fasilitas ruang kerja, peserta yang berpengetahuan banyak memberi defenisi keadaan manajemen,

tindakan dalam mencapai tujuan; (5) Evaluasi akibat-akibat yang dihasilkan (*outcomes*), secara aktual *outcomes* dibandingkan dengan prediksi dan perbedaan-perbedaan diinterpretasi; (6) Penyelesaian rencana (*adjust the plan*). Sasaran, prediksi dan praktek atau latihan adalah gambaran untuk menyelesaikan rencana yang akan menghasilkan pengertian dan pengetahuan baru. Sebaliknya, pengertian dan pengetahuan baru diperoleh dari peranan proses penilaian kembali masalah-masalah, pendesainan kembali rencana atau implementasi penyelesaian rencana (Taylor, *et. al.*, 1997).



Gambar 8. Siklus manajemen adaptasi (Taylor, *et al.*, 1997)
Figure 8. The adaptive management cycle (Taylor, *et al.*, 1997)

memberi batasan masalah, dan mengidentifikasi relevansi nilai, cita-cita dan tujuan; (2) Perencanaan desain (*design the plan*), meliputi membuat pola-pola rencana tindakan dan monitoring program yang memberikan pengaruh timbal balik untuk mengukur keefektifan tindakan; (3) Perencanaan alat (*implement the plan*), biasanya praktis dan mudah dimengerti untuk dilakukan; (4) Pengamatan hasil-hasil (*monitor the results*), meliputi pengukuran indikator-indikator yang dapat digunakan untuk menilai keefektifan

Keenam proses tahapan manajemen adaptasi dapat berulang berdasarkan pengetahuan dan pengalaman. Kemudian, hasil-hasil proses manajemen adaptasi dapat valid dari kebiasaan-kebiasaan dan perubahan-perubahan kebijakan. Perubahan-perubahan kebijakan didukung dengan komitmen penuh oleh semua level manajemen organisasi dan sumberdaya. Berdasarkan bukti-bukti ini, manajemen adaptasi sangat potensial memberikan hasil dalam pembelajaran dan pengetahuan bagi manajer. Apalagi bagi

seorang manajer hutan yang mengatur hutan, yang alamnya begitu kompleks dan banyak menyimpan rahasia. Implementasi manajemen adaptasi adalah sebuah tantangan dan hadiah bagi seorang manajer atau pemimpin.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Manajemen adaptasi adalah salah satu model manajemen sumberdaya yang sangat luas atau abstrak dan cocok diterapkan untuk perusahaan atau lembaga yang mengalami kegagalan.
2. Manajemen adaptasi merupakan suatu proses percepatan dan peningkatan pembelajaran. Keberhasilan proses pembelajaran membutuhkan pemahaman dan pengertian (*knowledge*) tentang manajemen sumber daya alam yang kompleks.
3. Keefektifan implementasi manajemen adaptasi membutuhkan pemimpin organisasi yang mempunyai keahlian manajemen sumberdaya alam yang kompleks dan komitmen serta dukungan secara aktif dari semua pihak (*stakeholders, partners* dan *politician*).

B. Saran

1. Manajemen hutan secara alamiah adalah luar biasa kompleks dan banyak yang tidak diketahui. Salah satu dasar kelestarian manajemen hutan adalah peningkatan dan penerapan pengetahuan baru.
2. Peningkatan dan penerapan pengetahuan baru penuh dengan tantangan dan hambatan, salah satu jalan untuk mencapainya adalah manajemen adaptasi. Manajemen adaptasi merupakan suatu alternatif kekuatan yang tidak ternilai harganya atau keputusan yang tidak pernah lumpuh.

3. Model penerapan kelestarian manajemen hutan harus terfokus membangun manajemen adaptasi pada setiap individu ataupun organisasi. Sebagai indikator fokus penerapan manajemen adaptasi adalah semua aspek manajemen hutan, tetap diperbolehkan untuk menilai dan konsisten memodifikasi dengan prinsip-prinsip manajemen adaptasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Chanlet, E.T. 1977. Environment Protection. McGram-Hill, Inc, New York.
- Finlayson-Pitts, B.J. and J.N. Pitts Jr. 2000. Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere. Academic Press. San Diego, C. A.
- Friedmann, J. 1987. Planning in the Public Domain: From Knowledge to Action. Priceton, N. J: Princeton University Press. 501 p.
- Greenville, W. A. 1978. The Controversial Carbon Solid-Liquid-Vapour Triple Point". *Nature* 276: 695.
- Herrick, C. and D. Sarewitz. 2000. Ex post Evaluation: A More Effective Role for Scientific Assesments in Environmental Pilicy. *Science, Technology, and Human Values*. 25(3): 309 331.
- Houghton, J.T. 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assesment Report of the IPCC on Climate Change. Cambridge University. UK.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2001. Land Use. Land-Use Change dan Forestry. Cambridge University Press. Cambridge. Kyoto

- Protocol. 1997. Kyoto protocol to united nations framework convention on climate change. FCCC/CP/1997/7/Add.1, Dcision 1/CP.3, Annex 7.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007. Working Group III. Climate change 2007 Mitigation. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Parmesan, C. and G. Yohe. 2003. A global Coherent Fingerprint of Climate Change Impacts Across Natural System. *Nature* 421: 37 42.
- Peter, D. and T. Lisa. 2003. Adaptive Management: Progress and Prosspect for Canadian Forest. SFM Network Research Note Series No. 29.
- Putz, F.E., P.A. Zuidema, M.A. Pinard, R.G.A. Boot, J.A. Sayer, D. Seil, P. Elias, and J.K. Vanclay. 2008. Improved Tropical Forest Management for Carbon Retention. *Plos Biology* 6 (7): 1 2.
- Runeckles, V.C. and Chevone, B.I. 1992. Crop responses to ozone. *In: Surface Level Ozone Exposures and Their Effects on Vegetation*, A.S. Lefohn, Eds. Lewis Publishers, Chelsea, p. 189 270.
- Schimel, D., D. Alves, I. Enting, M. Heimann, F. Joos, D. Raynaud, T. Wigley, M. Prather, R. Derwent, D. Ehhalt, P. Fraser, E. Sanhueza, X. Zhou, P. Jonas, R. Charlson, H. Rodhe, S. Sadasivan, K.P. Shine, Y. Fouquart, V. Ramaswamy, S. Solomon, J. Srinivasan, D. Albritton, I. Isaksen, M. Lal, and D. Wuebbles. 1996. Radiative Forcing of Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 65 131.
- Taylor, B. L., Kremsater and R. Ellis. 1997. Adaptive Management of Forest in British Columbia. B.C. Ministry of Forest, Victoria, British Columbia, Canada.
- Tambunan, P., A. Wibowo, and Y. Lisnawati. 2008. Kontrol Pembangunan dan Konservasi untuk Menyelamatkan Bumi. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan* 5 (2): 77 87.
- Walters, C. J. 1986. Adaptive Management of Renewable Resources. New York: Macmillan. 374 p.
- Walters, C. J. and C. S. Holling. 1990. Large-scale Management Experiments and Learning by Doing. *Ecology*. 71 (6): 2060 2068.
- van der Pluijm, A. Ben. and M. Stephen. 2004. Earth Structure: An Introduction to Structur el Geology and Tectonic, 2nd ed., W.W. Norton. New York.
- Skinner, J. Brian, C. Stephen, Porter, and P. Jeffrey. 2004. Dynamic Earth: An Introduction to Physical Geology. Jhon Wiley & Son. Hoboken, NJ.