

KONTROL PEMBANGUNAN DAN KONSERVASI UNTUK MENYELAMATKAN BUMI (*Control of Development and Conservation to Save the Earth*)

Oleh/By :

Parlindungan Tambunan, Ari Wibowo & Yunita Lisnawati¹⁾

ABSTRACT

Forest play an important role in a planet wide effort to reduce atmospheric greenhouse gas concentration. According to the Kyoto Protokol, reducing carbon emission happens through forest. In this case, proper management of forest will contribute greatly to the reduction of greenhouse gas. In accordance with goverment policies, the function of forest in absorbing greenhouse gas, forest is a complex ecosystem and the policies on carbon reduction can start from tree levels, they are carbon conservation, carbon sequestration, and carbon substitution. The basis of sound policies is a solid theological foundation and acurate scientific figure. The implemented strategy to achieve better carbon conservation is by controlling the development and conservation of areas using improved management. Because by improved management carbon emssion reduced approximately 30% to conventional managenemt. Therefore, regulatory instruments in forestry sector and cross-sectoral is needed to review and to match with improved management.

Keywords: Development, conservation, forest, carbon, and greenhouse gas.

ABSTRAK

Hutan berperan penting di planet untuk mengurangi konsentrasi gas rumah kaca pada lapisan atmosfir. Menurut Protokol Kyoto, pengurangan emisi karbon terjadi melalui hutan. Dalam hal ini, manajemen hutan yang tepat akan memberi kontribusi yang sangat baik pada pengurangan gas rumah kaca. Sesuai dengan kebijakan pemerintah, fungsi hutan dalam menyerap gas rumah kaca, hutan merupakan ekosistem yang kompleks dan kebijakan pada pengurangan karbon dapat dimulai dari tingkat-tingkat pohon, yaitu konservasi karbon, penyerapan karbon, dan penggantian pohon. Dasar kebijakan-kebijakan adalah ilmu agama yang kuat dan ilmu pengetahuan yang tepat. Penerapan strategi untuk mencapai konservasi karbon terbaik adalah dengan mengontrol pembangunan dan konservasi wilayah dengan kemajuan manajemen. Karena dengan manajemen yang maju emisi karbon berkurang sekitar 30% dari manajemen yang konvensional. Dengan demikian, perangkat-perangkat hukum di sektor kehutanan dan lintas sektor perlu direview dan disesuaikan dengan kemajuan manajemen.

Kata kunci: Pembangunan, konservasi, hutan, karbon, dan gas rumah kaca.

¹⁾ Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan Tanaman, Jalan Gunung Batu No. 5, Bogor.

I. PENDAHULUAN

Konvensi PBB tentang perubahan iklim dan Protokol Kyoto adalah perjanjian internasional yang harus dipatuhi dan dilaksanakan oleh para anggotanya dengan tanggung jawab yang berbeda. Artikel 12 Protokol Kyoto yang dikenal dengan Mekanisme Pembangunan Bersih (Clean Development Mechanism, CDM) adalah salah satu dari isi pasal dalam perjanjian tersebut yang memungkinkan negara maju dan negara berkembang bekerjasama untuk mencapai target penurunan emisi dan melaksanakan pembangunan yang berkelanjutan (*sustainable development*). Untuk mencapai hal tersebut, pemerintah telah mempersiapkan perangkat hukum yang mendukung pelaksanaan kegiatan CDM. Namun dalam operasional pelaksanaan perangkat hukum tersebut belum sepenuhnya dilaksanakan dengan tegas, bahkan bertolak belakang. Salah satu contoh adalah dokumen pengurangan dan penambahan areal penggunaan lahan tidak disertai dengan analisis dampak pelaksanaan kegiatan, kemudian penerbitan Surat Keputusan dan Intruksi Menteri dalam penyelarasan dilakukan dengan prosedur yang kurang lazim. Kemudian, pemilihan jenis yang tepat untuk penanaman dalam mengantisipasi peningkatan konsentrasi karbon di atmosfer dan penggunaan tanaman hasil rekayasa genetik belum di atur di dalam peraturan nasional (Anonim, 2005).

Selain hal-hal tersebut, penguatan kelembagaan nasional dan internasional belum sepenuhnya secara maksimal dilaksanakan untuk meningkatkan akses terhadap pasar CDM internasional dalam persaingan global yang semakin ketat. Dengan dasar pemikiran dan pertimbangan ini, maka keluaran teknologi dan peningkatan kapasitas baik dalam penurunan emisi dan peningkatan penyerapan adalah dengan menjaga keseimbangan antara pembangunan dan konservasi. Titik awal dalam hal ini adalah perhatian dari dampak “pembangunan” terhadap perubahan global.

Pembangunan adalah perubahan struktur masyarakat, sikap dan institusi yang melibatkan pertumbuhan ekonomi, pengurangan kadar keadilan dan penghapusan kemiskinan guna menambah kuantitas dan kualitas hidup yang lebih baik dari segi material dan rohani. Dari uraian tersebut, manusia berperan sebagai produsen, konsumen, dan pengelola. Ketiga peran tersebut harus mengontrol hubungan pembangunan dan perubahan lingkungan global, dan yang mempunyai peranan penting dalam hal ini adalah kegiatan-kegiatan pengelolaan hutan. Karena secara alam hutan yang didominasi oleh pohon-pohonan adalah sumber terbesar emisi senyawa-senyawa organik (*Volatile Organic Compounds, VOCs*) ke atmosfer (Guenther dkk., 1995). Senyawa-senyawa organik tersebut, misalnya isoprena, mono-dan sesquiterpena, alkohol, aldehide, keton dan ester. Fungsi senyawa-senyawa organik tersebut hingga saat ini masih diperdebatkan. Bagi tanaman senyawa-senyawa organik diproduksi dan diemisikan oleh tanaman adalah untuk pencegahan atau pertahanan dari penyakit (*pathogen*) khususnya bagian yang luka dan pemakan tumbuhan (*herbivore*), untuk mengundang penyerbuk (*pollinator*), dan komunikasi dengan tanaman/organisme lain. Selain itu, senyawa-senyawa organik tersebut mempengaruhi atmosfer kimia.

VOCs yang diemisikan oleh tanaman jumlahnya beragam, banyak dan sedikit sangat sensitif terhadap perubahan kondisi lingkungan. Emisi VOCs dan perubahan lingkungan secara global mempunyai pengaruh timbal balik (negatif dan positif) keduanya. Dengan

demikian konservasi biologi merupakan salah satu usaha dalam mengatasi keseimbangan antara emisi VOCs dengan perubahan-perubahan lingkungan global.

Dalam tulisan ini disajikan beberapa pengetahuan tentang senyawa organik, pengaruh timbal balik dengan perubahan global, serta analisis dan pandangan tentang kebijakan-kebijakan pemerintah khususnya di sektor kehutanan dalam perubahan iklim dan pembangunan untuk menyelamatkan bumi.

II. PENGARUH TIMBAL BALIK EMISI SENYAWA ORGANIK DAN PERUBAHAN LINGKUNGAN

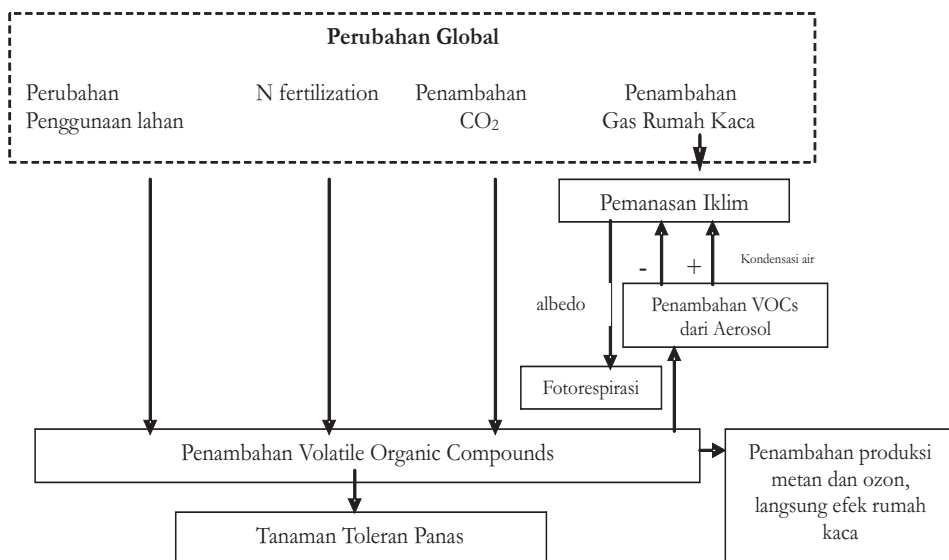
Senyawa-senyawa organik yang ada di atmosfer adalah hasil aktivitas manusia, pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor, penguapan bahan bakar (bensin, minyak tanah, dan lain-lain), pemakaian bahan pelarut, industri, pabrik makanan, dan pertanian. Kemudian proses secara alam, senyawa-senyawa organik tersebut diemisikan secara substansial oleh tanaman, hewan, pembakaran hutan, dan proses anaerobik pada daerah rawa (Hester dan Harrison, 2008).

Peningkatan emisi senyawa-senyawa organik secara alam diakibatkan oleh iklim yang panas dengan temperatur yang tinggi. Emisi senyawa-senyawa organik merupakan gambaran besarnya karbon yang hilang (>10% hilang melalui fotosintesis). Senyawa-senyawa organik yang diproduksi dan dikonsumsi oleh tanaman jumlahnya beragam, banyak dan sedikit sangat sensitif terhadap perubahan kondisi fisiologi tanaman dan lingkungan (khususnya temperatur dan intensitas cahaya). Dengan demikian, peningkatan dan penurunan emisi senyawa-senyawa organik dan perubahan lingkungan secara global mempunyai pengaruh timbal balik (*negatif* dan *positif*) terhadap keduanya.

Pada saat iklim yang panas dengan pertambahan temperatur, emisi senyawa-senyawa organik ke udara bertambah, dan ketika itu senyawa NO (*nitric oxide*) dan NO₂ (NO_x) rendah akan menaikkan konsentrasi ozon pada lapisan troposfer. Secara langsung dan tidak langsung pada saat penambahan senyawa-senyawa organik, hidroksil radikal (OH) berkurang akan menambah konsentrasi metan (CH₄), dan dengan penambahan konsentrasi metan konsentrasi gas-gas rumah kaca (*greenhouse gases*) juga akan bertambah. Penambahan konsentrasi gas rumah kaca menyebabkan pemanasan global (*global warming*) (Lerdau et al., 1997). Dampak dari pemanasan global tersebut diantaranya 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 (Gambar 1).

Kemudian sebaliknya, perubahan penggunaan lahan yang dominan mengakibatkan perubahan pada komposisi jenis tanaman, secara dramatis sangat potensial mengakibatkan perubahan emisi VOCs, misalnya hutan tropika pada akhir-akhir ini banyak berubah menjadi padang rumput (*grassland*) dengan berlimpah tanaman-tanaman C₄, yang tidak banyak mengemisikan VOCs (isoprenoid). Perubahan hutan ke fungsi lain atau perubahan asosiasi komposisi species adalah cenderung menurunkan emisi VOCs. Tetapi perubahan lahan menjadi pertanian bebas, penghijauan atau hutan tanaman

dapat menaikkan emisi VOCs, misalnya hutan tanaman *Eucalyptus* dan *Populus* mengemisi lebih dari $100 \text{ nm m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ VOCs (Harley *et al.*, 1999; He *et al.*, 2000). Besar dan kecilnya emisi senyawa-senyawa organik ke atmosfer dapat mengakibatkan perubahan lingkungan, dan sebaliknya perubahan lingkungan dapat mengakibatkan perubahan pola emisi senyawa-senyawa organik ke atmosfer. Dari hasil proses tersebut, kemampuan tanaman dapat beradaptasi pada perubahan lingkungan global akan menambah jumlah tanaman yang toleran terhadap panas (*thermotolerance*). Dengan demikian, selain jenis tanaman, pola perubahan emisi VOCs tergantung dengan kimia udara regional dan kontinental. Data pengaruh semua perubahan global komponen-komponen lingkungan tersebut masih kurang lengkap dan tepat, lebih banyak menggambarkan pengaruh penambahan VOCs (Gambar 1).



Gambar 1 (Figure 1). Diagram interaksi antara iklim yang panas dan senyawa-senyawa organik yang mudah menguap VOCs (Diagram of the interaction between climate warming (global change) and Volatile Organic Compounds (VOCs)).

III. STATUS SEKTOR KEHUTANAN DAN KECENDERUNGANNYA

Luas penutupan lantai hutan di dunia adalah 3.952.026 Ha (Tabel 1), sekitar 30% dari luas daratan dunia (FAO, 2006a). Data tersebut mengindikasikan bahwa secara global menandakan kecenderungan hutan memberikan kontribusi yang sangat signifikan pada penurunan dan peningkatan mitigasi global iklim. Kondisi tersebut memberikan sinergi terhadap adaptasi dan kelestarian pembangunan. Untuk itu realisasi potensial aktivitas sektor kehutanan harus dapat menunjukkan komitmen implementasi Protokol Kyoto, termasuk CDM. Beberapa alat yang perlu dibangun dalam hubungan manajemen pembangunan yang berkelanjutan adalah indikator dan kriteria, program hutan secara nasional, model hutan dan rencana sertifikasi.

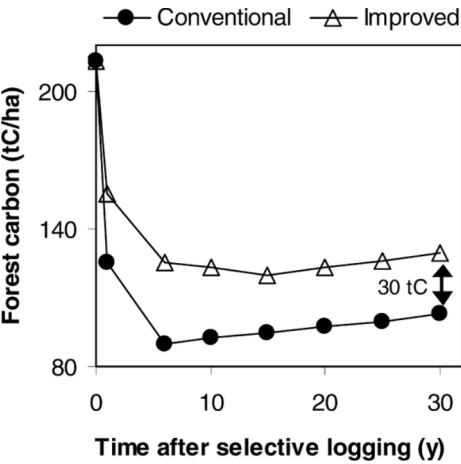
Selain itu, pemasaran dasar pembangunan jasa lingkungan dari hutan juga tidak kalah perlunya perhatian sebagai alat promosi pembangunan berkelanjutan, diantaranya konservasi biodiversiti, karbon, perlindungan batas air (*watershed protection*), dan keparawisataan. Perluasan pengembangan pasar tersebut masih sangat lambat dan tergantung interpersi pemerintah. Meskipun demikian, pembangunan pasar-pasar ini sangat dipengaruhi oleh tingkah laku pemilik-pemilik hutan. Menurut FAO (2006b), produksi kayu global adalah sekitar 3 milyar m³ dalam kurun waktu 15 tahun. Jumlah tersebut sangat tinggi, dan belum lagi ditambah dengan yang ilegal; sekitar 60% digunakan untuk industri kayu pertukangan.

Tabel 1 (*Table 1*). Estimasi perubahan areal hutan, persediaan carbon dan pertumbuhan persediaan kayu dalam tahun 1990, 2000, dan 2005 (*Estimation of forest area, carbon stock, and growing wood stock in 1990, 2000, and 2005*).

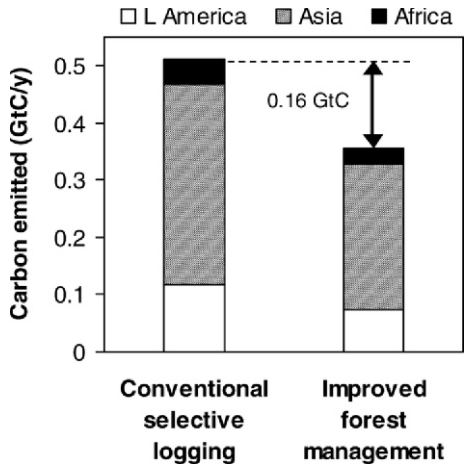
Wilayah <i>Ragion</i>	Areal hutan (milyar/ha) <i>Forest area (mill/ha)</i>	Perubahan tahunan (milyar/ ha/ tahun) <i>Annual change (mill/ha/year)</i>		Persedian karbon dalam bentuk biomas (MtCO ₂) <i>Carbon stock in living biomas (MtCO₂)</i>			Pertumbuhan Persediaan kayu dalam tahun 2005 <i>Growing stock wood in 2005</i>
		1990	2000	1990	2000	2005	Milyar m ³
		s/d 2000	s/d 2005				
Afrika	63.5412	-4,4	-4,0	241.267	228.067	222.933	64.957
Asia	571.577	-0,8	1,0	150.700	130.533	119.533	47.111
Europe	1001.394	0,9	0,7	154.000	158.033	160.967	107.264
Amerika Utara dan Tengah	705.849	-0,3	-0,3	150.333	153.633	155.467	78.582
Oceania	206.254	-0,4	-0,4	42.533	41.800	41.800	7.361
Amerika Selatan	831.540	-3,8	-4,3	358.233	345.400	335.500	128.944
Dunia	3.952.026	-8,9	-7,3	1.097.067	1.057.467	1.036.200	434.219

Sumber (*Source*): FAO, 2006a

Kemudian, dari hasil beberapa penelitian menunjukkan bahwa kerusakan hutan disebabkan oleh kurangnya keahlian penebang-penebang kayu dan operator-operator mesin yang bekerja tanpa peta dan pengawas. Sekitar 50% atau lebih jaminan kerusakan dapat dihindari dengan mengurangi dampak tanpa perencanaan dan teknik penebangan. Menurut 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 2). Meningkatnya produksi kayu pada hutan tropika menunjukkan 0,16 giga ton karbon per tahun akibat kemajuan manajemen hutan yang baik (Gambar 3). Hal ini menunjukkan perlu perhatian yang serius melalui manajemen intensif khususnya pada areal hutan skala kecil (misalnya: hutan rakyat dan hutan tanaman) dan meningkatkan konservasi hutan.



Gambar 2 (Figure 2). Substansi pengurangan karbon dari kemajuan manajemen hutan (*Substantial reductions in Carbon loss from improved forest management*).



Gambar 3 (Figure 3). Pengurangan Global karbon tahunan yang diadopsi dari kemajuan manajemen praktis hutan tropika (*Annual reductions in Global Carbon reduction from adoption of Improved Tropical Forest Management Practices*).

IV. KESEIMBANGAN PEMBANGUNAN DAN KONSERVASI UNTUK MENYELAMATKAN BUMI

Perubahan iklim dan pembangunan adalah saling mempengaruhi dan berhubungan, perubahan iklim sangat kuat dipengaruhi oleh pola pembangunan dan tingkat pendapatan. Pilihan pada teknologi, investasi, perdagangan, perumahan, hak azasi manusia, kebijaksanaan sosial dan kekuasaan nampaknya tidak berhubungan dengan emisi, tetapi sangat mempengaruhi pada suasana politik. Karena tingkat kebutuhan untuk mengurangi emisi memerlukan biaya (cost) dan keuntungan yang sangat besar. Dengan demikian, untuk perubahan iklim ini negara dihadapkan pada dua pilihan, yaitu (1) hak selayaknya untuk hidup (*climate "first"*), dan (2) pembangunan yang terpadu berkelanjutan (*development "first"*). Dua pilihan yang saling mempengaruhi secara timbal balik yang harus dikontrol oleh semua sektor secara terpadu.

Pada sektor kehutanan, kontribusi secara nyata dalam pembangunan nasional adalah pada strategi pengurangan karbon di udara. Menurut laporan IPCC (2007b), antara tahun 2000 – 2005 akibat konversi hutan menjadi lahan pertanian sebesar 12,9 juta hektar per tahun, karbon teremisi sebesar 5.380 Mt CO₂ per tahun, penyediaan karbon (*Carbon Stock*) dari biomassa hutan menurun sekitar 4.000 Mt CO₂.

Menyadari hal tersebut paradigma penyelenggaraan pembangunan sektor kehutanan perlu diubah dari orientasi *timber forest management* menjadi *forest resources management*. Karena hutan merupakan suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan yang berisi sumberdaya alam hayati yang dalam persekutuan alam lingkungannya, yang satu dengan lainnya saling berinteraksi dan tidak dapat dipisahkan. Jadi hasil hutan tidak hanya kayu semata, bahkan tersimpan sumberdaya genetik flora dan fauna yang beranekaragam. Nilai-nilai perbedaan individu atau populasi jenis flora/fauna merupakan kekayaan yang potensial terpendam (selain batubara, minyak dan gas bumi) yang belum dimanfaatkan secara optimal. Selain itu, bentuk dasar produksi yang komersial dari keanekaragaman biologi yang dimiliki hutan tropika Indonesia adalah jasa ekosistem, yaitu penyaringan air (*purification of water*), pencegahan erosi tanah (*prevention of soil erosion*) dan banjir, dan pengaturan iklim (*regulation of climate*).

Namun, kekayaan ini diperkirakan sedang mengalami kerusakan dan kepunahan akibat dinamika kehidupan masyarakat dan ketidakseimbangan lingkungan. Masyarakat dengan segala kebutuhannya mengeksploitasi isi lingkungan untuk keperluan sehari-hari yang cukup mendesak. Intensitas kebutuhan masyarakat yang semakin meningkat mengakibatkan, semakin nyata terjadinya erosi genetik pada setiap waktu, musnahnya sebagian jenis flora/fauna, berkurangnya sumber oksigen dan terjadinya peningkatan konsentrasi karbon dioksida (CO₂) di atmosfer yang dapat menaikkan suhu permukaan bumi yang menyebabkan perubahan lingkungan secara global.

Untuk menyelamatkan bumi, titik fokus penekanan strategi nasional adalah menjaga keseimbangan antara pembangunan dan konservasi. Karena sumberdaya alam mempunyai kemampuan terbatas, dan hakekat pembangunan adalah proses perubahan biosfer dan pemanfaatan tenaga manusia, dana serta sumberdaya alam (*hayati* dan *non hayati*). Bertitik tolak pada pemikiran tersebut, maka pembangunan harus mempunyai konsep "*membangun tanpa merusak*" dan "*perubahan untuk lebih baik*". Melalui konsep

tersebut, dalam alam pembangunan dewasa ini usaha konservasi (*in-situ* dan *ex-situ*) harus memprioritaskan aspek lingkungan, antara lain: penyelamatan hutan, tanah dan air; pengendalian pencemaran; pengendalian serta pembinaan pemukiman manusia serta peningkatan kesadaran masyarakat akan masalah lingkungan.

Pemahaman ini, apabila dilaksanakan, merupakan penambahan produktivitas yang sangat signifikan pada hutan alam dan hutan tanaman, sehingga sudah saatnya untuk menjaga kelestarian keanekaragaman sumberdaya genetik dengan melaksanakan program penanaman dengan subyek pemuliaan, dan dengan konsep serbaguna (*multipurpose*); tidak hanya untuk tujuan produksi kayu, tetapi juga untuk obat-obatan, pewangi, minyak, resin dan tanaman hias, serta untuk membersihkan udara. Dengan demikian, ketika memilih jenis ada tiga bagian yang utama untuk dipertimbangkan, yaitu kegunaannya, iklim (jenis tanaman yang dapat dan mampu beradaptasi terhadap perubahan iklim), tipe dan jumlah emisi senyawa-senyawa organik.

Produk yang beragam dan ekstraksinya relatif tidak merusak lingkungan, dan waktunya pendek dengan investasi yang kecil dapat meningkatkan nilai tambah dan nilai total ekonomi sumberdaya hutan. Apalagi didukung dengan sumberdaya manusia yang profesional dan manajemen strategi yang terpadu dan terkoordinasi antara pemerintah pusat dan daerah, produk hukum yang berkeadilan ditegakkan dan diterapkan secara konsisten, serta teknologi budidaya dan pengolahan yang tepat guna, maka jaminan kualitas dan kuantitas hasil pembangunan dapat direalisasikan dan ditingkatkan.

V. ANALISIS PENGAMBILAN KEPUTUSAN, RISIKO DAN KETIDAK-PASTIAN

Usaha-usaha penurunan emisi gas rumah kaca di sektor kehutanan di antaranya adalah (1) insentif finansial (nasional dan internasional) untuk memperluas areal hutan, mengurangi deforestasi, mempertahankan hutan, dan manajemen hutan; dan (2) regulasi pemanfaatan lahan dan penegakan regulasi. Kebijakan-kebijakan telah dibangun dengan merespon pada dampak perubahan iklim global, yaitu :

1. Penanaman Modal Asing (UU No. 1 tahun 1967), penanaman modal asing secara berkala perlu dicermati bentuk-bentuk investasi yang termasuk di dalam daftar positif dan negatif investasi baru.
2. Kehutanan (UU No. 41 tahun 1999), merupakan landasan hukum nasional yang mengatur pengelolaan dan perencanaan hutan, serta penelitian, pengembangan dan penyuluhan kehutanan. Selanjutnya UU ini mengatur masalah sengketa dan penyelesaiannya serta menentukan sanksi atas pelanggaran yang terjadi.
3. Ratifikasi Protokol Kyoto (UU No. 17 tahun 2004), Indonesia berpartisipasi aktif dalam pelaksanaan kegiatan Mekanisme Pembangunan Bersih (MPB).
4. Alokasi lahan hutan, rencana pengelolaan hutan dan penggunaan lahan hutan (PP No. 34 tahun 2002), teknis pengaturan pemanfaatan jasa lingkungan, termasuk penyerapan karbon, ijin pengusahaan jasa lingkungan dibatasi pada kawasan seluas 1000 ha untuk jangka waktu maksimum 10 tahun.


5. Hutan Kemasyarakatan (*Social Forestry*) (Peraturan Menteri Kehutanan No. 1 tahun 2004), penegasan status dan fungsi hutan dalam konsep pengelolaan hutan. Tatacara Aforestrasi dan Reforestrasi dalam kerangka Mekanisme Pembangunan Bersih (Peraturan Menteri Kehutanan No. 14 tahun 2004), tindak lanjut ratifikasi Protokol Kyoto dalam pelaksanaan kegiatan proyek A/R MPB sektor kehutanan.

Bagaimanapun keputusan yang tepat dari kebijakan-kebijakan tersebut, fokus perhatian masih terlihat pada ketidakpastian hubungan yang berinteraksi. Risiko yang terjadi berhubungan dengan outcome dan akibat-akibatnya, dan dapat dipastikan melalui pengembangan teori yang baik dan reliabel, data lengkap, ketidakpastian waktu hubungan dapat teratasi termasuk kelakuan manusia. Sebagaimana yang dikatakan oleh Githendu (2007), ukuran-ukuran ketidakpastian manusia adalah khususnya pada koordinasi dan strategi tingkah laku pokok yang berhubungan dengan perubahan iklim (*high agreement*) lihat Tabel 2.


Dengan demikian, analisis dukungan keputusan dapat menolong bagi pengambil keputusan, khususnya jika tidak optimum kebijakan yang dibuat. Penerapan analisis ini ditemukan sangat kuat atau keras dan sangat lemah, misalnya kesabaran membatasi jumlah dukungan bagi pembuat keputusan dalam permasalahan-permasalahan perubahan iklim. Karena itu, bagaimanapun signifikan permasalahan-permasalahan dalam mengidentifikasi, mengukur, dan menjumlah variabelnya sangat banyak. Dalam hal ini perlu input dukungan analisis kerangka kerja (*framework*) keputusan, dan biasanya pengaruh-pengaruh pada sistem alam (*natural system*) dan kesehatan manusia (*human health*) tidak mempunyai nilai pasar (*market value*). Walaupun demikian, untuk keseluruhan penerapan-penerapan adalah penyederhanaan kenyataan (*reality simplification*). Ketika banyak pembuat-pembuat keputusan dengan perbedaan sistem nilai yang menyangkut keputusan bermanfaat jelas sebagai tiang penyokong untuk menetapkan keputusan.

Selain itu, penafsiran yang terpadu dari berbagai sektor yang dilaporkan oleh pembuat-pembuat keputusan berhubungan antara geofisika perubahan iklim, pengaruh perkiraan iklim, potensial adaptasi, dan harga (*cost*) penurunan emisi dan keuntungannya, serta kerusakan atau kerugian akibat perubahan iklim.

Tabel 2 (*Table 2*). Kuantitatif definisi ketidakpastian (*Quantitative definition of uncertainty*)

 Level of agreement, (on a particular finding)	High agreement, limited evidence	High agreement, medium evidence	High agreement, much evidence
	Medium agreement, limited evidence	Medium agreement, medium evidence	Medium agreement, much evidence
	Low agreement, limited evidence	Low agreement, medium evidence	Low agreement, much evidence

Sumber (*Source*): Githendu (2007)

Amount of evidence (number and quality of independent sources) 

VI. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

1. Pembangunan merupakan intervensi terhadap lingkungan dan hakekatnya adalah mengganggu keseimbangan lingkungan dan membawa keseimbangan baru pada tingkat kualitas yang lebih tinggi. Dalam usaha untuk mencapai hal tersebut, pembangunan harus bersifat berwawasan lingkungan dan berkelanjutan.
2. Pembangunan yang berkelanjutan berhubungan dengan perubahan global, dan kegiatan-kegiatan manajemen hutan mempunyai peranan kunci melalui perubahan iklim, baik secara langsung atau tidak langsung dampak positif dan negatifnya akan terlihat pada penurunan dan penyerapan karbon, serta keanekaragaman biologi.
3. Untuk mencapai pembangunan berkelanjutan diperlukan titik fokus penekanan strategi menjaga keseimbangan antara pembangunan dan konservasi (*in-situ* dan *ex-situ*) dengan kebijakan-kebijakan yang terpadu semua sektor.
4. Penerapan kebijakan yang terpadu antara penilaian perubahan iklim dan pembangunan mempunyai pilihan sangat luas pada dampak kebijakan pembangunan terhadap tingkat emisi gas rumah kaca dan sebaliknya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2005. A/R Clean development mechanism project activities: Legal framework in Indonesia. Center for International Forestry Research. Carbon Brief 6: 1 – 4.
- FAO. 2006a. Global forest resources assessment 2005. Progress towards sustainable forest management. FAO Forestry Paper 147, 327 p.
- _____. 2006b. Summaries of FAO's Work in Forestry. Rome. Italy.
- Githendu, M. 2007. Contribution of working group III to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Technical summary p. 24 - 93.
- Guenther, A.B., Hewitt, C.N., Erickson, D., Fell, R., Geron, C., Graedel, T., Harley, P., Klinger, L., Lerdau, M., McKay, W.A., Pierce, T., Scholes, B., Steinbrecher, R., Tallamraju, R., Taylor, J., and Zimmerman, P. 1995. A global model of natural volatile organic compound emissions. *Journal of Geophysical Research* 100: 8873-8892.
- Hester, R.E., and Harisson, R.M. 2008. Volatile organic compounds in the atmosphere. Royal society of Chemistry.
- He, C., Murray, F., and Lyons, T. 2000. Monoterpene and isoprene emissions from 15 *Eucalyptus* species in Australia. *Atmospheric Environment* 34: 645 – 655.
- Harley, P.C., Monson, R.K., and Lerdau, M.T. 1999. Ecological and evolutionary aspects of isoprene emission from Plants. *Oecologia* 118: 109 – 123.

- IPCC. 2007b. Climate Change 2007. Impact, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. USA.
- Lerdau, M. and Keller, M. 1997. Controls on Isoprene Emission from Trees in a Subtropical Dry Forest. *Plant, Cell and Environment* 20: 569 – 578.
- Putz, F.E., Zuidema, P.A., Pinard, M.A., Boot, R.G.A., Sayer, J.A., Seil, D., Elias, P., and Vanclay, J.K. 2008. Improved Tropical Forest Management for Carbon Retention. *Plos Biology* 6 (7): 1 – 2.