

JRL	Vol.5	No.3	Hal.275 - 284	Jakarta, November 2009	ISSN : 0216.7735, No169/Akred-LIPI/P2MBI/07/2009
-----	-------	------	---------------	---------------------------	---

KEBIJAKAN NASIONAL DALAM BIDANG ENERGI DAN LINGKUNGAN DALAM ADAPTASI DAN MITIGASI PEMANASAN GLOBAL

DR. Ir. Ichwanudin Mawardi MSc.
Peneliti Pusat Teknologi Lingkungan
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

Abstract

Current human activities have the potential to increase gas caused by the greenhouse effect. Increasing the temperature is not constant, but in the long time scales indicates that there has been global warming. In connection with efforts to save the earth from climate change in poor countries in the world through the UN session held in Bali have agreed to: (1) Bali Roadmap; (2) agreement on action to perform activities of adaptation to the negative impacts of climate change. Many people who took out the activities of carbon dioxide, kloroflorometan, nitrogen oxides, methane, aerosols, and heat or clearing land for housing, agriculture or logging. The greenhouse effect in nature has been going on for billions of years. Without water vapor and CO₂ in the atmosphere, the temperature of the earth will be cooler 33 ° C compared to the current condition, so the earth becomes unfit for habitation. Thus, the greenhouse effect caused by water vapor and CO₂ has a positive effect for human life. The problem right now is a greenhouse gas concentrations increasing beyond normal levels of natural as well as the emergence of several new greenhouse gases such as CFCs and CFC successors, which would cause further warming and increasingly threatening the environment carrying capacity. The world has undergone changes in temperature, season, and also increased the frequency of the most dramatic climate that requires continuous regulation to control the global climate system strictly.

Keywords: greenhouse effect, global warming, climate change

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Perubahan iklim adalah perubahan salah satu atau lebih elemen cuaca pada suatu daerah tertentu. Perubahan iklim skala global adalah perubahan iklim dengan acuan wilayah bumi secara keseluruhan. Perubahan iklim global dalam skala waktu panjang mempunyai implikasi terhadap ekosistem alam. Aktivitas manusia saat ini berpotensi untuk mengganggu keseimbangan sistem alam. Gaya hidup manusia menyumbang meningkatnya gas yang menyerap panas di atmosfer, meningkatnya jumlah gas, umat manusia telah berperan dalam pemanasan yang disebabkan oleh efek rumah kaca.

Para ilmuwan internasional mengingatkan bahwa suhu dunia telah mulai memanas.

Sejumlah data menunjukkan bahwa suhu permukaan global telah memanas selama 150 tahun terakhir. Peningkatan suhu tersebut tidak konstan, akan tetapi siklus pemanasan dan pendinginan agak konsisten pada interval beberapa dekade. Kecenderungan dalam skala waktu panjang mengindikasikan bahwa telah terjadi pemanasan global.

Istilah "perubahan iklim" (*climate change*) yang digunakan UNEP-WMO *Inter-governmental Panel on Climate Change* (IPCC) mengacu pada setiap perubahan iklim terhadap waktu, baik yang disebabkan variabilitas alami maupun yang dihasilkan oleh aktivitas manusia. Pengertian ini berbeda dengan yang digunakan dalam Konvensi Perubahan Iklim PBB (UNFCCC). Dalam konvensi ini perubahan iklim mengacu pada perubahan yang terjadi disebabkan, karena secara langsung

atau tidak langsung, oleh aktivitas manusia yang mengubah komposisi atmosfer global dan merupakan tambahan (“*addition*”) terhadap variabilitas iklim alami yang diamati terjadi dalam selang waktu yang sama.

Penggunaan bahan bakar fosil yang tidak terkendali sejak terjadinya revolusi industri telah menyebabkan peningkatan pemanasan global, perubahan iklim, dan efek rumah kaca yang berdampak terhadap seluruh kehidupan bangsa (*The Meteorological Office, 1999*). Pemanasan global adalah suatu istilah yang menunjukkan adanya kenaikan rata-rata temperatur bumi yang menyebabkan perubahan iklim. Tanpa adanya efek tersebut, bumi akan terlalu dingin untuk ditempati, namun sebaliknya, apabila efek tersebut terlalu kuat, Bumi akan menjadi lebih hangat dari semestinya dan akan timbul masalah baru bagi kehidupan manusia, tumbuhan, dan binatang.

1.2. Bali Roadmap

Berkaitan dengan upaya untuk menyelamatkan bumi dari buruknya perubahan iklim negara-negara di dunia melalui sidang PBB yang dilaksanakan di Bali telah menyepakati adanya Bali Roadmap meliputi lima hal penting yaitu:

- 1) **Komitmen Pasca 2012 (*Ad-Hoc Working Group on long-term cooperative action under the convention*):**
 - a Reduksi penurunan emisi global yang lebih besar (*deeper cut*) sebesar 25-40 persen sebagai komitmen lanjutan dari negara maju (*annex-1 Protokol Kyoto*) sesuai dengan AR4 IPCC.
 - b Proses penyelesaian hingga 2009 (*Ad-Hoc Working Group on Long Term Cooperative Action under the Convention*).
 - c Peningkatan aksi mitigasi perubahan iklim secara nasional/internasional dalam kerangka *common but differentiated responsibilities* :
 - Negara maju untuk komitmen membentuk rencana aksi dalam melakukan langkah menurunkan emisi GRK yang terukur, dilaporkan dan terverifikasi.
 - Negara berkembang melakukan mitigasi dalam rangka melakukan pembangunan berkelanjutan melalui bantuan teknologi, peningkatan kapasitas, pendanaan, melalui cara-cara terukur, nyata, dan dapat dilaporkan.

2) **Adaptasi/Dana Adaptasi (*Adaptation Fund*)**

- a Tindakan aksi adaptasi seperti kerjasama internasional dalam kajian kerentanan dan kajian kebutuhan pendanaan.
- b Elemen operasional adaptation fund yang disepakati meliputi : *operating entity*, fungsi, komposisi keanggotaan, quorum, pengambilan keputusan, *chairmanship*, *frequency of meetings*, *observer*, *transparansi*, *secretariat*, *trustee*, *monetization*, *access to funding*, pengaturan institusi, dan review.
- c Badan Dana Adaptasi (*Adaptation Fund Board*) sebagai *operating entity dan Global Environment Facility* (GEF) sebagai Sekretariat dan *trustee* oleh World Bank.
- d Perwakilan Indonesia disetujui sebagai *Chairman of Adaptation Fund Board*. Pendanaan adaptasi bersumber dari 2 persen hasil penjualan certified emissions reduction (CER) dari proyek *Clean Development Mechanism* (CDM) yang memiliki dana Euro 37 juta (akan meningkat 80-300 juta USD periode 2008-2012)

3) **Alih Teknologi (*technology transfer*)**

- a Peningkatan tindakan pengembangan teknologi dan transfer pada dukungan aksi mitigasi dan adaptasi (peningkatan dari tingkat pembahasan teknis hingga implementasi).
- b Mempercepat jalan penyebaran, penggunaan, dan transfer teknologi yang ramah lingkungan
- c Peningkatan aksi pada penyediaan sumber keuangan dan dukungan investasi pada tindakan mitigasi dan adaptasi serta kerjasama teknologi.
- d Memperkuat akses pendanaan bagi negara berkembang
- e GEF sebagai operational entity untuk penerapan Convention akan menyiapkan “*a strategic program*” untuk peningkatan *development, deployment, diffusion technology*

4) **Pengurangan emisi dari Alih fungsi Hutan pada Negara berkembang (*Reducing Emission from Deforestation in Developing Countries* (REDD))**

- a Langkah nyata dalam mereduksi emisi dari

- deforestasi dan degradasi hutan merupakan kepentingan mendesak.
- b) Program kerja telah ditetapkan dan difokuskan misalnya kajian perubahan tutupan lahan dan emisi GRK, metode untuk mendemonstrasikan pengurangan emisi dari deforestasi. Hal ini penting untuk mengangkat kebutuhan komunitas lokal dan warga asli.
 - c) Persetujuan dilakukannya demonstration activities degradasi, deforestasi dan pengelolaan hutan yang berkelanjutan dimasukkan dalam mekanisme REDD National dan Sub-National baselines
- 5) Clean Development Mechanism (CDM)**
- a) Distribusi pelaksanaan CDM sampai level sub-regional .*Programmatic of activity* sudah dapat diusulkan ke *Executive Board*.
 - b) *Carbon Capture and Storage (CCS)* mempertimbangkan dimasukkannya CCS-formasi geologi ke dalam proyek CDM.
 - c) *Least Developed Countries (LDC)* menyetujui untuk memperpanjang mandate LDC's Expert Group.

2. Pembahasan

2.1. Kebijakan Lingkungan

Banyak ahli sepakat bahwa suhu global akan meningkat sebesar 1 sampai 3,5 derajat celcius pada abad ke-21 ini. Perubahan iklim pada saat ini dicirikan oleh kecenderungan pemanasan. Peningkatan suhu akan memicu perubahan dalam banyak aspek cuaca, seperti pola angin, jumlah dan jenis hujan demikian juga dengan jenis dan frekuensi kejadian cuaca ekstrim. Perubahan iklim semacam itu akan mempunyai konsekuensi pada lingkungan, social dan ekonomi. Suhu Bumi ditentukan oleh keseimbangan antara energi yang datang dari matahari dalam bentuk radiasi tampak dan energi yang diemisikan dari permukaan Bumi keluar angkasa dalam bentuk radiasi infra merah tidak tampak. Energi yang datang dari matahari melewati atmosfer tanpa mengalami perubahan yang berarti dan kemudian memanasi permukaan Bumi bagian bawah atmosfer. Radiasi inframerah dari permukaan Bumi sebagian diserap oleh beberapa gas yang dinamakan gas rumahkaca (terutama adalah CO₂ dan uap air) yang ada di atmosfer dan sebagian diemisikan ke permukaan memanasi permukaan Bumi dan atmosfer bawah.

Untuk menjamin tersedianya sumber daya alam yang lestari dan berkelanjutan bagi pembangunan salah satu dalam mengantisipasi dampak lingkungan global, termasuk perubahan iklim, pemerintah telah menetapkan kebijakan pembangunan berkelanjutan yang dituangkan dalam dokumen RPJPN (Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional, Bappenas 2007). sehingga dapat diterapkan di seluruh sektor dan wilayah yang selanjutnya dijadikan sebagai prasyarat utama dalam pelaksanaan berbagai kegiatan pembangunan. Beberapa kebijakan tersebut adalah :

- 1) Mendayagunakan sumber daya alam yang terbarukan dengan arah pemanfaatan untuk memenuhi kebutuhan energi dalam negeri dengan memanfaatkan sumber daya berbasis kelautan dan hasil-hasil pertanian sebagai energi alternatif. Di samping itu, untuk pengelolaan sumber daya alam yang sudah dalam kondisi kritis pada upaya untuk merehabilitasi dan memulihkan daya dukungnya yang selanjutnya diarahkan pada pemanfaatan jasa lingkungan sehingga tidak merusak dan menghilangkan kemampuannya sebagai modal bagi pembangunan yang berkelanjutan.
- 2) Mengelola sumber daya alam yang tidak terbarukan dengan arah pemanfaatan untuk memenuhi kebutuhan energi yang terjangkau masyarakat di dalam negeri dan untuk mendukung industri berbasis hidrokarbon seperti industri petrokimia dan industri pupuk yang mendukung sektor pertanian dalam negeri. Hasil yang diperoleh dari pengembangan sumber daya alam yang tidak terbarukan diarahkan untuk mempercepat pertumbuhan ekonomi dengan penempatan investasi pada sektor-sektor lain yang produktif dan memperkuat pendanaan dalam pencarian sumber-sumber energi alternatif yang menjadi jembatan dari energi fosil ke energi yang terbarukan seperti energi yang memanfaatkan nuklir dan panas bumi dan atau bahan substitusi yang terbarukan seperti biomassa, biogas, mikrohidro, energi matahari, arus laut, panas bumi (*geothermal*), dan tenaga angin yang ramah lingkungan.
- 3) Menjaga keamanan ketersediaan energi diarahkan untuk menyediakan energi dalam waktu yang terukur antara tingkat ketersediaan sumber-sumber energi dan

- tingkat kebutuhan masyarakat.
- 4) Mengendalikan pencemaran dan kerusakan lingkungan diterapkan guna meningkatkan kualitas lingkungan hidup yang baik di segala bidang melalui upaya peningkatan daya dukung lingkungan yang menunjang pembangunan berkelanjutan sehingga pembangunan ekonomi yang dilaksanakan tidak mempercepat terjadinya degradasi dan pencemaran lingkungan.
 - 5) Meningkatkan kapasitas pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan hidup diterapkan untuk memberikan kenyamanan dan keindahan dalam kehidupan melalui peningkatan kelembagaan pengelola sumber daya alam dan lingkungan hidup, penegakan hukum lingkungan yang adil dan tegas serta sistem politik yang kredibel dalam mengendalikan konflik, peningkatan sumber daya manusia yang berkualitas, perluasan penerapan etika lingkungan, serta perkembangan asimilasi sosial budaya yang makin mantap.
 - 6) Meningkatkan kesadaran masyarakat untuk mencintai lingkungan hidup diarahkan terutama bagi generasi muda sehingga tercipta sumber daya manusia yang berkualitas dan peduli terhadap isu sumber daya alam dan lingkungan hidup sehingga pada masa yang akan datang masyarakat akan mampu berperan sebagai penggerak bagi penerapan konsep pembangunan berkelanjutan dalam kehidupan sehari-hari.

2.2. Kebijakan Energi

Efek rumah kaca di alam telah berlangsung selama milyaran tahun. Tanpa uap air dan CO₂ di atmosfer, suhu Bumi akan lebih dingin 33° C dibandingkan pada kondisi saat ini sehingga Bumi menjadi tidak layak huni. Dengan demikian efek rumah kaca yang disebabkan oleh uap air dan CO₂ berpengaruh positif bagi kehidupan manusia. Masalahnya saat ini adalah konsentrasi gas rumah kaca semakin bertambah melebihi tingkat normal alamiahnya serta munculnya beberapa gas rumah kaca baru seperti CFC dan pengganti-pengganti CFC, yang akan menyebabkan pemanasan lebih lanjut dan semakin mengancam daya dukung lingkungan.

Karbondioksida adalah gas rumah kaca yang sangat penting, dimana sebagian dihasilkan dari aktivitas manusia. Sekitar 5,5 Giga ton per

tahun (5,5 milyar ton per tahun) karbon diemisikan per tahun dari pembakaran bahan bakar fosil (minyak, gas dan batubara) oleh kegiatan industri, rumah tangga, transportasi dan stasiun pembangkit tenaga. Sebagian kecil emisi berasal dari produksi semen dan sekitar 1,5 Giga ton karbon per tahun dari perubahan tata guna lahan seperti penggundulan hutan.

Tidak diketahui secara pasti ke mana emisi buatan manusia ini pergi, tetapi sekitar 3 Giga ton karbon tersisa di atmosfer yang menyebabkan kenaikan konsentrasinya. Diserap oleh laut dan tumbuhan masing-masing sekitar 2 Giga ton karbon per tahun. CO₂ mampu bertahan di atmosfer dengan kalahidup efektif sekitar 100 tahun. Sepertiga emisi CO₂ dari kegiatan manusia hari ini dan akan tetap berada di atmosfer pada 100 tahun yang akan datang.

Dalam pembangunan sarana dan prasarana energi yang sangat terkait dengan perubahan iklim pemerintah melalui RPJPN (Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional, Bappenas, 2007) telah menetapkan kebijakan mengenai arah pengembangannya yang ditujukan untuk mengurangi emisi carbon dan peningkatan terhadap pelayanan masyarakat melalui :

- a Pengembangan kemampuan pemenuhan kebutuhan tenaga listrik nasional secara memadai dan dapat memiliki kehandalan yang tinggi melalui rehabilitasi dan repowering pembangkit yang ada serta pembangkit baru;
- b Pengembangan sistem penyediaan tenaga listrik yang memiliki sistem tata kelembagaan yang terstruktur dengan mengoptimalkan dalam sistem dan proses pengelolaan ketenagalistrikan yang berfungsi secara efisien, produktif, dan profesional sehingga dapat memberikan peluang yang lebih luas dan kondusif bagi investasi swasta yang terpisah dari misi sosial serta mampu melibatkan secara luas peran pemerintah daerah, khususnya untuk wilayah non-komersial;
- c Pengembangan diversifikasi energi untuk pembangkit listrik yang baru terutama pada pembangkit listrik yang berbasis batubara dan gas secara terbatas dan bersifat jangka menengah agar dapat menggantikan penggunaan bahan bakar minyak dan dalam jangka panjang akan mengedepankan energi terbarukan, khususnya bioenergi, geothermal, tenaga

air, tenaga angin, tenaga surya, bahkan tenaga nuklir dengan mempertimbangkan faktor keselamatan secara ketat;

- d Pengembangan industri penunjang ketenagalistrikan nasional yang mengedepankan peningkatan kandungan lokal, pengembangan daya guna iptek yang melibatkan dunia usaha, pendidikan, pemerintah, dan masyarakat secara terintegrasi dan bersifat strategis berbasis transfer pengetahuan (knowledge transfer) termasuk pengembangan standarisasi produk dan sertifikasi kelistrikan nasional.

Kebijakan energi yang tercantum dalam blue pint pengelolaan energi nasional Tahun 2005-2025 (Blue Print Pengelolaan Energi Nasional 2005-2025, Pemerintah RI, 2005) meliputi :

1) Kebijakan utama yang terdiri dari :

- a Sisi Penyediaan melalui :
Peningkatan kemampuan pasokan energi, mengoptimalkan produksi energi, dan konservasi sumber daya energi
- b Sisi Pemanfaatan :
Efisiensi pemanfaatan energi dan diversifikasi penggunaan sumber energi
- c Mendorong harga energi ke arah harga keekonomian untuk pengembangan energi dengan tetap memberikan subsidi bagi masyarakat dhuafa (tidak mampu)
- d Pelestarian lingkungan pada terkait maka dalam bentuk pembangunan berkelanjutan dan tingkat makro melalui internalisasi eksternalitas

2) Kebijakan pendukung dalam pengelolaan energi terdiri dari :

- a Pengembangan infrastruktur energi untuk meningkatkan akses konsumen terhadap energi
- d Perlindungan masyarakat tidak mampu
- c Pelestarian lingkungan
- d Kemitraan pemerintah dan dunia usaha
- e Pemberdayaan masyarakat
- f Pengembangan litbang dan diklat
- g Pemberdayaan fungsi koordinasi

2.3. Dampak Perubahan Iklim

Dampak perubahan iklim pada beberapa sektor berdasarkan hasil skenario model iklim

global yang dilakukan oleh Pusat Riset dan Iklim Hadley, (*Hadley Centre for Climate Prediction and Research*, 1999), antara lain :

1) Dampak Perubahan Iklim Pada Vegetasi Alamiah

Dengan skenario emisi tanpa mitigasi (pencegahan), kondisi dieback (penguningan dedaunan) di hutan tropis dan padang rumput tropis diperkirakan terjadi di tahun 2080-an, khususnya di Amerika Selatan bagian utara, dan Afrika Selatan bagian tengah.

Dengan skenario emisi menuju stabilisasi CO₂ 750 ppm, dieback dari hutan tropis diperlambat sekitar 100 tahun, namun dengan stabilisasi 550 ppm dieback tersebut berkurang secara besar-besaran bahkan sampai tahun 2230. Penyerapan karbon dioksida oleh vegetasi meningkat selama abad 21 pada semua skenario IPCC. Namun karena kondisi dieback dalam vegetasi tropis, penyerapan ini hilang pada tahun 2070-an dengan skenario emisi tanpa mitigasi, dan sekitar 100 tahun kemudian dengan skenario stabilisasi konsentrasi CO₂. Tanpa adanya penyerapan tersebut, konsentrasi CO₂ akan lebih tinggi dari konsentrasi asumsi dalam model iklim, dan perubahan iklim akan lebih besar dari yang diperkirakan saat ini.

2) Dampak Perubahan Iklim Pada Sumber Air

Dengan skenario tanpa mitigasi (pencegahan), maka pada tahun 2080-an akan ada perubahan besar dalam hal ketersediaan air sungai. Penurunan cadangan air besar-besaran tampak di Australia, India, Afrika bagian selatan, hampir seluruh Amerika Selatan dan Eropa, serta di Timur tengah. Sementara itu, kenaikan cadangan air tampak di Amerika utara, Asia (khususnya Asia Tengah) dan Afrika Timur bagian Tengah.

Skenario emisi yang mengarah pada stabilisasi CO₂ 750 ppm umumnya memperlambat laju perubahan aliran sungai hingga sekitar 100 tahun. Dampak ini umumnya terjadi di Asia, akan tetapi sangat kecil terjadi di Eropa. Stabilisasi 550 ppm semakin memperlambat laju perubahan khususnya di Amerika Selatan dan Asia. Sementara dengan skenario emisi tanpa mitigasi, cadangan air diperkirakan pada tahun 2080-an semakin memburuk di sebagian besar wilayah dunia namun membaik di tempat lainnya.

3) Dampak Perubahan Iklim Pada Cadangan Pangan

Pada tahun 2080-an, perubahan iklim dan kenaikan CO₂ akibat emisi tanpa mitigasi diperkirakan meningkatkan produksi padi-padian di lintang tinggi dan lintang menengah seperti di Kanada, Cina, Argentina dan sebagian besar Eropa. Pada saat yang sama produksi padi-padian di Afrika, di Timur Tengah dan khususnya India diperkirakan akan menurun.

Dengan emisi menuju CO₂ yang stabil, sebagian kecil wilayah dunia mengalami dampak negatif. Dengan skenario 550 ppm Afrika dan India masih mengalami dampak buruk, sementara sebagian wilayah Amerika Selatan mengalami dampak lebih buruk daripada kondisi emisi tanpa mitigasi. Dalam skenario stabilisasi 750 ppm, kenaikan CO₂ meningkatkan produksi di wilayah tengah Asia. Reduksi emisi yang mengarah pada stabilisasi CO₂, tampaknya memberi peluang pengurangan dampak perubahan iklim terhadap suplai pangan dunia dalam skala pendek sampai skala menengah.

4) Dampak Kenaikan Paras Laut

Dengan emisi tanpa mitigasi, paras laut pada tahun 2080-an akan lebih tinggi sekitar 40cm daripada saat ini, sehingga diperkirakan jumlah penduduk yang mengalami banjir meningkat setiap tahunnya dari 13 juta menjadi 94 juta. Enam puluh persen dari kenaikan ini akan terjadi di Asia Selatan, dan dua puluh persen akan terjadi di Asia Tenggara (dari Thailand sampai Vietnam termasuk Indonesia dan Filipina).

Banjir akibat kenaikan paras laut akan berkurang pada skenario emisi stabilisasi CO₂. Pada tahun 2080-an dengan skenario 750 ppm diperkirakan banjir melanda sekitar 34 juta penduduk setiap tahunnya dan sekitar 19 juta dengan skenario 550 ppm. Banjir kebanyakan terjadi di Asia Selatan dan Tenggara.

Dalam semua skenario emisi, kenaikan paras laut berdampak pada berkurangnya lahan basah di kawasan pesisir pantai. Dalam skenario stabilisasi, lahan-lahan basah mampu melakukan penyesuaian sehingga mengurangi pengurangan lahan basah.

5) Dampak Perubahan Iklim Terhadap Kesehatan Manusia

Pada tahun 2080-an, diperkirakan 290 juta penduduk di seluruh dunia akan mengalami resiko terjangkit malaria falciparum (secara klinis lebih

berbahaya dibandingkan dengan malaria vivax) pada skenario emisi tanpa mitigasi. Kenaikan resiko tertinggi diperkirakan terjadi di Cina dan Asia Tengah.

Pada skenario emisi CO₂ stabil pada 750 ppm dan 550 ppm, jumlah penduduk yang akan mengalami resiko terjangkit malaria berkurang, yaitu menjadi sekitar 175 sampai 255 juta penduduk saja. Ini adalah taksiran indikatif potensi keuntungan stabilisasi, (McGregor, J.L., J.J. Ketzfey, dan K.C. Nguyen, 1998).

Pemanasan global akan mengurangi resiko mortalitas di banyak kota pada zona lintang menengah dan tinggi, karena pengurangan mortalitas akibat musim dingin melebihi kenaikan mortalitas akibat suhu panas di musim panas. Keuntungan ini tidak sebaik dalam skenario emisi menuju CO₂ yang stabil.

2.4. Mitigasi dan Adaptasi Pemanasan Global

Indonesia berperan aktif dalam menghadapi pemanasan global walaupun tidak termasuk kategori negara yang wajib menurunkan emisi gas rumah kaca (GRK). Upaya Indonesia dalam menghadapi perubahan iklim terbagi atas dua hal perencanaan, yaitu:

- 1) Mitigasi Plan. Perencanaan pembangunan yang terkait dengan perubahan iklim yang dilakukan melalui kegiatan memperlambat terjadinya perubahan iklim lebih lanjut, berupa pembangunan dan pelestarian lingkungan, termasuk hutan, lahan pertanian, dan laut.
- 2) Adaptation Plan. Perencanaan pembangunan yang terkait dengan perubahan iklim yang dilakukan melalui kegiatan penyesuaian diri dengan kondisi perubahan iklim yang terjadi, berupa upaya sektoral untuk mengantisipasi perubahan iklim melalui teknologi adaptif dan rekayasa sosial

Laporan Kajian Ketiga IPCC dipublikasikan pada tahun 2001, informasi yang dapat diperoleh menggambarkan keterkaitan dalam arah putaran jarum jam, yakni memperoleh informasi tentang perubahan iklim dan dampaknya dari informasi sosio-ekonomi dan emisi. Dengan semakin meningkatnya pemahaman tentang keterkaitan antar unsur-unsur dalam kerangka kerja perubahan iklim tersebut, kini memungkinkan untuk mengkaji alur keterkaitan dalam arah yang berlawanan dengan putaran jarum jam. Kini

sangat mungkin bagi kita untuk mengevaluasi development pathways dan emisi global serta berbagai batasannya yang akan mengurangi risiko dampak perubahan iklim yang ingin atau mampu dihindari pada masa-masa mendatang. Kemampuan mengkaji keterkaitan antar unsur kerangka kerja perubahan iklim pada berbagai skala dan untuk berbagai sektor, merupakan syarat perlu bagi suksesnya upaya-upaya mitigasi dan adaptasi perubahan iklim.

Adaptasi untuk menyikapi terhadap dampak perubahan iklim berjalan beriringan dengan mitigasi menjadi topik utama dalam konvensi perubahan iklim di Bali. Dunia telah mengalami terjadinya perubahan suhu, musim, dan juga peningkatan frekuensi iklim yang sangat dramatis sehingga memerlukan pengaturan yang berkelanjutan mengontrol sistem iklim global secara ketat. Oleh karena itu perlu dilakukan adaptasi terhadap hal diatas.

Berdasarkan IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) perlawanan dampak perubahan iklim yang sangat signifikan meliputi (*Ministry of Environmental, 2007*) :

- 1) Pengurangan menyeluruh penggunaan lahan tanaman pertanian dalam wilayah tropis dan sub tropis yang secara potensial menyebabkan peningkatan suhu.
- 2) Pengurangan menyeluruh secara potensial lahan tanaman pangan di wilayah-wilayah yang berada di Utara atau Selatan equator dengan beberapa variasi untuk meningkatkan rata-rata suhu dalam setahun atau lebih dari beberapa derajat celcius.
- 3) Terjadinya pengurangan sumber air di beberapa daerah yang sumber daya airnya minim, terutama di wilayah sub tropis.
- 4) Tindakan yang menyebabkan peningkatan panas secara berlebihan sehingga menimbulkan penyakit yang dibawa oleh serangga seperti malaria dan penyakit yang disebabkan oleh air seperti kolera.
- 5) Peningkatan risiko banjir di pemukiman penduduk yang disebabkan oleh tingginya pengendapan dan kenaikan permukaan laut yang berdampak terhadap sepuluh orang per satu juta penduduk.
- 6) Peningkatan kebutuhan energi untuk pendingin ruangan yang menyebabkan peningkatan suhu yang lebih tinggi di musim panas.

Adaptasi yang didefinisikan oleh IPCC merupakan suatu penyesuaian sistem alam

atau kehidupan dalam merespon kenyataan atau perkiraan dalam perubahan iklim global. Beberapa jenis adaptasi yang dapat diidentifikasi meliputi adaptasi antisipatori dan reaksi, adaptasi pribadi dan swasta, serta adaptasi yang mandiri dan terencana.

Kebijakan adaptasi didefinisikan oleh IPCC merupakan aksi yang diambil oleh beberapa pemerintahan termasuk legislatif, regulasi, dan insentif untuk melakukan sesuatu atau perubahan fasilitas dalam sistem sosial – ekonomi yang bertujuan untuk mengurangi kerawanan bagi perubahan iklim termasuk perubahan iklim yang tidak menentu dan sangat dramatis. Perubahan tersebut dapat terjadi dalam praktek, proses, atau sistem struktur untuk merespon terjadinya perubahan iklim baik secara nyata maupun perkiraan, (IPCC Fourth Assessment Report (AR4) WG-III, 2007).

Mitigasi perubahan iklim dan dampaknya menjadi isu utama dalam konvensi di Bali. Stabilisasi konsentrasi GRK di atmosfer pada suatu level tertentu yang dapat mencegah terjadinya perubahan sistem dapat didekati dengan dua cara, yaitu pertama dengan membatasi atau mengurangi emisi GRK dari sumbernya dan yang kedua dengan mempertahankan kondisi awal semula dengan cara meningkatkan pengurangan atau menyimpan gas-gas rumah kaca, (IPCC *Fourth Assessment Report* (AR4) , 2007).

Berikut adalah contoh identifikasi adaptasi dan mitigasi terhadap perubahan iklim untuk bidang pertanian :

- 1) Perubahan iklim yang tidak menentu menjadi faktor yang menyebabkan terjadinya kerentanan pangan di berbagai negara. Perubahan iklim global tersebut harus menjadi pertimbangan dalam program pengembangan pertanian dengan mengusahakan terjadinya penyesuaian sistem tanam. Berdasarkan pengalaman terjadinya perubahan iklim yang sangat tajam berdampak terhadap produksi pertanian dan masalah-masalah lain yang terkait dengan perkembangan dan penyebaran hama dan penyakit sehingga diperlukan adanya strategi untuk melakukan penyesuaian sistem tanam terhadap perubahan iklim tersebut. Adaptasi terhadap perubahan iklim yang sangat tajam merupakan strategi dimana sistem produksi pertanian harus secara langsung beradaptasi dengan kekeringan, banjir, hama, dan penyakit.
- 2) Terjadinya perubahan iklim yang sangat tajam menyebabkan terjadinya kekeringan

sehingga berakibat munculnya kerentanan terhadap sistem produksi pertanian. Untuk mempertahankan produksi dan pertumbuhan hasil pertanian perlu dilakukan adaptasi untuk mengatasi kekeringan tersebut dengan cara menjaga ketersediaan air untuk pertanian. Ketersediaan air yang minim menyebabkan terjadinya penurunan kualitas hasil pertanian pada musim panen. Upaya untuk menyediakan air yang mencukupi harus segera dilakukan melalui berbagai strategi yang meliputi sistem air yang menggunakan penampungan air dengan kapasitas banyak (*reservoir*) dan sedikit (*pond*) dengan kombinasi pemanfaatan air secara efisien melalui penerapan saluran-saluran irigasi. Besarnya kapasitas air penampungan yang banyak (*reservoir*) tergantung pada ukuran dan karakteristik lahan yang dialiri. Secara kasar ketersediaan air irigasi secara potensial dapat dihitung melalui ukuran luas areal yang dialiri dan curah hujan dalam setahun. Petani perlu diperkenalkan dengan varietas tanaman untuk mengantisipasi hasil panen pada musim kering.

- 3) Mitigasi banjir pada area pertanian diperlukan untuk mengatur penurunan hasil pertanian yang hilang pada setiap lahan. Daerah pertanian yang berlokasi di hilir mendekati pantai harus lebih dilindungi dari ancaman bencana banjir serta dapat pula diterapkan sistem irigasi melalui penampungan air. Adaptasi dari pertumbuhan dan produksi hasil pertanian melalui varietas hasil panen dapat untuk mengantisipasi munculnya ancaman yang timbul akibat kondisi resistensi.
- 4) Untuk melakukan adaptasi terhadap iklim yang tidak menentu sangat perlu dilakukan penjadwalan ulang waktu tanam. Hal ini merupakan kombinasi antara perkiraan iklim yang diatur sesuai dengan waktu tanam dengan adaptasi terhadap ketersediaan air yang sangat terbatas. Kepekaan pola tanam sangat ditentukan oleh iklim yang selalu berubah tidak menentu. Oleh karena itu, menjadi sangat penting untuk mengatur waktu tanam yang didasarkan pada kondisi

cuaca. Waktu tanam yang paling baik menjadi pertanyaan bagi petani untuk memulai melakukan penanaman di ladang mereka masing-masing. Waktu tanam di berbagai negara berbeda waktu dan tempatnya tergantung pada iklim dimana bagi negara-negara yang mengalami terjadinya La-Nina maka waktu tanamnya dilakukan lebih cepat dibandingkan waktu normal tanam sementara bagi negara-negara yang mengalami El Nino maka waktu tanamnya dilakukan lebih lambat dibandingkan waktu normal tanam.

- 5) Upaya mitigasi untuk mengurangi dampak perubahan iklim juga menjadi hal yang penting untuk memutuskan secara menyeluruh dan terintegrasi dengan kegiatan adaptasi. Beberapa strategi mitigasi antara lain, yaitu :
 - a) Pengelolaan air dan lahan untuk dapat tercapainya emisi yang rendah
 - b) Memperkenalkan varietas tanaman dengan didukung emisi yang rendah
 - c) Pengelolaan sistem pertanian dan peternakan yang terpadu.

Setiap strategi tersebut dapat diterapkan dengan mempertimbangkan kondisi spesifik lahan pertanian yang ada. Irigasi yang diatur bagi lahan tanaman padi merupakan salah satu strategi pengelolaan air dan lahan yang mungkin dapat mengurangi emisi CH_4 . Hal ini sangat penting untuk memberikan fasilitas bagi petani dalam menerapkan pengelolaan sistem air bagi lahan pertanian padi mereka.

Matriks lengkap penerapan adaptasi dan mitigasi untuk sektor pertanian tersaji sebagai berikut, (*Ministry of Environmental* (2007) :

<i>Agriculture sub-sector</i>	<i>Climate Prediction</i>	<i>Adaptation Technology</i>	<i>Mitigation Technology</i>
<i>Rice field/ horticulture</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Climate database management</i> 2. <i>Climate information technology</i> 3. <i>Climate model development</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Crops tolerance to drought and flood</i> 2. <i>Early mature crops varieties</i> 3. <i>Cropping calendar</i> 4. <i>Water harvesting</i> 5. <i>Efficient irrigation</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Appropriate Fertilizing</i> 2. <i>No Tillage</i>
<i>Livestock</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Climate database management</i> 2. <i>Climate information technology</i> 3. <i>Climate model development</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Adaptable cattle to dry and wet climate</i> 2. <i>Communal livestock sheltering</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Composting manure</i> 2. <i>Biogas production</i>
<i>Peat Land</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Climate database management</i> 2. <i>Climate information technology</i> 3. <i>Climate model development</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Minimum tillage</i> 2. <i>Balance fertilizing</i> 3. <i>Appropriate soil amelioration</i> 4. <i>Drainage control</i> 5. <i>Subsidence control</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Overcoming slash and burn</i> 2. <i>Avoiding over drain</i> 3. <i>Maintaining soil moisture</i>

3. Kesimpulan

- 1) Untuk menjaga sumber daya energi diperlukan upaya perencanaan pemanfaatan energi secara terpadu dan melakukan diversifikasi energi dan penggunaan sumber energi baru dan terbarukan sebagai energi alternatif;
- 2) Pemanfaatan sumber daya energi perlu memperhatikan aspek pembangunan berkelanjutan, khususnya mempertimbangkan kerusakan hutan, keanekaragaman hayati dan pencemaran lingkungan;
- 3) Perencanaan pemanfaatan dan pengembangan sumber daya energi seharusnya menggunakan pendekatan desentralisasi yang memprioritaskan pemanfaatan sumber-sumber energi lokal yang tersedia; serta
- 4) Pencarian sumber-sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan perlu dilakukan sehingga dapat mengurangi pemanfaatan sumber-sumber energi tidak terbarukan yang cenderung merusak lingkungan

- 5) Perubahan iklim harus disikapi dengan kegiatan nyata dalam bentuk adaptasi dan mitigasi secara tepat untuk semua sektor.

Daftar Pustaka

1. Anonim, 2007. *Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional, Bappenas.*
2. Anonim, 2005. *Blue Print Pengelolaan Energi Nasional 2005 – 2025, Pemerintah RI*
3. Anonim, 2006. *United Nations Framework Convention On Climate Change, UNFCCC*
4. Anonim, 2007. *Draft 1 Updating Indonesia Technology Needs Assesment, Working Group Technology Transfer Indonesia, Ministry of Environmental*
5. Anonim, 1999. *The greenhouse and climate change, Hadley Center for Climate Prediction and Research, The Meteorological Office, United Kingdom.*
6. Anonim, 1999. *Climate change and its impacts. Hadley Center for Climate Prediction and Research, The Meteorological Office,*

- United Kingdom.
7. Anonim, 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Summary for Policy Makers, IPCC Fourth Assessment Report (AR4) WG-I
 8. Anonim, 2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Summary for Policy Makers, IPCC Fourth Assessment Report (AR4) WG-II
 9. Anonim, 2007. Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change, Summary for Policy Makers, IPCC Fourth Assessment Report (AR4) WG-III
 10. Anonim, 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report, IPCC Fourth Assessment Report (AR4)
 11. McGregor, J.L., J.J. Ketzfey, dan K.C. Nguyen, 1998. Fine resolution simulations of climate change for South East Asia , Final Report for SARCS Research Project, CSIRO.