

## **PEMANASAN BUMI SEBAGAI KONSEKUENSI PEMBANGUNAN MODERN YANG TIDAK TERKONTROL**

---

**Tri Harso Karyono**

Balai Besar Teknologi Energi (B2TE) – BPPT  
Kawasan Puspiptek Tangerang 15314, Indonesia  
Email: tkaryono@telkom.net

### **ABSTRAK**

Bencana alam melanda hampir setiap tempat di semua penjuru dunia. Hal ini merupakan gejala atau fenomena alam yang dapat terjadi di manapun dan kapanpun. Kepentingan hidup manusia terusik. Besarnya dimensi dan frekuensi bencana alam diduga erat terkait dengan perubahan pola aktifitas manusia serta penambahan populasi manusia di dunia. Gejala alam ini menimbulkan lebih banyak bencana alam ketika manusia mulai merambah, menguasai dan menempati hampir semua titik di permukaan muka bumi yang sebelumnya tidak pernah dihuni. Peningkatan ragam aktifitas manusia meningkatkan kebutuhan sarana dan prasarana untuk mengakomodir aktifitas tersebut. Pembangunan sarana dan prasarana fisik meningkat dengan cepat. Gedung, jembatan, pelabuhan, bandara udara, jalan, perumahan, sarana rekreasi dan lainnya bertambah dengan sangat cepat menambah luasan kulit bumi yang tertutup bangunan dan perkerasan. Sayangnya pembangunan fisik ini tidak selalu mempertimbangkan keseimbangan lingkungan alami bumi sehingga timbul pergeseran keseimbangan lingkungan yang menimbulkan lebih banyak gejolak alam.

Menengok kembali cara pembangunan yang dilakukan para leluhur kita dalam menyediakan sarana dan prasarana fisik bagi aktifitas kehidupan mereka, banyak hal yang dapat kita pelajari untuk kehidupan kita saat ini dan masa datang. Paper ini mencoba membahas konsep dan metoda membangun secara tradisional di masa lalu serta konsep dan metoda membangun modern masa kini, untuk kemudian dikaitkan dengan isu pemanasan bumi dan bencana alam

**Kata kunci:** Bencana alam, Modern, Pemanasan bumi, Pembangunan fisik, Tradisional

### **ABSTRACT**

Natural disaster has stroke all over the world. This is an indication or the natural phenomena that can occur anywhere and anytime. The need of the mankind would be disturbed. The magnitude and the frequency of the natural disaster are predicted to be connected with the change of the activity pattern of the human being and the world's population. Natural phenomena cause more natural disaster when people are getting more, taking control and populating almost all places on earth. The progress of the mankind activities intensifies the need of facilities and infrastructure to accommodate such activities. The facilities and infrastructure have therefore developed rapidly. Buildings, bridges, harbors, airports, streets, housings, entertainment facilities etc are expanding rash and causing the earth surface covered by buildings and hardness. Unfortunately, physical development does not always consider the balance of the natural environment so that the misbalance of the natural environment causes more natural disaster.

Looking back to the way how our ancestors provided the facilities and physical infrastructure for their life activities, there are a lot of things we can learn about for now and the future. This paper tries to discuss about concept and methods to build in the past traditionally as well as to build in a modern way nowadays, it will be referred to the issue of the global warming and natural disaster.

**Key words:** Natural disaster, Modern, Global Warming, Physical development, Traditional

## 1. PENDAHULUAN

Peningkatan keragaman aktifitas manusia meningkatkan sarana dan prasarana untuk mewadahnya. Diperlukan bangunan, jalan, jembatan dan sebagainya untuk mengakomodir peningkatan jenis dan ragam aktifitas manusia serta peningkatan tuntutan kualitas hidup manusia yang lebih tinggi. Transportasi cepat dan nyaman, bangunan indah dan nyaman, peralatan-peralatan elektronika dan komunikasi yang mampu mendukung aktifitas manusia secara lebih mudah, cepat dan pasti. Semuanya merubah pola dan cara pandang hidup manusia terhadap dunia.

Terjadi pergeseran pola dan cara kehidupan manusia, dari kehidupan tradisional, agraris yang bergantung dengan alam, menjadi suatu kehidupan modern, industrialistis, serba cepat dan sangat tergantung terhadap teknologi. Kesemuanya mendorong manusia untuk menggunakan teknologi yang cenderung konsumtif terhadap penggunaan sumber energi tidak terbarukan, seperti minyak bumi atau bahan bakar fosil [1].

Berbagai penemuan ilmu pengetahuan dan teknologi baru yang menciptakan kemudahan hidup manusia saat ini secara langsung atau tidak langsung meningkatkan ketergantungan manusia terhadap teknologi yang umumnya digerakkan dengan bahan bakar yang bersumber dari minyak bumi. Melesatnya kegiatan pembangunan fisik untuk pemenuhan aktifitas manusia merubah fisik muka bumi secara mencolok. Kawasan hutan berubah menjadi pertanian, Kawasan pertanian berubah menjadi permukiman dan desa, desa berubah menjadi kota kecil, kota kecil berubah menjadi kota besar, kota besar menjadi metropolitan, dan kota metropolitan menjadi megapolitan dan seterusnya [2].

Sayangnya hampir semua teknologi modern yang digunakan manusia saat ini sangat bergantung kepada sumber energi bahan bakar minyak (BBM) yang notabene tidak terbarukan. Mesin ketik manual yang mengandalkan tenaga tangan manusia diganti dengan komputer yang dioperasikan listrik. Timba air atau pompa air tangan diganti pompa listrik, tungku kayu bakar diganti kompor gas atau kompor listrik, sepeda dan alat transportasi hewan diganti sepeda motor, mobil, kereta api, kapal motor dan bahkan pesawat terbang. Semuanya mengkonsumsi banyak minyak.

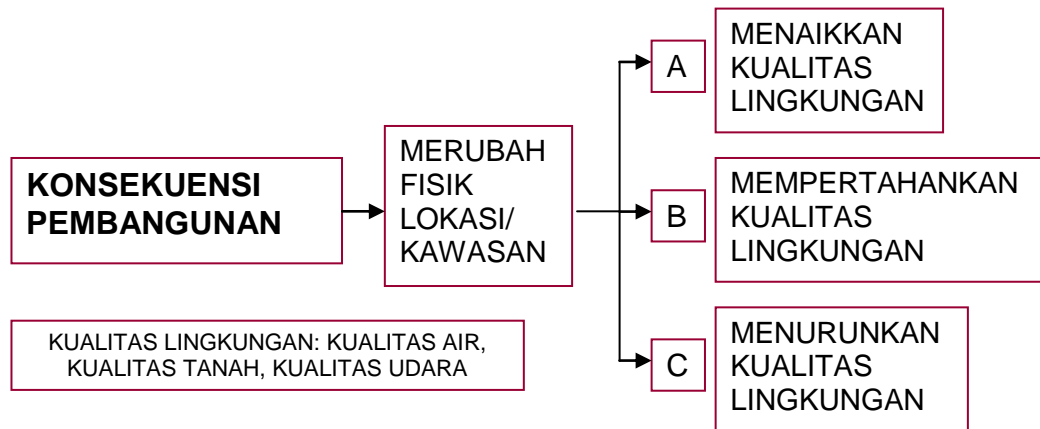
Pembakaran minyak secara kontinyu dalam jumlah yang semakin besar di satu sisi menyebabkan penipisan cadangan sumber daya energi yang tidak terbarukan ini, sementara di sisi lain menghasilkan polutan CO<sub>2</sub> yang diduga keras menyebabkan terjadinya pemanasan bumi (*global warming*). Sejak revolusi Industri aktifitas manusia di dunia diperkirakan mengemisi sekitar 25% CO<sub>2</sub> lebih banyak dari waktu-waktu sebelumnya [3]. Pemanasan bumi menciptakan perubahan cuaca global secara tidak beraturan dan sulit diprediksi.

Banjir besar menghanyutkan sekian puluh bahkan ratus manusia. Tanah longsor menelan korban ribuan jiwa. Gunung meletus menghilangkan nyawa ribuan orang. Banjir atau luapan air sungai, gunung meletus, tanah longsor, merupakan gejala atau fenomena alam yang dapat terjadi di manapun dan kapanpun. Baik itu di negara maju, Eropa, Amerika, Jepang, dan lainnya, maupun di negara berkembang: Afrika, Asia termasuk Indonesia [4].

## 2. PEMBANGUNAN FISIK, ENERGI DAN PELEPASAN KARBON

Pembangunan fisik diperlukan bagi peningkatan kualitas hidup manusia. Meskipun demikian, tidak jarang terjadi bahwa pembangunan secara disadari atau tidak, dapat menimbulkan masalah lingkungan dan bencana yang justru menurunkan kualitas hidup manusia.

Pembangunan fisik memerlukan energi, baik energi yang digunakan dalam proses konstruksi maupun energi yang digunakan untuk membuat material misalnya semen, aspal, dan lainnya, serta energi yang digunakan untuk mengangkut material dari tempat produksi hingga sampai ke lokasi pembangunan. Pada masa ini sebagian besar energi yang digunakan berasal dari energi fosil atau minyak. Pembakaran minyak selain menghasilkan panas juga dapat dikonversi menjadi energi listrik dan mekanik. Proses konversi ini mengeluarkan gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>).



**Gbr. 1. Konsekuensi Pembangunan [5]**

Karbondioksida merupakan salah satu gas penting pembentuk selubung transparan di lapisan atmosphere yang dikenal sebagai 'gas rumah kaca'. Gas rumah kaca (karbondioksida, uap air dan *methane*) berperilaku semacam kaca transparan yang menyelimuti bumi. Selimut atau selubung transparan (bening) ini berfungsi sebagaimana sebuah rumah kaca yang memungkinkan panas serta cahaya matahari menembus permukaan bumi. Sebagai rumah kaca, selimut ini tidak membiarkan seluruh panas yang

sudah diterima oleh bumi kemudian kembali ke angkasa luar. Dengan selimut transparan ini, sejumlah panas yang cukup ideal bagi kelangsungan hidup makhluk bumi dan tumbuhan, terperangkap di antara permukaan bumi dan lapisan atmosfer [6].

### **3. CARA DAN KONSEP MEMBANGUN**

Konsep dan cara membangun secara garis besar dapat dibagi dua: tradisional dan modern. Kedua cara ini memiliki kelebihan dan kelemahan terkait dengan kecepatan membangun, pembiayaan, kualitas akhir, keterlibatan manusia, penggunaan sumber daya alam, dampak terhadap lingkungan dan lainnya. Aspek yang terkait dengan dampak terhadap lingkungan akan menjadi fokus pembahasan dalam membedakan konsep tradisional dan modern.

#### **3.1. Konsep Tradisional**

Pada masa lampau, jumlah manusia masih terbatas, demikian pula jenis dan ragam aktifitasnya masih terbatas. Kegiatan manusia masih terkait dengan hal-hal yang ada hubungan dengan kebutuhan hidup dasar manusia: survive di muka bumi. Di dalamnya tercakup kegiatan makan, minum, tidur, mencari makanan (bercocok tanam, berburu), mengembangbiakkan keturunan, membuat tempat berteduh, membuat peralatan-peralatan terkait dengan pengumpulan bahan makanan dan peralatan membela diri dari serangan musuh atau binatang buas. Sebagian besar kegiatan manusia di kawasan tropis (dengan suhu udara rata-rata yang tidak terlalu rendah) diselenggarakan di luar bangunan atau di alam terbuka [5].

Membangun tempat tinggal, gudang makanan/lumbung dilakukan dengan konsep dan metoda yang sama secara turun temurun hampir tanpa perubahan. Membangun masih terbatas untuk memenuhi kebutuhan dasar untuk bertahan hidup. Material yang digunakan umumnya diambil dari tempat di mana bangunan dibangun, tidak memerlukan energi transportasi kecuali tenaga manusia dan hewan jika diperlukan. Pada umumnya material digunakan begitu saja tanpa ada pengolahan secara kimiawi. Seandainya ada proses pengawetan, dilakukan secara alamiah, misalnya merendam bambu atau kayu di sungai dalam kurun waktu tertentu. Pengecatan bangunan, jika ada, juga menggunakan bahan-bahan alam seperti getah tanaman, tanah liat, dan lainnya.

Keterbatasan ilmu pengetahuan dan teknologi secara langsung atau tidak langsung membatasi kemampuan manusia untuk merubah alam dan sangat membatasi penggunaan sumber daya alam yang tidak terbarukan. Untuk penerangan selain menggunakan kayu atau dahan kering yang dibakar, pada perkembangan selanjutnya menggunakan minyak dari bahan nabati seperti kelapa, kacang, buah jarak, kemiri dan sebagainya.

Mitos terhadap kekuatan alam yang bersifat abstrak (gaib) seperti halnya kepercayaan bahwa sungai, danau ada makhluk penunggunya, demikian pula pohon besar, batu, bukit,

gunung dan benda-benda alam lain, membantu lingkungan untuk tetap lestari tanpa ada perusakan. Pemanfaatan sumber daya alam sangat terbatas untuk pemenuhan kebutuhan hidup dasar. Dengan konsep dan metoda membangun semacam ini, eksploitasi alam tidak terjadi. Bangunan cenderung selaras dengan alam dan kualitas lingkungan (udara, air dan tanah) terjaga dengan baik [5].

### **3.1.1. Kasus membangun tradisional: hunian tradisional di Toraja**

Seperti halnya hunian tradisional suku di Indonesia, hunian tradisional Toraja memiliki arsitektur yang khas selaras dengan alam pegunungan sekitarnya, dibangun secara turun temurun. Material bangunan diambil dari lokasi sekitar, umumnya kayu dari hutan setempat, sehingga tidak memerlukan energi transportasi material. Material bangunan merupakan material alamiah yang tidak diproses secara kimiawi tidak menimbulkan pencemaran lingkungan. Membangun rumah merupakan pemenuhan kebutuhan dasar hidup sehingga jumlah bangunan terbatas sesuai kebutuhan jumlah warga. Tidak terjadi eksploitasi alam, tanah, hutan dan tumbuhan.

### **3.1.2. Kasus membangun tradisional: material bambu dan kayu – hunian tradisional di Bali**

Hunian tradisional di desa Panglipuran, Bali merupakan salah contoh bagaimana pembangunan sarana fisik bangunan dilakukan dengan memanfaatkan material yang ada di sekitar permukiman. Desa ini terletak di suatu kawasan hutan bambu. Material bambu merupakan material utama bangunan rumah, dari struktur bangunan hingga dinding pembatas ruang serta atap rumah menggunakan bambu. Tidak ada proses pengolahan material bambu secara kimiawi. Material bambu yang terletak di belakang permukiman dengan mudah dapat diangkut ke lokasi rumah dengan menggunakan tenaga manusia, tanpa energi transportasi dari sumber fosil. Pembangunan rumah dilakukan dengan tenaga manusia tanpa memerlukan peralatan yang digerakan oleh mesin atau peralatan yang mengkonsumsi energi fosil [5]. Secara menyeluruh hampir tidak ada emisi CO<sub>2</sub> dalam proses pengadaan material, pengangkutan material dan pemasangan material di lokasi bangunan.

### **3.1.3. Kasus membangun tradisional: Igloo – hunian penduduk Eskimo**

Hunian penduduk Eskimo di Kutub utara di bangun dengan menggunakan material setempat yakni bongkahan atau balok es. Material diperoleh dari tempat di sekitar lokasi di mana hunian akan dibangun sehingga tidak memerlukan energi transportasi bagi pengangkutan material bangunan. Material yang digunakan tidak memerlukan pengolahan secara kimiawi sehingga tidak menimbulkan efek apapun terhadap lingkungan sekitarnya. Membangun hunian masih terbatas untuk memenuhi kebutuhan dasar hidup mereka akan tempat tinggal. Hunian dibangun secara turun menurun (tradisi) hampir tanpa perubahan

dari waktu ke waktu dan cenderung mempertahankan kualitas fisik lingkungan serta selaras dengan alam sekitarnya.

### **3.2. Konsep dan Cara Membangun Modern**

Pembangunan modern cenderung mengeksploitasi teknologi, energi dan sumber daya alam lain tanpa memperhitungkan dampak negatif terhadap alam dan lingkungan. Selain untuk memenuhi kebutuhan dasar manusia serta kebutuhan-kebutuhan sekunder, tertier dan seterusnya, ada kecenderungan pembangunan modern mengarah kepada kebutuhan-kebutuhan baru yang tidak ada sebelumnya. Penggunaan material yang berasal dari berbagai tempat memerlukan energi untuk transportasinya. Material bangunan pun merupakan hasil olahan kimia dari bahan-bahan alam atau bahan sintesis, memerlukan energi pengolahan dan berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan. Pembangunan cenderung merubah fisik alam daripada melestarikan atau menyesuaikannya. Kerusakan alam dan lingkungan terjadi tanpa disadari.

Penggunaan teknologi modern dengan peralatan modern yang digerakan dengan energi fosil tidak terelakkan. Penggunaan energi fosil baik dalam pembuatan /produksi material bangunan, pengangkutan material dari tempat pembuatan ke tempat penjualan hingga sampai ke lokasi pembangunan menggunakan moda transportasi dengan bahan bakar fosil dan mengemisikan sejumlah CO<sub>2</sub>. Pelaksanaan konstruksi menggunakan peralatan yang digerakan bahan bakar fosil juga mengemisi CO<sub>2</sub>. Secara keseluruhan emisi ini mempercepat proses pemanasan bumi.

## **4. PEMBANGUNAN MODERN DAN PEMANASAN BUMI**

Pembangunan modern sangat tergantung pada material non-organik yang diproduksi melalui proses kimiawi dan pembakaran, seperti halnya semen, keramik, kaca, baja, dan sebagainya. Proses pembuatan material memerlukan energi yang sebagian besar bersumber dari energi fosil. Pengangkutan dan pekerjaan konstruksi di lapangan memerlukan peralatan dan teknologi yang hampir seluruhnya digerakkan dengan energi fosil. Pembakaran energi fosil mengemisi CO<sub>2</sub> dalam jumlah besar. Karbondioksida merupakan gas yang menimbulkan efek rumah kaca dan meningkatkan suhu bumi.

### **4.1. Fenomena Efek Rumah Kaca**

Fenomena gas rumah kaca yang mengelilingi bumi ini pertama kali dimunculkan oleh ahli matematik Perancis, Baron Jean Baptiste Fourier sekitar tahun 1820-an [7]. Efek rumah kaca merupakan proses yang terjadi akibat pancaran sinar matahari gelombang pendek menembus kaca (atau bidang transparan yang berperilaku seperti kaca) dan memanaskan benda-benda di dalamnya. Benda-benda tersebut kemudian menjadi panas dan memancarkan panasnya dalam bentuk radiasi gelombang panjang (*infrared*) ke udara. Kaca

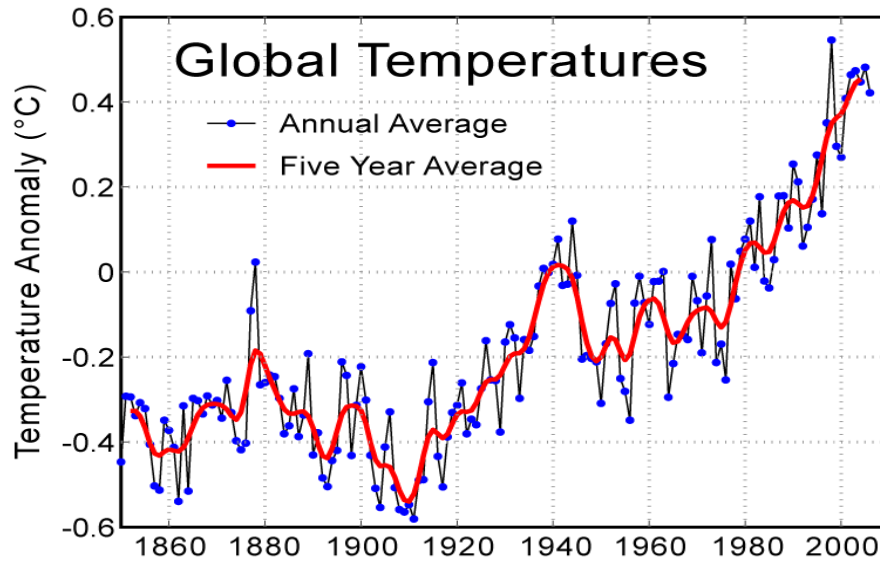
(atau selubung transparan) tidak dapat ditembus oleh radiasi *infrared*, maka panas terperangkap di dalam. Fenomena ini mengakibatkan kenaikan suhu ruang di dalam rumah kaca tersebut.

Pemanasan bumi terjadi melalui proses yang sama sebagaimana terjadi pada fenomena rumah kaca. Hanya saja dalam kasus pemanasan bumi, bidang transparan yang menyelubungi bumi adalah kumpulan gas. Semakin tinggi konsentrasi gas, akan semakin sulit ditembus oleh radiasi infrared atau radiasi panas dari bumi yang dipancarkan kembali ke ruang angkasa. Terjadi akumulasi panas di bawah lapisan atmosfer bumi, menaikkan suhu udara rata-rata di atas permukaan bumi dan mengakibatkan pemanasan bumi.

Fenomena rumah kaca tidak selalu berkonotasi negatif. Efek rumah kaca (*greenhouse*) diperlukan bumi untuk mengatur suhu udara permukaan bumi sedemikian rupa agar kehidupan makhluk hidup dapat berlangsung. Gas rumah kaca (GRK) berfungsi sebagai pengatur suhu planet. Seandainya GRK yang berperan seperti selimut ini tidak ada, maka seluruh panas dari matahari akan dilepas kembali ke angkasa luar mengakibatkan bumi beku. Pada konsentrasi yang tepat, karbon dioksida yang menyelimuti atmosfer bumi dianggap ideal untuk menciptakan suhu bumi yang memungkinkan manusia, hewan dan tumbuhan hidup dan berkembang. Konsentrasi CO<sub>2</sub> di planet Venus terlalu tinggi menciptakan suhu planet yang sangat tinggi yang menyulitkan kehidupan berlangsung, sebaliknya terjadi di Mars, konsentrasi CO<sub>2</sub> terlalu rendah sehingga suhu planet tersebut sangat rendah dan tidak memungkinkan adanya kehidupan [7].

#### **4.2. Pemanasan Bumi**

Aktifitas manusia berkembang dengan cepat setelah penemuan mesin uap dan kereta api. Revolusi Industri meningkatkan penggunaan teknologi dan pembangunan fisik yang membakar bahan bakar fosil dalam jumlah yang sangat besar dan secara otomatis terlepas ke udara meningkatkan konsentrasi gas rumah kaca di lapisan atmosfer. Pemanasan bumi (*global warming*) adalah suatu fenomena alam di mana suhu udara rata-rata permukaan bumi (pada lapisan atmosfer) meningkat. Diperkirakan dalam seratus tahun terakhir ini, suhu udara rata-rata dunia naik sekitar  $0,74 \pm 0,18$  °C [3]. **Gambar 2** [3] memperlihatkan pola kenaikan suhu rata-rata bumi dalam 140 tahun terakhir.



**Gbr. 2. Kenaikan suhu udara bumi dalam 140 tahun terakhir**

Akibat dari pemanasan bumi ini terjadi perubahan cuaca secara acak di berbagai belahan dunia. Diperkirakan akan terjadi kenaikan suhu udara bumi sekitar (1,5 - 4°C) pada akhir tahun 2100 jika tidak dilakukan usaha-usaha untuk menanggulangnya [3].

Gas rumah kaca terdiri dari uap air (tidak termasuk awan), yang mempengaruhi antara 36–70% terjadinya efek rumah kaca; gas CO<sub>2</sub> yang mempengaruhi sekitar 9–26% terjadinya efek rumah kaca; gas methane (CH<sub>4</sub>), yang mempengaruhi sekitar 4–9% terjadinya efek rumah kaca; dan ozone, yang mempengaruhi sekitar 3–7% terjadinya efek rumah kaca [8]. Amerika Serikat dengan penduduk sekitar 4% dari populasi dunia mengemisi CO<sub>2</sub> sebanyak 25% atau seperempat dari total emisi CO<sub>2</sub> seluruh dunia. Amerika mengemisi CO<sub>2</sub> lebih besar dari total tiga negara: China, India dan Jepang [3].

### **4.3. Konsekuensi Pemanasan Bumi**

Pemanasan bumi memunculkan berbagai perubahan iklim secara tidak teratur. Berbagai kejanggalan (*anomali*) iklim terjadi di mana-mana. Beberapa tempat yang seharusnya musim panas dan kering, namun justru banjir. Badai tropis, badai panas, gelombang laut muncul tidak sesuai dengan pola iklim sebelumnya. Suhu udara rata-rata bumi naik diikuti dengan semakin seringnya muncul badai panas dalam waktu belakangan ini. Kenaikan suhu rata-rata di Amerika Serikat dalam seratus tahun terakhir mencapai 2 °C [8].

Tingginya suhu udara akan menyebabkan kekeringan di berbagai tempat di dunia dan menimbulkan kebakaran hutan secara alami. Di beberapa tempat di dunia telah terjadi



kebakaran hutan dan belukar secara alami akibat panas dan ranting-ranting kering yang saling bergesekan. Tingginya suhu udara meningkatkan penguapan air laut secara signifikan. Besarnya kandungan uap air di udara mengakibatkan terjadinya hujan lebat di beberapa tempat di dunia. Konsekuensinya adalah bencana banjir melanda kawasan tersebut.

Berbagai bencana alam yang disebabkan oleh perubahan ekstrim iklim seperti banjir, badai panas dan lainnya menimbulkan berbagai penyakit. Penyakit yang ditularkan melalui nyamuk meluas di mana-mana karena perubahan cuaca dan kenaikan temperatur. Nyamuk yang banyak dijumpai di wilayah tropis basah akan menyebar ke wilayah iklim lain karena peningkatan suhu dan kelembaban mendekati iklim tropis basah. Nyamuk demam berdarah yang sebelumnya hanya hidup di wilayah dengan ketinggian di bawah 10.000 m, belum lama ini dijumpai di pegunungan Andes di Colombia dengan ketinggian sekitar 23.000 m di atas permukaan laut [3].

Pemanasan bumi menaikkan suhu air laut dan berkonsekuensi terhadap terjadinya badai dan angin topan di laut. Suhu air laut yang lebih tinggi memiliki energi potensial tinggi dan sewaktu-waktu dapat dilepaskan dan siap menghancurkan apa saja. Dalam beberapa bulan terakhir ini badai laut menghancurkan banyak kapal dan memusnahkan permukiman nelayan di beberapa pantai di Indonesia dan negara Asia lainnya. Kenaikan suhu bumi mempercepat pencairan es di kutub, menaikkan ketinggian permukaan air laut, menciptakan berbagai gelombang pasang yang pada akhirnya akan menenggelamkan banyak kawasan pantai di manapun. Antara bulan Januari dan Maret 2002 sebagian kawasan es di Antartika mencair [8]. Sejak 1995, daratan es Antartika mencair dan berkurang hingga 40 persen [9].

## **5. PEMBANGUNAN YANG TIDAK MENIMBULKAN PEMANASAN BUMI**

Tidak selamanya pembangunan modern selalu merusak alam. Beberapa pembangunan dilakukan dengan cermat untuk tidak merusak alam. Konsep pembangunan berkelanjutan atau konsep *green development* merupakan cara untuk mempertahankan kelangsungan hidup manusia di alam raya. Pembangunan berkelanjutan melalui konsep *green development* atau konsep hijau mulai dikembangkan di hampir semua negara dunia.

### **5.1. Konsep Kembali ke Alam (*Back to Nature*)**

Konsep kembali ke alam merupakan suatu konsep kehidupan yang menghormati eksistensi alam, menyesuaikan dan menyeleraskan diri dengan alam, meminimalkan pembangunan atau aktifitas yang menyebabkan perubahan fisik alam. Nenek moyang kita telah memberi contoh bijaksana agar manusia lebih mau tunduk kepada alam, bukan menguasai dan memperlakukan alam sekehendak hati. Pembangunan tradisional dalam sejumlah karya arsitektur tradisional terbukti mampu bertahan tanpa menimbulkan kerusakan alam, atau merubah tatanan alam termasuk iklim dalam kurun waktu lama hingga berabad-abad.

Gerakan arsitektur hijau atau pembangunan hijau (*green development*) merupakan usaha ke arah itu. Membangun dengan memperhatikan alam, membangun tanpa merusak. Pembangunan 'hijau', menawarkan konsep meminimalkan penggunaan sumber daya alam (energi, air, material) dan meminimalkan dampak negatif pembangunan terhadap alam/lingkungan, meminimalkan produksi limbah, baik padat, cair maupun gas. Pembangunan yang tidak menimbulkan efek terhadap pemanasan kawasan dan pemanasan bumi.

## **5.2. Menuju Arsitektur Hijau**

Pembangunan hijau memerlukan seperangkat strategi yang terkait dengan: pemilihan tapak, pengolahan tapak, jalur pedestrian, transportasi kawasan, konservasi air, penghematan energi, penggunaan energi terbarukan, penggunaan material yang berkelanjutan, penutup tanah berpori, meminimalkan *efek heat island*, penggunaan material bangunan yang sehat, serta perilaku warga masyarakat yang tanggap terhadap konsep keberlanjutan. Secara operasional, strategi tersebut harus diimplementasikan melalui langkah-langkah konkret di bawah ini.

### **5.2.1. Penggunaan dan pengolahan tapak**

Massa bangunan, jalan dan sarana aktifitas ruang luar sebaiknya dibangun tanpa banyak harus memodifikasi tapak/permukaan tanah. Perkerasan permukaan tanah harus mempertimbangkan aspek 'penyerapan' air hujan. Material berpori, *conblock*, *grassblock* merupakan material yang direkomendasi.

### **5.2.2. Transportasi kawasan**

Perpindahan manusia di seputar kawasan permukiman/perumahan sebaiknya diakomodir seoptimal mungkin dengan jenis transportasi yang tidak menggunakan bahan bakar minyak. Jalur pedestrian, jalur sepeda perlu disediakan secara memadai dari sisi dimensi dan kenyamanan penggunaan. Jalur sepeda, jalur pedestrian perlu diteduhi dengan pohon-pohon pelindung, sehingga penggunaanya tidak kepanasan, sementara pemanasan perkerasan jalan dan jalur akibat radiasi langsung matahari dapat diminimalkan, sehingga efek '*heat island*' juga dapat dikurangi.

### **5.2.3. Konservasi penggunaan air**

Perlunya konservasi air, baik air tanah maupun air hujan. Kawasan perumahan dapat dilengkapi dengan danau-danau kecil sebagai tempat penampungan air yang sekaligus dapat berfungsi sebagai tempat rekreasi, pemancingan misalnya. Penempatan kolam sedemikian rupa di tempat yang paling rendah di kawasan perumahan dapat digunakan sebagai tempat penampungan air hujan dan mencegah genangan/banjir. Pengolahan air limbah dari rumah-rumah dapat dilakukan secara terpusat disesuaikan dengan skala

permukiman/perumahan. Penggunaan air limbah yang sudah diolah untuk menyiram tanaman dan lainnya dapat mengkonservasi air tanah.

#### **5.2.4. Penggunaan material**

Bahan bangunan yang secara kesehatan tidak direkomendasikan sebaiknya dihindari untuk digunakan. Penggunaan material lokal lebih disarankan agar energi untuk pengangkutannya rendah. Material terbarukan seperti halnya kayu, bambu sesungguhnya merupakan pilihan yang baik ditinjau dari sisi keberlanjutan karena dapat ditanam kembali, namun maraknya kasus penebangan liar dan pengrusakan hutan, penggunaan kayu, terutama kayu jenis keras: jati, ulin, dan lainnya, untuk bahan bangunan menjadi hal yang 'sensitif' di Indonesia. Material yang bersifat *re-useable* lebih disarankan untuk digunakan karena material ini dapat digunakan/dipasang kembali jika bangunan diruntuhkan.

#### **5.2.5. Penghematan energi**

Penghematan energi mencakup skala makro, kawasan atau wilayah dan skala mikro, bangunan.

##### **Penghematan operasional kawasan dan bangunan**

Rancangan dan tata letak massa bangunan sangat mempengaruhi penggunaan energi kawasan secara menyeluruh. Orientasi bangunan-bangunan mempengaruhi tingkat kenyamanan fisik serta konsumsi energi. "Jarak" antar bangunan /gedung dengan fungsi yang saling terkait akan mempengaruhi konsumsi energi untuk pencapaiannya (transportasinya). Rancangan jalur-jalur pedestrian yang tidak memadai akan membuat warga enggan berjalan kaki, cenderung menggunakan kendaraan bermotor meskipun untuk menempuh jarak pendek sekalipun. Demikian pula 'dimensi' kawasan sangat mempengaruhi konsumsi energi. Sebagai contoh, kawasan permukiman/perumahan dengan dimensi yang terlalu besar – dengan radius di luar jangkauan warga berjalan kaki atau bersepeda, mengkonsumsi energi lebih besar dibanding permukiman/perumahan dengan dimensi kecil dengan radius kawasan yang terjangkau pejalan kaki atau pengguna sepeda.

##### **Menurunkan suhu di dalam rumah**

Prinsip utama dalam menurunkan suhu (panas) di dalam rumah adalah mengurangi 'perolehan panas' (*heat gain*) radiasi matahari yang jatuh mengenai bangunan. Pengurangan radiasi matahari ini dapat dilakukan dengan menciptakan 'pembayangan' oleh bangunan lain di sekitarnya, atau dengan pembayangan pohon besar di sekitar bangunan. Jika perolehan panas matahari dapat diminimalkan, maka suhu udara di dalam rumah akan rendah. Hal ini bersifat relatif, artinya jika kondisi suhu udara luar di sekitar bangunan sudah tinggi, maka suhu udara di dalam rumah juga cenderung akan tinggi.

Hasil penelitian kenyamanan termis penulis terhadap 596 karyawan/wati yang bekerja di 7 bangunan gedung kantor di Jakarta memperlihatkan suhu nyaman dicapai pada 26,4 °C

suhu udara atau  $26,7^{\circ}\text{C}$  suhu operasi (suhu gabungan antara suhu udara dan suhu radiasi), dengan rentang nyaman antara  $24,9$  hingga  $28,0^{\circ}\text{C}$  suhu udara, atau  $25,1$  hingga  $27,9^{\circ}\text{C}$  suhu operasi (**Tabel 1**) [10]. Dengan rentang suhu udara rata-rata di Jakarta antara  $24^{\circ}\text{C}$  hingga  $32^{\circ}\text{C}$ , bangunan yang dirancang dengan baik dengan mengindahkan prinsip-prinsip perancangan bangunan hemat energi tidak harus selalu tergantung kepada penggunaan AC.

**Tabel 1. Suhu netral ( $T_n$ ) dan rentang nyaman ( $T_{cr}$ ) penelitian di Jakarta 1993**

	$T_a$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_o$ ( $^{\circ}\text{C}$ )
Suhu Netral ( $T_n$ , $\pm 95\%$ nyaman)	26,4	26,7
Batas Suhu Nyaman ( $T_{cr}$ , $\pm 90\%$ nyaman)	24,9 hingga 28,0	25,1 hingga 27,9
Persamaan regresi	$Y = - 8,428 + 0,319X$	$Y = - 8,331 + 0,312X$
Koefisien determinasi ( $r^2$ )	0,415	0,421
Derajat kebebasan	594	594

Sinar matahari yang menembus bidang kaca suatu bangunan akan menaikkan suhu benda-benda yang ada dalam bangunan, misalnya lantai, meja, kursi, manusia, serta kaca itu sendiri. Benda-benda tersebut kemudian memancarkan panasnya ke sekelilingnya. Kaca umumnya tidak dapat meneruskan gelombang panas yang ditimbulkan oleh benda-benda tersebut, sehingga panas terperangkap didalam dan menaikkan suhu ruang. Hal ini tidak menguntungkan bagi unit-unit rumah susun. Pemanasan ini seringkali dijawab dengan memasang mesin pendingin (AC) artinya memerlukan energi yang seharusnya tidak perlu.

Dengan memperhatikan hal-hal berikut ini diharapkan beban pendinginan AC menjadi lebih rendah, artinya kapasitas daya yang digunakan berkurang dan konsekuensinya menghemat pemakaian energi listrik.

Hal ini dapat dilakukan dengan beberapa cara:

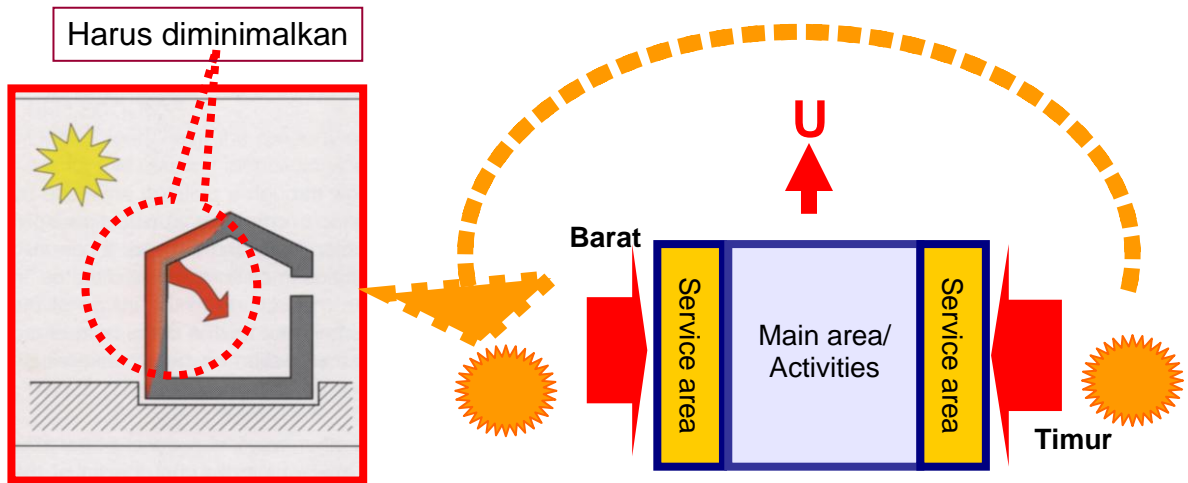
- ❖ Pertama, menghalangi radiasi matahari langsung pada dinding-dinding transparan yang dapat mengakibatkan terjadinya efek rumah kaca, yang berarti akan menaikkan suhu dalam bangunan.
- ❖ Kedua, mengurangi transmisi panas dari dinding-dinding masif yang terkena radiasi matahari langsung, dengan melakukan penyelesaian rancangan tertentu, misalnya:
  - membuat dinding lapis (berongga) yang diberi ventilasi pada rongganya.
  - menempatkan ruang-ruang service (tangga, toilet, pantry, gudang, dsb.) pada sisi-sisi jatuhnya radiasi matahari langsung (sisi timur dan barat)
  - memberi ventilasi pada ruang antara atap dan langit-langit (pada bangunan rendah) agar tidak terjadi akumulasi panas pada ruang tersebut. Bila hal ini tidak dilakukan, panas yang terkumpul pada ruang ini akan ditransmisikan keruang di bawahnya. Ventilasi atap ini sangat berarti untuk pencapaian suhu ruang yang rendah.

Jika ruang tidak menggunakan AC, usahakan agar terjadi aliran udara didalam rumah (ventilasi silang) terutama bagi ruang-ruang yang dirasa panas. Aliran udara penting untuk

menciptakan efek dingin bagi tubuh manusia. Ciptakan ruang-ruang terbuka di sekitar rumah jika lahan memungkinkan, agar ventilasi silang mudah berlangsung. Hindari menutup seluruh lahan dengan bangunan yang menyebabkan aliran udara menerus tidak dimungkinkan. Dari sisi akustik hal ini memang kurang menguntungkan, namun ini merupakan pilihan, dan tergantung penghuni pilihan mana yang perlu dikalahkan.

### Orientasi bangunan

Ketebalan dinding dan warna dinding terhadap suhu udara di dalam bangunan diperlihatkan oleh percobaan yang dilakukan Givoni [11]. Secara umum, di kawasan sekitar ekuator, sisi barat-timur bangunan mendapatkan panas yang lebih tinggi dibanding sisi utara-selatan. Dalam percobaan dengan dinding warna putih, terlihat bahwa suhu udara ruang berfluktuasi terhadap suhu udara luar dan pada siang hari umumnya suhu udara di dalam bangunan lebih rendah dibanding suhu luar, sementara malam hari suhu udara di dalam bangunan lebih tinggi dibanding suhu luar [11]. Semakin tebal dinding, fluktuasi semakin kecil, karena kondisi suhu udara di dalam bangunan semakin stabil.



**Gbr. 3. Orientasi bangunan dan perletakan ruang**

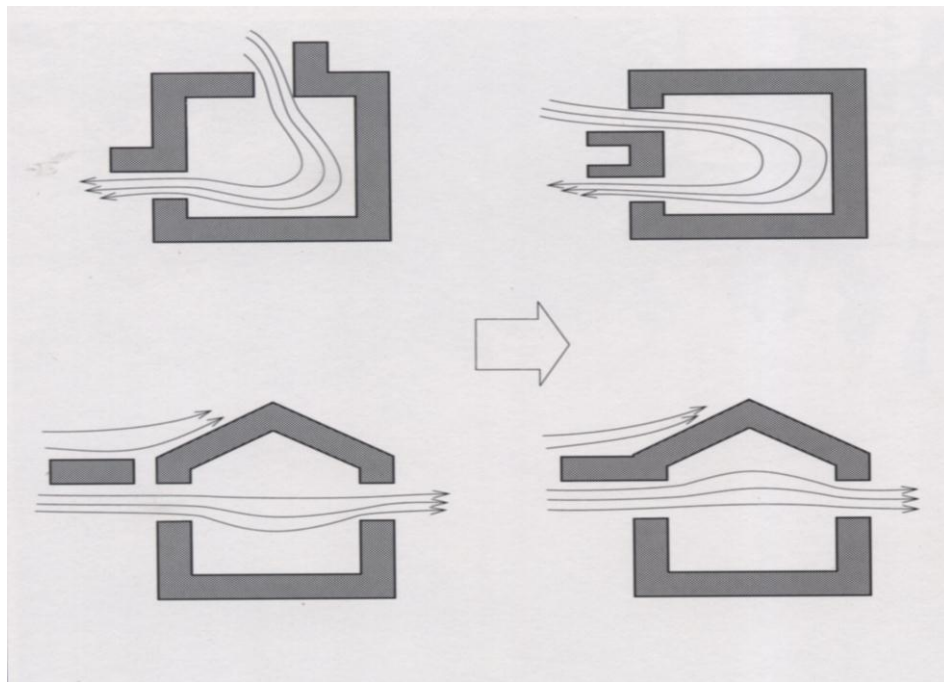
Dalam percobaan tersebut, efek orientasi bangunan terhadap suhu udara di dalam bangunan juga tampak jelas. Suhu ruang rata-rata pada sisi dinding timur-barat lebih tinggi dibanding suhu ruang pada sisi selatan. Perbedaan suhu ruang rata-rata timur-barat dengan ruang sisi selatan mencapai hampir 1 °C untuk dinding tipis (10 cm) dan lebih dari 1,5 °C untuk dinding tebal (20 cm) [11]

Dalam kaitan dengan orientasi bangunan, perlu dihindarkan penempatan ruang-ruang utama, seperti ruang tidur, ruang keluarga, dan lainnya pada sisi barat, kecuali jika ada pembayangan dari bangunan lain atau pohon besar pada sisi tersebut. Dinding ruang di bagian barat akan mendapatkan radiasi matahari siang dan sore yang sangat tinggi, dan

membuat ruang di dalamnya panas. Sebaiknya sisi barat rumah digunakan untuk ruang-ruang servis seperti KM/WC, gudang, tangga, terutama jika sisi ini tidak mendapat pembayangan [12].

### **Aliran udara**

Hal ini dapat dilakukan dengan pemecahan rancangan arsitektur yang memungkinkan terjadinya aliran udara silang secara maksimum di dalam bangunan. Aliran udara sangat berpengaruh dalam menciptakan ‘efek dingin’ pada tubuh manusia, sehingga sangat membantu pencapaian kenyamanan suhu.



**Gbr. 4. Aliran udara di dalam bangunan**

Usahakan agar ruang di bawah atap (antara penutup atap dan langit-langit) diberi ventilasi semaksimal mungkin. Hal ini dimaksudkan agar udara panas (karena radiasi matahari) yang terperangkap di bawah atap dapat dibuang atau dialirkan keluar, sehingga panas tersebut tidak merambat ke langit-langit melalui proses konduksi, yang akhirnya memanaskan ruang di bawahnya melalui proses radiasi.

Dalam membuat bukaan perlu diperhatikan kemungkinan masuknya burung atau kelelawar, untuk itu lubang-lubang ventilasi perlu diberi kawat (ayakan pasir). Atap merupakan komponen utama yang membuat rumah menjadi panas. Jika panas dari atap dapat dibuang,

ruangan di bawahnya cenderung lebih dingin. Atap yang tinggi (volume ruang antara penutup atap dan langit-langit besar) membantu mengurangi pemanasan ruang-ruang di dalam rumah.

### **Penerangan**

Untuk menerangi ruang, usahakan mengambil cahaya langit (*diffuse*) matahari, bukan cahaya langsung matahari. Cahaya ini tidak memberikan efek pemanasan terhadap ruang yang diterangi. Untuk daerah di wilayah selatan ekuator (seperti Bandung dan Jakarta), sisi selatan bangunan tidak akan mendapatkan cahaya langsung matahari antara bulan April hingga September karena matahari sedang berdeklinasi di utara. Sementara untuk sisi utara tidak akan mendapatkan cahaya langsung antara bulan Oktober hingga Maret karena matahari sedang berdeklinasi di selatan.

### **Material bangunan**

Minimalkan penggunaan material keras (beton, aspal) untuk menutup permukaan halaman, taman atau parkir tanpa adanya peneduh. Beton dan aspal yang terkena radiasi matahari langsung akan menyimpan panas dan menaikkan suhu udara di sekitar rumah dan akhirnya membuat ruangan di dalam rumah panas. Penelitian karakteristik suhu pada beberapa tipe pelapis permukaan tanah di Afrika Selatan yang dilakukan oleh Lippsmeier [13] in 1980 mendapati bahwa suhu di atas permukaan rumput pendek dapat mencapai 4 °C lebih rendah dari suhu di atas permukaan beton dan dapat mencapai 5 °C lebih rendah bila rumput tersebut terlindung dari sinar matahari.

Penghijauan atap (*green roofs*) merupakan salah satu cara untuk mengurangi pemanasan bangunan dan pemanasan kawasan. Penghijauan atap atau sering disebut atap bervegetasi atau atap-ekologis merupakan penghijauan di atas permukaan atap datar yang sudah diberi lapisan *water-profing*. Penghijauan atap dapat berupa pembuatan taman di atas atap yang dapat digunakan sebagai aktifitas manusia, atau sekadar penghijauan yang diisi oleh tanaman-tanaman jenis tertentu yang umumnya tahan terhadap lingkungan kering sehingga tidak memerlukan siraman air yang banyak.

Warna terang cenderung memantulkan panas, sementara itu warna gelap menyerap lebih banyak panas. Dinding luar dan atap di daerah beriklim panas dan banyak menerima radiasi matahari lebih baik berwarna terang (misalnya putih) sehingga tidak memberikan tambahan panas ke dalam bangunan. Sementara untuk wilayah beriklim dingin, dengan suhu rata-rata rendah, warna luar permukaan bangunan (atap dan dinding) sebaiknya gelap, agar banyak panas yang diserap oleh bangunan dan diteruskan ke dalam bangunan agar ruang dalam bangunan menjadi hangat. Beberapa bangunan di kawasan yang banyak menerima radiasi matahari, seperti kawasan Timur Tengah, serta bangunan-bangunan di kawasan pantai Karibia banyak diberi warna putih atau terang. Sementara di negara Inggris, dengan suhu rata-rata rendah serta minimnya radiasi matahari, bangunan cenderung berwarna gelap (kusam) agar dimungkinkan untuk menyerap banyak panas matahari. Di daerah dataran

tinggi Dieng, rumah-rumah penduduk setempat atapnya banyak dicat hitam agar dapat menghangatkan ruang di bawahnya.

Tekstur material permukaan luar bangunan berpengaruh terhadap penyerapan radiasi panas matahari. Tekstur kasar menyerap lebih banyak panas dibanding tekstur halus. Fenomena ini perlu diketahui oleh arsitek untuk digunakan secara sadar demiantisipasi terhadap iklim setempat.

## **6. PENUTUP**

Fenomena atau kejadian alam sesungguhnya tidak akan menimbulkan ‘bencana’ jika manusia tidak berada atau bermukim di sekitar kejadian tersebut. Air sungai yang meluap hanya merupakan fenomena alam, yang disebabkan oleh banyak faktor yang saling terkait: hujan lebat di hulu sungai, perubahan jumlah vegetasi hutan, kejenuhan tanah mengikat air hujan, dan lainnya. Luapan air sungai hanya akan menggenangi sebagian lahan yang berada di sekitar bantaran sungai atau meluas ke dataran yang lebih rendah letaknya. Fenomena semacam ini sudah terjadi jutaan tahun lalu dan bukan merupakan bencana, karena tidak mengancam atau mengganggu kehidupan manusia ketika itu.

Waktu bergeser, jumlah manusia bertambah, keragaman aktifitas meningkat. Luapan air sungai menjadi bencana ‘banjir’ ketika sejumlah manusia sedikit demi sedikit mulai menempati area disekitar sungai, baik untuk bermukim atau untuk menyelenggarakan aktifitas lainnya. Luapan air sungai yang semula hanya sebuah fenomena alam, kemudian berubah menjadi bencana karena mengancam jiwa maupun harta benda manusia yang ‘telah’ menempati daerah luapan air tersebut.

Untuk itu, pembangunan fisik perlu dilakukan secara bijaksana dengan perhitungan yang tepat agar tidak menimbulkan bencana bagi manusia di kemaudian hari. Bencana muncul karena terjadinya ketidaktepatan pemilihan lokasi, di mana lokasi yang dipilih sesungguhnya sudah merupakan wilayah terjadinya gejala alam sebelumnya. Atau, pembangunan menyebabkan kerusakan alam secara tidak disadari atau tidak diperhitungkan yang mengakibatkan perubahan keseimbangan alam dan menimbulkan gejala alam di tempat manusia berada, sehingga menimbulkan bencana bagi manusia.

Pembangunan modern harus mempertimbangkan faktor-faktor lokasi/tapak, iklim setempat, sistem transportasi hemat dalam kawasan, konservasi air hujan dan air tanah, meminimalkan limbah padat, cair dan gas, penghijauan kawasan, dan lainnya. Dalam pembangunan modern, faktor penggunaan energi merupakan bagian penting dalam konsep pembangunan hijau. Pembangunan harus mampu menghemat penggunaan energi, baik energi yang digunakan untuk pembuatan/produksi material, energi untuk pengangkutan, energi untuk konstruksi di lapangan, maupun energi yang digunakan untuk pembongkaran jika bangunan suatu ketika harus dirobohkan atau dipindahkan. Penghematan energi dapat



menyisakan sumber energi bagi generasi mendatang serta meminimalkan emisi CO<sub>2</sub> penyebab utama pemanasan bumi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Karyono, T.H., “Arsitektur Permukiman Tropis Berkelanjutan”, Prosidings Seminar Nasional Arsitektur, Jurusan Arsitektur, Universitas Budi Luhur, Jakarta, 8 April, 2008.
- [2] Karyono, T.H., “Pemanasan Bumi Dan Tanggung Jawab Arsitek”, Seminar Sehari Pemanasan Bumi, Universitas Katolik Atmajaya, Yogyakarta, 6 September, 2007.
- [3] <http://www.climatehotmap.org>
- [4] Karyono, T.H. (2008), “Kota Hemat Energi: Antisipasi Ekonomi dan Pemanasan Bumi”, Seminar Green Entrepreneur, Tema: Peluang Bisnis Teknologi di Balik Perubahan Iklim Global, Hotel Mulia, Senayan, Jakarta 25 Juni, 2008.
- [5] Karyono, T.H., “Pembangunan Fisik dan Pemanasan Bumi: Tinjauan Konsep Pembangunan Tradisional ke Modern”, Seminar Jurusan Teknik Sipil, tema: Construction and Global Warming Issue, Kampus Untar, Jakarta, 17 Oktober, 2008.
- [6] Karyono, T.H., “Menggagas Zero Energy Building”, Harian Kompas, 31 Agustus, 2008.
- [7] Smyth, A and Wheater, C., “Here's Health The Green Guide”, Argus Book, England, 1990.
- [8] <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/globalwarming.html>
- [9] USA Environmental Protection Agency, Climate Change, Website, 2007.
- [10] Karyono, T.H., “Report on Thermal Comfort and Building Energy Studies in Jakarta”, Journal of Building and Environment, Vol. 35, Elsevier Science Ltd., UK, 2000, pp 77-90.
- [11] Givoni B., “Man, Climate and Architecture”, Elsevier Publishing Company Ltd., London, 1969.
- [12] Karyono, T.H., “Peran Arsitek Dalam Memodifikasi Iklim Melalui Karya Arsitektur”, Jurnal Sains dan Teknologi EMAS – Elektro Mesin Arsitektur Sipil, Vol. 16, No. 3, Agustus, Penerbit Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia, 2006.
- [13] Lippsmeier, G., et al., “Tropenbau Building in the Tropics”, Germany Callwey Verlag, Muenchen, 1980.