MENCIPTAKAN KENYAMANAN THERMAL DALAM BANGUNAN

Basaria Talarosha

Staf Pengajar Program Studi Arsitektur USU

Abstract: *Indonesia is located in equator line with it's avarage temperature is 35°C. Its humidity is high, it can reach 85% (hot humid tropical climate). There are two things that cause extreme climate. Firstly the position between 2 continent and two ocean. Secondly big different between the area of continent and ocean. This condition makes disadvantage for human being in doing their activities becaused of up and down of the temperature that is not comfort for the human body. The best range of temperature for Indonesian people in doing their activities is 22,8°C - 25,8°C and the humidity 70%. Easiest step to create thermal comfort in building is using air condition system. How ever it affects to the electrical energy used. This paper proposes to solve the thermal comfort in building by architectural solution, designing building by considering orientation to wind direction and sun, using of architecture element and building material, and also elements of landscape.*
Keywords: building thermal comfort, energy efficient architecture

Abstrak: *Secara geografis Indonesia berada dalam garis khatulistiwa atau tropis, namun secara thermis (suhu) tidak semua wilayah Indonesia merupakan daerah tropis. Daerah tropis menurut pengukuran suhu adalah daerah tropis dengan suhu rata-rata 20°C, sedangkan rata-rata suhu di wilayah Indonesia umumnya dapat mencapai 35°C dengan tingkat kelembaban yang tinggi, dapat mencapai 85% (iklim tropis panas lembab). Keadaan ini terjadi antara lain akibat posisi Indonesia yang berada pada pertemuan dua iklim ekstrim (akibat posisi antara 2 benua dan 2 samudra), perbandingan luas daratan dan lautannya, dan lain-lain. Kondisi ini kurang menguntungkan bagi manusia dalam melakukan aktifitasnya sebab produktifitas kerja manusia cenderung menurun atau rendah pada kondisi udara yang tidak nyaman seperti halnya terlalu dingin atau terlalu panas. Suhu nyaman thermal untuk orang Indonesia berada pada rentang suhu 22,8℃ - 25,8℃ dengan kelembaban 70%. Langkah yang paling mudah untuk mengakomodasi kenyamanan tersebut adalah dengan melakukan pengkondisian secara mekanis (penggunaan AC) di dalam bangunan yang berdampak pada bertambahnya penggunaan energi (listrik). Cara yang paling murah memperoleh kenyamanan thermal adalah secara alamiah melalui pendekatan arsitektur, yaitu merancang bangunan dengan mempertimbangkan orientasi terhadap matahari dan arah angin, pemanfaatan elemen arsitektur dan material bangunan, serta pemanfaatan elemen-elemen lansekap.*
Kata kunci: kenyamanan thermal bangunan, arsitektur hemat energi

PENGANTAR

Idealnya, sebuah bangunan mempunyai nilai estetis, berfungsi sebagaimana tujuan bangunan tersebut dirancang, memberikan rasa 'aman' (dari gangguan alam dan manusia/makhluk lain), serta memberikan 'kenyamanan'. Berada di dalam bangunan kita berharap tidak merasa kepanasan, tidak merasa kegelapan akibat kurangnya cahaya, dan tidak merasakan bising yang berlebihan. Setiap bangunan diharapkan dapat memberikan kenyamanan 'termal', 'visual' dan 'audio'.

Kenyamanan termal sangat dibutuhkan tubuh agar manusia dapat beraktifitas dengan baik (di rumah, sekolah ataupun di kantor/tempat bekerja). Szokolay dalam '*Manual of Tropical Housing and Building'* menyebutkan kenyamanan tergantung pada variabel iklim (matahari/radiasinya, suhu udara, kelembaban udara, dan kecepatan angin) dan beberapa faktor individual/subyektif seperti pakaian, aklimatisasi, usia dan jenis kelamin, tingkat kegemukan, tingkat kesehatan, jenis makanan dan minuman yang dikonsumsi, serta warna kulit.

Indonesia mempunyai iklim tropis dengan karakteristik kelembaban udara yang tinggi (dapat mencapai angka 80%), suhu udara relatif tinggi (dapat mencapai hingga 35 C), serta radiasi matahari yang menyengat serta mengganggu. Yang menjadi persoalan adalah bagaimana menciptakan kenyamanan termal dalam bangunan dalam kondisi iklim tropis panas lembab seperti di atas. Tulisan ini mengulas hal-hal yang berkaitan dengan kenyamanan termal dan konsep-konsep untuk dapat menciptakan kenyamanan termal di dalam bangunan pada daerah iklim tropis panas lembab.

Berbagai Penelitian tentang Batas-batas Kenyamanan Termal

Telah disebutkan sebelumnya, Szokolay dalam '*Manual of Tropical Housing and Building'* menyebutkan kenyamanan tergantung pada variabel iklim (matahari/radiasinya, suhu udara, kelembaban udara, dan kecepatan angin) dan beberapa faktor individual/subyektif seperti pakaian, aklimatisasi, usia dan jenis kelamin, tingkat kegemukan, tingkat kesehatan, jenis makanan dan minuman yang dikonsumsi, serta warna kulit.

Teori Fanger, Standar Amerika (ANSI/ASHRAE 55-1992) dan Standar Internasional untuk kenyamanan termis (ISO 7730:1994) juga menyatakan hal yang sama bahwa kenyamanan termis yang dapat dirasakan manusia merupakan fungsi dari faktor iklim serta dua faktor individu yaitu jenis aktifitas yang berkaitan dengan tingkat metabolisme tubuh serta jenis pakaian yang digunakan. Menurut teori ini, kenyamanan suhu tidak secara nyata dipengaruhi oleh perbedaan jenis kelamin, tingkat kegemukan, faktor usia, suku bangsa, tempat tinggal geografis, adaptasi, faktor kepadatan, faktor warna dan sebagainya.

Menurut Humphreys dan Nicol kenyamanan suhu juga dipengaruhi oleh adaptasi dari masing-masing individu terhadap suhu luar di sekitarnya. Manusia yang biasa hidup pada iklim panas atau tropis akan memiliki suhu nyaman yang lebih tinggi dibanding manusia yang biasa hidup pada suhu udara rendah seperti halnya bangsa Eropa.

Tabel 1
Pembandingan Faktor Penentu Suhu Nyaman

Szokolay	Fanger, Standar Amerika (ANSI/ASHRAE 55-1992), Standar Internasional (ISO 7730:1994)	Humphreys dan Nicol
❑ Iklim: • matahari (besarnya radiasi), • suhu udara, • angin (kecepatan udara), • kelembaban udara luar ❑ Faktor Individu: • Pakaian • Aklimatisasi • Usia dan jenis kelamin • Tingkat kegemukan • Tingkat kesehatan • Jenis makanan dan minuman yang dikonsumsi • Warna kulit (suku bangsa)	❑ Iklim: • matahari (besarnya radiasi), • suhu udara, • angin (kecepatan udara), • kelembaban udara luar ❑ Faktor Individu: • Aktifitas • Pakaian	❑ Iklim: • matahari (besarnya radiasi), • suhu udara, • angin (kecepatan udara), • kelembaban udara luar ❑ Faktor Individu: • Aktifitas • Pakaian • adaptasi individu ❑ Lokasi geografis

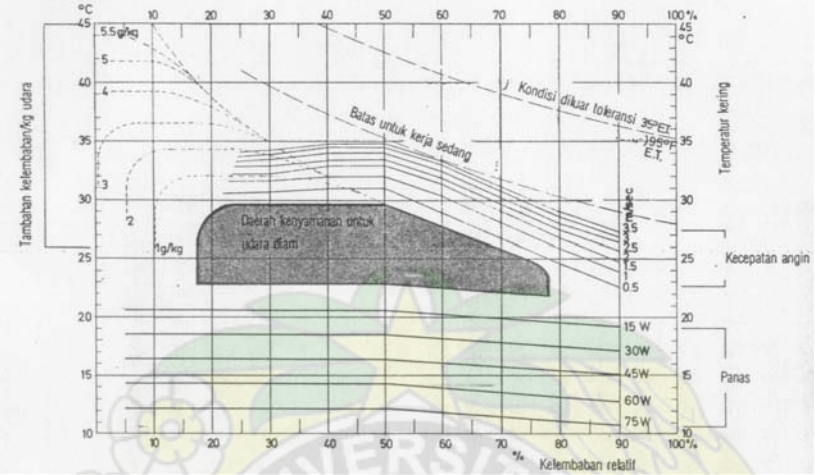
Houghton dan Yaglou (dalam *'Determining Lines of Equal Comfort', Transactions of America Society of Heating and Ventilating Engineers* Vol. 29, 1923) menyatakan kenyamanan sebagai fungsi dari radiasi panas, temperatur, kelembaban udara dan gerakan udara yang disebut sebagai Temperatur Efektif (TE).

Sejalan dengan teori Humphreys dan Nicol, Lipsmeier (1994) menunjukkan beberapa penelitian yang membuktikan batas kenyamanan (dalam Temperatur Efektif/TE) berbeda-beda tergantung kepada lokasi geografis dan subyek manusia (suku bangsa) yang diteliti seperti pada tabel di bawah ini:

Pengarang	Tempat	Kelompok Manusia	Batas Kenyamanan
ASHRAE	USA Selatan (30° LU)	Peneliti	20,5°C - 24,5°C TE
Rao	Calcutta (22°LU)	India	20°C - 24,5°C TE
Webb	Singapura	Malaysia	25°C - 27°C TE
	Khatulistiwa	Cina	
Mom	Jakarta (6°LS)	Indonesia	20°C - 26°C TE
Ellis	Singapura	Eropa	22°C - 26°C TE
	Khatulistiwa		

Sumber: Bangunan Tropis, Georg. Lippsmeier

Menurut penelitian Lippsmeier, batas-batas kenyamanan manusia untuk daerah khatulistiwa adalah 19°C TE (batas bawah) – 26°C TE (batas atas). Pada temperatur 26°C TE umumnya manusia sudah mulai berkeringat. Daya tahan dan kemampuan kerja manusia mulai menurun pada temperatur 26°C TE – 30°C TE. Kondisi lingkungan yang sukar mulai dirasakan pada suhu 33,5°C TE– 35,5 °C TE, dan pada suhu 35°C TE – 36°C TE kondisi lingkungan tidak dapat ditolerir lagi. Produktifitas manusia cenderung menurun atau rendah pada kondisi udara yang tidak nyaman seperti halnya terlalu dingin atau terlalu panas. Produktifitas kerja manusia meningkat pada kondisi suhu (termis) yang nyaman (Idealistina , 1991).



Gambar: 1
Diagram Kenyamanan sebagai Fungsi dari Temperatur, Kelembaban dan Kecepatan Angin
Sumber: Bangunan Tropis, Georg. Lippsmeier

Berbagai penelitian kenyamanan suhu yang dilakukan di daerah iklim tropis basah, seperti halnya Mom dan Wiesebron di Bandung, Ellis, de Dear di Singapore, Busch di Bangkok, Ballabtyne di Port Moresby, kemudian Karyono di Jakarta, memperlihatkan rentang suhu antara 24 C hingga 30 C yang dianggap nyaman bagi manusia yang berdiam pada daerah iklim tersebut.

Sementara itu, Standar Tata Cara Perencanaan Teknis Konservasi Energi pada Bangunan Gedung yang diterbitkan oleh Yayasan LPMB-PU membagi suhu nyaman untuk orang Indonesia atas tiga bagian sebagai berikut:

Tabel 2
Suhu Nyaman menurut Standar Tata Cara Perencanaan Teknis Konservasi Energi pada Bangunan Gedung

	Temperetur Efektif (TE)	Kelembaban (RH)
• Sejuk Nyaman Ambang atas	20,5°C - 22,8°C 24°C	50 % 80%
• Nyaman Optimal Ambang atas	22,8°C - 25,8°C 28°C	70%
• Hangat Nyaman Ambang atas	25,8C – 27,1°C 31°C	60%

Konsep Kenyamanan

Mengaitkan penelitian Lippsmeier (menyatakan pada temperatur 26°C TE umumnya manusia sudah mulai berkeringat serta daya tahan dan kemampuan kerja manusia mulai menurun) dengan pembagian suhu nyaman orang Indonesia menurut Yayasan LPMB PU, maka suhu yang kita butuhkan agar dapat beraktifitas dengan baik adalah suhu nyaman optimal (22,8°C - 25,8°C dengan kelembaban 70%). Angka ini berada di bawah kondisi suhu udara di Indonesia yang dapat mencapai angka 35°C dengan kelembaban 80%.

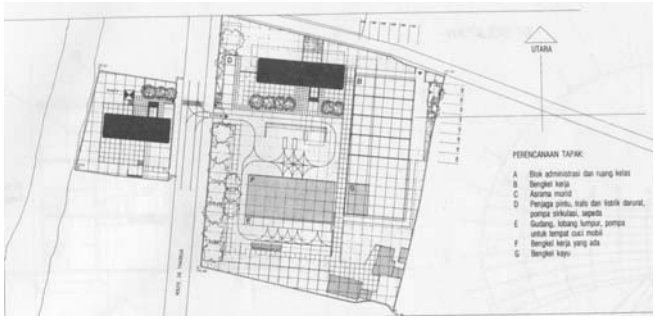
Bagaimana usaha mengendalikan faktor-faktor iklim di atas untuk memperoleh kenyamanan termal di dalam bangunan?. Cara yang paling mudah adalah dengan pendekatan mekanis yaitu menggunakan AC tetapi membutuhkan biaya operasional yang tidak sedikit. Pendekatan kedua adalah mengkondisikan lingkungan di dalam bangunan secara alami dengan pendekatan arsitektural.

Pengkondisian lingkungan di dalam bangunan secara arsitektural dapat dilakukan dengan mempertimbangkan perletakan bangunan (orientasi bangunan terhadap matahari dan angin), pemanfaatan elemen-elemen arsitektur dan lansekap serta pemakaian material/bahan bangunan yang sesuai dengan karakter iklim tropis panas lembab. Melalui ke-empat hal di atas, temperatur di dalam ruangan dapat diturunkan beberapa derajat tanpa bantuan peralatan mekanis.

1. Orientasi Bangunan

a. Orientasi Terhadap Matahari

Orientasi bangunan terhadap matahari akan menentukan besarnya radiasi matahari yang diterima bangunan. Semakin luas bidang yang menerima radiasi matahari secara langsung, semakin besar juga panas yang diterima bangunan. Dengan demikian, bagian bidang bangunan yang terluas (mis: bangunan yang bentuknya memanjang) sebaiknya mempunyai orientasi ke arah Utara-Selatan sehingga sisi bangunan yang pendek, (menghadap Timur – Barat) yang menerima radiasi matahari langsung.



Gambar: 2
Orientasi Bangunan (bentuk memanjang) menghadap Utara-Selatan

b. Orientasi terhadap Angin (Ventilasi silang)

Kecepatan angin di daerah iklim tropis panas lembab umumnya rendah. Angin dibutuhkan untuk keperluan ventilasi (untuk kesehatan dan kenyamanan penghuni di dalam bangunan). Ventilasi adalah proses dimana udara 'bersih' (udara luar), masuk (dengan sengaja) ke dalam ruang dan sekaligus mendorong udara kotor di dalam ruang ke luar. Ventilasi dibutuhkan untuk keperluan oksigen bagi metabolisme tubuh, menghalau polusi udara sebagai hasil proses metabolisme tubuh (CO_2 dan bau) dan kegiatan-kegiatan di dalam bangunan. Untuk kenyamanan, ventilasi berguna dalam proses pendinginan udara dan pencegahan peningkatan kelembaban udara (khususnya di daerah tropika basah), terutama untuk bangunan rumah tinggal. Kebutuhan terhadap ventilasi tergantung pada jumlah manusia serta fungsi bangunan.

Posisi bangunan yang melintang terhadap angin primer sangat dibutuhkan untuk pendinginan suhu udara. Jenis, ukuran, dan posisi lobang jendela pada sisi atas dan bawah bangunan dapat meningkatkan efek ventilasi silang (pergerakan udara) di dalam ruang sehingga penggantian udara panas di dalam ruang dan peningkatan kelembaban udara dapat dihindari.

Jarang sekali terjadi orientasi bangunan yang baik terhadap matahari sekaligus arah angin primer. Penelitian menunjukkan, jika harus memilih (untuk daerah tropika basah seperti Indonesia), posisi bangunan yang melintang terhadap arah angin primer lebih dibutuhkan dari pada perlindungan terhadap radiasi matahari sebab panas radiasi dapat dihalau oleh angin yang berhembus. Kecepatan angin yang nikmat dalam ruangan adalah 0,1 – 0,15 m/detik. Besarnya laju aliran udara tergantung pada:

- Kecepatan angin bebas
- Arah angin terhadap lubang ventilasi
- Luas lubang ventilasi
- Jarak antara lubang udara masuk dan keluar
- Penghalang di dalam ruangan yang menghalangi udara

Pola aliran udara yang melewati ruang tergantung pada lokasi *inlet* (lobang masuk) udara dan *shading devices* yang digunakan di bagian luar. Secara umum, posisi *outlet* tidak akan mempengaruhi pola aliran udara. Untuk menambah kecepatan udara terutama pada saat panas, bagian *inlet* udara ditempatkan di bagian atas , luas *outlet* sama atau lebih besar dari *inlet* dan tidak ada perabot yang menghalangi gerakan udara di dalam ruang. Gerakan udara harus diarahkan ke ruang ruang yang membutuhkan atau ruang keluarga. Penggunaan *screen*

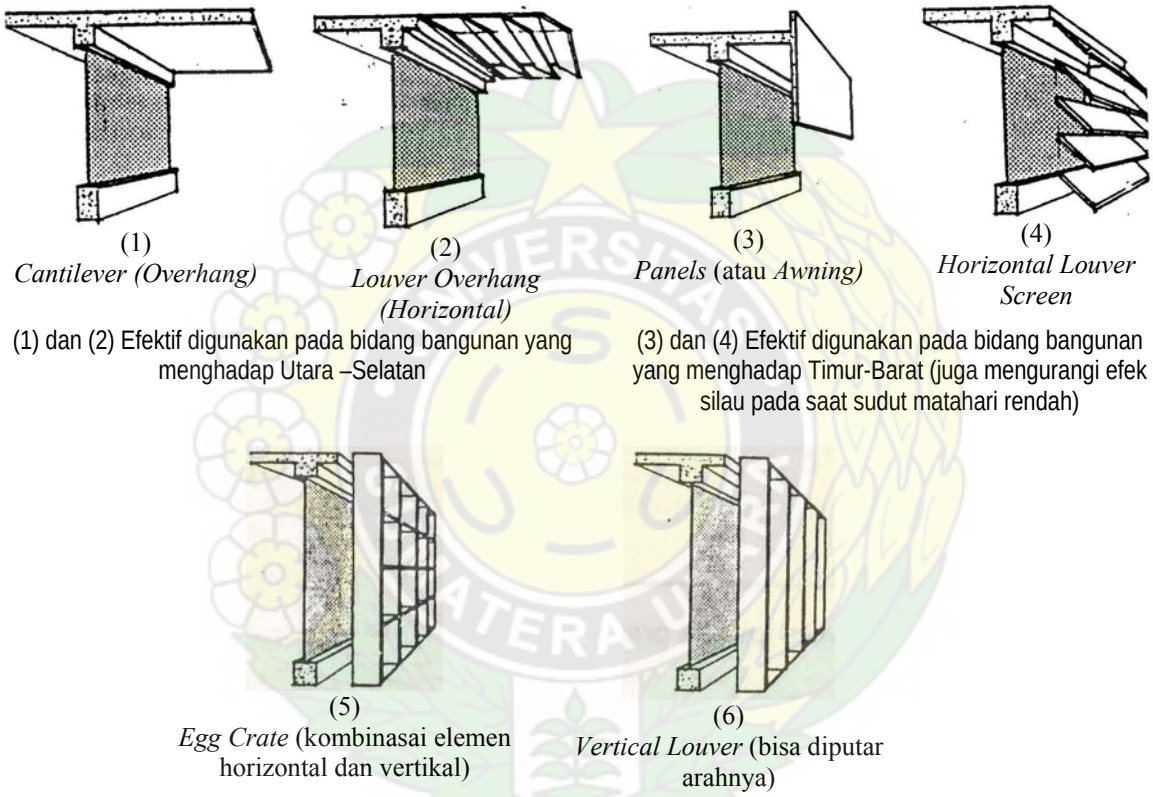
serangga akan mengurangi aliran udara ke dalam bangunan. Bukaan jendela (*Jalousie* atau *louvered* akan membantu udara langsung ke tempat-tempat yang membutuhkan.

Memberi ventilasi pada ruang antara atap dan langit-langit (khususnya bangunan rendah) sangat perlu agar tidak terjadi akumulasi panas pada ruang tersebut. Panas yang terkumpul pada ruang ini akan ditransmisikan ke ruang di bawah langit-langit tersebut. Ventilasi atap sangat berarti untuk mencapai suhu ruang yang rendah.

2. Elemen Arsitektur

a. Pelindung Matahari

Apabila posisi bangunan pada arah Timur dan Barat tidak dapat dihindari, maka pandangan bebas melalui jendela pada sisi ini harus dihindari karena radiasi panas yang langsung masuk ke dalam bangunan (melalui bukaan/kaca) akan memanaskan ruang dan menaikkan suhu/temperatur udara dalam ruang. Di samping itu efek silau yang muncul pada saat sudut matahari rendah juga sangat mengganggu. Gambar di bawah adalah elemen arsitektur yang sering digunakan sebagai pelindung terhadap radiasi matahari (*solar shading devices*).



Gambar 3
Elemen Arsitektur sebagai Pelindung Radiasi Matahari
(Sumber: Egan, Concept in Thermal Comfort, 1975)

Efektifitas pelindung matahari dinilai dengan angka *shading coefficient* (S.C) yang menunjukkan besar energi matahari yang ditransmisikan ke dalam bangunan. Secara teori angka yang ditunjukkan berada pada angka 1,0 (seluruh energi matahari ditransmisikan, misalnya: penggunaan kaca jendela tanpa pelindung) sampai 0 (tidak ada energi matahari yang ditranmisikan). Di samping jenis pelindung yang digunakan (lihat Gambar 3 dan Tabel 3), material serta warna yang digunakan (Tabel 4), juga berperan dalam menentukan angka *shading coefficient* (S.C). Egan menunjukkan angka *shading coefficient* berdasarkan jenis pelindung sebagai berikut:

Tabel 3
Shading Coeficient untuk Elemen Arsitektur

No.	Elemen Pelindung	*Shading Coefficient*
	Elemen arsitektur (eksternal):	
1	*Egg-Crate*	0,10
2	Panel atau Awning (warna muda)	0,15
3	*Horizontal Louver Overhang*	0,20
4	*Horizontal Louver Screen*	0,60 – 0,10
5	*Cantilever*	0,25
6	*Vertical Louver* (permanen)	0,30
7	*Vertical Louver* (*moevable*)	0,15-0,10

Sumber: *Concept in the Thermal Comfort*, M. David Egan.

Angka-angka tersebut di atas menunjukkan *Egg-Crate* dan *Vertical Louver* (*moevable*) paling efektif digunakan sebagai pelindung matahari, hanya 10% energi matahari yang ditransmisikan ke dalam bangunan.

Pelindung radiasi matahari pada beberapa rumah tinggal di kota Medan, umumnya 'tempelan', tidak dirancang sebagai bagian/elemen arsitektur

Pelindung radiasi matahari dirancang sebagai bagian/elemen arsitektur

Gambar 4
ContohPemanfaatan Pelindung Radiasi Matahari pada Bangunan
(Sumber Foto: Dokumentasi Tugas PLB I, Arsitektur USU, Sem A, TA 2003-2004)

Tabel 4
Hasil Pengurangan Panas dari Radiasi Matahari yang Masuk Melalui Jendela Kaca, Berkat Pembayang

Jenis pembayangan: pembayang dicat pada sisi datangnya sinar	Berkurang bila dibandingkan dengan yang tidak dicat
1. Jalusi di luar menghalangi penyinaran langsung diberi warna putih, krem.	15 %
2. Jalusi dari tembaga putih tipis kemiringan matahari lebih dari 40° sehingga matahari tidak masuk, diberi warna gelap	15 %
3. Markis dari kanvas, sisi samping terbuka, warna gelap sedang	25 %
4. Jalusi model 'Venetian Blinds' di bagian dalam jendela. Kisi-kisi menghalangi penyinaran langsung. Bahan: aluminium yang memantulkan sinar secara difus.	45 %
5. Penutup jendela, putih atau krem	55 %
6. Penutup jendela rapat berwarna gelap	80 %

Sumber: Pengantar Fisika Bangunan, Mangunwijaya, hal. 118

3. Elemen Lansekap

a. Vegetasi

Di samping elemen arsitektur, elemen lansekap seperti pohon dan vegetasi juga dapat digunakan sebagai pelindung terhadap radiasi matahari. Keberadaan pohon secara langsung/tidak langsung akan menurunkan suhu udara di sekitarnya, karena radiasi matahari akan diserap oleh daun untuk proses fotosintesa dan penguapan. Efek bayangan oleh vegetasi akan menghalangi pemanasan permukaan bangunan dan tanah di bawahnya. Lippsmeier memperlihatkan suatu hasil penelitian di Afrika selatan, pada ketinggian 1m di atas permukaan perkerasan (beton) menunjukkan suhu yang lebih tinggi sekitar 4°C dibandingkan suhu pada ketinggian yang sama di atas permukaan rumput. Perbedaan ini menjadi sekitar 5°C apabila rumput tersebut terlindung dari radiasi matahari. Efektifitas pemanfaatan pohon sebagai pelindung matahari juga dapat digambarkan dengan angka *shading coefficient* seperti tabel di bawah:

Tabel 5

Shading Coeficient untuk Elemen Lansekap

No.	Elemen Pelindung	*Shading Coefficient*
	Elemen Lansekap	
1	Pohon tua (dengan efek pembayang yang besar)	0,25 – 0,20
2	Pohon muda (dengan sedikit efek pembayang)	0,60 - 0,50

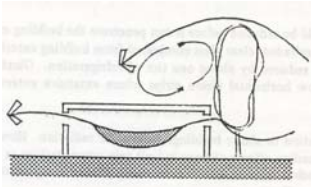
Sumber: *Concept in the Thermal Comfort*, M. David Egan.

Gambar 5

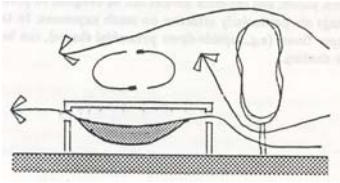
ContohPemanfaatan Vegetasi sebagai Pelindung Radiasi Matahari pada Bangunan Rumah Tinggal di Medan

Sumber Foto: Dokumentasi Tugas PLB I, Arsitektur USU, 2003

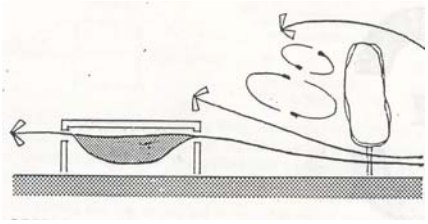
Pohon dan tanaman dapat dimanfaatkan untuk mengatur aliran udara ke dalam bangunan. Penempatan pohon dan tanaman yang kurang tepat dapat menghilangkan udara sejuk yang diinginkan terutama pada periode puncak panas. Menurut White R.F (dalam *Concept in Thermal Comfort*, Egan, 1975) kedekatan pohon terhadap bangunan mempengaruhi ventilasi alami dalam bangunan.



Pohon berjarak 1,5 m dari Bangunan



Pohon berjarak 3 m dari Bangunan



Pohon berjarak 9 m dari Bangunan, gerakan udara di dalam bangunan semakin besar/baik.

baik → **semakin baik**

Gambar 6
Jarak Pohon terhadap Bangunan dan Pengaruhnya terhadap Ventilasi Alami

Sekumpulan pohon juga dapat dimanfaatkan sebagai '*windbreak'* untuk daerah yang kecepatan anginnya cukup besar. Pohon sebagai '*windbreak'* dapat mengurangi kecepatan angin lebih dari 35 % jika jaraknya dari bangunan sebesar 5 x tinggi pohon. Bangunan harus dirancang dimana kecepatan angin di daerah pedestrian dan bukaan kurang dari 10 *mph* (mil per jam). Untuk bangunan tinggi, pengujian dengan menggunakan model bangunan yang berskala untuk memprediksi kekuatan bangunan terhadap kecepatan angin seringkali harus dilakukan dengan menggunakan terowongan angin (*wind tunnels*). Di bawah ini menunjukkan bagaimana pengaruh kecepatan angin terhadap manusia.

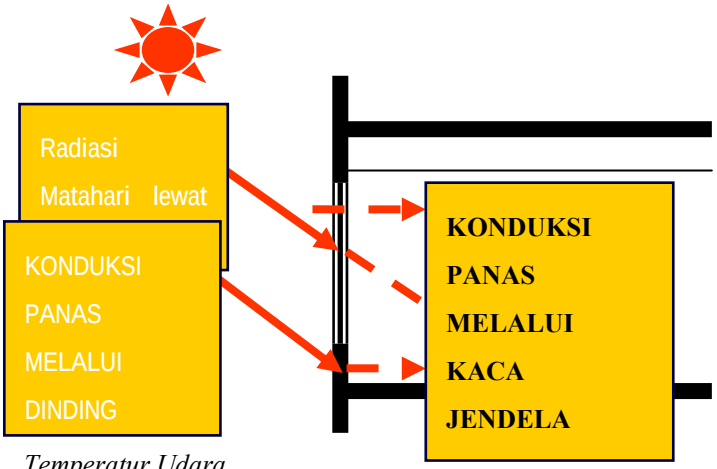
Kecepatan angin (dalam mph)	Pengaruhnya terhadap manusia
0 – 2	Tidak ada angin
2 – 10	Angin terasa di wajah dan rambut
10 – 20	Debu naik, kertas terbang, rambut dan pakaian berantakan
20 – 25	Kekuatan angin terasa di tubuh
25 – 30	Payung susah digunakan
30 – 55	Susah berjalan, manusia terasa seperti didorong angin
55 – 100	Angin Topan/Badai, berbahaya bagi manusia dan struktur
> 100	Kekuatan angin Tornado, sangat berbahaya bagi manusia dan struktur

b. Unsur Air

Untuk memodifikasi udara luar yang terlalu panas masuk ke dalam bangunan dapat dilakukan dengan membuat air mancur di dalam bangunan. Keberadaan air akan menurunkan suhu udara di sekitarnya karena terjadi penyerapan panas pada proses penguapan air. Selain menurunkan suhu udara, proses penguapan akan menaikkan kelembaban. Untuk daerah iklim tropis basah seperti di Indonesia yang memiliki kelembaban yang tinggi maka peningkatan kelembaban harus dihindarkan. Oleh sebab itu penggunaan unsur air harus mempertimbangkan adanya gerakan udara (angin) sehingga tidak terjadi peningkatan kelembaban.

4. Material/Bahan Bangunan

Panas masuk ke dalam bangunan melalui proses konduksi (lewat dinding, atap, jendela kaca) dan radiasi matahari yang ditransmisikan melalui jendela/kaca.



Temperatur Udara Luar (t_o)

Temperatur Udara di Dalam Ruangan (t_i)

Radiasi matahari memancarkan sinar ultra violet (6%), cahaya tampak (48%) dan sinar infra merah yang memberikan efek panas sangat besar (46%). Hasil penelitian menunjukkan bahwa radiasi matahari adalah penyumbang jumlah panas terbesar yang masuk ke dalam bangunan. Besar radiasi matahari yang ditransmisikan melalui selubung bangunan dipengaruhi oleh fasade bangunan yaitu perbandingan luas kaca dan luas dinding bangunan keseluruhan (*wall to wall ratio*), serta jenis dan tebal kaca yang digunakan.

Tabel 6
***Shading Coefficient* untuk Berbagai Jenis Material Kaca**

No.	Penggunaan Kaca			*Shading Coefficient*
	Jenis Kaca	Warna	Tebal	
1.	Kaca Bening	-	¼ inci	0,95
		-	$^3/_8$ inci	0,90
2.	*Heat Absorbing glass*	abu2, bronze, atau *green tinted*	$^3/_{16}$ inci	0,75
		-	$^1/_2$ inci	0,50
3.	*Revlective glass*	*dark gray metallized*	-	0,35 s/d 0,20
		light gray metallized	-	0,60 s/d 0,35

Sumber: *Concept in the Thermal Comfort*, M. David Egan.

Radiasi matahari yang jatuh pada selubung bangunan dipantulkan kembali dan sebagian diserap. Panas yang terserap akan dikumpulkan dan diteruskan ke bagian sisi yang dingin (sisi dalam bangunan). Masing-masing bahan bangunan mempunyai angka koefisien serapan kalor (%) seperti terlihat pada tabel berikut. Semakin besar serapan kalor, semakin besar panas yang diteruskan ke ruangan.

Tabel 7
Radiasi Matahari dan Serapan Kalor

Permukaan bahan	%
Asbes semen baru	42-59
Asbes esemen sabgat kotor (6 tahun terpakai)	83
Kulit bitumen/aspal	86
Kulit bitumen bila dicat aluminium	40
Genteng keramik merah	62-66
Seng (baru) 64	
Seng (kotor sekali)	92
II. Selulose cat putih	18
Selulose cat hijau tua	88
Selulose cat merah tua	57
Selulose cat hitam	94
Selulose cat kelabu hitam	90

Sumber: Pengantar Fisika Bangunan, Mangunwijaya, hal. 117

Warna juga berpengaruh terhadap angka serapan kalor. Warna-warna muda memiliki angka serapan kalor yang lebih sedikit dari pada warna tua. Warna putih memiliki angka serapan kalor paling sedikit (10%-15%), sebaliknya warna hitam dengan permukaan tekstur kasar dapat menyerap kalor sampai 95%.

Tabel 8
Koefisien Serapan Kalor Akibat Pengaruh Warna

Permukaan	%
Dikapur putih (baru)	10-15
Dicat minyak (baru)	20-30
Marmer/pualam putih	40-50
Kelabu madya	60-70
Batu bata, beton	70-75
Hitam mengkilat	80-85
Hitam kasar	90-95

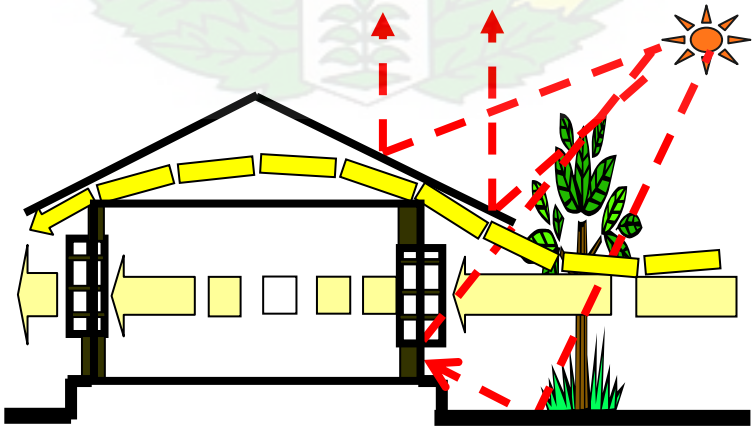
Sumber: Pengantar Fisika Bangunan, Mangunwijaya, hlm. 116

Tabel 9
Pengurangan Serapan Kalor yang Berasal dari Radiasi Matahari, bila Permukaan Dicat Putih

Pukul (Siang hari)	Suhu pelat-pelat seng Pelat biasa (°F)	Bila dicat putih (°F)	Selisih suhu (°F)
2.40	127	106	21
2.45	134	108,5	25,5
3.50	128	106,5	21,5
4.30	114	99	15
5.25	102,5	93,5	9
6.10	89	86,5	2,5
6.35	85	84,5	0,5

Pengukuran di Lagos, Nigeria (1945)
Sumber: Pengantar Fisika Bangunan, Mangunwijaya, hlm. 118

Kesimpulan
Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa bukanlah hal yang mustahil untuk menciptakan kenyamanan termal di dalam bangunan walaupun Indonesia memiliki iklim yang berada di atas garis kenyamanan suhu tubuh. Arsitek hanya perlu memberikan perhatian yang 'lebih' terhadap penyelesaian masalah iklim ini.



Kondisi ideal yang harus dibuat untuk menciptakan bangunan nyaman secara termal adalah sebagai berikut:

- Teritis atap/*Overhang* cukup lebar
- Selubung bangunan (atap dan dinding) berwarna muda (memantulkan cahaya)
- Terjadi Ventilasi Silang
- Bidang –bidang atap dan dinding mendapat bayangan cukup baik
- Penyinaran langsung dari matahari dihalangi (menggunakan *solar shading devices*) untuk menghalangi panas dan silau.

DAFTAR PUSTAKA

Aronin, Jeffrey Allison (1953), *Climate & Architecture*, New York: Reinhold Publishing Corporation.

Boutet, Terry S. (1987), *Controlling Air Movement*, New York: McGraw-Hill Book Company.

Departemen Pekerjaan Umum (1993), *Standar: Tata Cara Perencanaan Teknis Konservasi Energi Pada Bangunan Gedung*, Bandung: Yayasan LPMB.

Egan, M. David (1975), *Concept in Thermal Comfort*, London: Prentice-Hall International.

Lippsmeier, Georg (1994), *Tropenbau Building in the Tropics*, *Bangunan Tropis* (terj.), Jakarta: Erlangga.

Mangunwijaya, Y.B., (1988), *Pengantar Fisika Bangunan*, Jakarta: Djambatan

Roaf, Sue, Manuel Fuentes (2001), *Ecohouse, A Design Guide*, Oxford: Architectural Press.

Szokolay S.V, et. al (1973), *Manual of Tropical Housing and Building*, Bombay: Orient Langman.

Yannas, Simos (ed.), (1983), *Passive and Low Energy Architecture*, Oxford: Pergamon Press.