

## BAB II

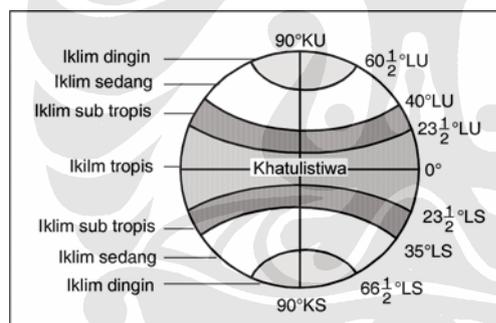
### KAJIAN TEORI

#### II.1 Iklim

##### II.1.1 Pengertian Iklim

Iklim adalah keadaan hawa (suhu, kelembaban, perawanan, hujan, dan sinar matahari) pada suatu daerah dalam jangka waktu yang panjang ( $\pm$  30 tahun). Berdasarkan banyaknya mendapatkan sinar matahari, iklim dibagi menjadi:<sup>3</sup>

1. Iklim tropis :  $0^{\circ} - 23,5^{\circ}$  LU/LS
2. Iklim sub-tropis :  $23,5^{\circ} - 40^{\circ}$  LU/LS
3. Iklim sedang :  $40^{\circ} - 66,5^{\circ}$  LU/LS
4. Iklim dingin :  $66,5^{\circ} - 90^{\circ}$  LU/LS



**Gambar 2.1.1** Pembagian daerah iklim matahari

Sumber: Atmosfer (Cuaca dan Iklim)

##### II.1.2 Iklim Tropis

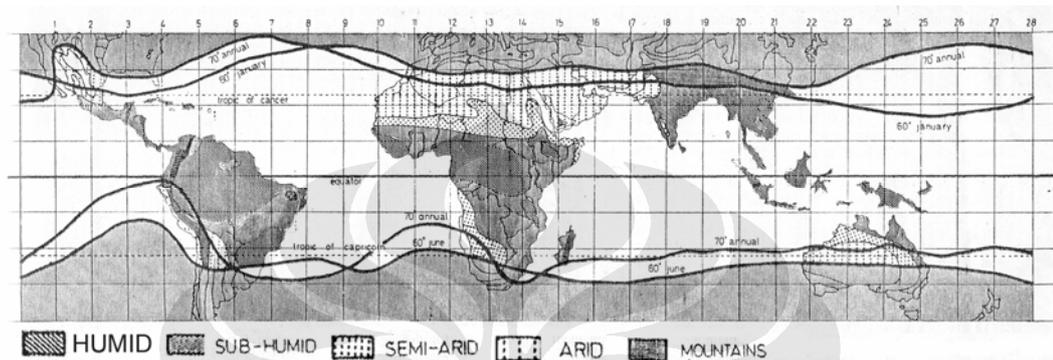
Tropis merupakan sebuah istilah dalam geografi. Daerah tropis mencakup area lebar di tengah-tengah bumi yang membentang 23,5 derajat menuju kedua kutub dari garis katulistiwa, dan memiliki luas hampir 40% dari luas permukaan bumi.

Berikut adalah negara-negara dan daerah-daerah yang termasuk memiliki iklim tropis:<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Regariana, Cut Meurah, Atmosfer (Cuaca dan Iklim). Hlm. 27

Australia	Gunaya	Laos	Sierra Leone
Bangladesh	India	Magdesy	Singapura
Brazil	Indonesia	Meksiko	Suriname
Burma	Kamboja	Mozambik	Tanzania
Daerah Arab	Kenya	Nigeria	Thailand
Ekuador	Kepulauan Karibia	Pakistan	Uganda
Filipina	Kolombia	Panama	Venezuela
Ghana	Kongo	Papua Nugini	Vietnam
Guatemala	Kosta Rika	Srilanka	Zaire

**Tabel 2.1.1** Negara-negara dengan iklim tropis



**Gambar 2.1.2** Peta iklim dunia  
Sumber: Tropical Architecture

### II.1.3 Panas dan Lembab

Selain beriklim tropis, Indonesia yang dikelilingi oleh lautan luas yaitu Samudra Hindia dan Samudra Pasifik, membuatnya memiliki udara yang bersifat lembab dan memiliki tekanan uap air yang tinggi. Hal tersebut membuat keadaan lebih tidak nyaman kalau dibandingkan tinggal di iklim yang lebih panas tetapi kering.

Karakteristik yang paling umum dari rumah tinggal di daerah panas dan lembab adalah keterbukaan. Mereka dirancang untuk bisa mendapatkan setiap angin sejuk yang ada karena hal ini dipercaya merupakan yang terbaik untuk iklim lembab. Balkon-balkon panjang, langit-langit tinggi, dan jendela besar pada rumah-rumah di Calcutta dan Manila, beranda yang dalam di Afrika, serta kertas tembok tipis di Indo-China, semua dirancang untuk mendapatkan angin sejuk.<sup>5</sup>

Bangunan-bangunan pada iklim tropis harus dirancang dengan perhatian dan pemikiran yang matang karena pengaruh iklimnya. Naungan dan perlindungan terhadap badai debu bisa menjadi prioritas utama pada daerah

<sup>4</sup> Kukreja, C.P., Tropical Architecture. Hlm. 3

<sup>5</sup> Ibid. Hlm. 4

tertentu, sementara di daerah lain, ventilasi dan penangkapan aliran udara merupakan pilihan utama.<sup>6</sup>

## II.2 Kelembaban

### II.2.1 Pengertian Kelembaban

Kelembaban udara adalah jumlah uap air yang terkandung dalam udara.<sup>7</sup> Tidak seperti Oksigen dan Nitrogen, kandungan uap air berbeda-beda pada tiap tempat. Uap air, adalah hal terpenting dalam penyerapan radiasi, sehingga kandungan air pada atmosfer berpengaruh besar dalam pemanasan udara.

Jika seseorang membuat uap air dalam sebuah bejana, hal itu menghasilkan tekanan dalam jumlah tertentu. Jika pembuatan uap air terus dilakukan, akan dicapai sebuah batas tekanan. Jika lebih banyak lagi uap air yang dipaksa dimasukkan ke dalam bejana, maka uap air tersebut akan berubah menjadi cair atau es. Batas tekanan ini disebut tekanan jenuh. Batas tekanan jenuh akan meningkat seiring dengan peningkatan suhu. Dengan volume yang sama, suhu tinggi bisa menyimpan uap air lebih banyak dibandingkan dengan yang berada pada suhu lebih rendah. Pada daerah tropis, suhu udara cenderung tinggi sehingga udara lebih banyak mengandung uap air dibandingkan daerah yang berada pada garis lintang tinggi (iklim sedang atau dingin).<sup>8</sup>

Temp., °C	-17.8	-6.7	4.4	15.5	26.7	37.6	48.8
Saturation pressure	0.044	0.110	0.248	0.522	1.032	1.933	3.448

**Tabel 2.2.1** Tekanan kelembaban pada suhu yang bervariasi  
Sumber: Tropical Architecture

### II.2.2 Penghitungan Kelembaban

Kelembaban relatif (RH) merupakan proporsi dari keadaan tekanan uap ( $e$ ) dengan tekanan jenuh ( $E$ ), dan dihitung dengan prosentase.<sup>9</sup>

<sup>6</sup> Ibid. Hlm. 5

<sup>7</sup> Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Kamus Besar Bahasa Indonesia.

<sup>8</sup> Kukreja, C.P., Tropical Architecture. Hlm. 12

<sup>9</sup> Ibid. Hlm. 12

$$RH=100 e/E$$

### II.2.3 Pengaruh Kelembaban

Walaupun suhu di daerah tropis biasanya tinggi, akan tetapi tidak begitu terasa sebagai suatu yang membuat tubuh merasa tidak nyaman. Asalkan diimbangi dengan hembusan angin sepoi basa, maka orang pun senang berada di tepi pantai walaupun suhu rata-rata sangat tinggi, karena angin laut yang mengalir nyaman menetralsir pengaruh panas.

Kepengapan sangat terasa pada saat akan terjadi hujan lebat. Justru sesudah hujan turun, rasa pengap menjadi hilang karena kendati kelembaban udara mencapai 100%, namun itu diimbangi oleh perginya suhu panas dan hawa terasa sejuk. Sesudah hujan, hawa tentulah masih sangat lembab, tetapi kecerahan langit karena sinar matahari memungkinkan kelembaban menguap lagi.

Kelembaban udara yang nikmat untuk tubuh berkisar antara 40-70%. Padahal kelembaban udara di tempat-tempat di tepi pantai seperti misalnya Jakarta, Ujungpandang, Manado dan sebagainya menunjukkan angka rata-rata setahun kurang lebih 80%. Dalam keadaan maksimum dapat mencapai 98% dan minimum masih di atas 70%. Oleh karena itu, dari segi kenyamanan, kebasahan udara di kota-kota semacam itu dibutuhkan pertimbangan lain. Dengan kata lain: proses penguapan harus dipercepat. Jika kelembaban udara sudah jenuh, maka tubuh kita tidak akan bisa lagi menguapkan air keringat.

Penghalangan proses berkeringat menimbulkan rasa sesak, kotor, dan panas. Oleh karena itu, konstruksi maupun tempat peletakan rumah-rumah harus benar-benar kering dan mempercepat proses penguapan. Pengeringan dapat dicapai dengan pertolongan pemanasan, terutama dari matahari, tetapi untuk unsur-unsur rumah yang tidak pernah atau tidak lama terkena matahari, pengeringan ditolong oleh penghembusan udara yang mengalir.<sup>10</sup>

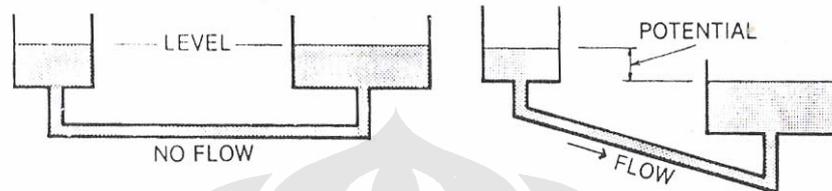
---

<sup>10</sup> Mangunwijaya, Y.B., Pengantar Fisika Bangunan. Hlm. 143

## II.3 Pengaliran Panas

### II.3.1 Pengertian Pengaliran Panas

Panas mengalir dari suhu yang lebih tinggi menuju suhu yang lebih rendah. Untuk lebih memahami hal ini, digunakan analogi air. Dalam analogi ini, perbedaan ketinggian permukaan air mewakili perbedaan suhu 2 buah benda dan volume air mewakili jumlah panasnya.



Analogi air menunjukkan bagaimana suhu (bukan kalor yang tersimpan) menentukan aliran panas

**Gambar 2.3.1** Analogi air

Sumber: Heating, Cooling, Lighting.

Saat 2 penampung air berada pada ketinggian yang sama, seperti pada gambar, tidak terjadi aliran. Walaupun terdapat lebih banyak air (panas) pada salah satu penampung, hal tersebut tidak berpengaruh apa-apa.

Apabila ketinggian permukaan air tidak sama, maka aliran terjadi seperti pada gambar. Perhatikan bahwa aliran terjadi bahkan saat jumlah air (panas) lebih kecil pada penampung yang lebih tinggi. Seperti air yang mengalir menurun, begitu juga panas akan mengalir dari suhu yang lebih tinggi menuju ke suhu yang lebih rendah.<sup>11</sup>

Panas dapat mengalir dengan beberapa cara:

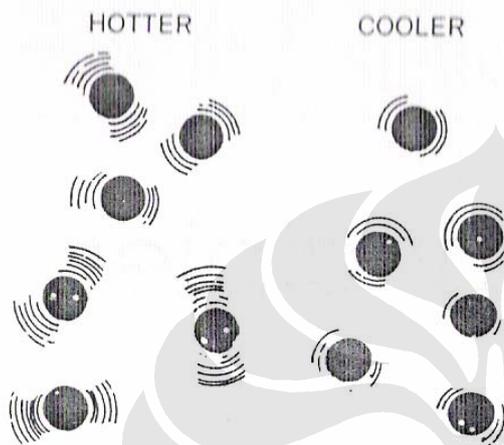
1. Konduksi
2. Konveksi
3. Radiasi

### II.3.2 Konduksi

Benda yang memiliki suhu lebih tinggi dianggap memiliki gerakan acak yang lebih besar dan menampung lebih banyak panas. Tipe panas seperti ini dapat diukur dengan termometer.

<sup>11</sup> Lechner, Norbert, Heating, Cooling, Lighting. Hlm. 18

Jika 2 buah benda seperti pada gambar disentuhkan satu sama lainnya, maka gerakan-gerakan molekul benda di kiri, akan disalurkan menuju benda yang di kanan. Dalam mekanisme pengaliran panas, hal seperti ini disebut konduksi. Molekul-molekul harus berdekatan agar dapat bertrabrakan. Karena molekul-molekul udara saling berjauhan, maka udara bukanlah konduktor yang baik, dan ruang vakum tidak memungkinkan terjadinya konduksi.<sup>12</sup>



**Gambar 2.3.2** Gerakan molekul-molekul  
Sumber: Heating, Cooling, Lighting

### II.3.3 Konveksi

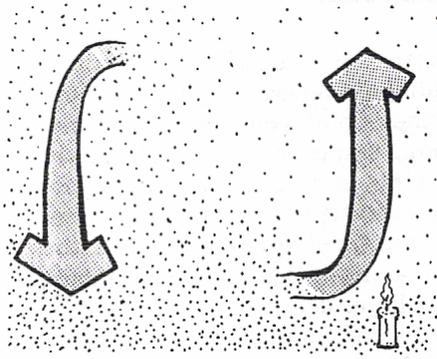
Benda gas atau cair mendapatkan panas melalui konduksi sehingga tingkat kepadatannya menurun. Molekul-molekul tersebut kemudian bergerak naik ke atas bagian yang masih padat dan dingin seperti terlihat pada gambar. Perpindahan panas seperti ini disebut konveksi. Perpindahan panas seperti ini sangat bergantung kepada gravitasi dan oleh karena itu panas tidak pernah bergerak turun. Karena kita hidup di lautan udara, konveksi alami memegang peranan sangat penting dalam mekanisme perpindahan panas.

Arus konveksi alami cenderung menciptakan lapisan-lapisan dengan suhu berbeda. Dalam sebuah ruangan, udara panas berkumpul di langit-langit sedangkan udara dingin berada di sekitar lantai.

Konveksi lainnya dapat terjadi saat udara digerakkan oleh kipas atau angin. Saat udara yang dipanaskan dihembuskan diantara area yang lebih panas atau dingin, terjadi perpindahan panas yang disebut konveksi buatan.<sup>13</sup>

<sup>12</sup> Ibid. Hlm. 12

<sup>13</sup> Ibid. Hlm. 13



**Gambar 2.3.3** Konveksi

Sumber: Heating, Cooling, Lighting

### II.3.4 Radiasi

Bentuk ketiga dari panas adalah pancaran. Ini adalah bagian dari spektrum elektromagnet yang disebut infra merah. Semua benda yang menghadap ke ruang vakum memancarkan dan menyerap panas. Benda bersuhu tinggi melepaskan panas melalui radiasi karena memancarkan lebih banyak energi dibandingkan dengan yang diserap. Panjang gelombang atau frekuensi radiasi dipengaruhi oleh suhu benda tersebut.

Radiasi tidak dipengaruhi oleh gravitasi, karena itu benda dapat memancarkan radiasi ke bawah dan ke atas sama besarnya. Bagaimanapun juga, radiasi dipengaruhi oleh interaksi benda khususnya pada permukaan bahan. Empat kemungkinan interaksi tersebut adalah:<sup>14</sup>

1. Penembusan

Keadaan saat radiasi menembus sebuah bahan

2. Penyerapan

Keadaan saat radiasi diubah menjadi panas di dalam sebuah bahan

3. Pemantulan

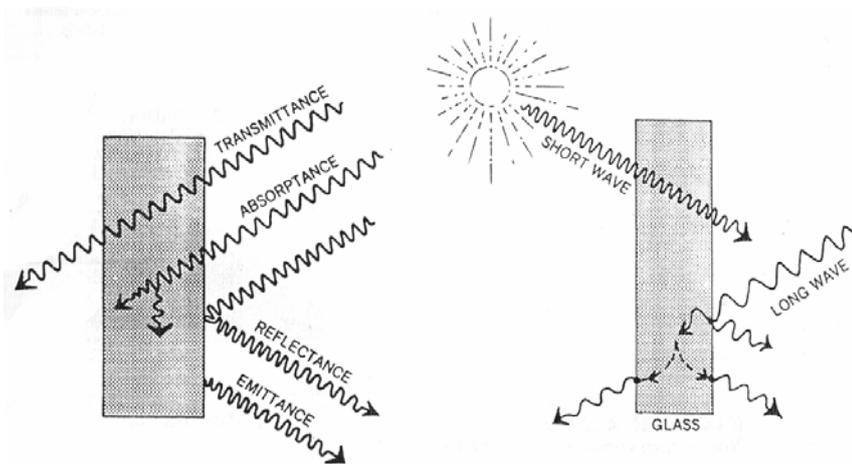
Keadaan saat radiasi dipantulkan oleh permukaan benda

4. Pemancaran

Keadaan saat radiasi dikeluarkan melalui permukaan, sehingga mengurangi panas yang terkandung benda tersebut

---

<sup>14</sup> Ibid. Hlm. 15



Ada 4 macam interaksi yang dapat terjadi antar materi dan energi

Interaksi yang terjadi bukan hanya tergantung sifat materialnya, tetapi juga panjang gelombang

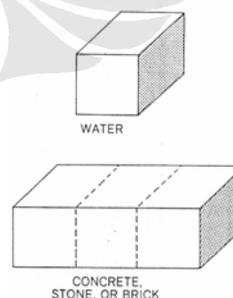
**Gambar 2.3.4** Interaksi radiasi

Sumber: Heating, Cooling, Lighting

### II.3.5 Kapasitas Kalor

Jumlah kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu sebuah bahan sebesar  $1^{\circ}\text{F}$  disebut kapasitas kalor bahan tersebut. Kapasitas kalor tiap bahan sangat beragam tetapi pada umumnya, bahan yang lebih berat memiliki kapasitas kalor yang lebih tinggi. Air adalah sebuah pengecualian karena memiliki kapasitas kalor yang tinggi walaupun memiliki berat yang menengah. Dalam dunia arsitektur biasanya lebih disukai menghitung kapasitas kalor berdasarkan volume dibandingkan berdasarkan berat. Berikut adalah beberapa bahan dengan kapasitas kalornya.<sup>15</sup>

Material	Heat Capacity per Volume (btu/ft <sup>3</sup> -F)
Water	62.4
Steel	59
Wood	26
Brick	25
Concrete (stone)	22
Foam insulation	1
Air	0.02



**Tabel 2.3.1** Kapasitas kalor bahan-bahan

Sumber: Heating, Cooling, Lighting

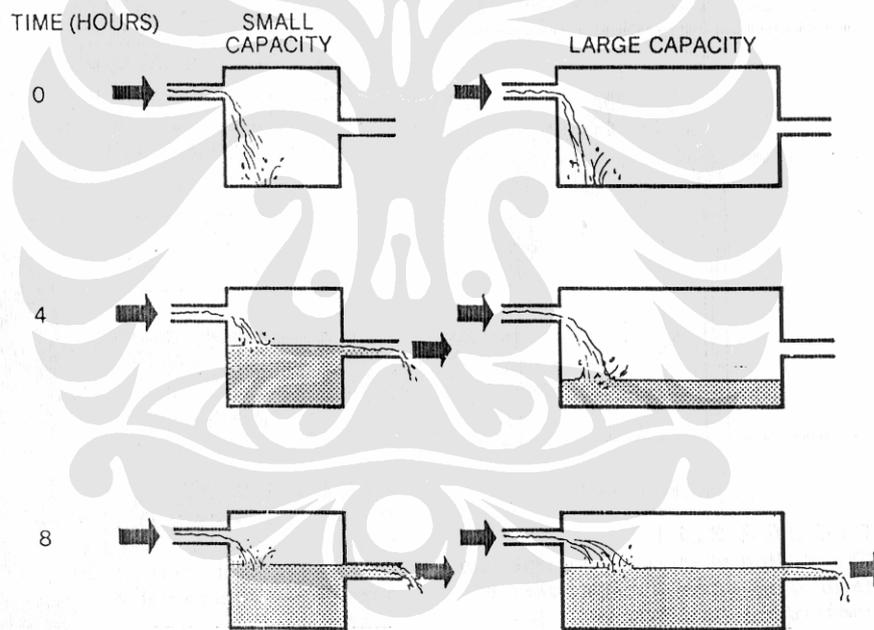
**Gambar 2.3.5** Perbandingan kapasitas kalor

<sup>15</sup> Ibid. Hlm.19

### II.3.6 Jeda Waktu

Bayangkan sebuah bahan terpapar 2 suhu yang berbeda. Di satu sisi sebuah dinding beton 30,5 centimeter suhunya  $37,8^{\circ}\text{C}$  dan di sisi lainnya  $10^{\circ}\text{C}$ . Perbedaan suhu ini akan menyebabkan panas mengalir melalui dinding beton. Pada awalnya panas terpakai untuk menaikkan suhu dinding, lalu setelah mencapai suhu tertentu panas baru bisa mengalir melewati sisi berikutnya. Jeda pada penyaluran konduksi panas ini berlangsung sangat cepat pada kayu setebal 2,54 cm karena kapasitas panasnya yang rendah. Beton dapat menunda lebih lama karena kapasitasnya yang besar.

Konsep ini mudah dimengerti melalui analogi air yang mengalir melalui tangki penampung yang melambangkan kapasitas panas sebuah bahan.<sup>16</sup>



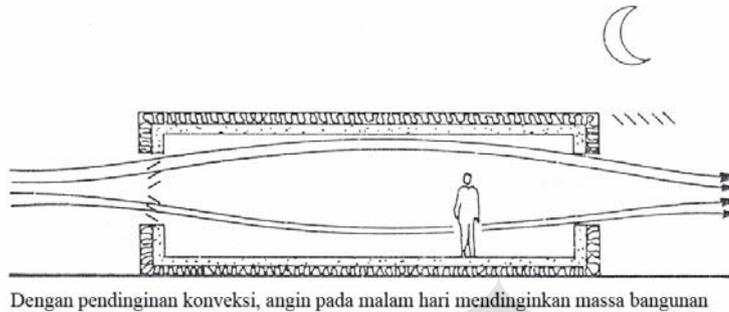
**Gambar 2.3.6** Ilustrasi jeda waktu  
Sumber: Heating, Cooling, Lighting

### II.3.7 Pendinginan Konveksi

Di semua iklim, khususnya iklim lembab, udara di malam hari lebih dingin dibandingkan dengan siang. Udara dingin ini bisa digunakan untuk membuang panas dari massa bangunan. Massa yang didinginkan ini akan berfungsi sebagai

<sup>16</sup> Ibid. Hlm. 20

penyerap panas pada hari berikutnya. Karena ventilasi menghilangkan panas dari massa bangunan dengan cara konveksi, maka teknik ini disebut pendinginan konveksi.



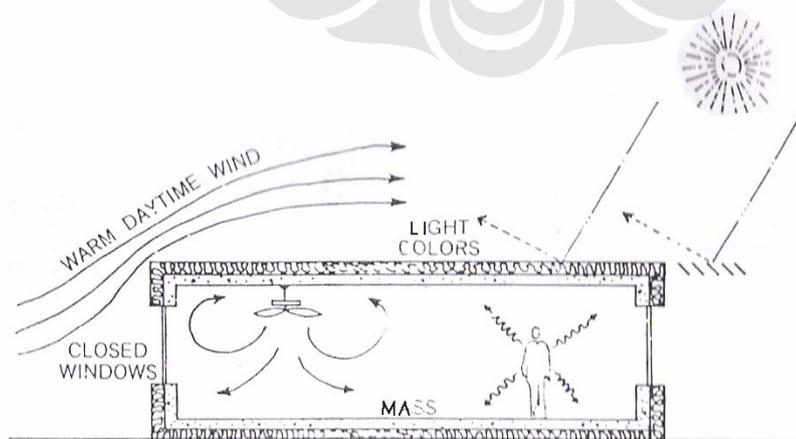
**Gambar 2.3.7** Pendinginan konveksi

Sumber: Heating, Cooling, Lighting

Strategi pendinginan ini bekerja efektif untuk iklim panas dan kering karena perbedaan suhu siang dan malam yang drastis ( $16,7^{\circ}\text{C}$ ), tetapi masih menunjukkan hasil yang baik pada iklim lembab yang memiliki perbedaan suhu siang dengan malam sekitar  $11,1^{\circ}\text{C}$ .

Massa penyerap panas ini sangat penting karena tanpanya, tidak ada penyerap panas pada siang hari. Idealnya, massanya memiliki berat sekitar 40 Kg tiap kaki persegi dari luas lantai, dan permukaannya 2 kali luas permukaan lantai.

Untuk meminimalisasi kenaikan panas, dinding dan atap sebaiknya diberi insulasi yang memadai dan permukaan luar memiliki warna yang cerah. (memiliki faktor pemantulan cahaya setidaknya 0,75 untuk atap dan 0,5 untuk dinding)



**Gambar 2.3.8** Pendinginan konveksi

Sumber: Heating, Cooling, Lighting

Untuk membuang panas pada malam hari, luas bukaan sebaiknya sekitar 10 sampai 15% dari luas lantai. Saat ventilasi alami tidak memadai, kipas angin bisa digunakan. Dengan pendinginan konveksi, aliran udara diarahkan ke massa bangunan buka ke pengguna bangunan.<sup>17</sup>

Aturan-aturan pendinginan konveksi:

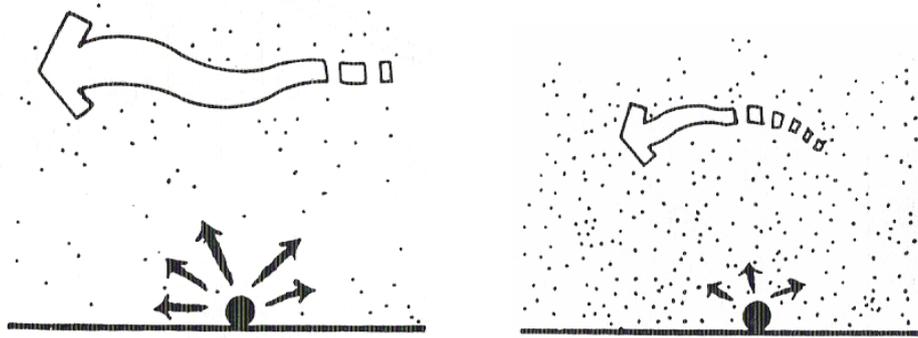
1. Pendinginan konveksi bekerja efektif untuk iklim panas dan kering karena perbedaan suhu siang dan malam yang drastis ( $16,7^{\circ}\text{C}$ ), tetapi masih menunjukkan hasil yang baik pada iklim lembab yang memiliki perbedaan suhu siang dengan malam sekitar  $11,1^{\circ}\text{C}$ .
2. Kecuali untuk daerah yang memiliki angin malam yang konsisten, jendela dan kipas angin sebaiknya digunakan.
3. Idealnya, terdapat 40 Kg massa untuk setiap 1 kaki persegi luas lantai, dan permukaannya 2 kali luas permukaan lantai.
4. Aliran udara pada malam hari harus diarahkan ke massa bangunan untuk menjamin perpindahan panas yang baik.
5. Luas bukaan berkisar antara 10 sampai 15% dari luas lantai.
6. Jendela sebaiknya dibuka pada malam hari dan ditutup pada siang hari.

### **II.3.8 Pendinginan dengan Penguapan**

Saat keringat menguap dari permukaan kulit, diperlukan sejumlah besar panas. Panas untuk penguapan ini diambil dari kulit, yang otomatis menjadi dingin saat proses ini berlangsung. Panas dari kulit ini diubah menjadi panas laten pada uap air. Saat air menguap, udara disekitar kulit menjadi lembab, dan bahkan bisa mencapai jenuh. Uap air di udara lalu akan mengalami penguapan lebih lanjut. Untuk itu diperlukan aliran udara atau udara yang sangat kering agar pendinginan melalui penguapan dapat berjalan efektif.

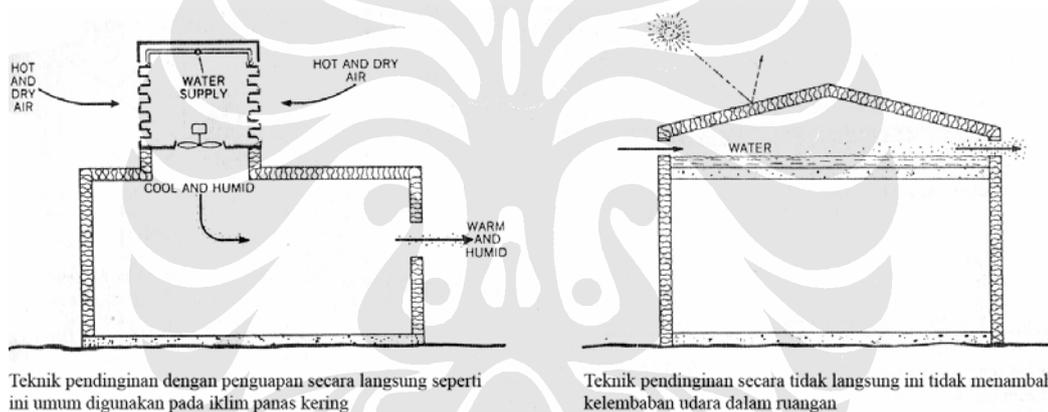
---

<sup>17</sup> Ibid. Hlm 197



**Gambar 2.3.9** Ilustrasi penguapan  
 Sumber: Heating, Colling, Lighting

Bangunan juga dapat didinginkan dengan penguapan. Penyiraman air pada atap bangunan bisa menurunkan suhunya secara dramatis. Pada iklim kering, udara yang masuk bisa didinginkan dengan menyiramkan air.<sup>18</sup>



Teknik pendinginan dengan penguapan secara langsung seperti ini umum digunakan pada iklim panas kering

Teknik pendinginan secara tidak langsung ini tidak menambah kelembaban udara dalam ruangan

**Gambar 2.3.10** Pendinginan dengan penguapan secara langsung dan tidak langsung  
 Sumber: Heating, Cooling, Lighting

### II.3.9 Pengaruh Warna

Untuk permukaan-permukaan penyimpan panas yang massif, sebaiknya berwarna gelap guna menyerap radiasi, dan permukaan yang tidak massif harus berwarna terang guna memantulkan radiasi.

Permukaan-permukaan dari bahan-bahan ringan dan tidak massif harus berwarna terang sehingga bahan itu akan memantulkan cahaya ke permukaan-permukaan massif agar tidak terlalu panas dan menaikkan suhu udara ruangan.<sup>19</sup>

<sup>18</sup> Ibid. Hlm. 12

<sup>19</sup> Brown, G.Z., Matahari, Angin, dan Cahaya. Hlm. 121

cat hitam rata optik	0.98
cat hitam rata	0.95
cat hitam mengkilap	0.92
cat abu <sup>2</sup> tua	0.91
beton hitam	0.91
cat biru tua mengkilap	0.91
cat minyak hitam	0.90
bata biru stafford	0.89
abu <sup>2</sup> ke-merah <sup>2</sup> an	0.89
cat coklat tua	0.88
cat abu <sup>2</sup> -biru tua	0.88
hijau tua atau biru mengkilap	0.88
beton abu <sup>2</sup>	0.85
cat coklat sedang	0.84
cat coklat terang sedang	0.80
hijau atau biru mengkilap	0.79
cat kuning-coklat sedang	0.78
cat minyak abu <sup>2</sup> terang	0.75
cat minyak merah	0.74
bata merah	0.70
beton tak berwarna	0.65
bata ke-kuning <sup>2</sup> an terang	0.60
cat hijau kusam	0.59
cat oranye sedang	0.58
cat kuning sedang	0.57
cat biru sedang	0.51
cat hijau sedang	0.51
cat hijau terang	0.47
cat putih setengah-kilap	0.30
cat putih mengkilap	0.25
cat perak	0.25
cat putih ducco	0.21
lembar aluminium mengkilap (reflektor)	0.12
film mylar aluminium	0.10
lapisan cat endapan uap laboratorium	0.02

**Tabel 2.3.2** Daya penyerapan panas berbagai bahan

Sumber: Matahari, Angin, dan Cahaya

## II.4 Pengaliran Udara

### II.4.1 Pengertian Udara

Udara merupakan campuran berbagai gas yang tidak berwarna dan berbau yang memenuhi ruang di atas Bumi sampai kira-kira ketinggian 300 Km.<sup>20</sup> Komposisi atmosfer di seluruh permukaan bumi kira-kira seragam. Sekitar 78% Nitrogen, 21% Oksigen, dan 1% Argon. Sebagai tambahan, atmosfer bumi juga

<sup>20</sup> Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Kamus Besar Bahasa Indonesia.

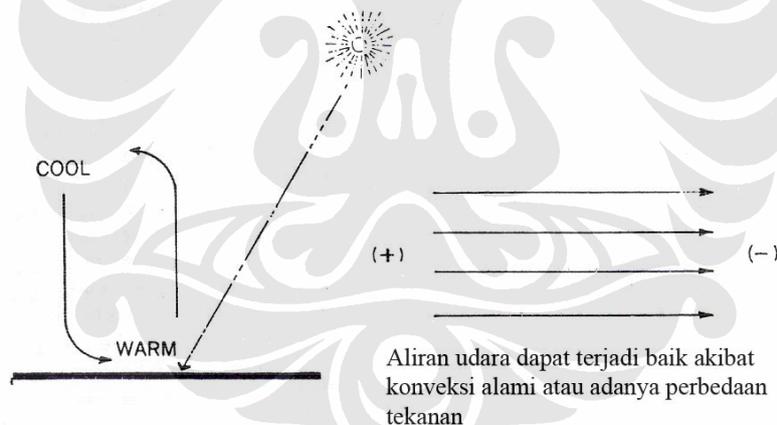
mengandung uap air, Karbondioksida, (0 sampai 2,5%), atau hasil-hasil kondensasi uap air, serta debu-debu. Air, es, serta debu-debu, walaupun memiliki jumlah yang kecil, tetapi mempunyai pengaruh yang cukup signifikan sehingga harus diperhatikan oleh arsitek.<sup>21</sup>

Kebersihan udara sangat penting, baik demi kesehatan maupun kenikmatan. Dalam gedung-gedung yang dihuni manusia, susunan kadar tersebut tentulah terpengaruh oleh manusia, organisme-organisme lain yang bernafas dan hal-hal lain yang ada di situ.<sup>22</sup>

#### II.4.2 Prinsip Dasar Pengaliran Udara

Sifat-sifat angin dan pengaruhnya pada kehidupan manusia harus dipelajari sebelum merancang sebuah hunian atau bahkan kota.

Matahari memanaskan Bumi, menghangatkan beberapa daerah lebih dari pada yang lain. Perbedaan suhu ini menghasilkan perbedaan tekanan pada permukaan Bumi, sehingga terjadilah angin.



**Gambar 2.4.1** Prinsip pengaliran udara

Sumber: Heating, Cooling, Lighting

Kecepatan angin dapat diukur dengan akurat menggunakan anemometer. Kecepatan angin juga dapat diperkirakan melalui pengaruhnya terhadap asap atau pepohonan. Observasi seperti ini ditunjukkan melalui skala Beaufort:

<sup>21</sup> Kukreja, C.P., Tropical Architecture. Hlm. 9

<sup>22</sup> Mangunwijaya, Y.B., Pengantar Fisika Bangunan. Hlm. 145

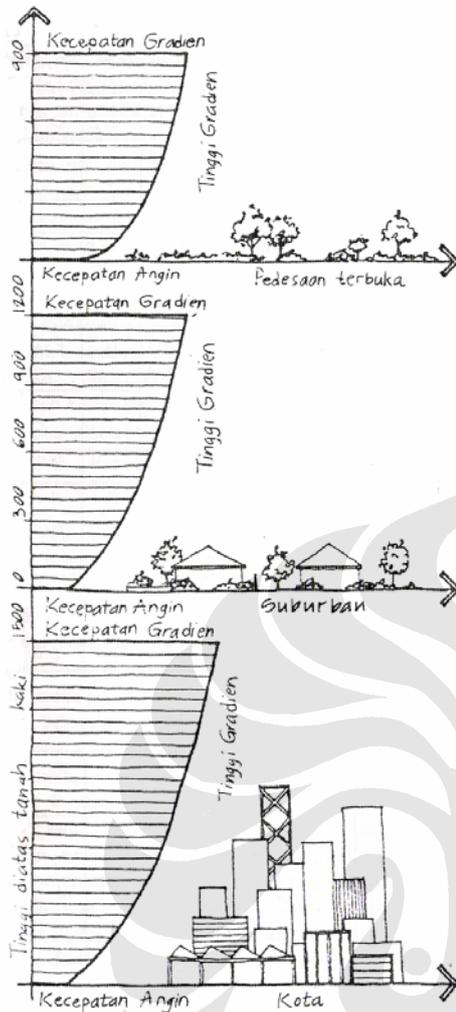
<i>Beaufort No.</i>	<i>Indications</i>	<i>Velocity (kmph)</i>
0	Smoke rises vertically	Less than 1.5
1	Direction of wind shown by smoke drift but not by wind vanes	1.5 to 5
2	Wind felt on face; leaves rustle; ordinary vane is moved by wind	6 to 16
3	Leaves and small twigs in constant motion	12 to 19
4	Raises dust and loose paper; small branches are moved	20 to 29
5	Small trees in leaf begin to sway; crested wavelets form on inland waters	30 to 38
6	Large branches in motion; whistling heard in telegraph wires; umbrellas held with difficulty	39 to 50
7	Whole trees in motion; inconvenience felt in walking against the wind	51 to 61
8	Twigs break off trees; walking on the street is difficult	62 to 74
9	Trees uprooted; considerable structural damage	75 to 86
10	Slight structural damage occurs to construction	87 to 101
11	Rarely experienced, accompanied by widespread damage	102 to 120
12	Hurricane force	over 150

**Tabel 2.4.1** Skala Beaufort tentang klasifikasi angin

Sumber: Tropical Architecture

Akibat dari gaya gesekan, kecepatan angin akan lebih lambat jika dekat dengan permukaan bumi dan lebih kencang jika berada di ketinggian. Karena hal tersebut dipengaruhi oleh kekasaran permukaan, maka kecepatan angin sangat bervariasi untuk pada tiap-tiap daerah.<sup>23</sup>

<sup>23</sup> Kukreja, C.P., Tropical Architecture. Hlm.11



**Gambar 2.4.2** Profil kecepatan angin  
 Sumber: Matahari, Angin, dan Cahaya

Saat udara bersirkulasi, ia mengikuti hukum-hukum alam. Aturan-aturan ini membuat aliran udara menjadi secara relatif teratur dan bisa diprediksi. Aliran udara merupakan fenomena sebab-akibat. Jadi jika seorang perancang mengerti akibat yang ditimbulkan kecepatan dan pola aliran udara, ia seharusnya dapat mengerti sebabnya.

Pola aliran udara terbagi menjadi 3 kategori:<sup>24</sup>

1. Laminar

Adalah pola aliran yang paling sering terjadi. Udara mengalir berada bertumpukan atau bersebelahan satu sama lain dalam sebuah garis lurus dan mudar diperkirakan karena tingkat gangguan yang kecil.

<sup>24</sup> Boutet, Terry S. Controlling Air Movement. Hlm. 41

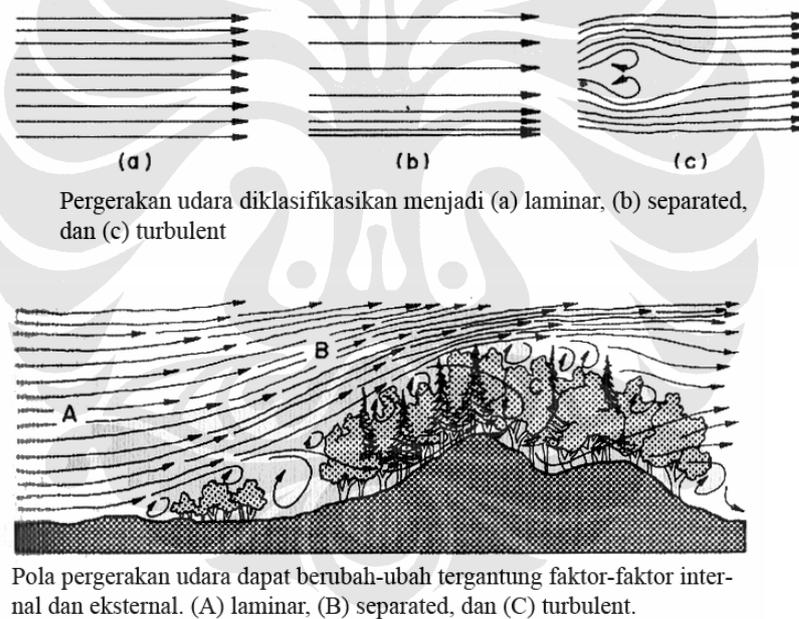
## 2. Separated

Pola ini terjadi setelah pengaruh dari faktor-faktor eksternal berkurang. Udara kembali bergerak dengan pola laminar tetapi terdapat beberapa lapisan berbeda.

## 3. Turbulent

Terjadi karena faktor-faktor eksternal yang mempengaruhi pola laminar. Pola aliran menjadi acak dan sulit diperkirakan.

Aliran udara dapat berubah-ubah dari kategori yang satu ke yang berikutnya dalam sebuah periode jarak dan waktu. Pola aliran laminar bisa berubah menjadi turbulenta jika keadaan topografi lingkungan menjadi besar. Bangunan-bangunan juga dapat menciptakan pola aliran turbulenta dan separated saat aliran udara melewati mereka.<sup>25</sup>



**Gambar 2.4.3** Tipe-tipe aliran udara

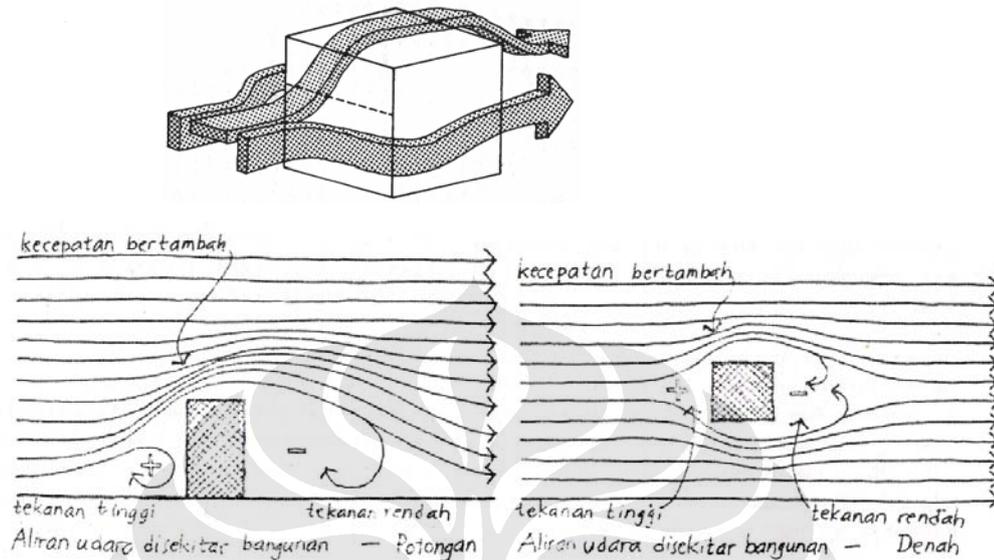
Sumber: Controlling Air Movement

### II.4.3 Pengaruh Bangunan

Selain mengerti tentang pengaruh aliran udara pada struktur bangunan, seorang arsitek juga harus memahami pengaruh bangunan pada aliran udara. Bangunan dapat memantulkan, menghalangi, mengarahkan, dan mengurangi atau

<sup>25</sup> Ibid. Hlm. 41

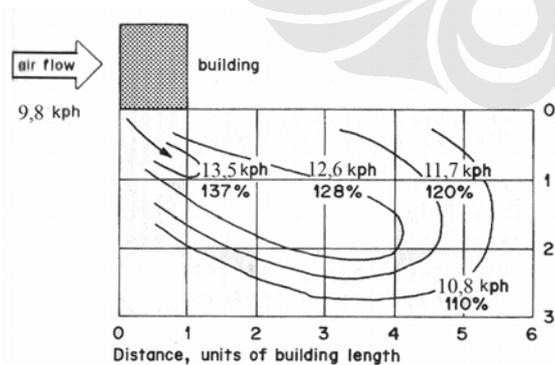
menambah kecepatan aliran udara. Besar kecilnya pengaruh bangunan terhadap aliran udara bergantung kepada tinggi, lebar, panjang, dan bentuk bangunan tersebut.



**Gambar 2.4.4** Aliran udara di sekitar bangunan

Sumber: Controlling Air Movement & Matahari, Angin, dan Cahaya

Walaupun bangunan bisa mengurangi kecepatan angin yang menabraknya, perubahan aliran udara menaikkan kecepatan pada dasar dan sisi bangunan sebesar 2 bahkan sampai 3 kali lipat. Hal ini dapat membahayakan apabila bangunan telah melebihi 6 lantai dan 2 kali lebih tinggi daripada bangunan sekitarnya.

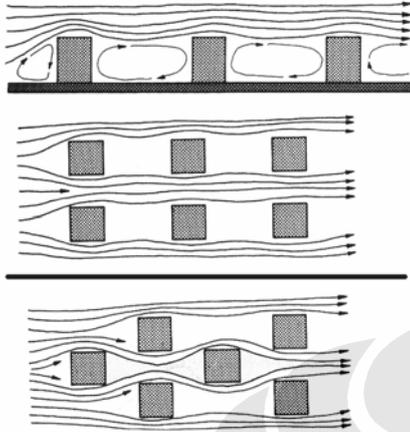


Kecepatan angin dapat meningkat hingga 137% pada sudut bangunan

**Gambar 2.4.5** Pengaruh bangunan

Sumber: Controlling Air Movement

Pada musim panas, rumah yang mendapatkan angin sepoi-sepoi, jika dibandingkan dengan yang tidak, tidak membutuhkan mesin-mesin penyejuk ruangan.<sup>26</sup>

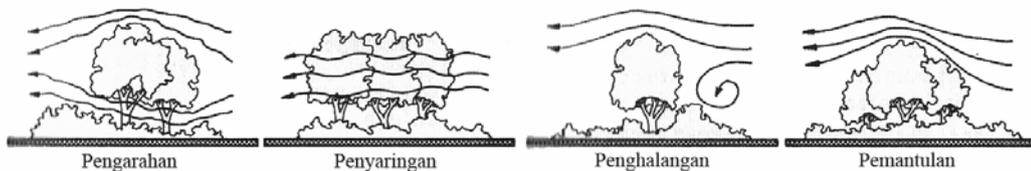


**Gambar 2.4.6** Pengaruh pola bangunan  
Sumber: Controlling Air Movement

#### II.4.4 Pengaruh Vegetasi

Elemen vegetasi yang bermacam-macam berpengaruh besar terhadap pola aliran dan kecepatan udara pada bangunan rendah. Pepohonan, semak-semak, dinding, dan pagar menciptakan tekanan-tekanan tinggi dan rendah pada daerah-daerah sekitar hunian dan berhubungan dengan penempatan bukaan-bukaan pada dinding.<sup>27</sup>

Pepohonan dan semak-semak bukan hanya dapat memperindah tampak dan meningkatkan nilai jual sebuah bangunan, tetapi juga mengatur aliran udara jika dipilih dan diletakkan dengan tepat. Penyaringan, pemantulan, pengarahannya, dan penghalangan aliran udara bisa dilakukan oleh pepohonan dan semak-semak. Vegetasi bahkan dapat mengurangi kecepatan aliran udara di sekitar bangunan sehingga mengurangi atau menambah kebutuhan kekuatan struktural.<sup>28</sup>



**Gambar 2.4.7** Pengaruh vegetasi  
Sumber: Controlling Air Movement

<sup>26</sup> Ibid. Hlm. 50

<sup>27</sup> Kukreja, C.P. Tropical Architecture. Hlm. 116

<sup>28</sup> Boutet, Terry S., Controlling Air Movement. Hlm. 47

Robert B. Deering telah mempelajari pengaruh tanaman-tanaman pada iklim mikro secara mendetail dan menuliskan beberapa faktor yang harus diperhatikan saat mencoba mengatur iklim dengan vegetasi. Berikut adalah hal-hal yang direkomendasikan:<sup>29</sup>

1. Pada area yang membutuhkan panas matahari saat musim dingin, pohon-pohon musiman harus digunakan.
2. Jika ditanam dekat dengan rumah, pepohonan dan rerumputan mengalirkan udara dingin ke dalam rumah yang memiliki bukaan rendah. Bukaan-bukaan tinggi tidak cocok untuk situasi seperti ini.
3. Semakin besar dan banyak pepohonan dan semakin besar lahan rerumputan, maka semakin besar penyejukan yang akan terjadi.
4. Semak-semak bisa juga menaikkan suhu bila sirkulasi udara terhenti. Semak-semak yang rendah lebih direkomendasikan.
5. Penahan angin mungkin dibutuhkan untuk menghalangi angin kering dan panas pada musim panas dan angin dingin pada musim dingin.
6. Tanaman-tanaman yang merambat pada teralis dan menutupi jendela bisa dipakai untuk menghalangi sinar matahari.

Selain pola aliran, vegetasi juga mempengaruhi kualitas udara. Saat udara bergerak di bawah kanopi pepohonan, suhunya mulai berkurang karena panas radiasi matahari disaring oleh dedaunan. Proses transpirasi<sup>30</sup> yang terjadi pada pepohonan yang menambah kelembaban juga membantu menghilangkan panas. Bahkan pada iklim panas dan lembab, sensasi penyejukan masih dapat dirasakan.<sup>31</sup>

Sebuah percobaan telah menunjukkan bahwa udara yang berada di atas aspal memiliki suhu 43,3<sup>0</sup> C, sedangkan saat berada di atas rerumputan, suhunya hanya 32,2<sup>0</sup> C. Perbedaan 11,1<sup>0</sup> C ini akan memberikan pengaruh besar terhadap kapasitas panas sebuah bangunan. Maka itu, kenyamanan termis akan lebih efektif jika bangunan dikelilingi oleh tumbuh-tumbuhan dibandingkan dengan aspal.<sup>32</sup>

---

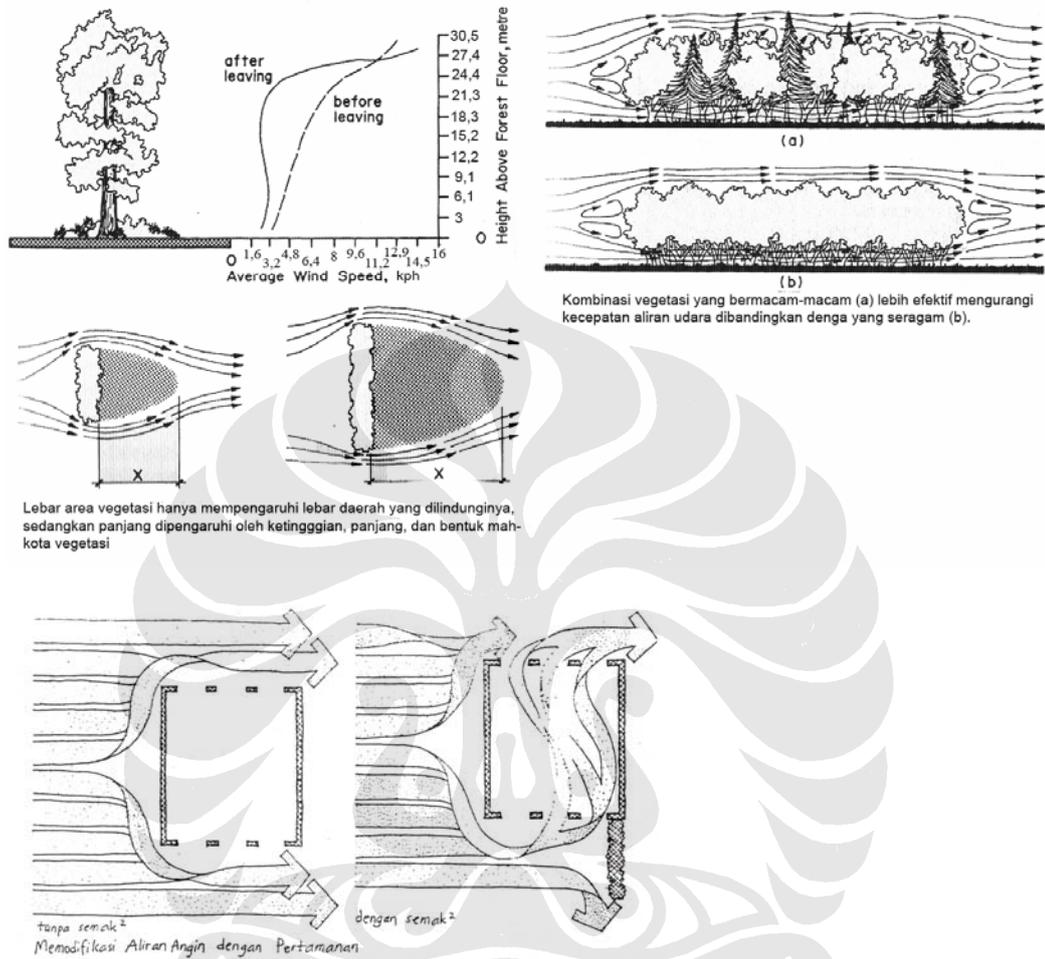
<sup>29</sup> Kukreja, C.P., Tropical Architecture. Hlm. 116

<sup>30</sup> Pelenyapan uap air dari permukaan daun tumbuhan melalui proses biokimia dan nonkimia.

<sup>31</sup> Boutet, Terry S., Controlling Air Movement. Hlm 47

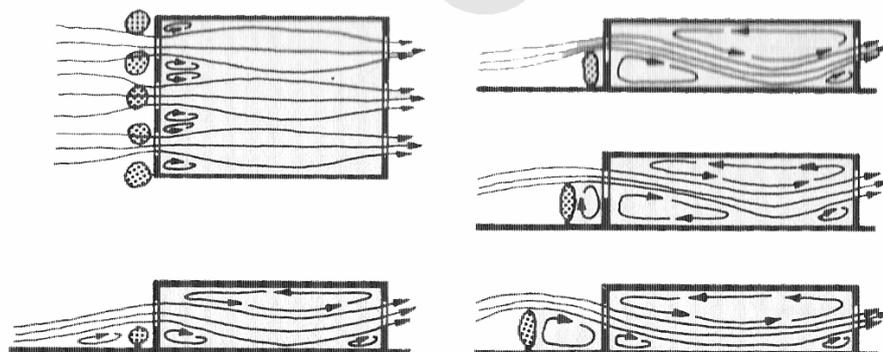
<sup>32</sup> Lechner, Norbert, Heating, Cooling, Lighting. Hlm. 196

Selain itu, vegetasi juga dapat mengurangi kebisingan, menyaring debu-debu, dan juga menghisap karbon dioksida sehingga meningkatkan kualitas udara.

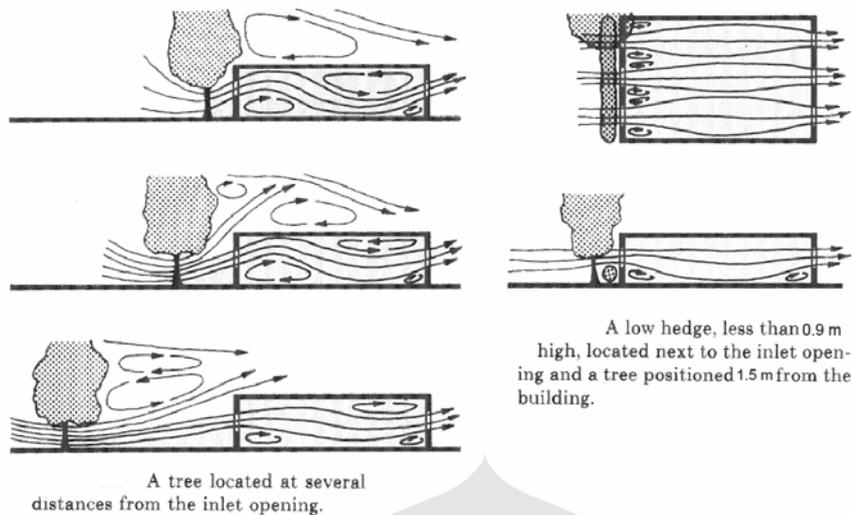


**Gambar 2.4.8** Pengaruh berbagai bentuk vegetasi terhadap aliran udara

Sumber: Controlling Air Movement & Matahari, Angin, dan Cahaya.



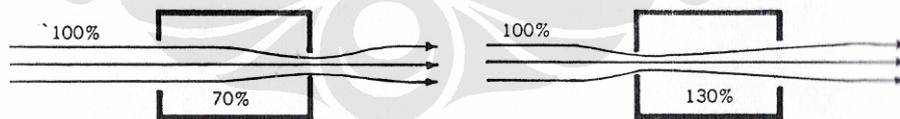
Low shrubs, 0.9 m high, and medium shrubs, 1.5 m high, positioned at various distances from the inlet openings.



**Gambar 2.4.9** Pengaruh vegetasi terhadap aliran udara ke dalam ruangan  
 Sumber: Controlling Air Movement

#### II.4.5 Bukaannya Masuk dan Bukaannya Keluar

Biasanya ukuran bukaan untuk udara masuk sama dengan ukuran bukaan untuk udara keluar. Tetapi apabila salah satunya harus lebih kecil, akan lebih baik jika yang lebih kecil adalah bukaan untuk udara masuk karena akan memaksimalkan kecepatan aliran udara di dalam ruangan (kecepatan inilah yang mempengaruhi kenyamanan). Bukaan masuk tidak hanya mempengaruhi kecepatan, tetapi juga pola aliran udara dalam ruangan, sedangkan lokasi bukaan keluar hanya memiliki pengaruh kecil dalam kecepatan dan pola aliran udara.<sup>33</sup>



**Gambar 2.4.10** Pengaruh lebar bukaan masuk dan keluar  
 Sumber: Heating, Cooling, Lighting

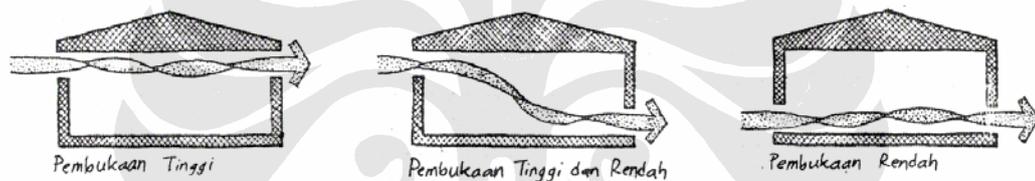
Kesalahpahaman yang sering terjadi mengenai ukuran bukaan, adalah besarnya bukaan yang menghadap ke arah angin akan menghisap udara ke dalam ruangan sementara bukaan kecil pada dinding yang bersebrangan dengannya akan menciptakan ventilasi silang. Sebenarnya, rancangan yang sebaliknya akan lebih

<sup>33</sup> Ibid., Hlm. 190

tepat dalam menciptakan ventilasi silang pada musim panas. Semakin besar perbandingan ukuran bukaan keluar dengan bukaan masuk akan menciptakan kecepatan yang lebih tinggi, yang juga menghasilkan penyejukan lebih besar.<sup>34</sup>

Penempatan bukaan-bukaan dan hubungannya antara satu sama lain serta orientasi terhadap arah datangnya angin dapat memberikan hasil yang lebih baik atau buruk. Berlawanan dengan pendapat umum, aliran udara yang terbaik tidak selalu terjadi jika angin datang tegak lurus terhadap arah bukaan. Dalam beberapa kasus, kondisi yang lebih baik dapat tercapai bila angin datang dengan sudut tertentu menuju bukaan masuk.

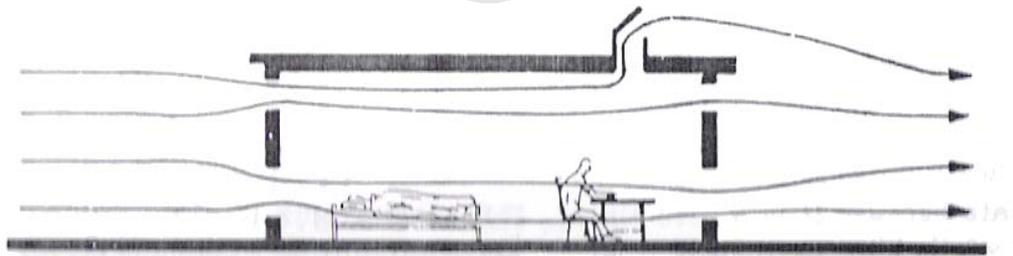
Bila posisi bukaan keluar tetap, sedangkan bukaan masuk ditempatkan tinggi, sedang atau rendah, pola aliran udara yang terjadi bervariasi. Bukan hanya dipengaruhi peletakan saja, tetapi juga pengaturan dan tipe-tipe dari bukaan masuk dapat mempengaruhi pola aliran dalam bangunan.<sup>35</sup>



**Gambar 2.4.11** Berbagai letak ketinggian bukaan

Sumber: Matahari, Angin, dan Cahaya

Agar nyaman, jendela diletakkan setara dengan ketinggian penghuni di dalam ruangan. Tambahan jendela tinggi juga harus diperhatikan untuk mengeluarkan udara panas yang sering terkumpul di dekat langit-langit. Bukaan tinggi juga penting untuk pendinginan struktur dengan cara konveksi.<sup>36</sup>



**Gambar 2.4.12** Kombinasi bukaan

Sumber: Heating, Cooling, Lighting

<sup>34</sup> Kukreja, C.P. Tropical Architecture. Hlm. 91

<sup>35</sup> Kukreja, C.P. Tropical Architecture. Hlm. 91

<sup>36</sup> Lechner, Norbert. Heating, Cooling, Lighting. Hlm. 190

Jika dibuat kesimpulan, hal-hal berikut harus dipertimbangkan untuk merancang pola aliran udara:<sup>37</sup>

1. Lokasi dan tipe bukaan masuk akan menentukan pola aliran udara dalam bangunan.
2. Lokasi dan tipe bukaan keluar hanya berpengaruh sedikit terhadap pola aliran udara.
3. Udara mencapai kecepatan tertinggi dalam bangunan saat bukaan masuk dirancang untuk mengalirkan udara menuju zona-zona berkegiatan dan bila ukuran bukaan keluar besar.
4. Perubahan arah aliran udara cenderung menghambat kecepatan aliran udara, maka dari itu, perubahan aliran udara secara tiba-tiba sebisa mungkin dihindari.
5. Pengolahan lahan disekitar bukaan masuk bisa menghambat atau membantu ventilasi alami.

#### **II.4.6 Ukuran Bukaan**

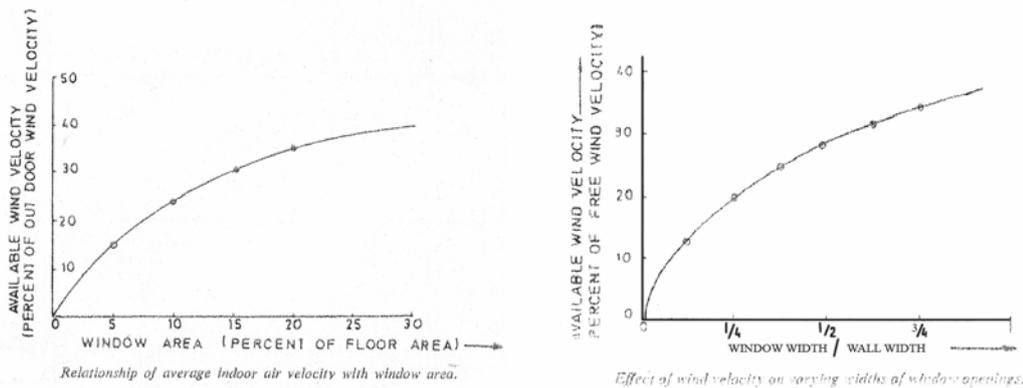
Jika perbandingan besar bukaan masuk dan bukaan keluar tetap, kecepatan rata-rata aliran udara ruangan akan meningkat bila lebar bukaan diperbesar. Perlu diingat bila meningkatkan besar bukaan melebihi 2/3 dari luas lantai, tidak berpengaruh banyak terhadap ventilasi.

Kecepatan rata-rata aliran udara ruangan akan meningkat bila ketinggian bukaan masuk dan bukaan keluar dinaikkan. Penambahan ketinggian melebihi 1,1 meter berpengaruh sedikit kepada aliran udara di dalam ruangan.<sup>38</sup>

---

<sup>37</sup> Kukreja, C.P. Tropical Architecture. Hlm 92

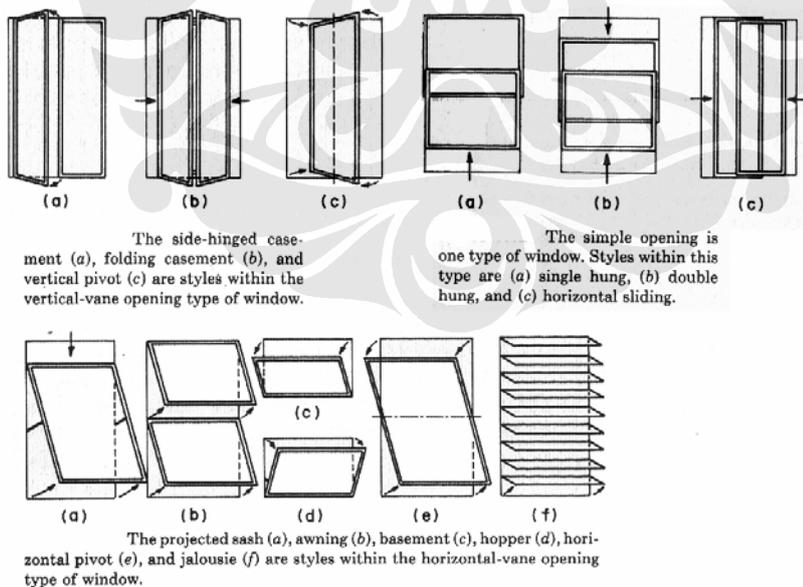
<sup>38</sup> Ibid. Hlm 96.



**Gambar 2.4.13** Pengaruh lebar bukaan terhadap kecepatan angin  
Sumber: Tropical Architecture

## II.4.7 Tipe-tipe Jendela

Aspek-aspek penting sebuah jendela meliputi pencahayaan siang hari yang mencukupi, tahan cuaca, kokoh, dapat memantulkan atau menyerap panas radiasi, pengoperasian yang mudah, tahan lama, kedap udara, insulasinya baik, mudah dibersihkan dan diperbaiki, dan yang terakhir dapat mengendalikan aliran udara. Jendela yang dirancang dengan baik merupakan keuntungan dalam konservasi energi, sedangkan jika rancangannya kurang baik merupakan pembebanan energi.<sup>39</sup>

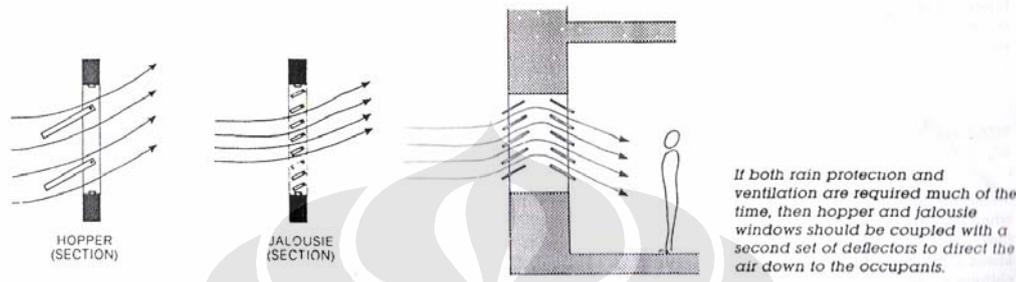


**Gambar 2.4.14** Berbagai tipe jendela

Sumber: Controlling Air Movement

<sup>39</sup> Boutet, Terry S. Controlling Air Movement. Hlm. 92

Tipe *hopper* dan *jalousie* cocok untuk iklim panas dan lembab sebab dapat menghalangi air hujan masuk tetapi masih memungkinkan udara untuk melewatinya. Sayangnya dengan desain seperti ini, angin dibelokkan naik melewati kepala sehingga kurang nyaman untuk sebuah ventilasi. Untuk itu bisa dipasang bagian kedua yang dapat membelokkan lagi angin sehingga mengenai permukaan kulit penghuni.<sup>40</sup>

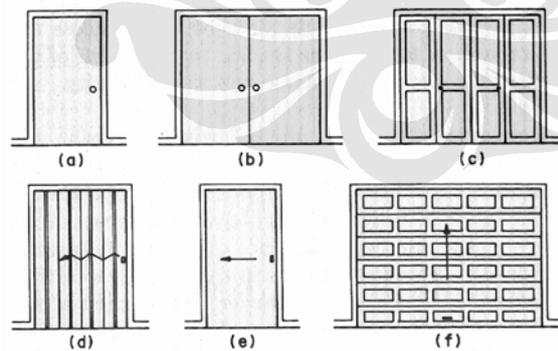


**Gambar 2.4.15** Tipe *hopper* dan *jalousie*

Sumber: Heating, Lighting, Cooling.

#### II.4.8 Tipe-tipe Pintu

Sebagai tambahan dari fungsi utamanya, pintu memungkinkan cahaya dan udara memasuki ruangan dari ruang luar yang terbuka. Pintu memiliki aspek-aspek yang sama seperti jendela. Tetapi hal yang mempengaruhi aspek pengaliran udara hanyalah cara pengoperasian pintu.<sup>41</sup>



Six types of residential doors: (a) single door, (b) double door, (c) bifold door, (d) folding door, (e) sliding door, and (f) garage door.

**Gambar 2.4.16** Berbagai tipe pintu

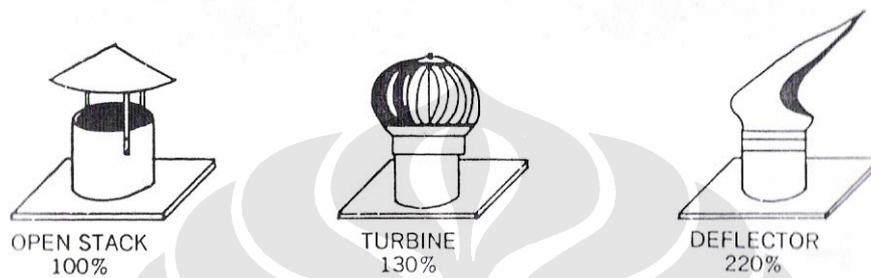
Sumber: Controlling Air Movement

<sup>40</sup> Lechner, Norbert, Heating, Cooling, Lighting. Hlm. 190

<sup>41</sup> Ibid. Hlm. 117

## II.4.9 Ventilator

Ventilator biasanya digunakan untuk menurunkan suhu bagian loteng atau langit-langit bangunan. Tetapi apabila kecepatan angin cukup tinggi dan jumlah ventilatornya cukup besar, maka alat ini juga dapat berguna bagi ventilasi ruangan di bawahnya. Turbin bisa meningkatkan ventilasi 30% lebih dibandingkan tipe *open stack*. Penelitian membuktikan tipe lainnya dapat meningkatkan aliran udara sampai 120%.<sup>42</sup>



**Gambar 2.4.17** Berbagai tipe ventilator

Sumber: Heating, Cooling, Lighting.

## II.4.10 Kenyamanan Ventilasi

Saat udara melewati permukaan kulit, secara psikologis menimbulkan perasaan sejuk sehingga bisa menciptakan kenyamanan saat suhu udara berada di atas zona yang nyaman. Istilah kenyamanan ventilasi dipakai untuk teknik yang menggunakan aliran udara yang menerpa kulit untuk mendapatkan kenyamanan suhu. Teknik pendinginan pasif ini sangat berguna pada periode tertentu di semua jenis iklim terlebih lagi pada iklim panas dan lembab, karena berurusan dengan suhu udara yang cenderung panas dan memerlukan ventilasi untuk mengendalikan kelembaban ruangan.

Kenyamanan ventilasi sangat jarang bersifat sepenuhnya pasif karena angin kurang cukup kuat untuk menciptakan aliran udara di dalam ruangan. Kipas angin biasanya diperlukan untuk memperkuat angin. Untuk kenyamanan ventilasi, teknik-teknik tersebut harus digunakan untuk memaksimalkan aliran udara yang menerpa pengguna bangunan.<sup>43</sup>

<sup>42</sup> Lechner, Norbert, Heating, Cooling, Lighting. Hlm 191

<sup>43</sup> Ibid. Hlm. 196

Air Velocities and Thermal Comfort

Air Velocity Approx. kph	Equivalent Temperature Reduction (°C) <sup>a</sup>	Effect on Comfort
0,16	0	Stagnant air slightly uncomfortable
0,8	1,1	Barely noticeable but comfortable
1,6	1,9	Noticeable and comfortable
3,2	2,8	Very noticeable but acceptable in certain high activity areas if air is warm
3,7	3,3	Upper limit for air conditioned spaces Good air velocity for natural ventilation in hot and dry climates
7,2	3,9	Good air velocity for natural ventilation in hot and humid climates
16,1	5	Considered a "gentle breeze" when felt outdoors

The values in this column are number of degrees Celcius that the temperature would have to drop to create the same cooling effect as the given air velocity.

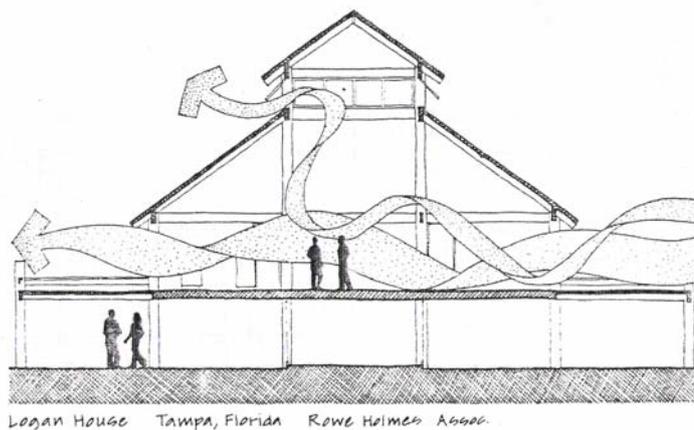
**Tabel 2.4.2** Pengaruh kecepatan angin

Sumber: Heating, Cooling, Lighting.

Ventilasi silang adalah suatu cara yang berguna untuk menyejukan selama periode-periode hangat karena ia tidak hanya membuang panas dari ruang tetapi juga meningkatkan perasaan penyejukan dengan meningkatkan jumlah penguapan dari pengguna ruangan. Pada iklim panas dan iklim sedang, di waktu malam gerakan udara sering kali lambat. Hal ini dapat diatasi dengan ventilasi cerobong.

Jika pembukaan-pembukaan untuk ventilasi silang dan ventilasi cerobong dapat dikoordinasikan, dan jika jumlah aliran kira-kira sama, maka efek gabungan maksimumnya akan berada pada sekitar 10% lebih besar daripada yang dapat dicapai oleh baik ventilasi silang ataupun ventilasi cerobong yang bekerja sendiri.<sup>44</sup>

<sup>44</sup> Brown, G.Z., Matahari, Angin, dan Cahaya. Hlm. 107



**Gambar 2.4.18** Aliran udara dalam ruangan  
Sumber: Matahari, Angin, dan Cahaya

### II.4.11 Penyejukan dengan Kipas Angin

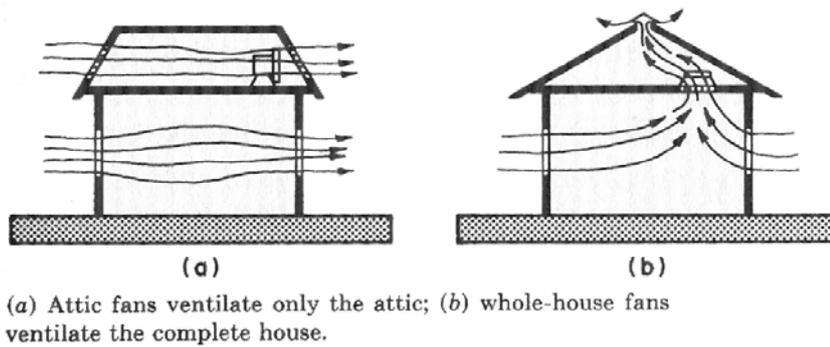
Kipas berkecepatan rendah yang dipasangkan pada loteng telah terbukti sebagai metode menyejukan pada musim panas yang efektif dan ekonomis. Kipas dapat digunakan untuk:<sup>45</sup>

1. Mengeluarkan udara hangat dari dalam ruangan sehingga menarik udara dingin dari luar.
2. Menyediakan udara sejuk pada siang hari dan aliran udara pada kamar tidur pada malam yang lembab.
3. Mempertahankan suhu yang sejuk sepanjang hari. Jika kipas dinyalakan pada sepanjang malam, suhu rumah akan turun sampai hari berikutnya dimulai, dan tidak akan naik secara drastis pada hari berikutnya seperti apabila tidak dinyalakan.

Kipas angin bekerja dengan konsumsi energi relatif rendah, pada kecepatan rendah dan tidak berisik serta dapat menggerakkan udara dalam jumlah yang besar. Sangat penting untuk memilih tipe yang tepat untuk mendapatkan hasil yang optimal.<sup>46</sup>

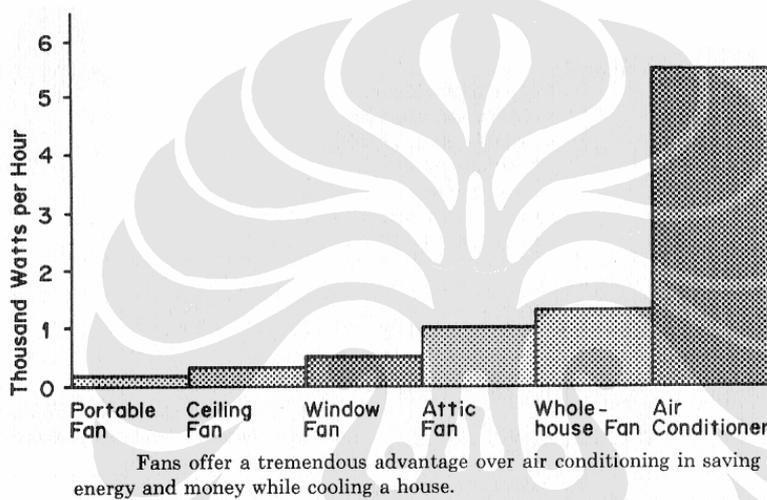
<sup>45</sup> Kukreja, C.P. Tropical Architecture. Hlm 123

<sup>46</sup> Ibid. Hlm. 123



**Gambar 2.4.19** Peletakan kipas angin

Sumber: Controlling Air Movement



**Gambar 2.4.20** Perbandingan konsumsi energi

Sumber: Controlling Air Movement.

## II.5 Kenyamanan Termis

### II.5.1 Faktor-faktor Lingkungan

Untuk menciptakan sebuah kenyamanan suhu ruangan, kita harus mengerti tidak hanya pelepasan panas, tetapi juga mengenai 4 kondisi lingkungan yang memungkinkan panas untuk menghilang. Keempat hal itu adalah: <sup>47</sup>

1. Suhu udara

Suhu udara akan menentukan perpindahan panas menuju udara dengan cara konveksi. Di atas 37<sup>0</sup> C, aliran panas akan berbalik dan tubuh

<sup>47</sup> Lechner, Norbert, Heating, Cooling, Lighting. Hlm. 28

akan menyerap panas dari udara sekitar. Suhu yang nyaman berkisar antara  $20^0$  C sampai  $25,6^0$  C

2. Kelembaban relatif

Penguapan keringat sangat dipengaruhi oleh kelembaban udara. Udara kering akan menyerap cairan dari permukaan kulit menyebabkan penguapan berkelanjutan yang membuat tubuh terasa sejuk. Saat kelembaban relatif mencapai 100%, udara menampung seluruh uap air dan menyebabkan penguapan berhenti. Untuk kenyamanan, kelembaban relatif harus di atas 20% sepanjang tahun, dibawah 60% pada musim panas, dan dibawah 80% pada musim dingin.

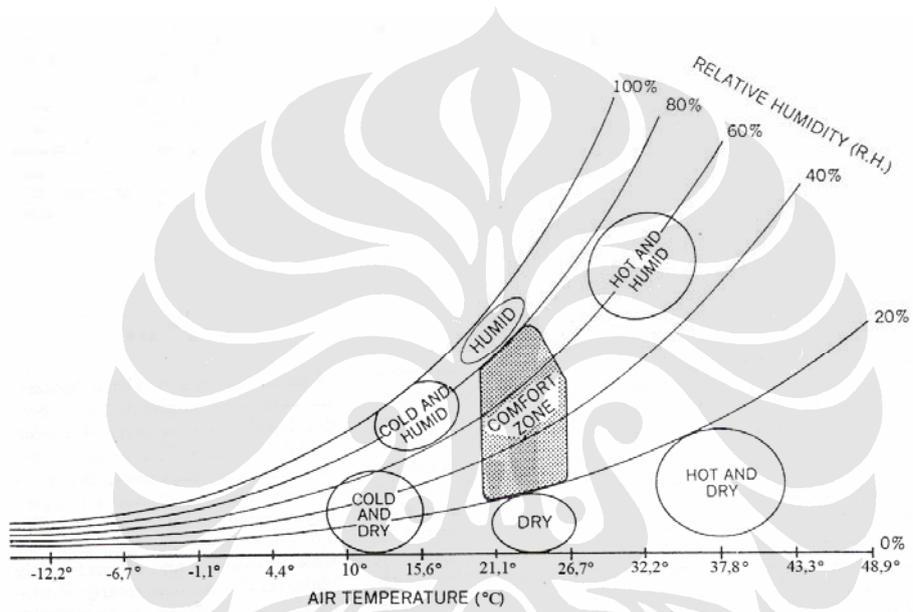
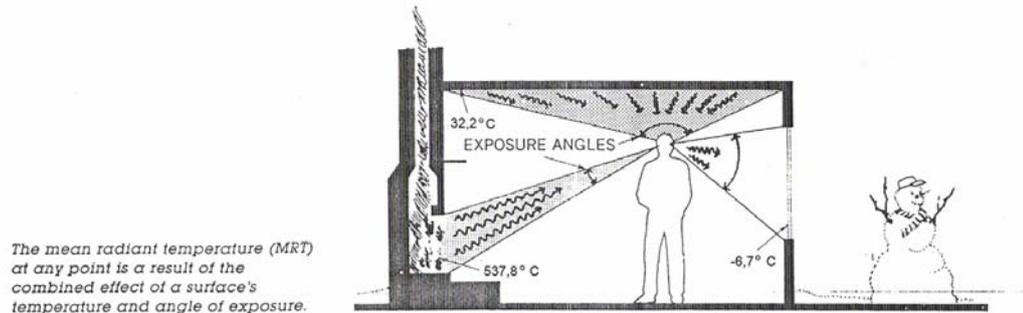
3. Kecepatan udara

Aliran udara mempengaruhi pelepasan panas baik secara konveksi maupun penguapan. Kecepatan aliran udara sangat berpengaruh pada pelepasan panas. Angin pada musim panas merupakan aset yang sangat besar, sedangkan pada musim dingin merupakan sebuah masalah. Kecepatan angin yang dianggap nyaman berkisar antara 0,1 sampai 0,3 meter/detik. Kemampuan kecepatan udara untuk menghilangkan panas sangat bergantung kepada temperaturnya. Semakin tinggi suhu udara, semakin kecil efek pendinginannya.

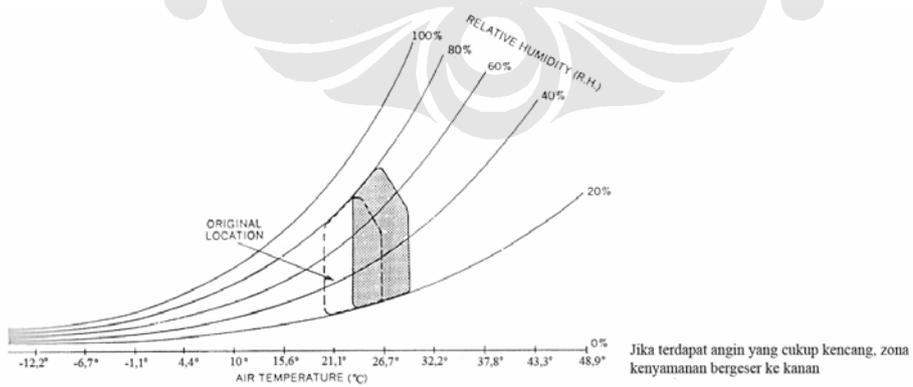
4. Suhu Radiasi Rata-rata

Suhu radiasi rata-rata berbeda dengan suhu udara, dan pengaruhnya tetap harus diperhatikan. Contohnya, saat duduk di depan jendela yang menghadap ke selatan pada musim dingin, keadaan akan terasa terlalu panas walaupun sebenarnya suhu udara berkisar pada keadaan yang nyaman ( $23,9^0$  C). Hal ini terjadi karena sinar matahari menaikkan suhu radiasi rata-rata melebihi tingkat kenyamanan. Setelah matahari terbenam, keadaan berubah menjadi terasa terlalu dingin padahal suhu ruangan tidak berubah ( $23,9^0$  C). Kali ini, kaca jendela yang dingin menurunkan suhu radiasi rata-rata terlalu rendah sehingga penghuni ruangan akan mengalami penurunan tingkat radiasi yang cukup drastis. Perlu diperhatikan bahwa rata-rata suhu kulit dan pakaian manusia

berada pada kisaran 29,5<sup>0</sup> C dan hal inilah yang mempengaruhi perpindahan panas melalui radiasi terhadap lingkungan sekitarnya.



Gambaran umum zona kenyamanan berdasarkan kelembaban



**Gambar 2.5.1** Suhu radiasi rata-rata dan grafik zona kenyamanan

Sumber: Heating, Cooling, Lighting

## II.5.2 Faktor-faktor Manusia

Untuk mempertahankan keseimbangan termis, tubuh manusia harus melepaskan panas sejumlah dengan panas yang didapat dan dihasilkan. Selain dari faktor-faktor lingkungan, ada juga faktor-faktor yang berasal dari pengguna bangunan yang dapat yang mempengaruhi kenyamanan termis. Faktor-faktor tersebut ialah:

### 1. Kegiatan

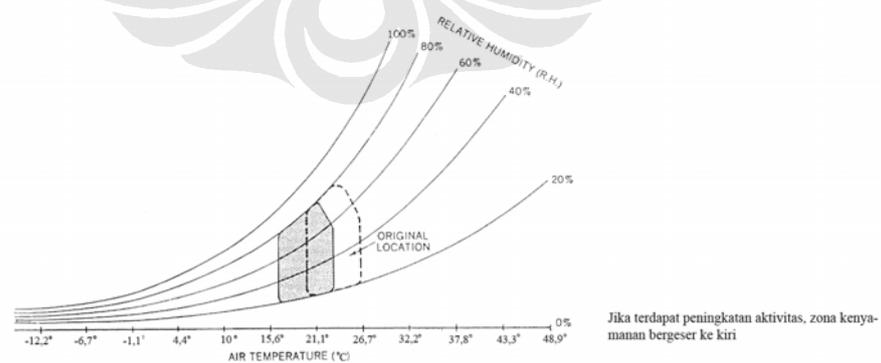
Penghasilan panas hanya sebagian dipengaruhi oleh suhu lingkungan karena sebenarnya yang berpengaruh besar adalah aktifitas. Tabel di bawah menunjukkan perbandingan berbagai macam aktivitas manusia dan panas yang dihasilkannya serta dibandingkan dengan panas yang dihasilkan oleh lampu 100 W.<sup>48</sup>

**Body Heat Production as a Function of Activity**

Activity	Heat Produced per Hour (btu/hour)	Heat Equivalent to (W)
 Sleeping	300	100
 Light work	600	200
 Walking	900	300
 Jogging	2400	800

**Tabel 2.5.1** Kegiatan manusia

Sumber: Heating, Cooling, Lighting



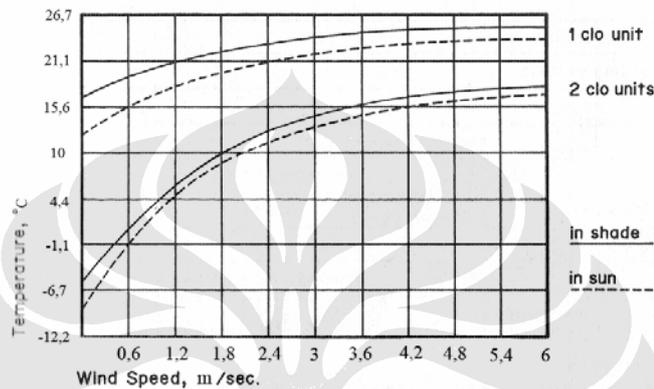
**Gambar 2.5.2** Pergeseran zona kenyamanan

Sumber: Heating, Cooling, Lighting

<sup>48</sup> Ibid. Hlm. 27

## 2. Pakaian

Sayangnya, arsitek tidak dapat menentukan pakaian yang seorang pengguna bangunan gunakan. Sering sekali tren, status, dan tradisi dalam berpakaian justru menghalangi terjadinya kenyamanan termis.



Beberapa grafik kurva kenyamanan pada pejalan kaki berkecepatan 4 Km/jam di ruang terbuka

**Gambar 2.5.3** Pengaruh angka clo

Sumber: Controlling Air Movement

Kemampuan insulasi sebuah pakaian telah diklasifikasikan berdasarkan resistensi panasnya dalam satuan unit **clo**. Pada musim dingin pakaian dengan angka clo tinggi cocok dikenakan. Pakaian ini biasanya memiliki rongga-rongga udara yang berlapis-lapis. Sedangkan pada musim panas pakaian dengan angka clo sangat rendahlah yang cocok. Pakaian yang terbuat dari kain kapas sangat baik dikenakan karena uap keringat dapat dengan mudah melewatinya dan mendorong terjadinya pelepasan panas.<sup>49</sup>

## 3. Psikologi

Elemen psikologis juga memegang pengaruh besar dalam persepsi mengenai kenyamanan. Siapa saja bisa merasa nyaman bila mereka berpikir bahwa lingkungan sekitar mereka memberikan

<sup>49</sup> Ibid. Hlm. 30

kenyamanan tersebut. Contoh, seseorang merasa lebih sejuk berada di beranda dibandingkan di dapur karena ruang teduh dan terbuka memberikan kesan lebih sejuk, padahal kedua tempat tersebut memberikan tingkat kenyamanan yang sama, atau bahkan sebenarnya tingkat kenyamanan ruang dalam lebih tinggi. Warna juga mempengaruhi persepsi kenyamanan. Warna-warna cerah pada kain dan karpet saat musim panas menciptakan suasana ringan, lapang, dan sejuk, sedangkan perpaduan warna-warni gelap yang digunakan saat musim dingin menciptakan suasana hangat dan nyaman, yang pada kenyataannya keadaan termis ruangan tersebut tetap sama.<sup>50</sup>

#### 4. Jumlah pengguna ruangan

Kebersihan udara sangat penting baik demi kesehatan maupun kenikmatan. Pergantian udara dapat dikatakan baik bila ruangan keluarga atau kamar-kamar tidur yang bervolume lebih dari 5 m<sup>3</sup>/orang, dan udara bersirkulasi sebanyak 15 m<sup>3</sup>/orang/jam. Bila volume kurang dari itu, maka pergantian harus lebih cepat lagi, 25 m<sup>3</sup>/jam/orang. (Produksi CO<sub>2</sub>: 0,17 m<sup>3</sup>/jam)

Itu berarti bahwa untuk kamar yang berisi lebih dari 5 m<sup>3</sup>/orang, udara dalam ruangan harus bisa bersirkulasi 2,5 kali per jam. Jadi semakin kecil ruangan, semakin sering juga udara di ruangan tersebut harus diperbaharui.

Rumus efisiensi ventilasi:<sup>51</sup>

$$\text{Efisiensi Ventilasi} = \frac{\text{produksi CO}_2 \text{ per orang}}{\left( \frac{\text{pertambahan kadar CO}_2}{\text{penyediaan udara per orang}} \right)}$$

Sumber: Pengantar Fisika Bangunan

Jumlah pengguna sebuah ruangan memang tidak secara langsung mempengaruhi kenyamanan termis, akan tetapi jumlah panas yang

<sup>50</sup> Boutet, Terry S., Controlling Air Movement. Hlm. 15

<sup>51</sup> Mangunwijaya, Y.B., Pengantar Fisika Bangunan. Hlm. 145

dikeluarkan oleh tubuh, serta CO<sub>2</sub> dan uap air yang dilepaskan ke udara lambat laun dapat mempengaruhi kenyamanan sebuah ruangan.

## II.6 Kesimpulan Kajian Teori

Banyak elemen dalam bangunan yang berpengaruh terhadap kenyamanan termis. Pemilihan bahan bangunan dengan kapasitas kalor yang tinggi (beton atau bebatuan) dan warna bangunan yang memiliki angka penyerapan kalor rendah (warna-warna cerah) dapat meminimalisasikan peningkatan suhu ruangan. Warna-warna cerah ini juga bisa mempengaruhi pengguna ruangan menjadi merasa lebih lapang dan lega. Orientasi bukaan bangunan (khususnya timur – barat) harus diperhatikan untuk menghindari naiknya suhu radiasi rata-rata. Dalam hal aliran udara, bukan hanya jumlah luas bukaan saja yang harus diperhatikan (sebaiknya antara 1/3 – 2/3 luas lantai), keadaan lingkungan sekitar berpengaruh besar terhadap suplai udara yang memasuki bangunan. Selain memperindah tapak, vegetasi-vegetasi juga dapat dijadikan alat untuk mengarahkan masuk atau bahkan menghalangi angin. Elemen-elemen bangunan seperti jendela dan pintu juga memegang peranan dalam mengarahkan aliran udara menuju pengguna bangunan.

Grafik kenyamanan termis yang telah ditunjukkan sebelumnya, tidak semata-mata dapat langsung dijadikan acuan dalam menentukan kenyamanan termis. Harus dipertimbangkan juga Teori Adaptasi yang diperkenalkan oleh Michael Humphreys dan Fergus Nicol, yang menyatakan bahwa suhu nyaman manusia dari latar belakang iklim dan lingkungan yang berbeda kemungkinan besar akan memilih suhu nyaman yang berbeda karena proses adaptasi tubuh.<sup>52</sup>

---

<sup>52</sup> Karyono, Tri Harso, Teori dan Acuan Kenyamanan Termis dalam Arsitektur. Hlm. 82