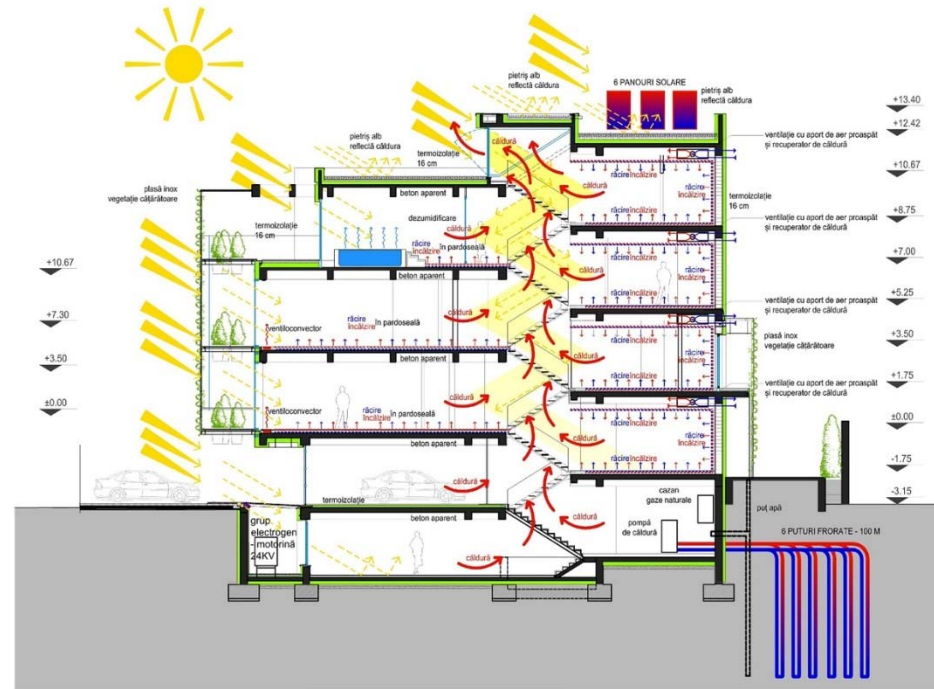




Program Studi Arsitektur
Fakultas Teknik
Universitas PGRI Semarang



SISTEM PENGHAWAAN ALAMI

Baju Arie Wibawa, ST, MT.

Pertemuan 01 - MK. Penghawaan dan Akustik



FAKTOR GUBAHAN MASSA

FAKTOR DESAIN

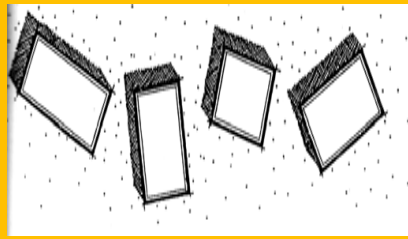
Konfigurasi Bangunan Pada Tapak

Tatanan massa adalah perletakan massa bangunan majemuk pada suatu tapak yang ditata berdasarkan zona.

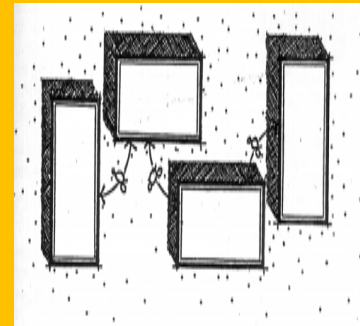
Untuk menunjang tata letak massa harus dibuat berdasarkan zonasi dan alur sirkulasi yang saling terkait.

Massa sebagai elemen tapak dapat disusun dari beragam bentuk bangunan baik secara individual maupun kelompok.

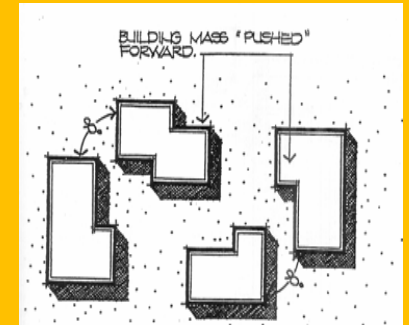
Penataan massa bangunan yang acak



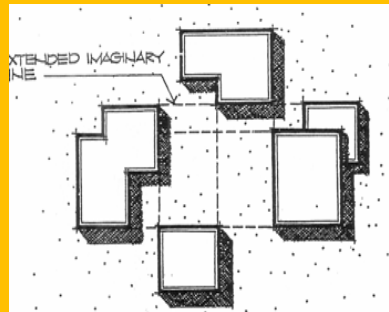
Penataan dengan order relasi 90°



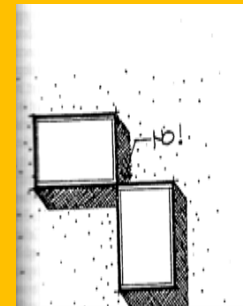
Penataan massa bangunan dengan order relasi 90° dan penambahan maju mundur massa



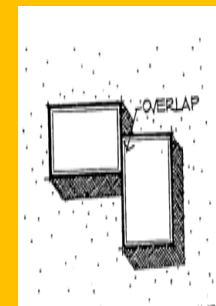
Garis imajiner bangunan



Relasi massa overlap



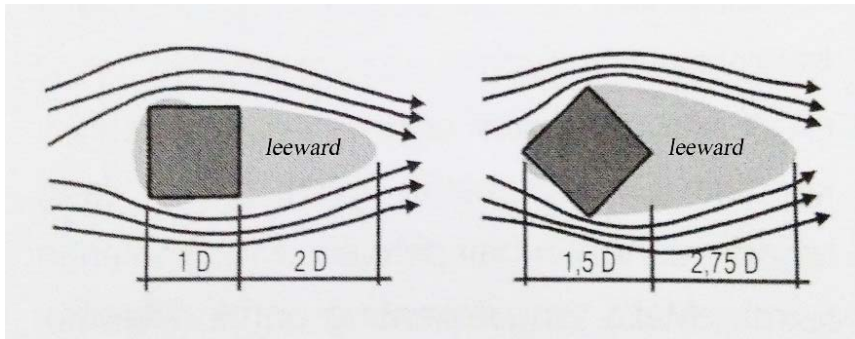
Relasi masa sudut bertemu sudut



FAKTOR DESAIN

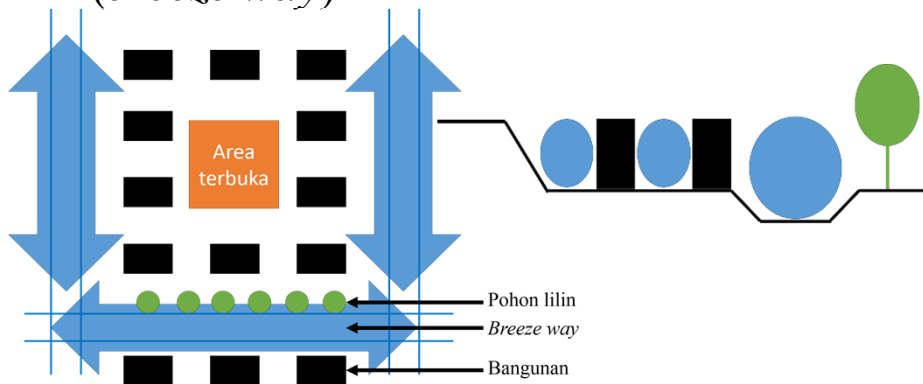
Konfigurasi Bangunan Terkait Pergerakan Udara

1. Konfigurasi bangunan dengan pergerakan udara.



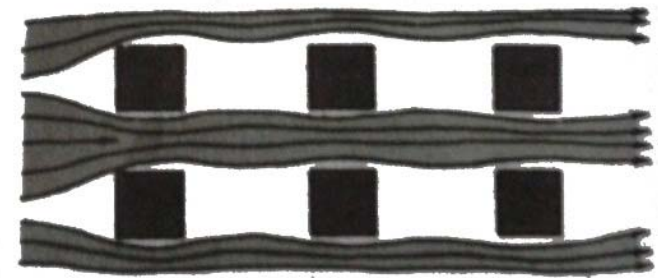
Bayangan angin (*leeward*)

2. Konfigurasi bangunan dengan jalur angin (*breeze way*)

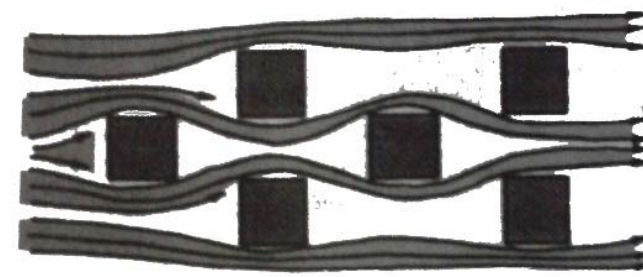


Jalur angin (*breeze way*)

3. Konfigurasi bangunan dengan kecepatan gerak udara



Pergerakan udara tidak merata dengan konfigurasi massa grid

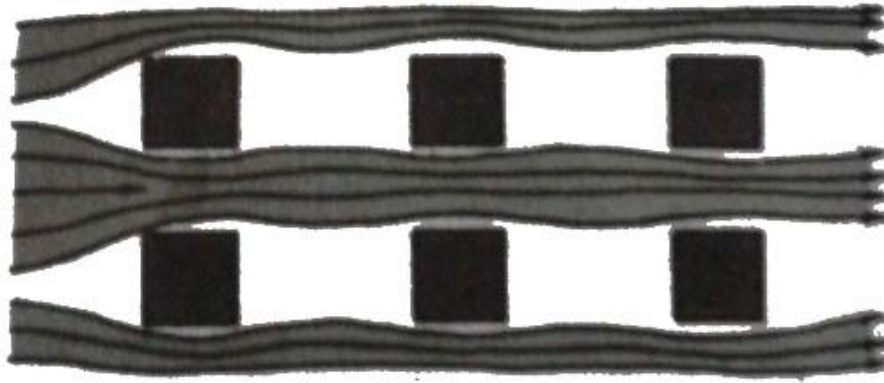


Pergerakan udara tidak merata dengan konfigurasi massa grid

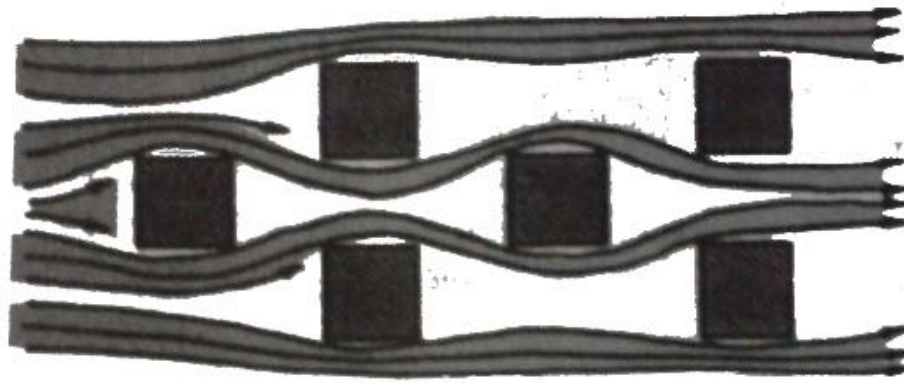
FAKTOR DESAIN

Konfigurasi Bangunan Terkait Pergerakan Udara

3. Konfigurasi bangunan dengan kecepatan gerak udara



Pergerakan udara tidak merata dengan konfigurasi massa grid



Pergerakan udara tidak merata dengan konfigurasi massa *grid*



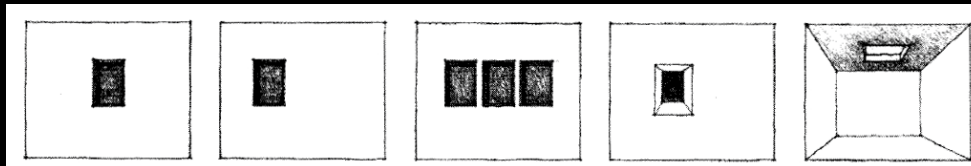
FAKTOR
BUKAAN DAN VENTILASI

FAKTOR DESAIN

Desain Bukaannya

Desain bukaan berdasarkan lokasi

a. Desain bukaan di dalam bidang



Terpusat

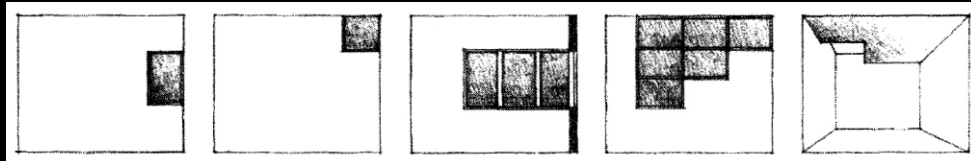
Digeser dari pusat

Dikelompokkan

Diletakkan di dalam

Jendela atap

b. Desain bukaan di dalam bidang



Disepanjang salah satu sisi

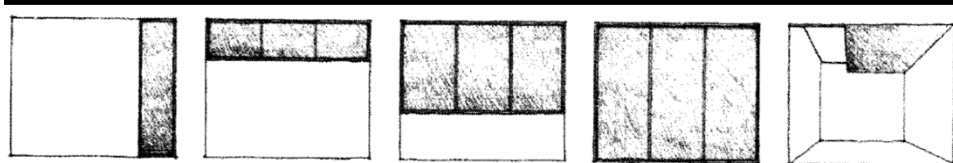
Di sepanjang dua sisi

Membelokkan sudut

Dikelompokkan

Jendela atap

a. Desain bukaan di antara bidang



Vertikal

Horizontal

Bukaan 3/4

Dinding jendela

Jendela atap

Desain dan tipe bukaan

Pintu

Berikut ini desain dan tipe pintu:

1. *Swing door*
2. *Sliding door*
3. *Folding door*



Swing door

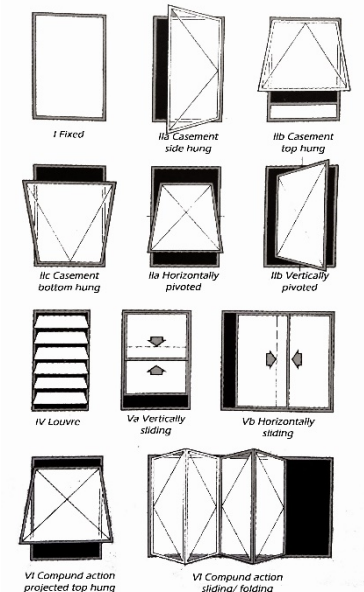
Sliding door

Folding door

Jendela

Berikut ini desain dan tipe jendela pada Rumah Susun:

1. *Fixed Window*
2. *Casement Window*
3. *Sliding Window*
4. *Pivot Window*
5. *Lubang angin*



Lubang Angin



FAKTOR SISTEM VENTILASI

Sistem ventilasi (kata benda) (*ventilation system*) adalah salah satu komponen bangunan yang mendukung terjadinya proses ventilasi atau pergantian udara di dalam ruangan.

Faktor-faktor desain sistem ventilasi yang mempengaruhi pergerakan udara di dalam bangunan yaitu sebagai berikut:

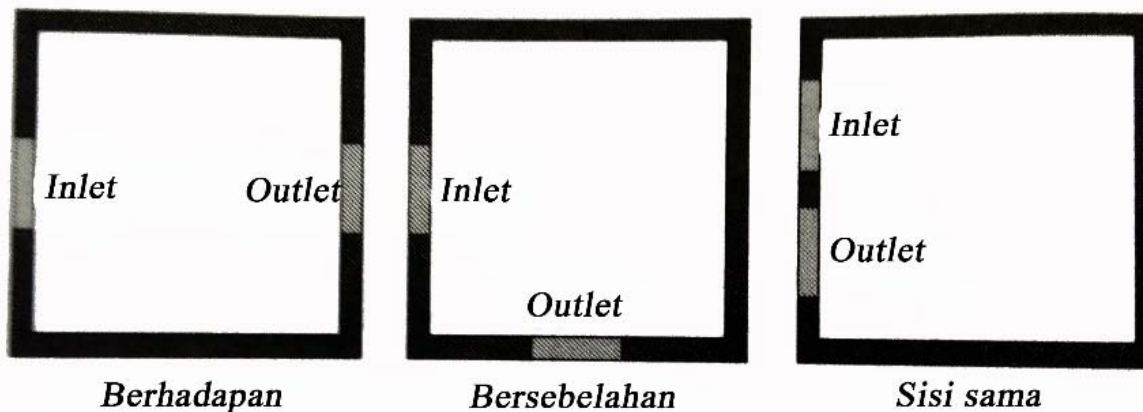
1. Orientasi bukaan
2. Lokasi bukaan
3. Dimensi bukaan
4. Rasio bukaan
5. Tipe bukaan
6. Pengarah bukaan
7. Jalur sirkulasi dan penghalang

FAKTOR SISTEM VENTILASI

Orientasi Buka

Dengan menggunakan model ruang bujur sangkar atau persegi panjang, ditinjau secara denah, posisi *outlet* terhadap *inlet* sebagai berikut:

1. Berhadapan
2. Bersebelahan
3. Pada sisi yang sama



DENAH

FAKTOR SISTEM VENTILASI

Orientasi Bukaannya

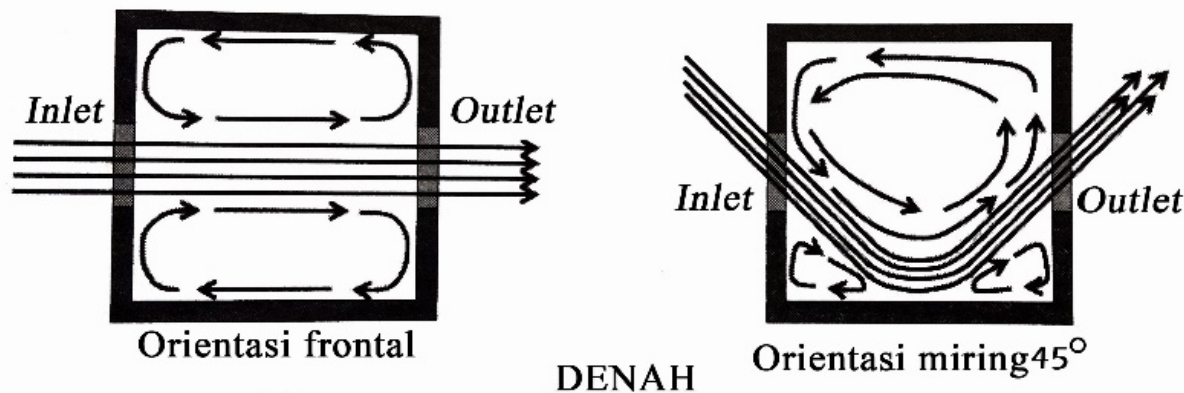
Orientasi bukaan dengan pergerakan udara di dalam ruang berkaitan dengan:

1. Orientasi *inlet* dengan arah gerak udara.

Perbedaan orientasi *inlet* terhadap arah angin datang mengakibatkan perbedaan arah pergerakan udara.

2. Orientasi *inlet* dan *outlet* dengan kecepatan gerak udara.

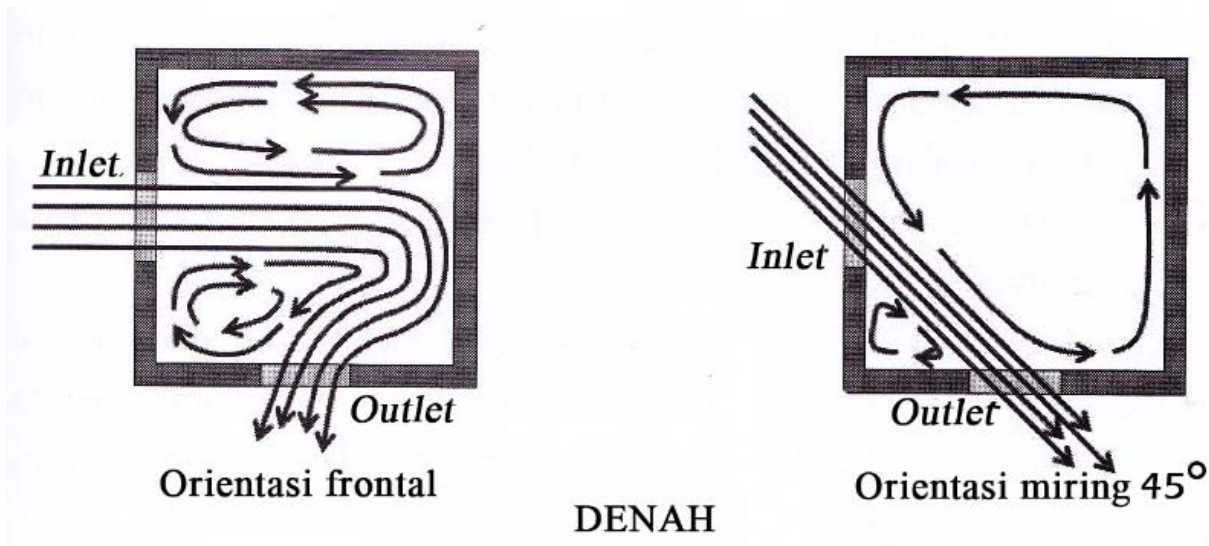
Perbedaan orientasi *inlet* dan *outlet* terhadap arah angin datang mengakibatkan perbedaan kecepatan gerak udara.



FAKTOR SISTEM VENTILASI

Orientasi Buka

Orientasi bukaan harus diatur dengan sudut tertentu terhadap arah angin datang, tergantung apakah pergerakan udara pada tapak menjadi potensi atau kendala, agar diperoleh arah dan kecepatan gerak dalam ruang yang mendukung perolehan kenyamanan termal.



FAKTOR SISTEM VENTILASI

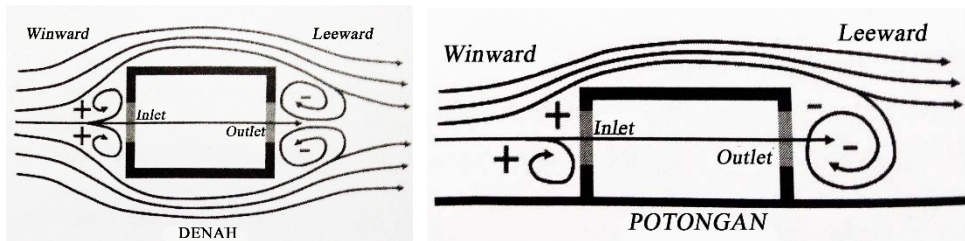
Lokasi Bukaannya

Kaitan lokasi bukaan dengan pergerakan udara di dalam ruang adalah sebagai berikut:

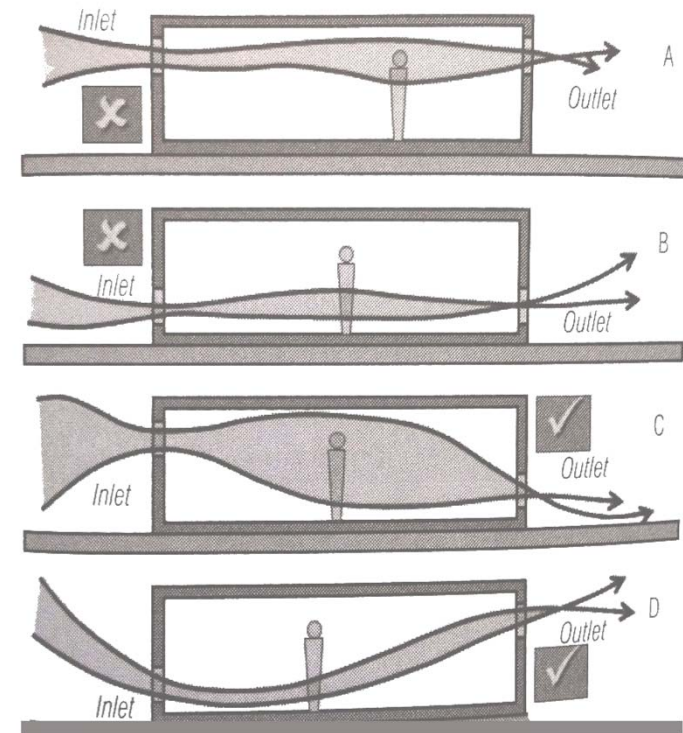
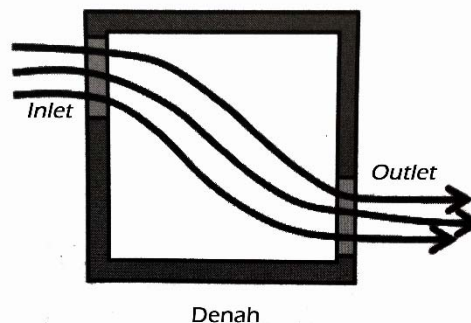
1. Lokasi *inlet* dan *outlet* dengan arah gerak udara
2. Perbedaan elevasi antara *inlet* dan *outlet* dengan arah gerak udara

Parameter pergerakan udara yang merata dalam ruang sebagai berikut:

1. Udara bergerak menyapu hampir seluruh ruang
2. Terbentuk olakan (*eddy*) yang membantu pemerataan aliran udara pada area yang tidak langsung dilalui angin



3. Terjadi *cross ventilation*, posisi *inlet*, dan *outlet* tidak frontal berhadapan dan tidak berada pada elevasi yang sama



Untuk mendukung perolehan kenyamanan termal, posisikan *inlet* dan *outlet* pada posisi yang tepat, tidak frontal berhadapan dan berbeda elevasi (lihat gambar di atas C dan D) sehingga terbentuk *cross ventilation* dimana arah gerak udara dalam ruang lebih merata.

FAKTOR SISTEM VENTILASI

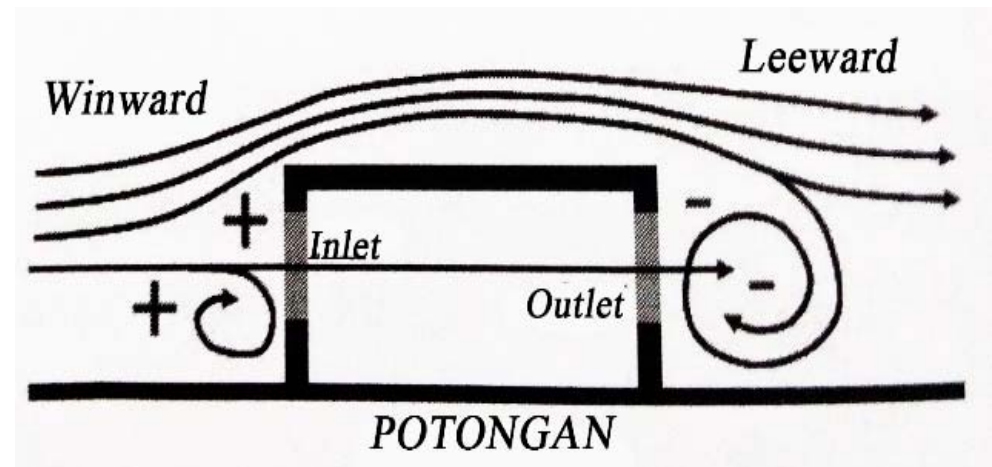
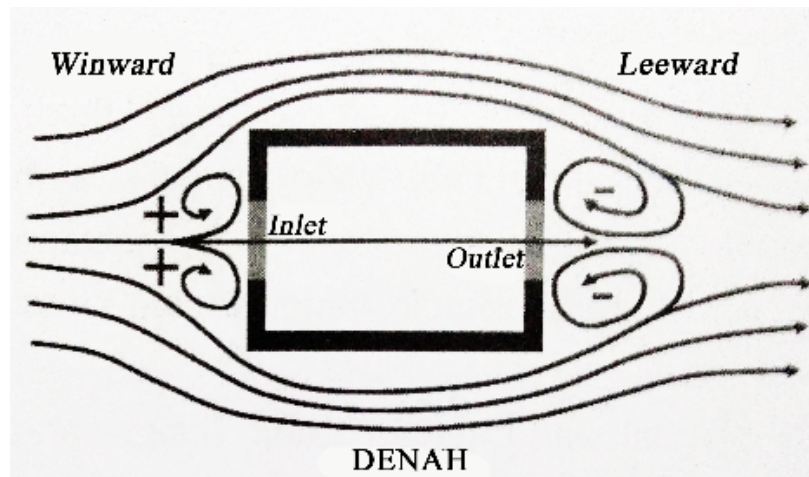
Lokasi Bukaannya

Kaitan lokasi bukaan dengan pergerakan udara di dalam ruang adalah sebagai berikut:

1. Lokasi *inlet* dan *outlet* dengan arah gerak udara
2. Perbedaan elevasi antara *inlet* dan *outlet* dengan arah gerak udara

Parameter pergerakan udara yang merata dalam ruang sebagai berikut:

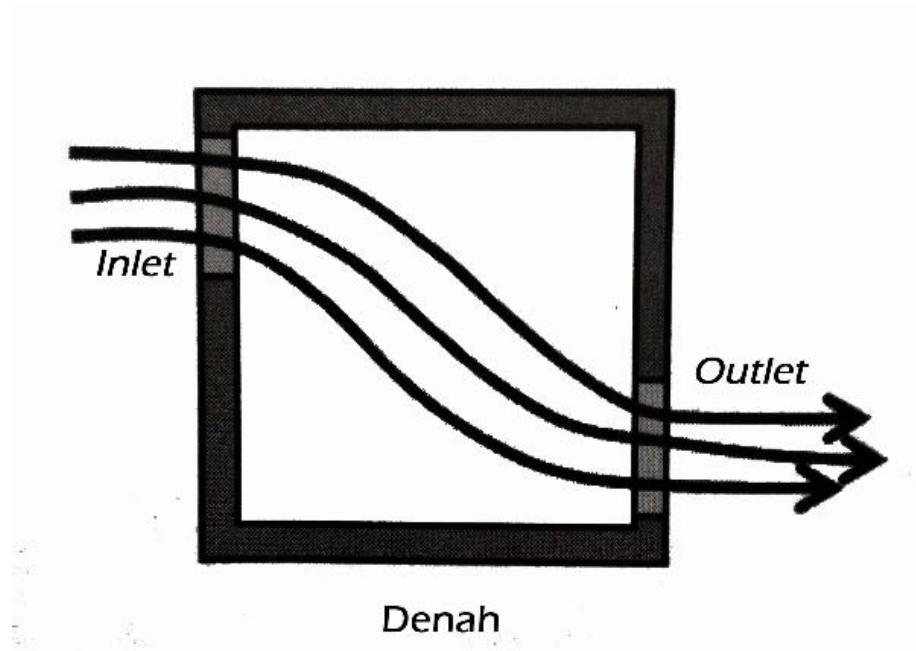
1. Udara bergerak menyapu hampir seluruh ruang
2. Terbentuk olakan (*eddy*) yang membantu pemerataan aliran udara pada area yang tidak langsung dilalui angin



FAKTOR SISTEM VENTILASI

Lokasi Bukaannya

3. Terjadi *cross ventilation*, posisi *inlet*, dan *outlet* tidak frontal berhadapan dan tidak berada pada elevasi yang sama



FAKTOR SISTEM VENTILASI

Dimensi Bukaannya

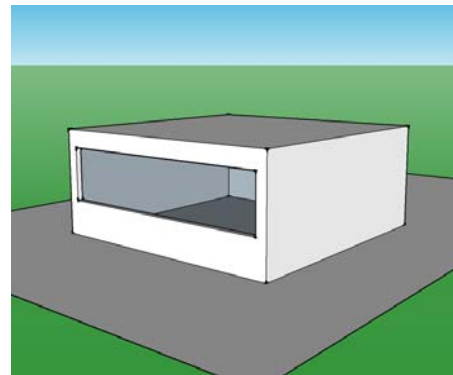
Kaitan dimensi bukaan dengan pergerakan udara di dalam ruang yaitu meliputi laju udara (*air flow*) dan pergantian udara (*air changes*). Makin besar dimensi *inlet*, laju udara (*air flow*) dan pergantian udara (*air changes*) makin tinggi. Agar sirkulasi udara berjalan dengan baik, diperlukan luas minimal bukaan udara masuk (*inlet*) dengan nilai tertentu. Luas ini adalah nilai rata-rata yang diperlukan untuk ventilasi/penghawaan alami pada suatu ruang di iklim tropis basah dengan kondisi kecepatan udara normal (0,6 m/det s/d 1,5 m/det).

Pemilihan alternatif cara perhitungan berdasarkan:

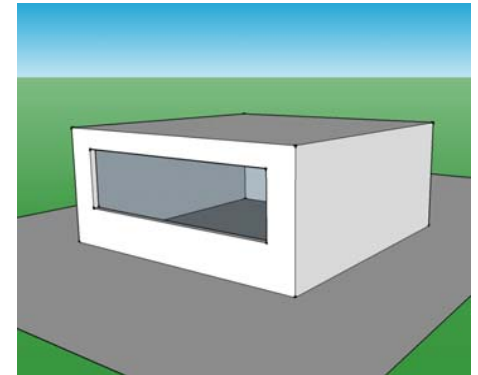
1. Perolehan radiasi panas matahari. Persentase berdasarkan luas dinding fasad antara 40% - 80% luas dinding. Makin besar perolehan radiasi panas matahari maka angka persentase makin kecil.
2. Estetika. Proporsi luas bukaan udara masuk (*inlet*) terhadap luas dinding (*window to wall ratio/ WWR*) tetap mempertimbangkan nilai estetika.

Cara perhitungan luas minimal suatu bukaan udara masuk (*inlet*) pada suatu ruang adalah:

1. Berdasarkan luas dinding fasad ruang. 40% - 80% luas dinding
2. Berdasarkan luas ruang. 20% luas ruang.



Dimensi bukaan 20%
luas ruang



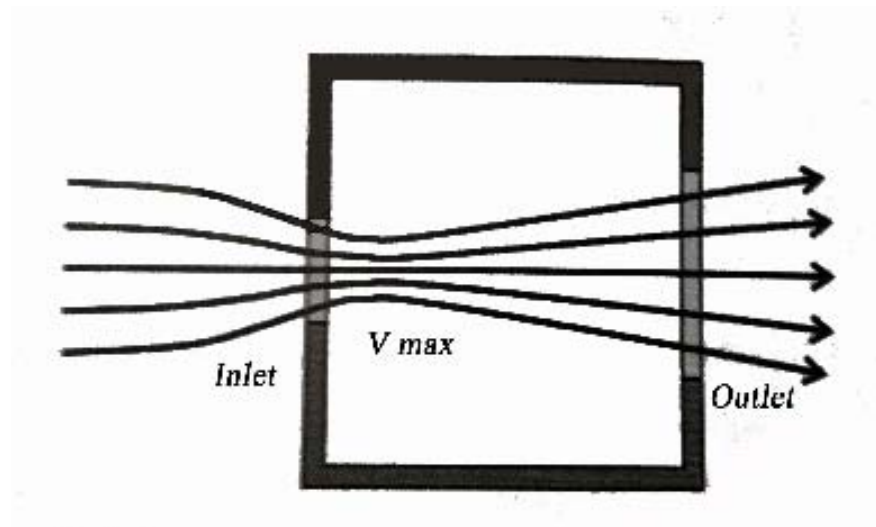
Dimensi bukaan 80%
luas fasad

Dari dua cara perhitungan tersebut, diambil perolehan luas yang terbesar dengan tetap tidak mengabaikan estetika. Karena luas merupakan nilai rata-rata maka perhitungan dapat diterapkan pada ruang dengan kedalaman berapa pun asalkan masih dapat dijangkau oleh pergerakan udara, juga memungkinkan diterapkan pada fasad dengan orientasi mana pun yang tidak terkait arah angin datang.

FAKTOR SISTEM VENTILASI

Rasio Buka

1. Dengan luas *outlet* yang sama, makin luas *inlet*, kecepatan gerak udara dalam ruang cenderung makin meningkat.
2. Dengan luas *inlet* yang sama, makin besar luas *outlet*, kecepatan gerak udara dalam ruang cenderung makin meningkat.



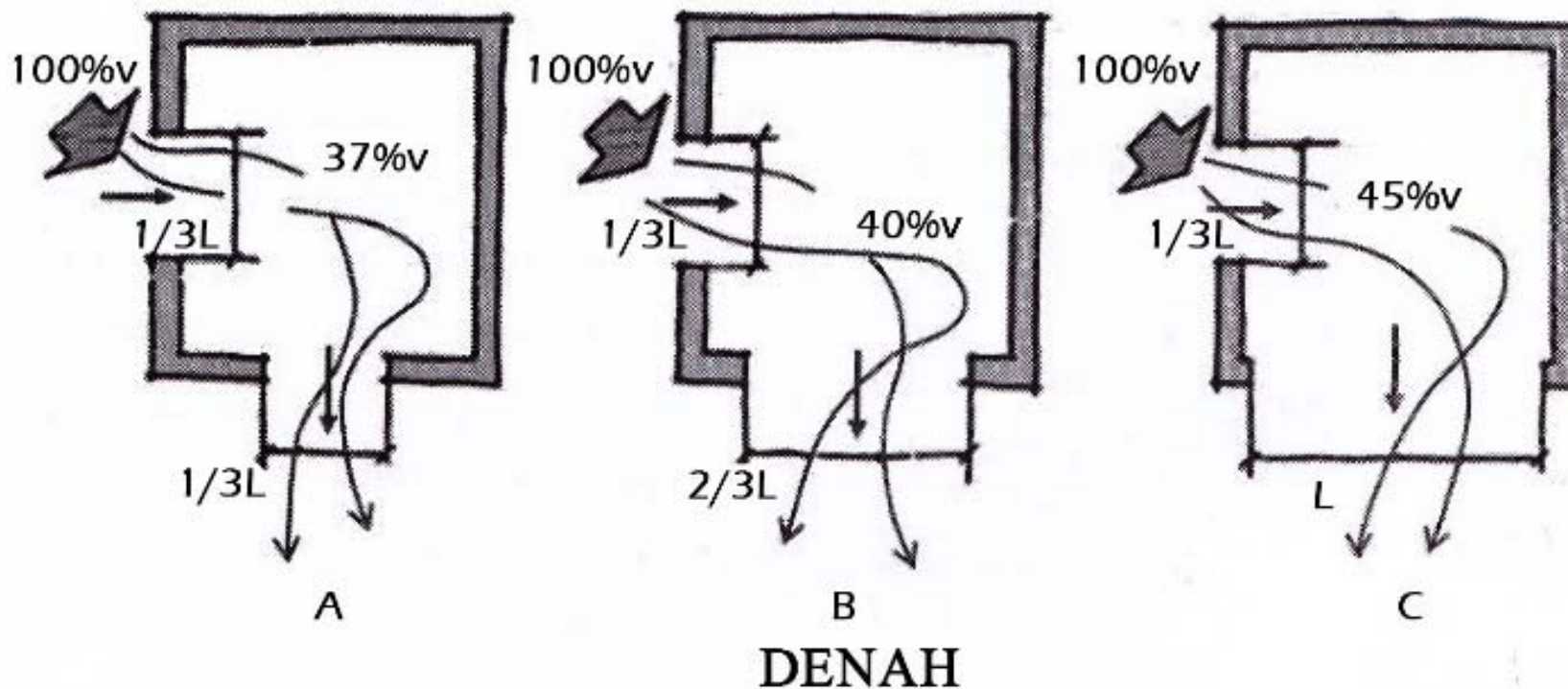
Tabel peningkatan kecepatan gerak udara dalam ruang berdasarkan rasio luas outlet terhadap luas inlet (ASHRAE 1981 Fundamentals p. 22. 7)

Rasio	Peningkatan (%)
1:1	0
1,5:1	17.5
2:1	26
2,5:1	31
3:1	34
3,5:1	36
4:1	37
6:1	38

FAKTOR SISTEM VENTILASI

Rasio Buka

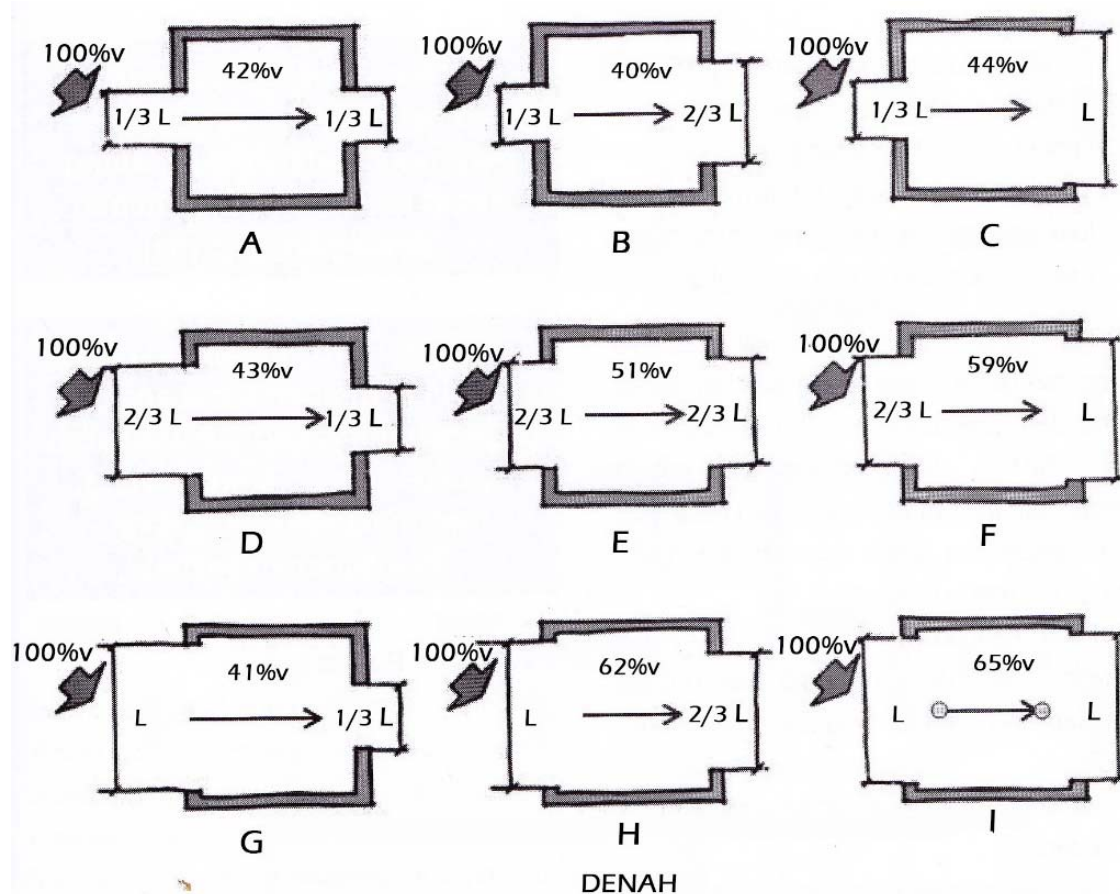
1. Dengan luas *outlet* yang sama, makin luas *inlet*, kecepatan gerak udara dalam ruang cenderung makin meningkat.
2. Dengan luas *inlet* yang sama, makin besar luas *outlet*, kecepatan gerak udara dalam ruang cenderung makin meningkat.



FAKTOR SISTEM VENTILASI

Rasio Buka

Berdasarkan gambar di atas, jika kecepatan gerak udara di tapak/ luar bangunan 100% dan orientasi *inlet* 45° terhadap arah angin datang, dapat disimpulkan bahwa dengan luas *inlet* yang sama, makin besar luas *outlet*, kecepatan gerak udara dalam ruang cenderung makin meningkat.



FAKTOR SISTEM VENTILASI

Tipe Buka

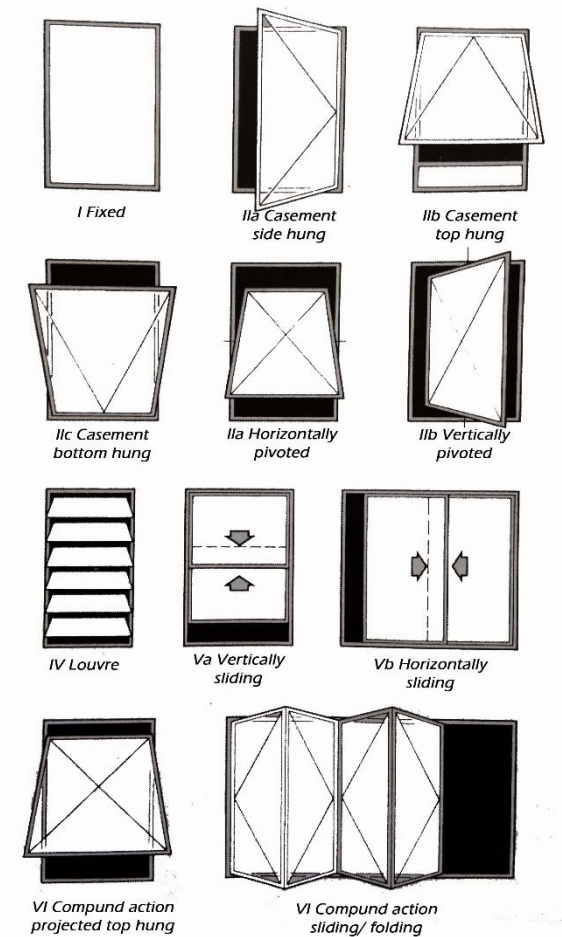
Bukaan (*opening*) pada bangunan dapat berupa jendela, lubang angin, lubang, celah, dan kisi-kisi.

Kaitan tipe bukaan dengan pergerakan udara di dalam ruang sebagai berikut:

1. Tipe *inlet* yang berbeda akan menghasilkan arah gerak udara yang berbeda
2. Tipe *inlet* yang berbeda akan menghasilkan efektifitas yang berbeda terhadap laju udara dan pergantian udara

Terkait kenyamanan termal, bila kecepatan gerak udara/ angin adalah potensi maka tipe *inlet* yang dibutuhkan, yaitu sebagai berikut:

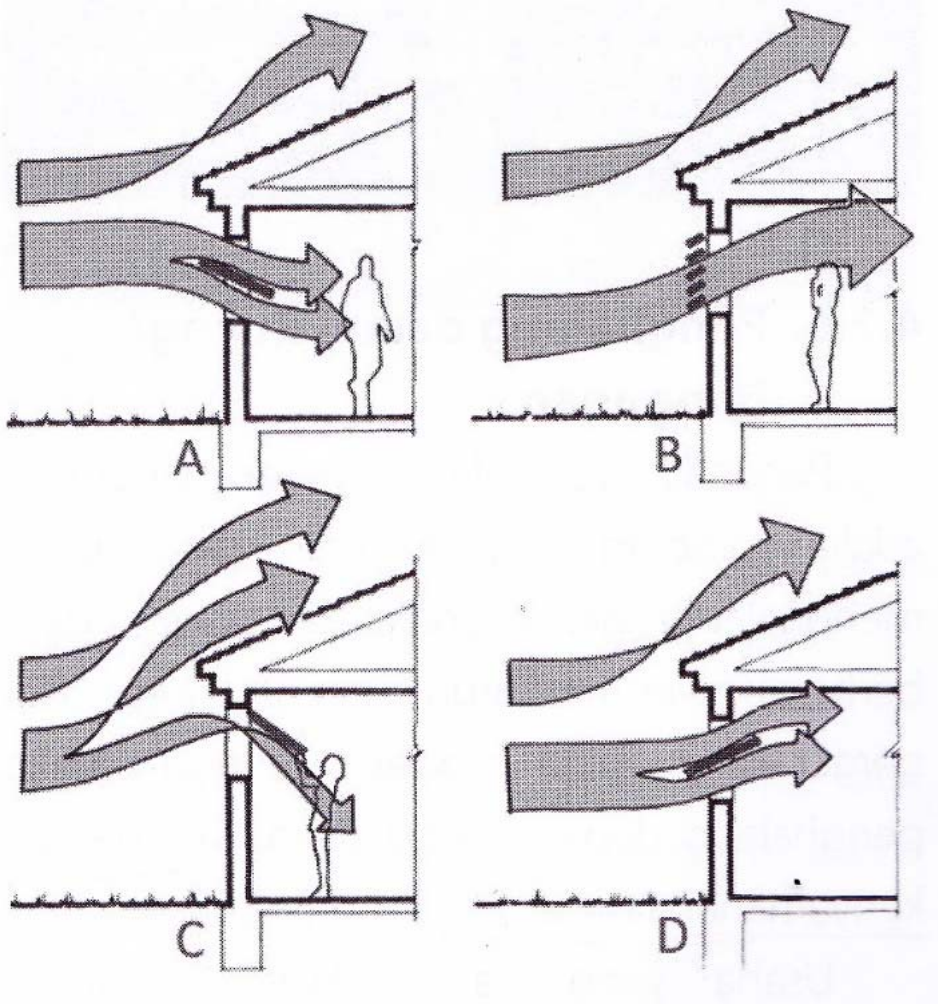
1. Tipe *inlet* harus dapat mengarahkan gerak udara dalam ruang semerata mungkin.
2. Tipe *inlet* harus optimal dalam mendukung laju udara (*air flow*) dan pergantian udara dalam ruang.
3. Tipe *inlet* harus fleksibel untuk dibuka tutup tergantung kebutuhan.



Tipe Buka

FAKTOR SISTEM VENTILASI

Pengarah Bukaannya



Pada gambar di atas sebagai pengarah pada inlet adalah sebagai berikut:

1. Inlet A dan D

Daun jendela tipe bukaan horizontally pivoted yang mengarahkan gerak udara ke bawah dan ke atas.

2. Inlet B

Kisi-kisi yang mengarahkan gerak udara ke atas.

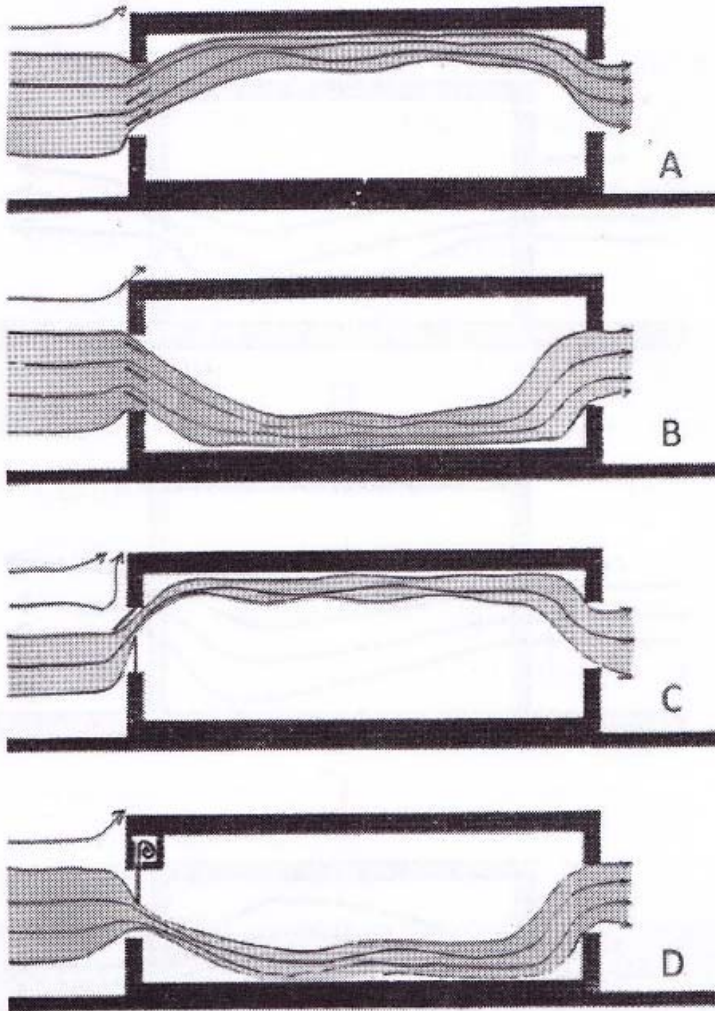
3. Inlet C

Daun jendela tipe bukaan casement top hung yang mengarahkan gerak udara ke bawah.



FAKTOR SISTEM VENTILASI

Pengarah Bukaannya



Pada gambar di samping sebagai pengarah pada inlet adalah sebagai berikut:

1. Inlet A dan B

Kisi-kisi yang mengarahkan gerak udara ke atas dan ke bawah

2. Inlet C

Daun jendela tipe bukaan casement top hung yang mengarahkan gerak udara ke atas

3. Inlet D

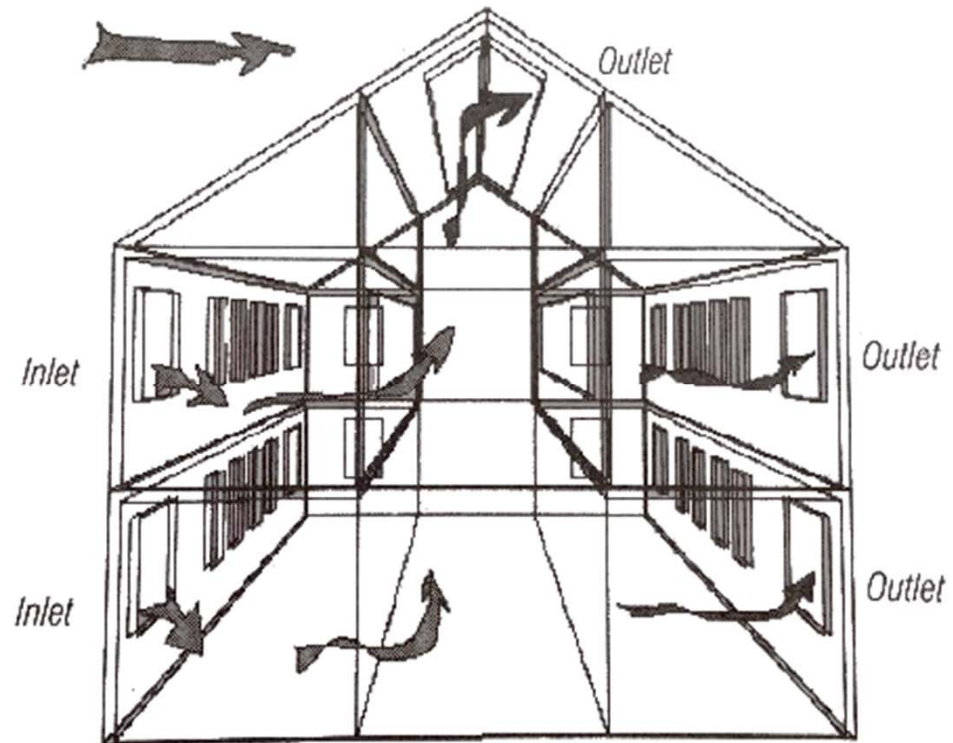
Lubang pada dinding dengan tambahan tirai gulung (screen) yang mengarahkan gerak udara ke bawah.



FAKTOR SISTEM VENTILASI

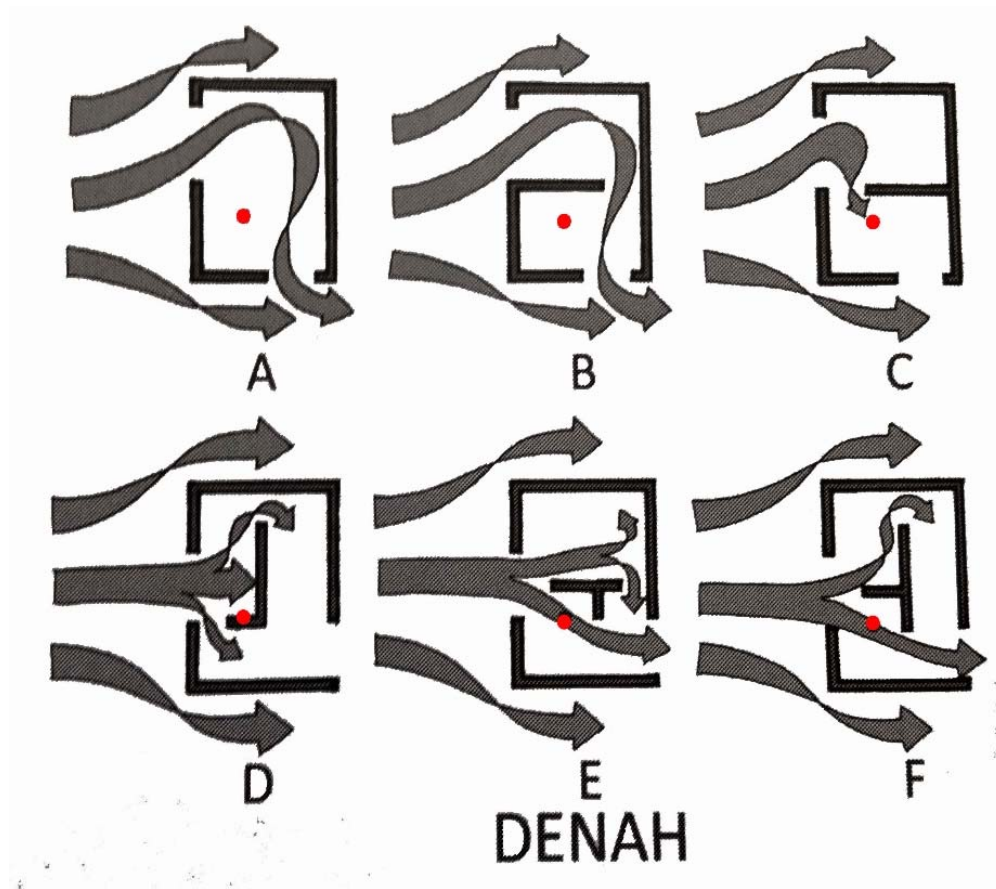
Jalur Sirkulasi dan Penghalang

Pada penghawaan alami, sistem ventilasi meliputi bukaan udara masuk (inlet), bukaan udara keluar (outlet), dan jalur sirkulasi udara antara inlet dan outlet.



FAKTOR SISTEM VENTILASI

Jalur Sirkulasi dan Penghalang



Pergerakan udara dalam ruang yang terjadi berdasarkan gambar (dengan titik acuan notasi bintang merah) sebagai berikut:

1. Kondisi A

Outlet bersebelahan dengan *inlet*, titik acuan belum memperoleh gerak udara yang merata.

2. Kondisi B dan C

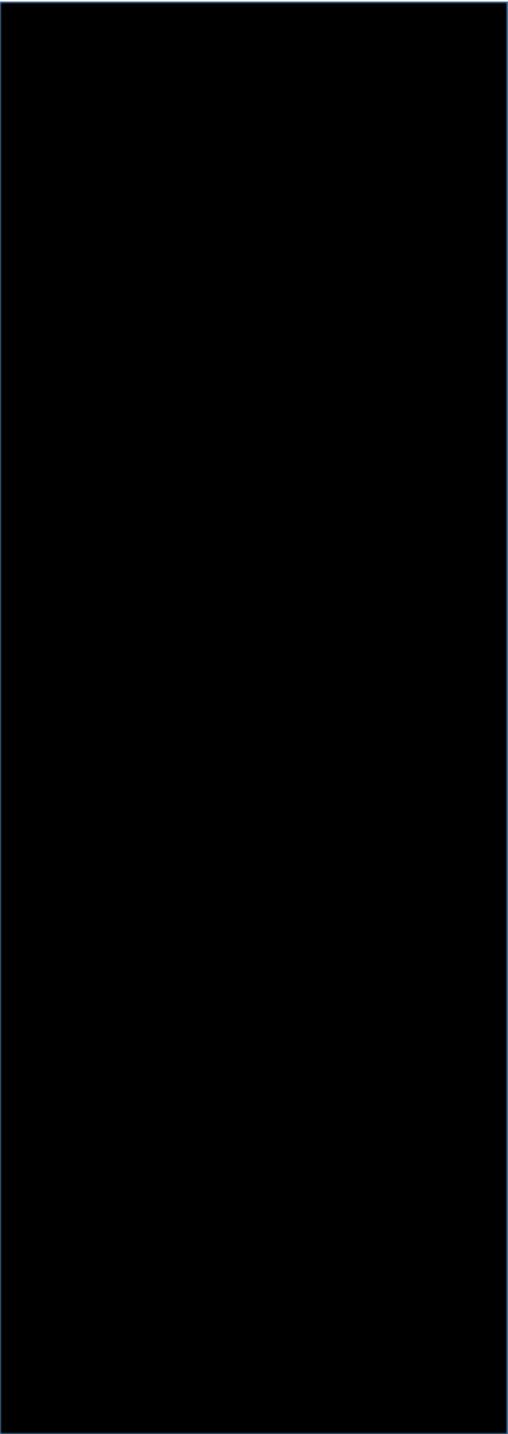
Outlet bersebelahan dengan *inlet* seperti kondisi A, penambahan dinding penghalang belum dapat mengarahkan gerak udara semerata mungkin.

3. Kondisi D

Outlet bersebelahan dengan *inlet*, dinding memanjang di depan *inlet* menjadi penghalang.

4. Kondisi E dan F

Outlet berhadapan dengan *inlet* seperti kondisi D, dinding membagi dan mengarahkan udara, sehingga diperoleh arah gerak udara yang lebih merata.



SISTEM
CROSS VENTILATION

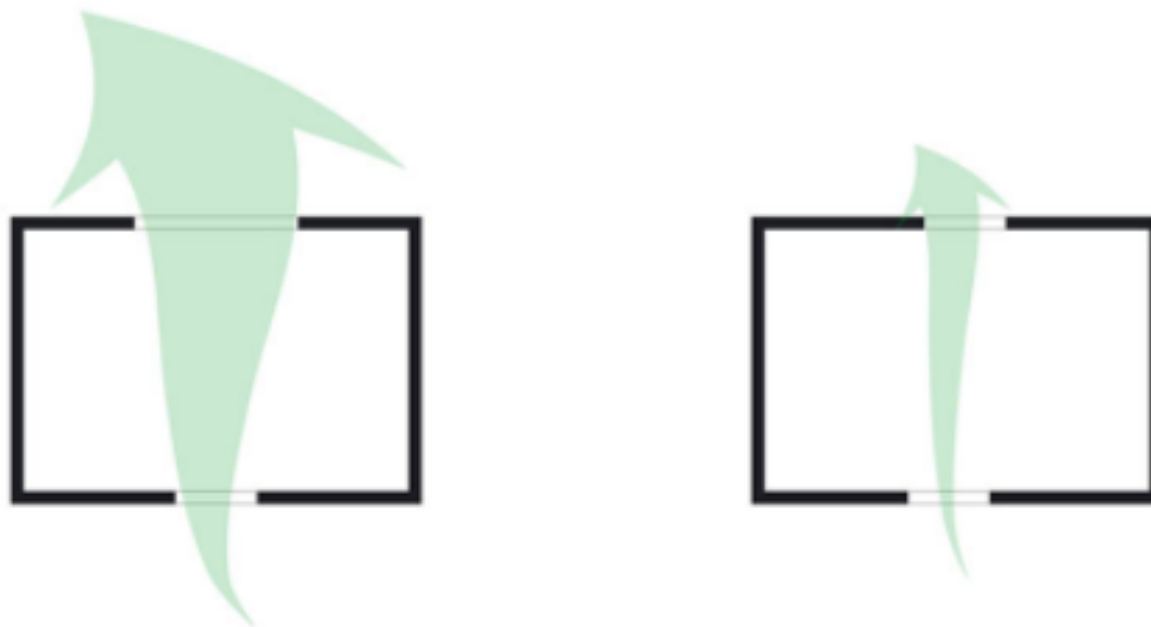
1. Bentuk ruang ramping / pipih

Apabila bentuk ruang pipih serta sisi ruang yang panjang ditempatkan tegak lurus atau menghadap arah angin, maka udara yang masuk dalam ruang lebih maksimal dibandingkan dengan ruang yang memiliki lebar atau kedalaman yang besar.



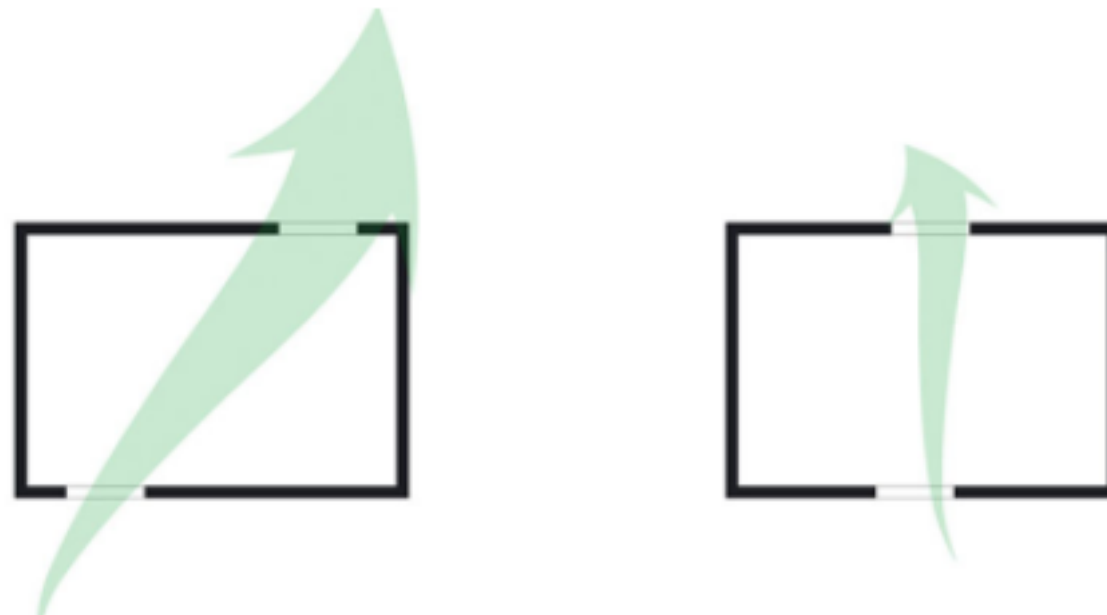
2. *Inlet* berukuran lebih kecil daripada *outlet*

Di saat ukuran *inlet* lebih kecil dari *outlet* maka kecepatan udara yang masuk dalam ruang akan meningkat hingga 30% sehingga pertukaran udara dapat terjadi dengan lebih cepat. Sebaliknya, apabila *inlet* berukuran lebih besar, maka kecepatan udara yang masuk dapat menurun hingga 30%.



3. Letak *outlet* dan *inlet* berseberangan

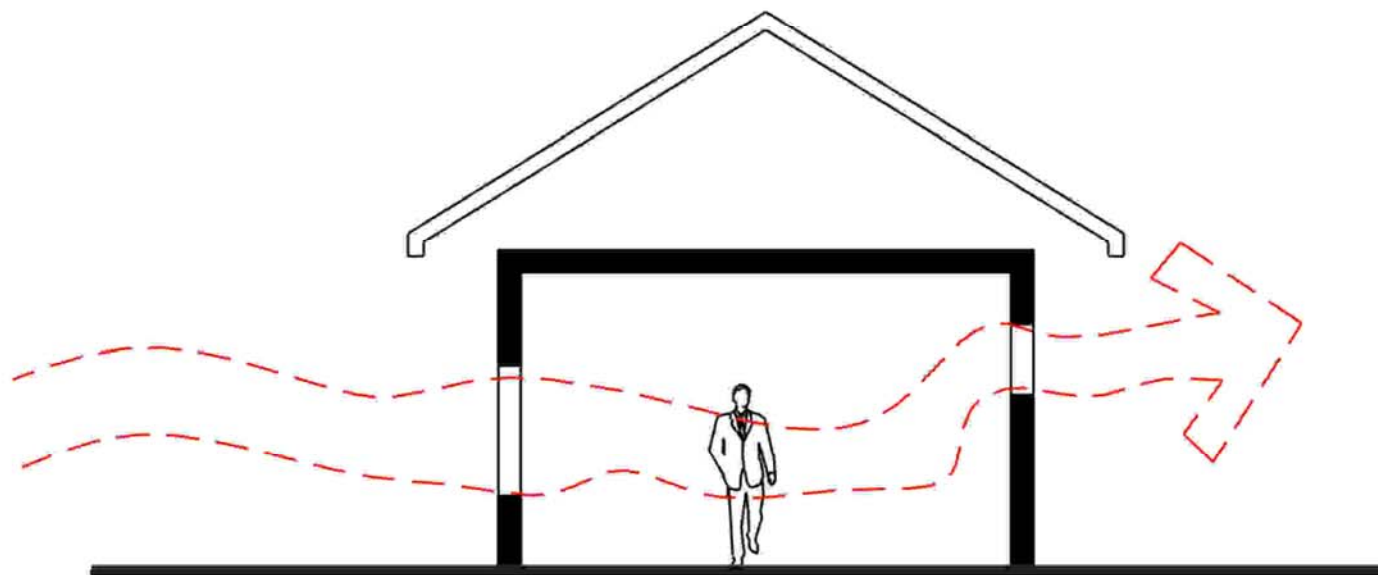
Udara bergerak dari tekanan udara tinggi ke tekanan udara yang lebih rendah. Agar terjadi aliran udara maka diperlukan perbedaan tekanan antara ruang luar dan dalam. Bukaannya yang berada pada posisi yang berseberangan atau bersilangan (apabila dilihat dari denah) dapat membuat tekanan di dalam ruang lebih rendah sehingga memungkinkan terjadinya pertukaran udara. Udara yang masuk ke ruang dengan tekanan lebih rendah pun akan terasa lebih sejuk.

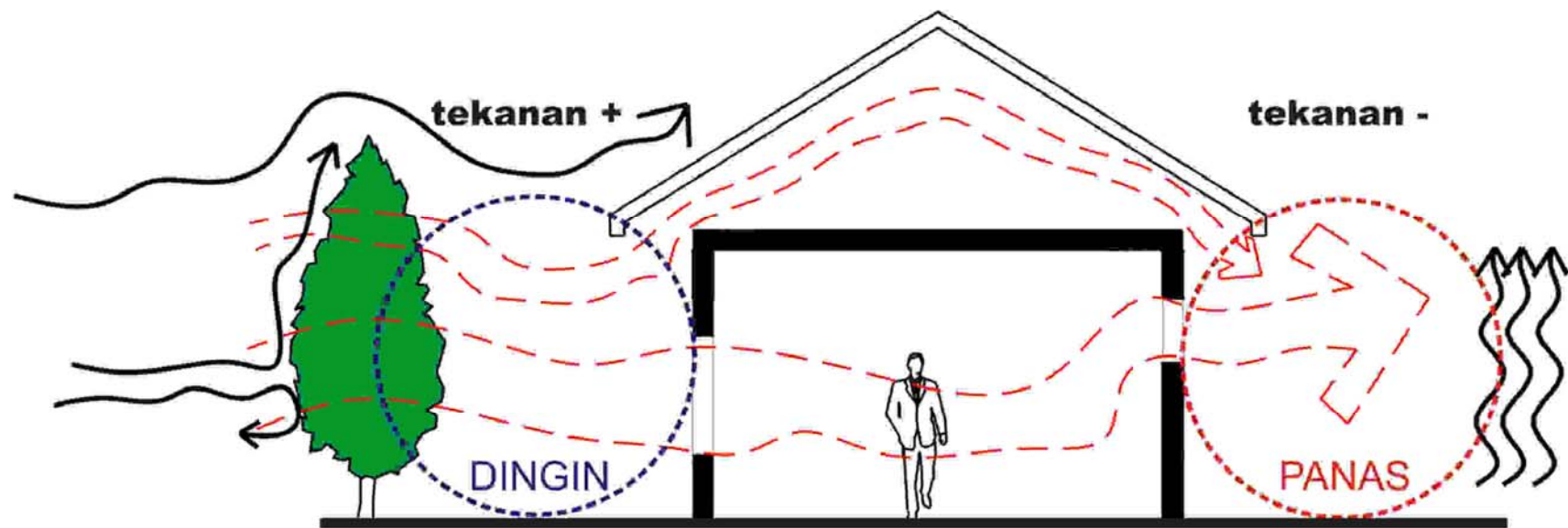


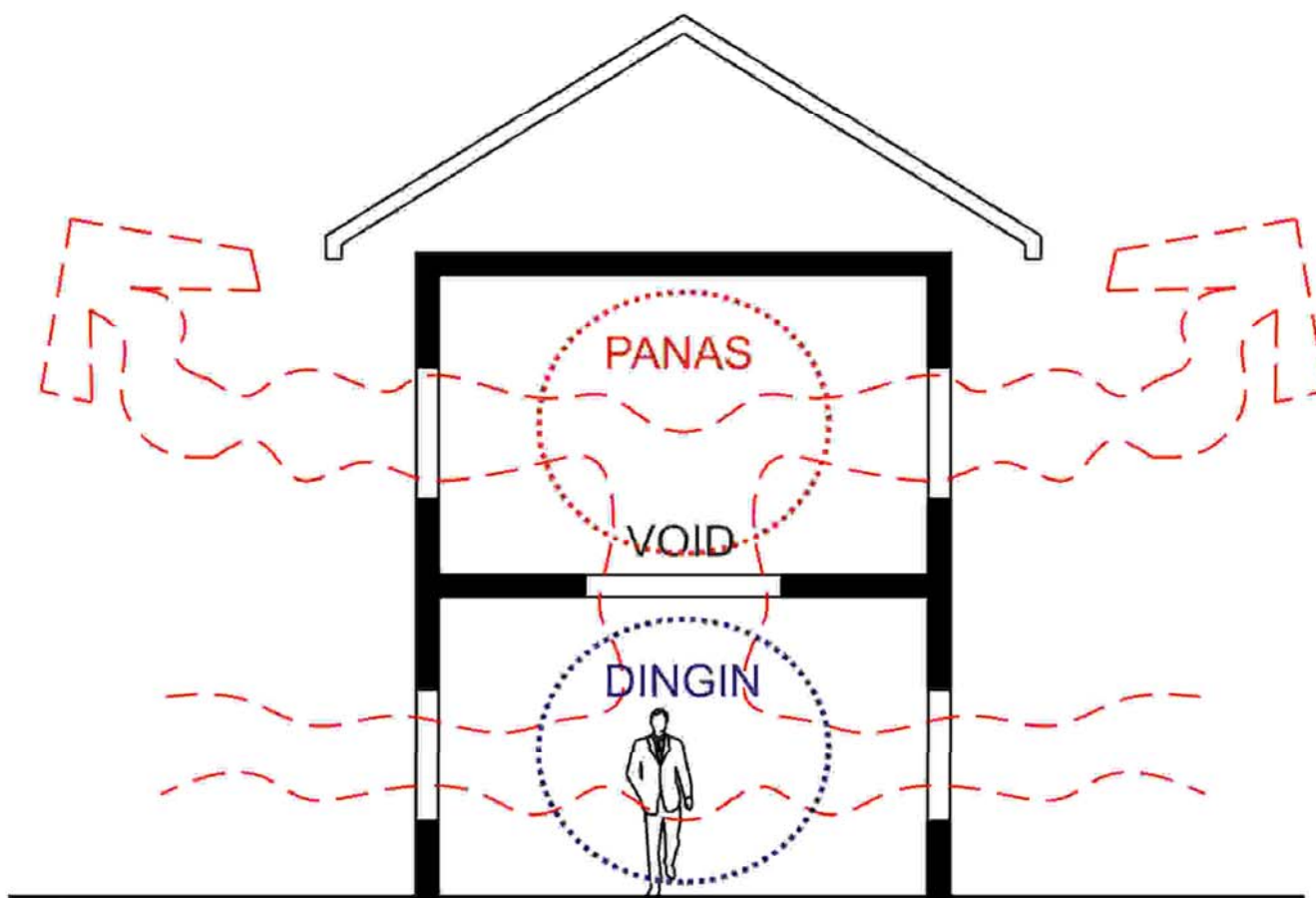
4. *Inlet* lebih rendah dari *outlet*

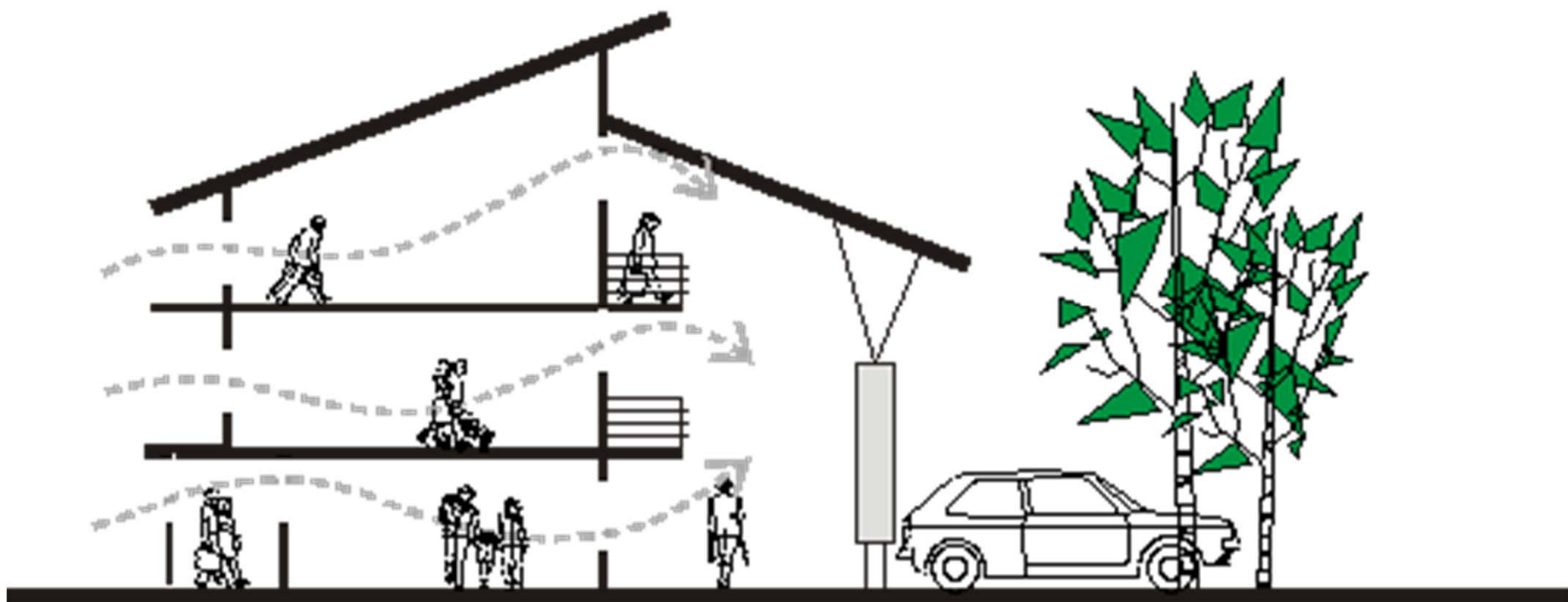
Posisi inlet yang lebih rendah (posisi ambang bawah bukaan *inlet* sekitar 50 cm dari permukaan lantai) dapat menyebabkan udara dalam ruang mengalir setinggi tubuh manusia. Selain itu, hal ini juga mendukung persepsi di mana udara bersuhu tinggi dari dalam ruang yang memiliki massa jenis lebih rendah akan bergerak naik dan dikeluarkan melalui *outlet* yang letaknya lebih tinggi.



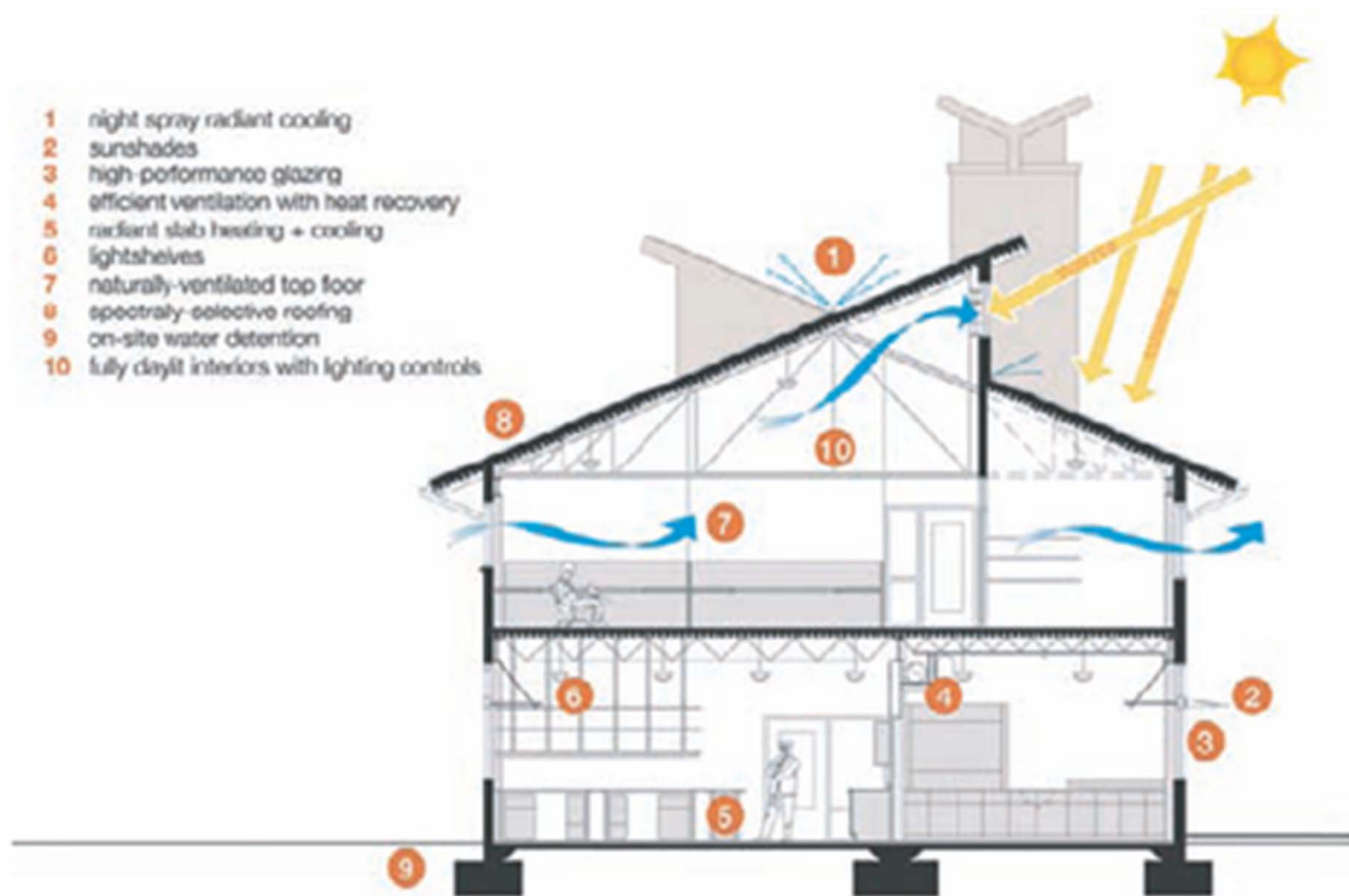


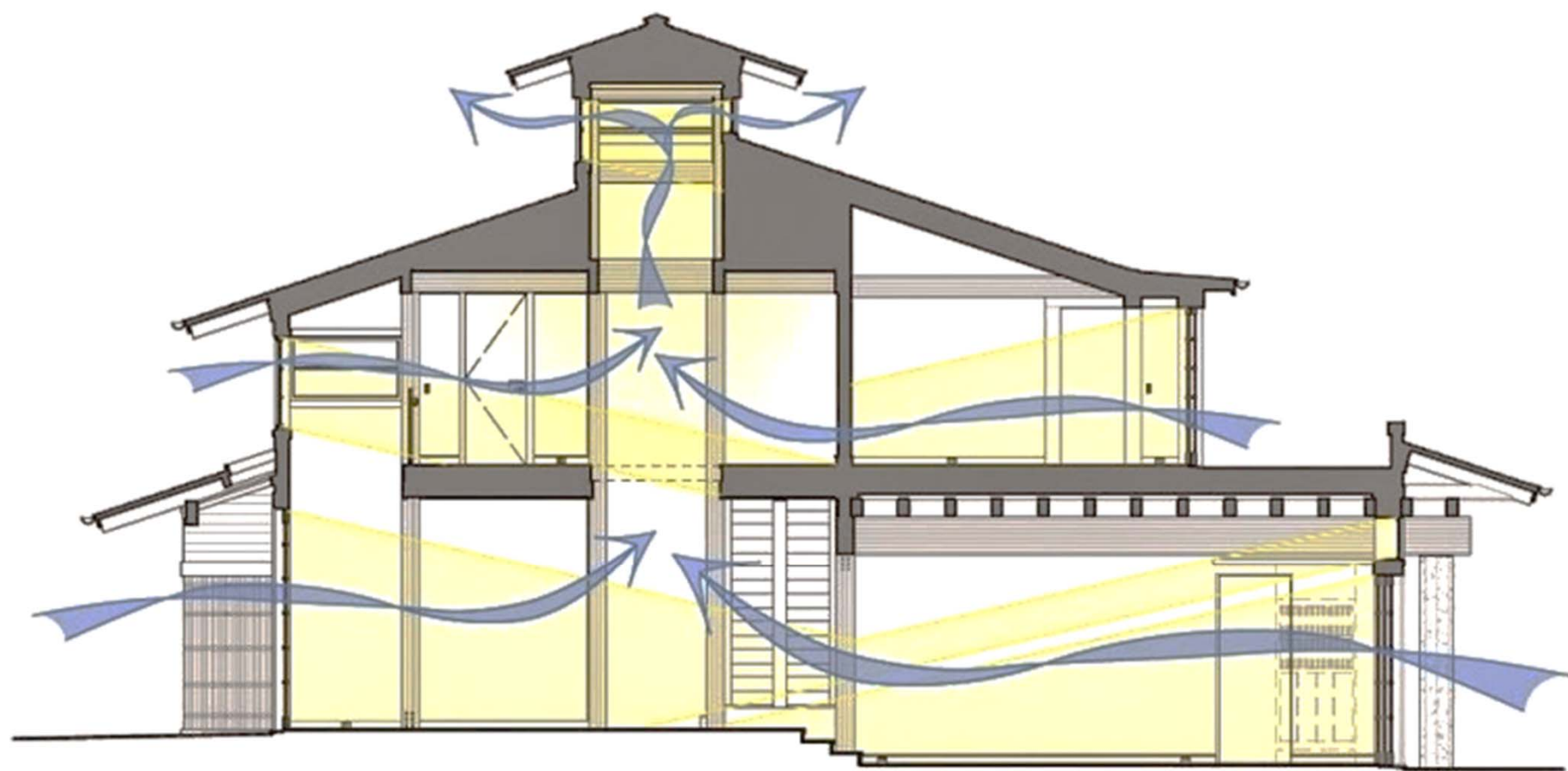




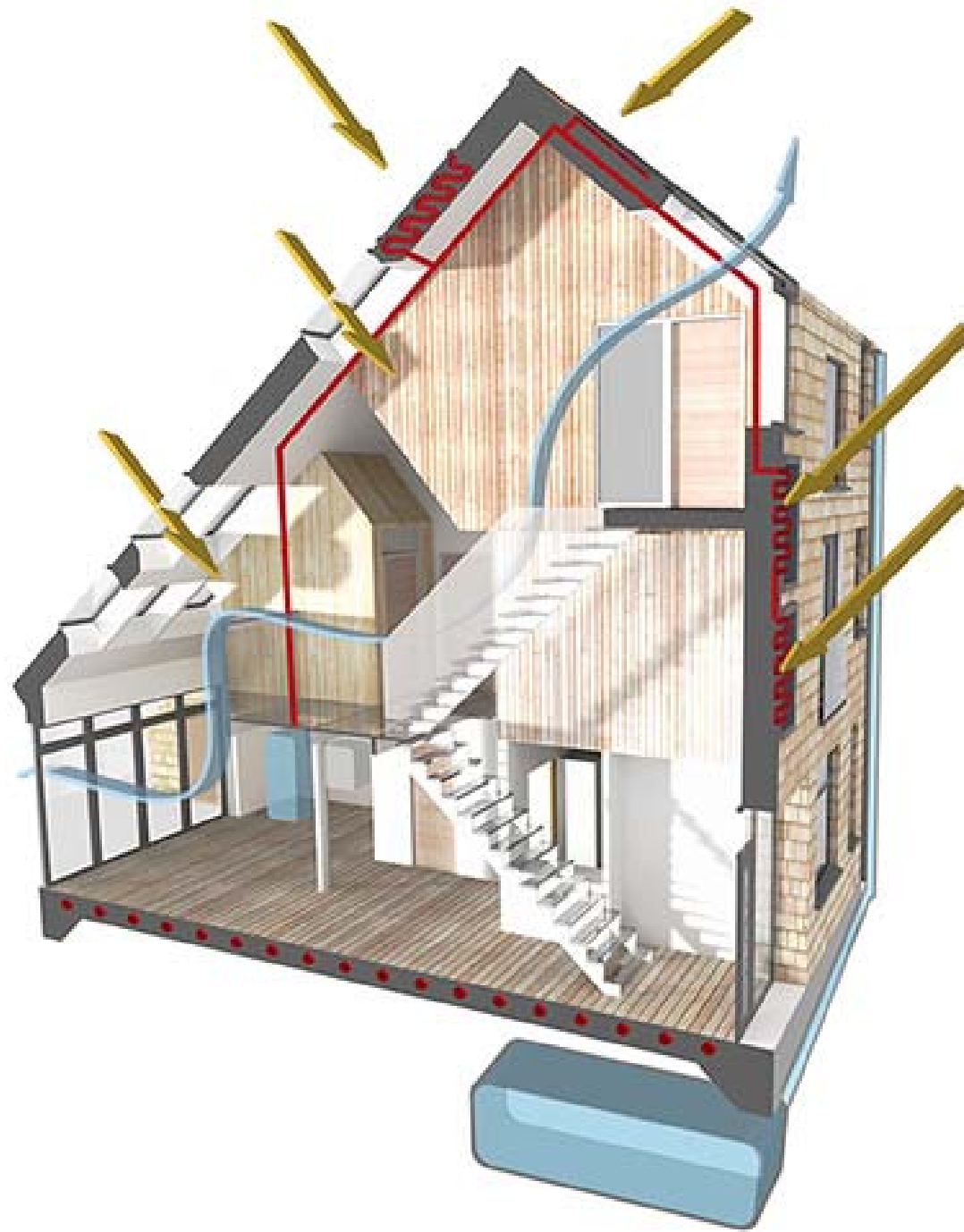


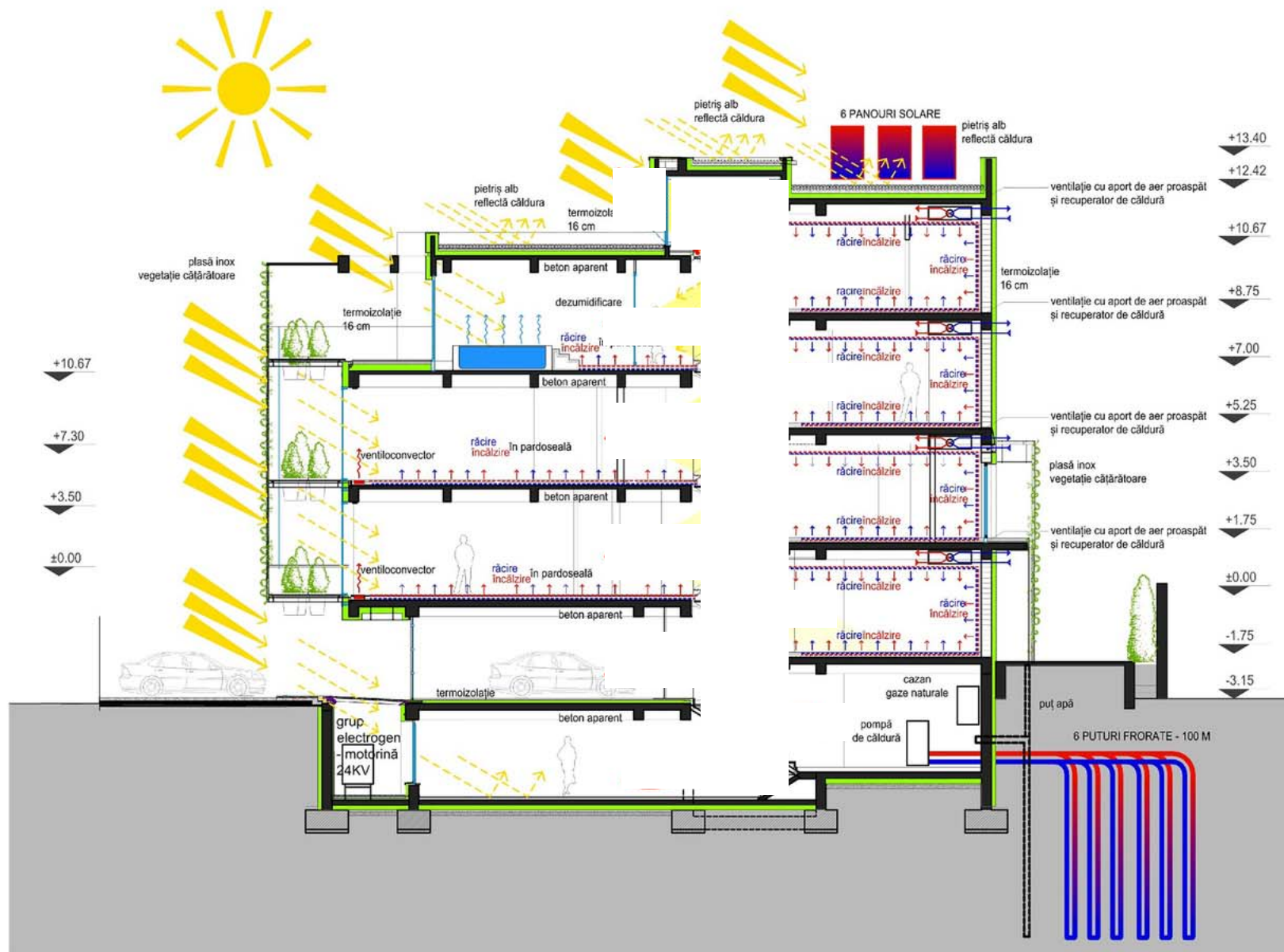
- 1 night spray radiant cooling
- 2 sunshades
- 3 high-performance glazing
- 4 efficient ventilation with heat recovery
- 5 radiant slab heating + cooling
- 6 lightsheives
- 7 naturally-ventilated top floor
- 8 spectrally-selective roofing
- 9 on-site water detention
- 10 fully daylight interiors with lighting controls





Section Diagram: Light and Air







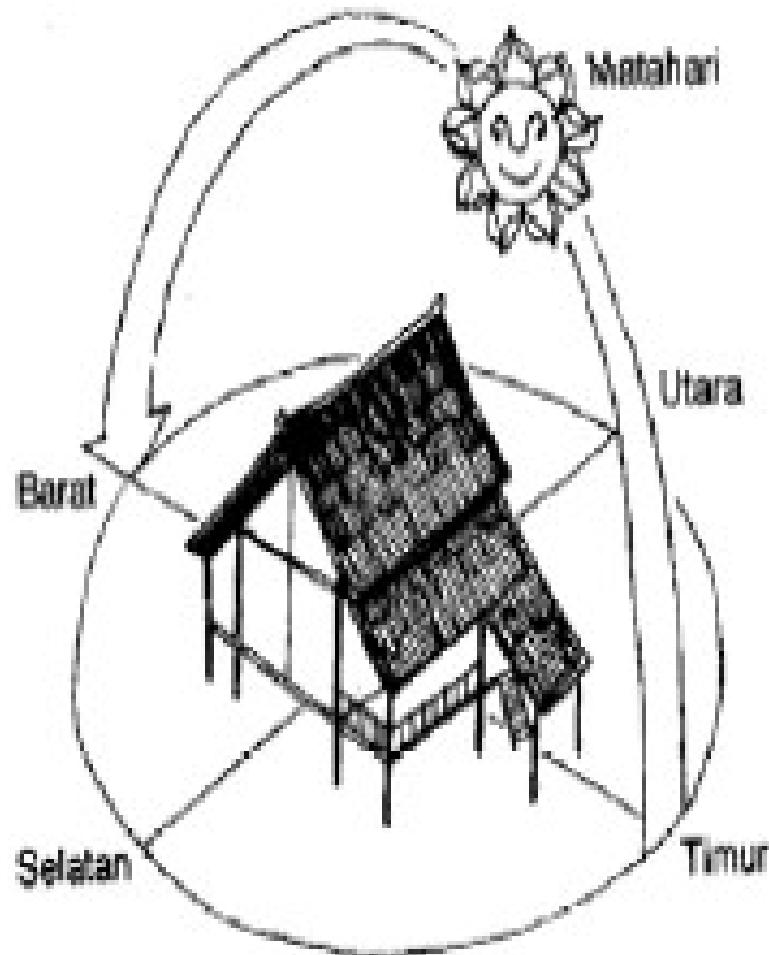
FAKTOR DESAIN PENGHAWAAN

FAKTOR DESAIN

Orientasi massa bangunan

1.

Orientasi bangunan diletakkan antara lintasan matahari dan angin. Letak gedung yang paling menguntungkan apabila memilih arah dari timur ke barat. Bukaan-bukaan menghadap Selatan dan Utara agar tidak terpapar langsung sinar matahari.

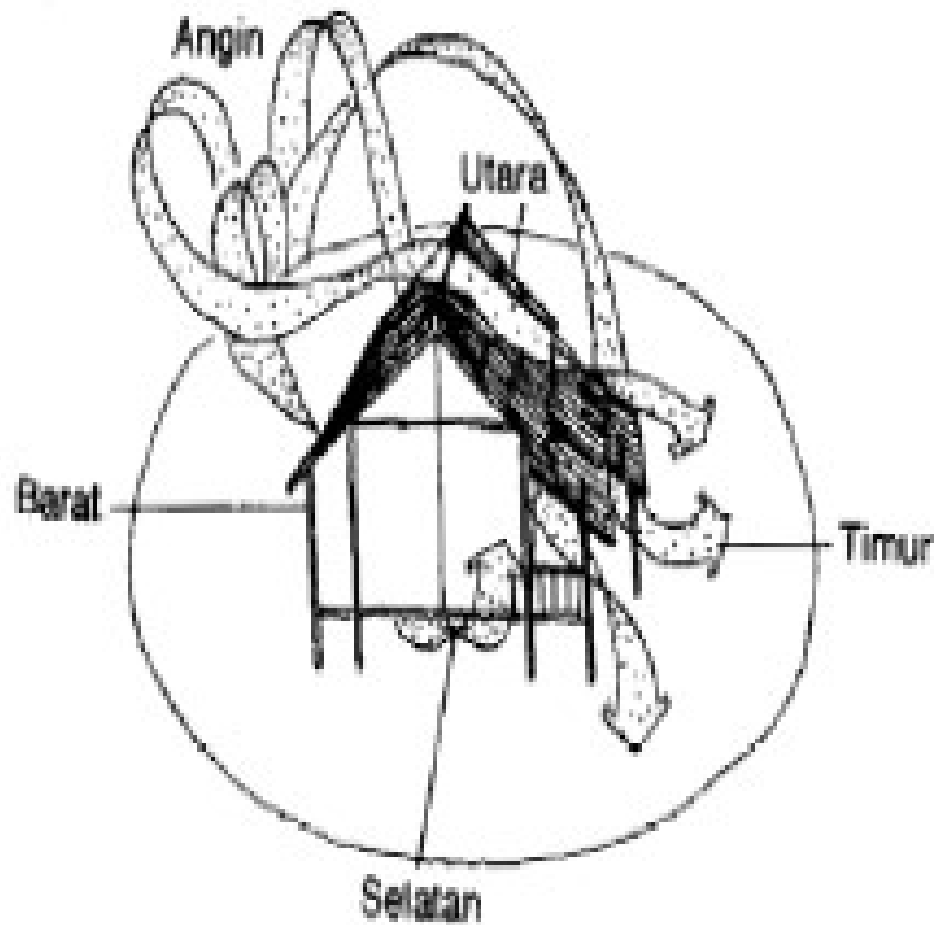


FAKTOR DESAIN

Orientasi massa bangunan

2.

Letak gedung tegak lurus terhadap arah angin

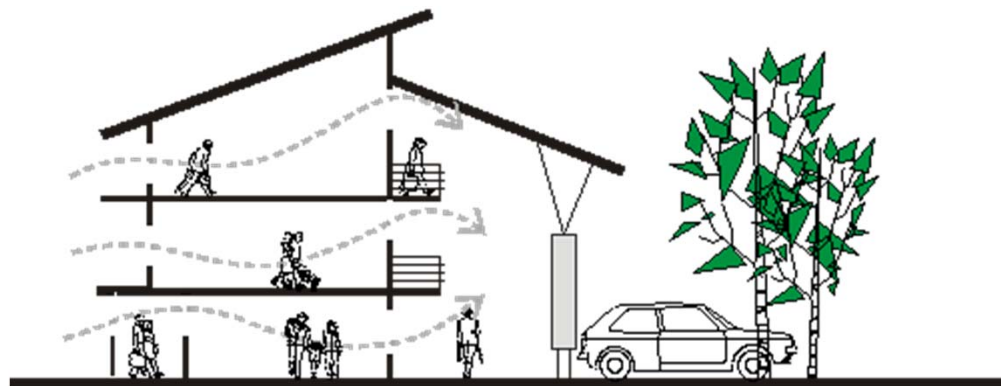


FAKTOR DESAIN

Bentuk massa bangunan

3.

Bangunan sebaiknya berbentuk persegi panjang, hal ini menguntungkan dalam penerapan ventilasi silang

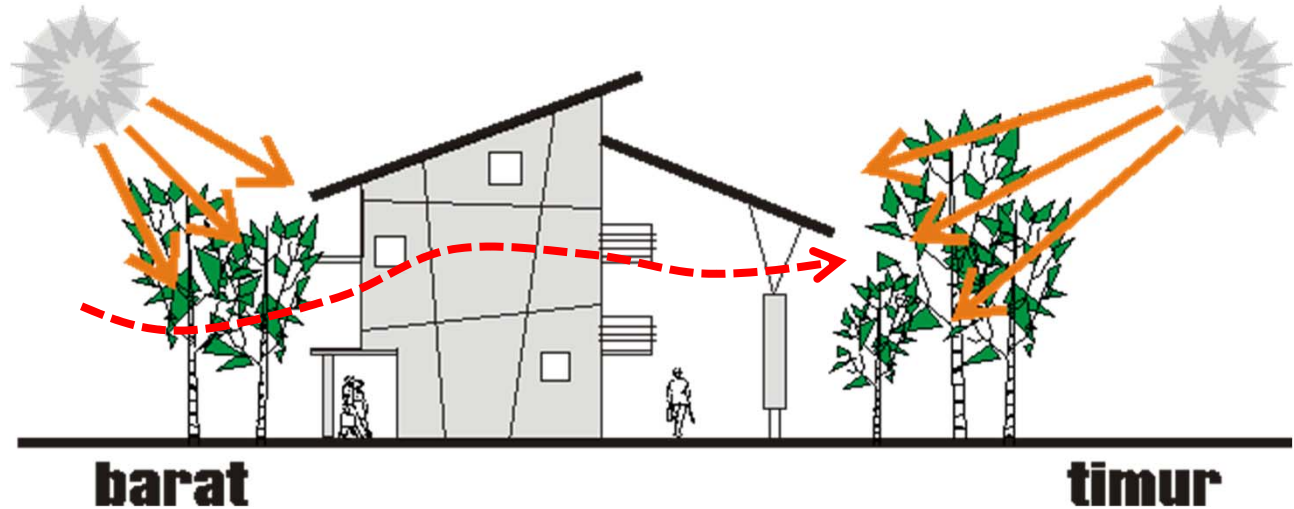


FAKTOR DESAIN

Penggunaan vegetasi

4.

Menghadirkan pohon peneduh di halaman yang dapat menurunkan suhu



FAKTOR DESAIN

Orientasi massa bangunan

5.

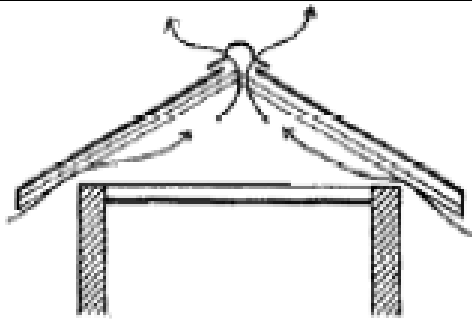
Memakai material alami yang lebih banyak menyerap panas, seperti perlengkapan interior dari kayu, pagar dan dinding tanaman.



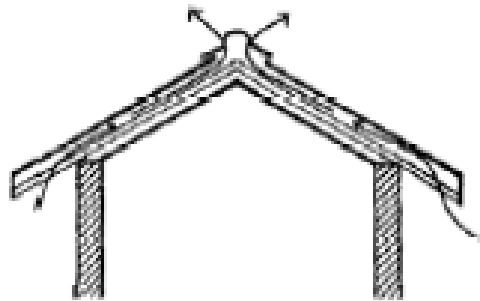
Green roof dengan pemakaian wiremesh sebagai media tanaman rambat, memberikan fungsi secondary skin pada bangunan, mengurangi panas yang masuk pada bangunan sekaligus penyuplai oksigen.

FAKTOR DESAIN

Bentuk atap bangunan



Atap pelana dengan langit-langit datar dan ruang atap berventilasi



Atap pelana dengan langit-langit miring dan celah kasau berventilasi



Atap pelana bertanaman tanpa ruang atap dan celah berventilasi

6.

Memakai bentuk atap miring (pelana sederhana) yang dapat mengeliminasi suhu di bawah ruang bawah atap

FAKTOR LAIN

Beberapa cara untuk meningkatkan kualitas udara di dalam bangunan:

1. Penataan ruang yang tepat
2. Memakai bahan bangunan dan bahan perabot yang mengandung bahan kimia sedikit
3. Memastikan tidak ada jamur pada elemen bangunan dan perabot akibat kelembaban tinggi
4. Memperbanyak penanaman tumbuhan hijau
5. Membatasi merokok di dalam ruangan
6. Memakai konsep *secondary skin* pada fasad untuk meredam panas matahari.
7. Menyediakan lahan terbuka di dalam bangunan
8. Menggunakan Insulator panas di bawah material atap
9. Meletakkan Kolam air pada lingkungan bangunan



7. Plafon yang ditinggikan, agar udara dapat bergerak lebih bebas
8. Memiliki bukaan yang cukup untuk masuknya udara
9. Penempatan bukaan secara horizontal maupun vertikal
10. Penempatan ruangan yang lebih besar ke arah aliran angin
11. Hindari penempatan bukaan dengan jarak yang terlalu dekat, hal ini menyebabkan perputaran angin terlalu cepat
12. Hindari penempatan bukaan yang benar-benar berseberangan, hal ini menyebabkan angin yang masuk langsung keluar begitu saja
13. Memperhatikan orientasi jendela terhadap matahari, misalnya ruang tidur tidak boleh menghadap ke barat
14. Memakai menara angin, yang berfungsi menangkap dan menghisap angin, sehingga udara dapat terus bersirkulasi

15. Ruang yang mengakibatkan tambahan panas (dapur) sebaiknya dijauhkan sedikit dari rumah
16. Ruang yang menambah kelembaban (kamar mandi, wc, tempat cuci) harus direncanakan dengan pertukaran udara yang tinggi.
17. Memberi teras pada bangunan/rumah, berfungsi sebagai area peralihan antara ruang luar (halaman) dengan ruang dalam (bangunan) yang dapat menciptakan iklim mikro, baik di dalam bangunan ataupun di sekitarnya.
18. Memberi teritisan lebar di sekeliling atap bangunan untuk membuat ruang di dalamnya semakin sejuk