

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA KUALITAS LINGKUNGAN DALAM RUANGAN

2.1 Pendahuluan

Menurut standard LEED dan GBCI, untuk membangun sebuah *green building*, maka salah satu aspek yang diperhitungkan adalah kualitas lingkungan dalam ruangan. Adapun beberapa aspek yang dinilai adalah sebagai berikut:

- Distribusi aliran udara dan ventilasi
- **Kenyamanan *thermal***
- Kualitas udara
- **Pencahayaan alami dan *views***
- *Acoustic level*

Maka, pada bab ini akan dijelaskan secara mendetail mengenai aspek-aspek yang mempengaruhi kualitas lingkungan dalam ruangan, khususnya aspek kenyamanan *thermal* dan pencahayaan alami dan *views*.

2.2 Distribusi Aliran Udara

Udara dapat mengalir dikarenakan adanya perbedaan temperatur/tekanan. Aliran udara/kecepatan angin mempengaruhi rasa nyaman penghuni ruangan.

Tabel 1: Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Kenyamanan¹

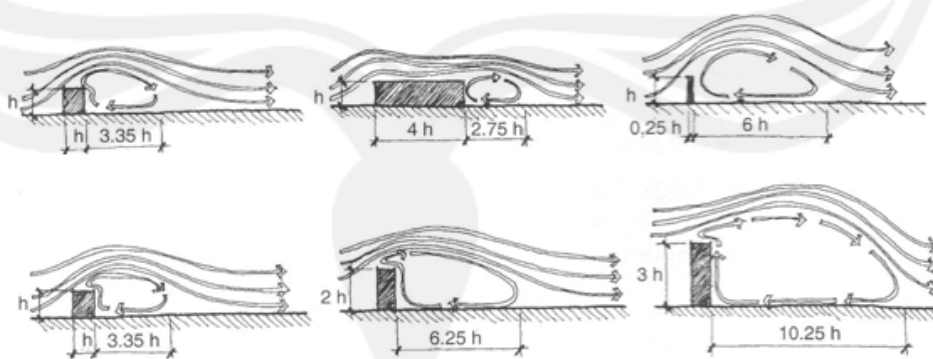
Kecepatan Angin Bergerak	Pengaruh atas kenamanan	Efek penyegaran (pada suhu 30°C)
<0.25 m/detik	Tidak dapat dirasakan	0°C

¹ HABITAT and CSC. Passive solar architecture report of the training workshop. London 1983, dikutip oleh: Gut/Ackernecht. *op.cit.* halaman 156; serta: Tirtha, Paul. *op.cit.* halaman 12

0.25-0.5 m/detik	Paling nyaman	0.5-0.7 °C
0.5-1 m/detik	Masih nyaman, tapi gerakan udara dapat dirasakan	1.0-1.2 °C
1-1.5 m/detik	Kecepatan maksimal	1.7-2.2 °C
1.5-2 m/detik	Kurang nyaman, berangin	2.0-3.3 °C
>2 m/detik	Kesehatan penghuni terpengaruh oleh kecepatan angin yang tinggi	2.3-4.2 °C

Dari tabel diatas, kecepatan angin paling nyaman adalah 0.25-0.5 m/detik dengan efek penyegaran 0.5-0.7 °C. Ketika udara yang bergerak tersebut membentur benda/bangunan, maka akan menyebabkan area negatif dan positif. Area yang terbentur angin adalah yang mendapatkan tekanan positif. Sebaliknya, pada saat yang sama udara akan terhisap dari sisi yang terhindar dari angin, sehingga menciptakan tekanan negatif.

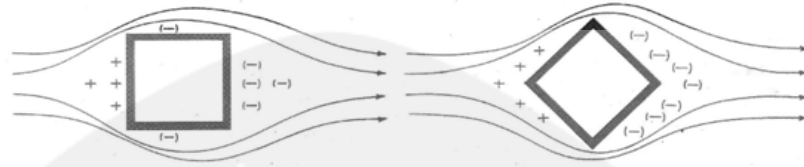
Tekanan negatif pada sisi gedung tergantung pada lebar dan tinggi gedung. Semakin tinggi gedung, maka semakin lebar sisi gedung yang tidak terkena angin. Sebaliknya, semakin lebar gedung, maka semakin kecil sisi gedung yang tidak terkena angin.



Gambar 1

Pengaruh ketinggian bangunan terhadap pergerakan angin

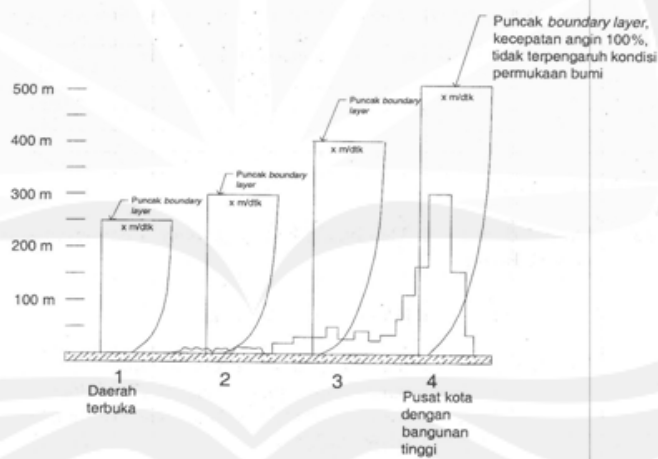
Sumber: Frick, Heinz. Mulyani, Tri Hesti. *Arsitektur Ekologis*. Yogyakarta: Kanisius, 2006.



Gambar 2

Udara mengalir di sekitar bangunan yang akan menyebabkan area dengan tekanan positif dan negative yang tidak merata.

Sumber: Lechner, Norbert. *Heating, Cooling, Lighting*. Jakarta: Rajawali Pers, 2007



Gambar 3

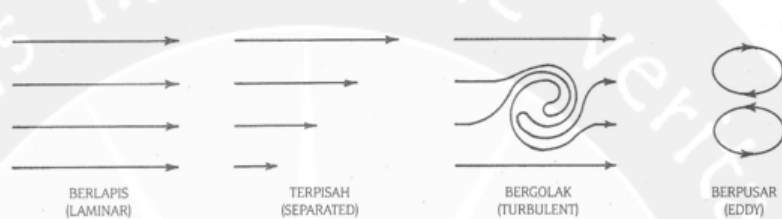
Lapisan batas di kondisi permukaan bumi yang berbeda (Boundary Layer)

Sumber: Satwiko, Prasasto., 2004. *Fisika Bangunan 1 Edisi 2*. Yogyakarta: Andi, 2004.

2.2.1 Aliran Udara²

Ada 4 (empat) tipe aliran udara:

1. Berlapis (Laminar)
2. Terpisah (Separated)
3. Bergolak (Turbulent)
4. Berpusar (Eddy)



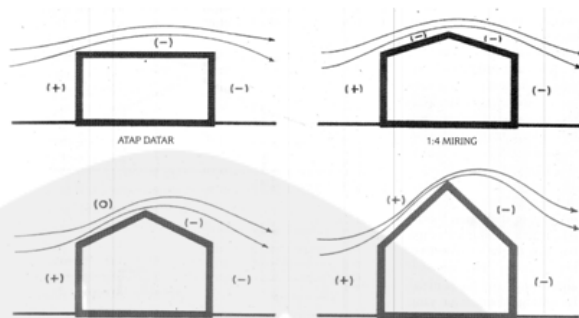
Gambar 4

Empat jenis aliran udara yang berbeda

Sumber: Lechner, Norbert. Heating, Cooling, Lighting. Jakarta: Rajawali Pers, 2007

Aliran udara pada sebuah bangunan tidak distribusikan secara keseluruhan karena akan dipengaruhi oleh bentuk bangunan, bentuk atap, bukaan dll.

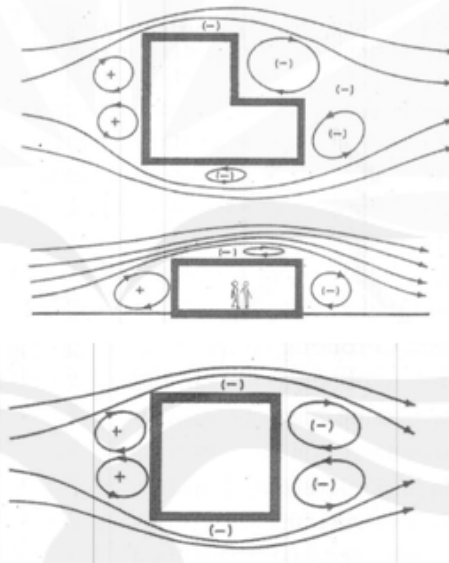
² Lechner, Norbert., 2007, Heating, cooling, lighting: metode desain untuk arsitektur Edisi 2, Rajawali Pers.



Gambar 5

Tekanan yang terjadi di atas atap akan dipengaruhi bentuk/kelandaian atap.

Sumber: Lechner, Norbert. *Heating, Cooling, Lighting*. Jakarta: Rajawali Pers, 2007



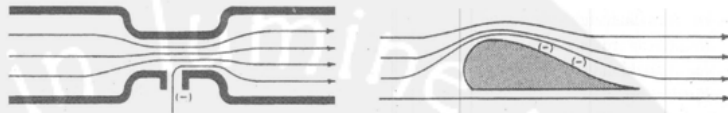
Gambar 6

Turbulensi dan eddy akan terjadi di area bertekanan tinggi dan rendah di sekitar bangunan.

Sumber: Lechner, Norbert. *Heating, Cooling, Lighting*. Jakarta: Rajawali Pers, 2007

2.2.2 Efek Bernoulli

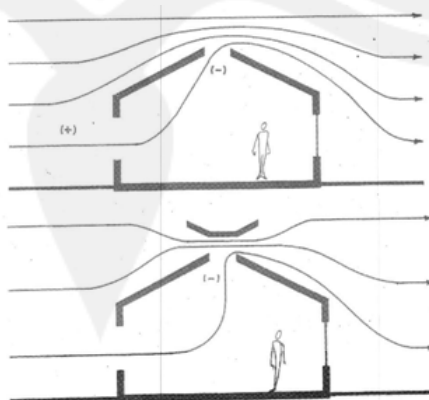
Ketika kecepatan udara meningkat pada suatu ruangan/tempat, maka tekanan statiknya menurun, prinsip dasar aliran udara ini biasa disebut dengan efek *Bernoulli*. Karena fenomena ini, terdapat suatu tekanan negative pada pembatasan tabung ‘venturi’³.



Gambar 7
Efek Bernoulli

Sumber: Lechner, Norbert. *Heating, Cooling, Lighting*. Jakarta: Rajawali Pers, 2007

Atap yang berbentuk ‘gable’ juga merupakan setengah dari tabung ‘venturi’. Dengan demikian, udara akan terisap ke luar pada setiap lubang udara yang berada dekat dengan bubungan. Dampaknya pun akan lebih kuat dengan cara merancang atap tersebut menyerupai tabung venturi yang penuh.



³ Lechner, Norbert., 2007, *Heating, cooling, lighting: metode desain untuk arsitektur* Edisi 2, Rajawali Pers.

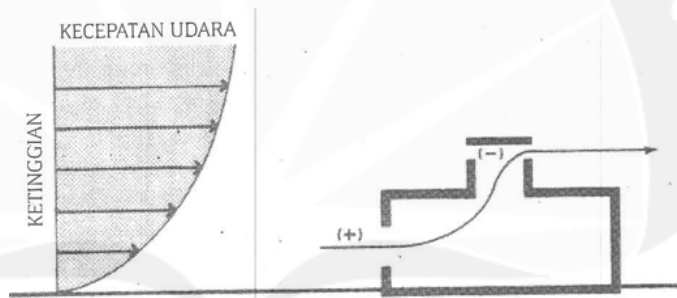
Gambar 8

Efek venturi menyebabkan udara dibuang melalui lubang di atap

Sumber: Lechner, Norbert. *Heating, Cooling, Lighting*. Jakarta:

Rajawali Pers, 2007

Kecepatan udara juga akan meningkat secara cepat dengan ketinggian di atas bagian dasarnya. Dengan demikian tekanan pada bubungan atap akan lebih rendah di banding dengan tekanan yang ada di bagian dasar jendela. Akibatnya, meskipun tanpa bantuan faktor geometri tabung ‘venturi’, efek *Bernoulli* akan membuang udara melalui lubang-lubang angin yang terdapat di bagian atap.



Gambar 9

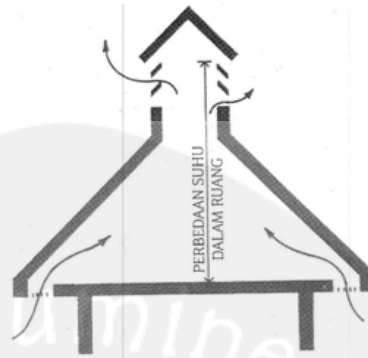
Karena kecepatan angin meningkat dengan ketinggian di atas *grade*, udara memiliki tekanan statik yang kurang di bagian atap disbanding di bagian dasarnya.

Sumber: Lechner, Norbert. *Heating, Cooling, Lighting*. Jakarta:

Rajawali Pers, 2007

2.2.3 Efek Cerobong Asap

Efek cerobong asap akan bisa membuang udara dari bangunan melalui aksi konveksi yang alami. Efek cerobong asap ini akan membuang udara meskipun terdapat perbedaan suhu ruang dalam antar dua lubang vertical yang lebih besar daripada perbedaan suhu luar antara dua lubang yang sama.



Gambar 10

Efek cerobong asap akan membuang udara panas meskipun perbedaan suhu ruang dalam lebih besar dari pada perbedaan suhu ruang luar diantara lubang-lubang vertical

Sumber: Lechner, Norbert. Heating, Cooling, Lighting. Jakarta: Rajawali Pers, 2007

Untuk memaksimalkan efek lemah yang mendasar ini, suatu lubang haruslah dibuat sebesar mungkin dan terpisah secara vertical sejauh mungkin. Udara harus bisa mengalir secara bebas dari lubang yang lebih rendah ke lubang yang lebih tinggi.

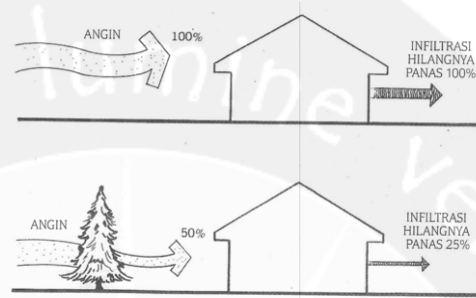
Kelebihan prinsip efek cerobong asap disbanding efek *Bernoulli* adalah bahwa efek ini tidak bergantung pada angin. Sementara itu, kekurangannya adalah bahwa efek ini merupakan kekuatan yang sangat lemah dan tidak bisa memindahkan udara secara cepat.

2.2.4 Penahan Angin

Penahan angin secara efektif dapat mengurangi kecepatan angin dengan 3 (tiga) cara:

- a. Dapat menangkal angin hingga ke tingkat yang lebih tinggi.
- b. Menciptakan pusaran angin
- c. Menyerap energy dengan cara geseran friksional.

Penahan angin yang berbentuk padat (seperti bangunan) cenderung lebih banyak menggunakan metode pertama. Sementara untuk penahan angin yang bersifat menyerap (seperti pohon) cenderung mengandalkan metode yang ke 3 (tiga).



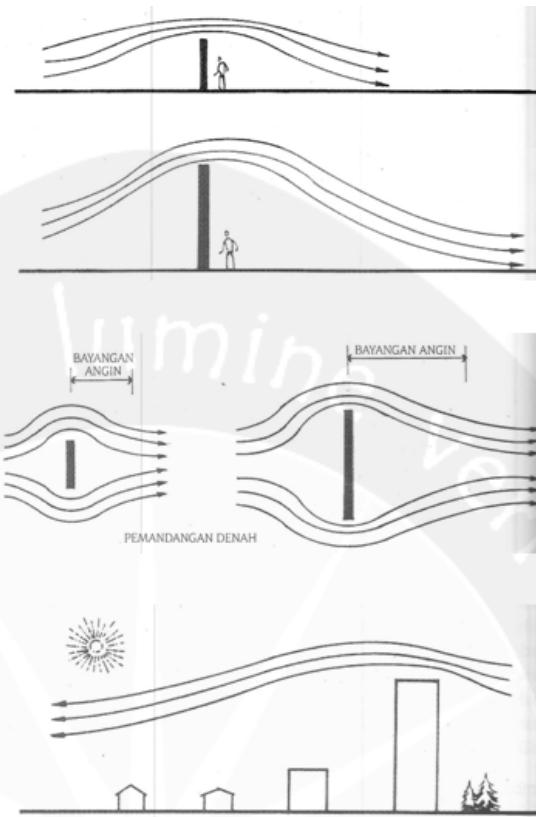
Gambar 11

Sedikit reduksi pada kecepatan angin akan menghasilkan reduksi yang besar dalam proses menghilangnya suhu panas

Sumber: Lechner, Norbert. *Heating, Cooling, Lighting*. Jakarta: Rajawali Pers, 2007

Berikut beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam merancang penahan angin:

- Semakin tinggi penahan angin, maka bayangan angin akan semakin panjang.
- Untuk mendapatkan keuntungan dari ukuran tinggi, maka lebar penahan angin setidaknya harus 10 kali dari tinggi.
- Sifat menyerap pada penahan angin menentukan panjang bayangan anginnya maupun pengurangan kecepatan anginnya.



Gambar 12

Semakin tinggi dan lebar panahan angin, maka semakin besar bayangan anginnya.

Sumber: Lechner, Norbert. *Heating, Cooling, Lighting*. Jakarta: Rajawali Pers, 2007

2.3 Ventilasi Alami

Ventilasi adalah pergantian udara secara alami (tidak melibatkan peralatan mekanis, seperti mesin penyejuk udara/AC). Untuk menerapkan ventilasi alami, perlu dipikirkan beberapa syarat awal berikut⁴:

- Tersedianya udara luar yang sehat (bebas dari bau, debu dan polutan lain yang mengganggu).
- Suhu udara luar yang tidak terlalu tinggi (maksimal 28°C).
- Tidak banyak bangunan di sekitar yang akan menghalangi aliran udara horizontal.
- Lingkungan tidak bising.

Jika beberapa syarat di atas tidak dapat terpenuhi, maka tidak perlu dipaksakan menggunakan ventilasi alami karena ruangan akan menjadi tidak nyaman.

2.3.1 Tipe-tipe Ventilasi Alami

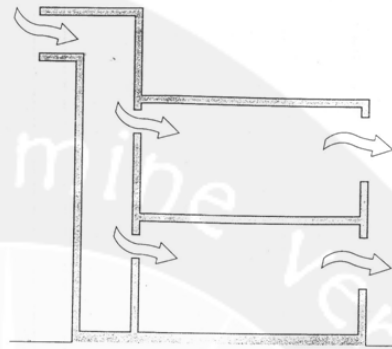
Menurut arah gerak udara di dalam ruang, ventilasi alami/aktif dapat dibedakan menjadi 2 (dua). Arah gerak udara horizontal/ventilasi silang dan arah gerak udara vertikal/gerakan udara ke atas.

a. Gerakan Udara Horizontal

- Ventilasi Satu Sisi
Menyebabkan turbulensi di dalam ruangan. Pergantian udara di dalam ruang lambat.
- Ventilasi Silang
Menghasilkan udara ventilasi terbaik, karena selain terjadi pertukaran udara di dalam ruang terjadi pula proses penguapan yang menurunkan suhu pada kulit manusia. Dengan demikian, angin juga berpengaruh pada kenyamanan dan pengaturan suhu efektif di dalam

⁴ Satwiko, P., 2005, Fisika Bangunan 1 Edisi 2, Yogyakarta, Andi.

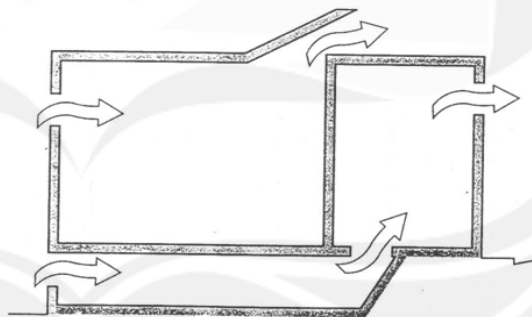
ruang⁵. Berikut adalah beberapa alternatif desain ventilasi silang pada bangunan.



Gambar 13

The Wind Scoop

*Sumber: Natural ventilation in non-domestic buildings,
CIBSE Applications Manual AM10:1997*



Gambar 14

Duct or underfloor cross ventilation

*Sumber: Natural ventilation in non-domestic buildings,
CIBSE Applications Manual AM10:1997*

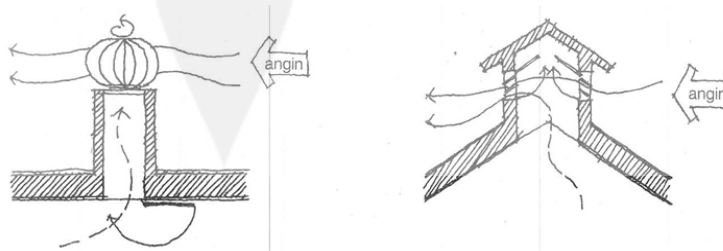
b. Gerakan Udara Vertikal (*Stack Effect*)

⁵ Frick, Heinz/Bambang Suskiyatno. Dasar-dasar Arsitektur Ekologis. Yogyakarta: Kanisius, 2007.

Ventilasi vertikal terjadi karena daya alami yang dinamai *stack effect*. Daya ini terjadi akibat perbedaan suhu udara. Udara dengan suhu lebih tinggi mempunyai berat yang lebih ringan, sehingga akan bergerak ke atas dan tempat yang ditinggalkan akan diisi oleh udara dengan suhu lebih rendah. Sistem ventilasi vertikal yang baik membutuhkan lubang udara keluar di bagian atas ruang dan lubang udara masuk di bagian bawah.

Semakin besar luas lubang udara dan semakin besar beda ketinggian antar kedua lubang, maka semakin besar pula gerak udara ke atas yang dihasilkan. Karena itu, udara yang bergerak ke atas akan diperkuat gerakannya dengan adanya cerobong, karena beda ketinggian lubang makin besar.

Selain itu, di ujung atas cerobong terjadi isapan udara akibat angin menyapu udara keluar dari cerobong. Udara yang tertarik ke luar akan menimbulkan kehampaan di dalam cerobong, dan kehampaan ini pada gilirannya akan menarik udara dari bawah untuk mengisi kehampaan tersebut. Gerakn udara ke atas akibat adanya isapan udara di bagian atas cerobong disebut dengan *chimney effect*⁶.



⁶ Frick, Heinz/Antonius Ardianto/AMS Darmawan. Ilmu Fisika Bangunan. Yogyakarta: Kanisius, 2008.

Gambar 15

macam-macam cerobong angin

Frick, Heinz/Ardiyanto, Antonius/Darmawan AMS. Ilmu Fisika Bangunan. Semarang: Kanisius, 2008.

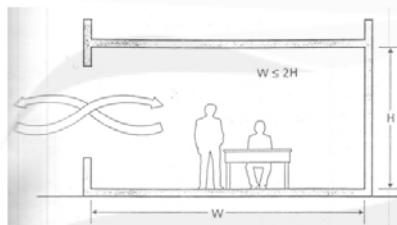
Hisapan udara akibat *chimney effect* dapat diperkuat dengan memperkecil lubang udara di hulu cerobong dan memperbesar lubang udara di hilir cerobong. Gejala ini disebut dengan *ventury effect*.

Berikut adalah keefektifan dari beberapa type ventilasi alami⁷:

a. Ventilasi Satu Sisi

- *Single Opening*

Ventilasi satu sisi *single opening* akan efektif jika kedalaman ruangan dari opening adalah kurang dari/sama dengan 2 (dua) kali ketinggian ruang.



Gambar 16

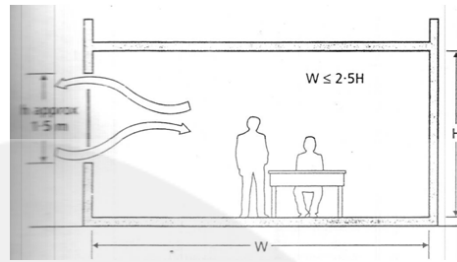
Ventilasi satu sisi *single opening*

Sumber: Natural ventilation in non-domestic buildings, CIBSE Applications Manual AM10:1997

- *Double Opening*

Ventilasi satu sisi *double opening* akan efektif jika kedalaman ruangan dari opening adalah kurang dari/sama dengan 2,5 kali ketinggian ruang.

⁷ Natural ventilation in non domestic buildings BRE Digest 399 (Garston: Building Research Establishment) (1994)



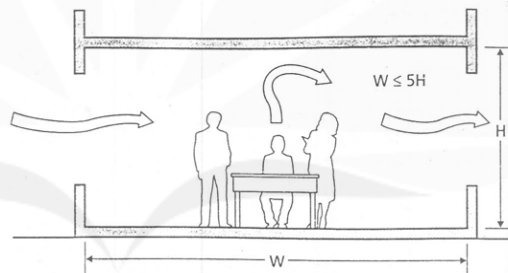
Gambar 17

Ventilasi satu sisi *double opening*

Sumber: *Natural ventilation in non-domestic buildings, CIBSE Applications Manual AM10:1997*

b. Ventilasi Silang

Ventilasi silang akan efektif bila kedalaman ruangan dari kedua opening adalah kurang dari/sama dengan 5 kali ketinggian ruang.

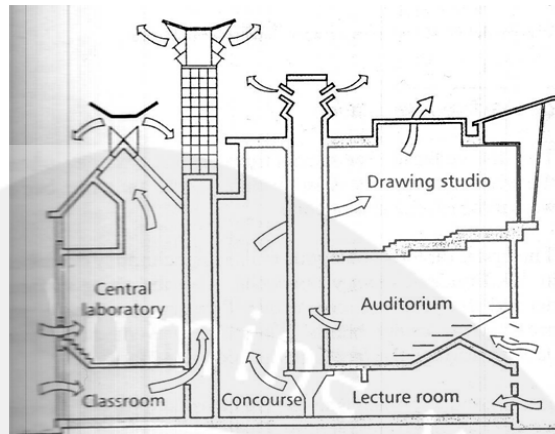


Gambar 18

Ventilasi silang

Sumber: *Natural ventilation in non-domestic buildings, CIBSE Applications Manual AM10:1997*

c. *Stack Ventilation*



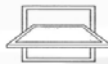
Gambar 19

Stack ventilation & chimney ventilation

*Sumber: Natural ventilation in non-domestic buildings, CIBSE
Applications Manual AM10:1997*

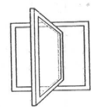
2.3.2 Bentuk-bentuk Jendela dan Keefektifannya⁸

a. Horizontal Pivot Windows



Bukaan jenis ini biasanya akan terbuka maksimal pada sudut 22°. Untuk jendela dengan ukuran lebar 1200mm dan tinggi 1600mm, keefektifan bukaannya adalah 0,66 m².

c. Vertical Pivot Windows



Pada saat terbuka 22°, keefektifannya 40% lebih kecil dibandingkan dengan tipe horizontal pivot.

d. Top/Bottom Hung Windows

⁸ Natural ventilation in non domestic buildings, CIBSE Applications Manual AM10, 1997



Efektif open areanya adalah sebesar 35%.

e. Side Hung Windows



Mempunyai keefektifan yang sama dengan vertical pivot window.

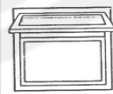
f. Tilt and Turn Windows

Merupakan kombinasi dari *bottom hung windows* dan *side hung windows*.

g. Sliding Windows

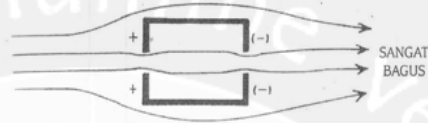


h. Tilting Top Vents



2.3.3 Orientasi Buka

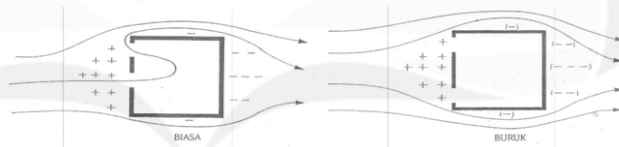
Ventilasi jendela yang berbatasan dengan bangunan/dinding dapat menjadi faktor yang baik maupun buruk. Hal ini tergantung pada distribusi tekanannya yang bervariasi dengan arah angin. Maka dari itu, posisi jendela pada sebuah bangunan sangat menentukan kualitas penghawaan alami di dalam ruangan.



Gambar 20

Ventilasi silang antar jendela pada dinding di depannya merupakan kondisi yang ideal.

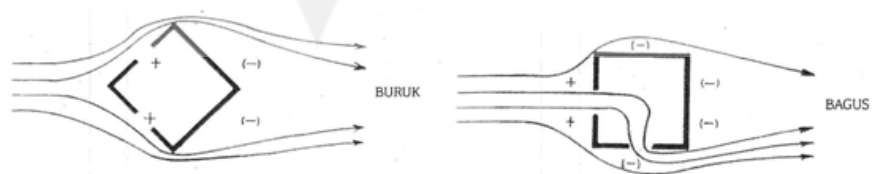
Sumber: Lechner, Norbert. Heating, Cooling, Lighting. Jakarta: Rajawali Pers, 2007



Gambar 21

Beberapa ventilasi dimungkinkan dalam penempatan jendela secara tidak simetris karena tekanan relatifnya lebih besar di bagian tengah dinding dari mana arah angin bertiup.

Sumber: Lechner, Norbert. Heating, Cooling, Lighting. Jakarta: Rajawali Pers, 2007



Gambar 22

ventilasi dari jendela-jendela yang berdekatan bisa menjadi hal yang baik dan buruk, tergantung pada arah angin

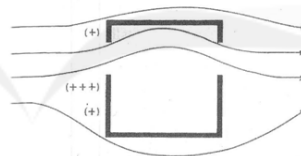
Sumber: Lechner, Norbert. *Heating, Cooling, Lighting*. Jakarta: Rajawali Pers, 2007



Gambar 23

Pengaruh penempatan sirip dinding di samping jendela

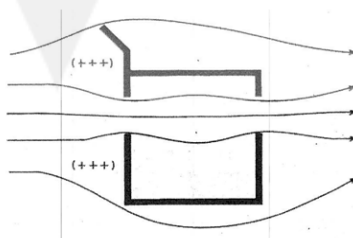
Sumber: Lechner, Norbert. *Heating, Cooling, Lighting*. Jakarta: Rajawali Pers, 2007



Gambar 24

tekanan positif yang lebih besar pada salah satu sisi jendela akan menangkis arus udara pada arah yang salah. Sebagian besar kamar tetap tidak mendapat ventilasi

Sumber: Lechner, Norbert. *Heating, Cooling, Lighting*. Jakarta: Rajawali Pers, 2007



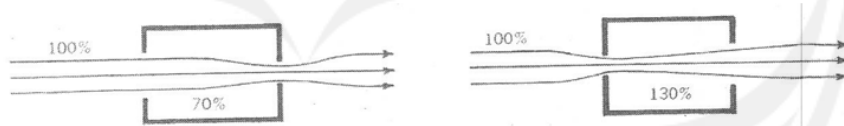
Gambar 25

sirip dinding dapat digunakan untuk mengarahkan arus udara melalui bagian tengah kamar.

Sumber: Lechner, Norbert. Heating, Cooling, Lighting. Jakarta: Rajawali Pers, 2007

2.3.4 Ukuran dan Lokasi *Inlet* dan *Outlet*

Secara umum ukuran saluran masuk (*inlet*) dan saluran keluar (*outlet*) harus sama karena jumlah ventilasi utamanya merupakan fungsi lubang yang lebih kecil. Namun, jika lubang yang satu memiliki ukuran yang lebih kecil, biasanya lubang tersebut merupakan inlet karena akan memaksimalkan kecepatan arus udara ruang dalam, di mana kecepatan tersebut mempunyai efek terbesar dalam hal kenyamanan. Dalam suatu ruangan, lubang inlet tidak hanya menentukan kecepatan, tetapi juga menentukan pola aliran udara. Sebaliknya, lokasi lubang outlet mempunyai efek yang kecil pada faktor kecepatan udara dan pola aliran angin.



Gambar 26

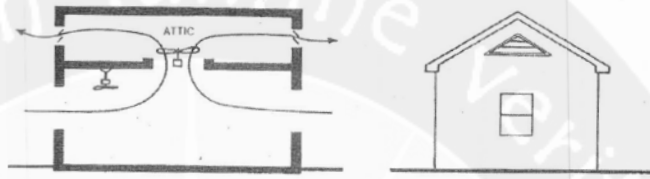
Inlet dan outlet harus memiliki ukuran yang sama. Jika tidak, inlet harus lebih kecil untuk memaksimalkan kecepatan.

Sumber: Lechner, Norbert. Heating, Cooling, Lighting. Jakarta: Rajawali Pers, 2007

2.3.5 Kipas Angin

Pada kebanyakan iklim, ketika dibutuhkan, faktor angin tidak selalu tersedia dengan jumlah yang cukup, dan biasanya angin akan sangat kurang jumlahnya pada malam hari dibanding pada siang hari. Dengan demikian, kipas angin selalu dibutuhkan untuk memperbanyak angin. Ada tiga tujuan dari penggunaan kipas angin:

- a. Untuk membuang udara panas, lembab dan berpolusi.
- b. Untuk membawa udara dari ruang luar dengan tujuan mendinginkan tubuh penghuni maupun mendinginkan bangunan.
- c. Memberi sirkulasi udara ruang dalam pada saat udara ruang dalam bersuhu lebih dingin dari pada ruang luar.



Gambar 27

kipas angin digunakan untuk membawa masuk udara luar. Digunakan ketika suhu dan kelembapan ruang dalam lebih rendah dibandingkan ruang luar.

Sumber: Lechner, Norbert. Heating, Cooling, Lighting. Jakarta: Rajawali Pers, 2007

2.4 Kenyamanan Thermal⁹

Faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan thermal bagi manusia meliputi faktor-faktor alam (suhu udara, kelembaban udara dan pergerakan udara), daerah nyaman, serta faktor pilihan manusia (sinar matahari, pergerakan udara, dan aktivitas). Faktor alam biasanya telah tersedia sebagai bagian dari lingkungan hidup seseorang dan sangat mempengaruhi kenyamanan thermal bagi dirinya. Selain itu, faktor alam biasanya juga sudah dikondisikan oleh desain bangunan.

2.4.1 Suhu Udara

Dalam kategori ini, terdapat dua macam suhu udara:

⁹ Frick, Heinz/Antonius Ardianto/AMS Darmawan. Ilmu Fisika Bangunan. Yogyakarta: Kanisius, 2008.

a. Suhu Udara Biasa (*air temperature*).

Suhu udara diukur dengan thermometer merkuri biasa yang terletak dalam bayangan dan 120 cm di atas permukaan tanah.

b. Suhu Radiasi Rata-rata (*mean radiant temperature*).

MRT adalah radiasi rata-rata dari permukaan-permukaan bidang yang mengelilingi seseorang. MRT sangat penting artinya karena dapat menimbulkan rasa panas bagi seseorang hingga 66%.

Kenyamanan thermal sulit tercapai bila suhu udara dan MRT berbeda hingga 5°C atau lebih.

2.4.2 Kelembapan Udara

Kelembapan udara adalah kandungan uap air dalam udara. Presentase yang menunjukkan besaran kelembapan udara di dapat dari perbandingan antara keadaan kenyataan uap air dan jumlah maksimum uap air yang dapat dikandung oleh udara pada kondisi ruang dan suhu yang sama. Biasanya kelembapan udara menjadi penting saat suhu udara mendekati atau melampaui ambang batas atas daerah kenyamanan thermal dan kelembapan udara mencapai lebih dari 70% atau kurang dari 30%.

Kelembapan udara yang tinggi mengakibatkan sulit terjadinya penguapan di permukaan kulit sehingga mekanisme pelepasan panas bisa terganggu. Dalam keadaan seperti ini pergerakan udara akan sangat membantu dalam proses penguapan.

Kelembapan udara yang rendah akan mempengaruhi kesehatan pengguna ruangan. Untuk mengatasinya, maka dibutuhkan tambahan uap air ke udara.

2.4.3 Pergerakan Udara

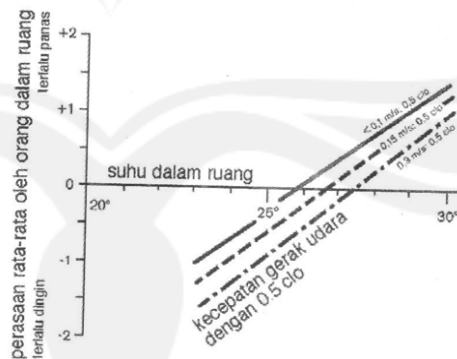
Pergerakan udara adalah aspek yang penting untuk kenyamanan thermal, terlebih di daerah panas, seperti halnya di daerah tropis. Di

daerah dingin, pergerakan udara tidak terlalu berpengaruh karena biasanya jendela-jendela di sebuah bangunan ditutup untuk mencegah angin dingin masuk.

Pergerakan udara atau angin yang menyapu permukaan kulit mempercepat pelepasan panas secara konveksi. Pada suhu udara 25°C, kecepatan angin 0.5m/detik membuat tubuh terasa 2°C lebih dingin.

Pergerakan udara sangat berpengaruh pada penguapan di permukaan kulit dan mekanisme pelepasan panas. Apabila kedua hal tersebut terganggu, maka adanya pergerakan udara akan sangat membantu proses penguapan.

Pengaruh pergerakan udara atas kenyamanan dalam ruang berhubungan dengan pakaian yang dipakai.



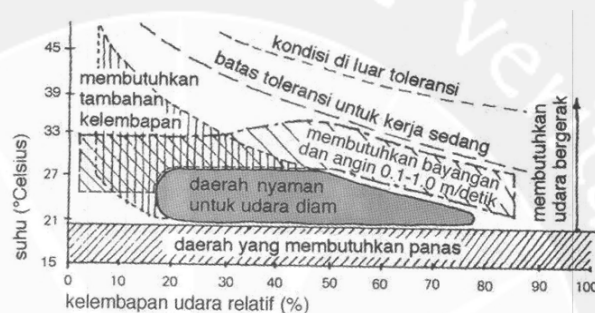
Gambar 28

Pengaruh pergerakan udara atas kenyamanan dalam ruang
berhubungan dengan pakaian yang dipakai

Sumber: Frick, Heinz/Ardiyanto, Antonius/Darmawan AMS. Ilmu
Fisika Bangunan. Semarang: Kanisius, 2008.

2.4.4 Daerah Nyaman (*Comfort Zone*)

Daerah nyaman/*comfort zone* adalah jarak lingkup faktor-faktor alami yang menghasilkan kenyamanan thermal bagi manusia. Batasan daerah nyaman akan berbeda penialaiannya pada masing-masing individu. Maka dari itu, dalam mengevaluasi kenyamanan thermal dengan kondisi faktor alami tertentu diperlukan jumlah mayoritas pendapat responden yang merasa nyaman.



Gambar 29
Comfort Zone

Sumber: Frick, Heinz/Ardiyanto, Antonius/Darmawan AMS. *Ilmu Fisika Bangunan*. Semarang: Kanisius, 2008.

2.4.5 Sinar Matahari

Di beberapa kondisi, sinar matahari dapat membuat manusia nyaman. Namun, apabila sinar matahari yang menyengat mengenai kulit manusia akan menimbulkan hal yang tidak nyaman. Supaya dapat hidup dengan baik dan nyaman, suhu tubuh manusia harus dipertahankan pada suhu sekitar 37°C.

2.4.6 Aktivitas

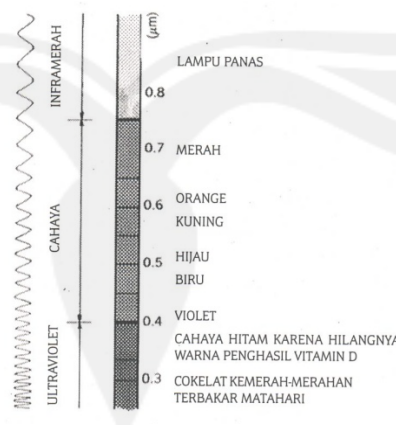
Jenis aktivitas manusia akan berpengaruh pada energi/panas yang dikeluarkan dalam tubuh manusia. Semakin tinggi aktivitas seseorang, semakin besar pula kecepatan metabolisme dalam tubuh sehingga makin besar energi/panas yang dihasilkan. Bila faktor alam

tidak dapat menyerap panas yang terjadi maka ia akan merasa tidak nyaman.

2.5 Pencahayaan Alami

Cahaya diartikan sebagai bagian dari spektrum elektromagnetik yang sensitif bagi pengelihatan mata kita. Tidak semua hewan dibatasi pada spektrum yang terlihat. Ular berbisa dapat melihat radiasi inframerah yang dikeluarkan oleh hewan berdarah panas. Banyak serangga dapat melihat radiasi ultraviolet. Kita dapat memperoleh petunjuk bagaimana dunia terlihat saat kita melihat suatu benda tertentu yang dapat merefleksikan cahaya yang datang. Semua benda di dunia ini dapat merefleksikan cahaya, namun besarnya berbeda-beda. Beberapa material tertentu bersinar ketika terekspos melalui radiasi panjang gelombang tertentu.

Kita melihat radiasi sinar matahari mencapai bumi sebagai fungsi panjang gelombang. Bukan kebetulan jika mata kita berkembang untuk dapat menggunakan dari radiasi sinar matahari yang tersedia.



Gambar 30

Cahaya adalah radiasi di mana mata kita merasa sensitif secara visual terhadapnya.

Sumber : Heating, Cooling, Lighting Edisi 2

2.5.1 Sinar Matahari

Matahari merupakan sumber cahaya alami utama bagi bumi. Pada daerah khatulistiwa yang beriklim tropis lembab seperti di Indonesia, matahari disukai karena memberikan energi (panas dan cahaya) yang berlimpah, namun di sisi lain juga tidak disukai karena menyebabkan ketidaknyamanan. Maka dari itu, dalam arsitektur seharusnya masyarakat dapat mengubah potensi negatif dari sinar matahari menjadi potensi positif, atau setidaknya mengurangi dampak negative dari sinar matahari dan memaksimalkan pemanfaatan potensi positifnya.

Matahari juga merupakan sumber energy yang sangat besar dan gratis. Adapun beberapa kelebihan cahaya dan sinar matahari antara lain adalah sebagai berikut :

- a. Bersifat alami (natural). Cahaya alami matahari memiliki nilai-nilai (baik fisik maupun spiritual) yang tidak dapat digantikan oleh cahaya buatan.
- b. Tersedia berlimpah
- c. Tersedia secara gratis
- d. Terbaru (tidak ada habis-habisnya)
- e. Memiliki spektrum cahaya lengkap
- f. Memiliki daya panas dan kimiawi yang diperlukan bagi makhluk hidup di bumi
- g. Dinamis. Arah sinar matahari selalu berubah oleh rotasi bumi maupun peredarannya mengelilingi matahari. Intensitas cahaya yang berubah-ubah oleh adanya halangan awan yang melintas akan memberikan efek gelap-terang yang menambah kesan dinamis.

Sedangkan beberapa kelemahan cahaya matahari untuk dipergunakan mencahayai ruangan adalah sebagai berikut :

- a. Pada bangunan berlantai banyak dan gemuk (berdenah rumit) sulit untuk memanfaatkan cahaya alami matahari (walau ada teknologi serat kaca yang dapat menyalurkan cahaya jauh kedalam ruangan)
- b. Intensitas tidak mudah diatur, dapat sangat menyilaukan atau sangat redup
- c. Pada malam hari tidak tersedia
- d. Sering membawa serta panas masuk ke dalam ruangan
- e. Dapat memudarkan warna

Karena sinar matahari langsung matahari membawa serta panas, maka cahaya yang dimanfaatkan untuk pencahayaan ruangan adalah cahaya bola langit. Sinar langsung matahari hanya diperkenankan masuk ke dalam ruangan untuk keperluan tertentu atau bila hendak dicapai efek tertentu. Oleh karena itu, bagi arsitek perlu diingat hal penting berikut ini :

- a. Pembayangan, untuk menjaga agar sinar matahari langsung matahari tidak masuk ke dalam ruangan melalui bukaan. Teknik pembaynan antara lain dengan memakai tritisan dan tirai.
- b. Pengaturan letak dan dimensi bukaan untuk mengatur agar cahaya bola langit dapat dimanfaatkan dengan baik.
- c. Pemilihan warna dan tekstur permukaan dalam ruangan dan luar untuk memperoleh pemantulan yang baik (agar pemerataan cahaya efisien) tanpa menyilaukan mata.

2.5.2 Cahaya dan Istilah-istilahnya¹⁰

¹⁰ Satwiko, Prasasto. 2005. Fisika Bangunan 1 Edisi 2. Penerbit Andi. Yogyakarta. Halaman 87

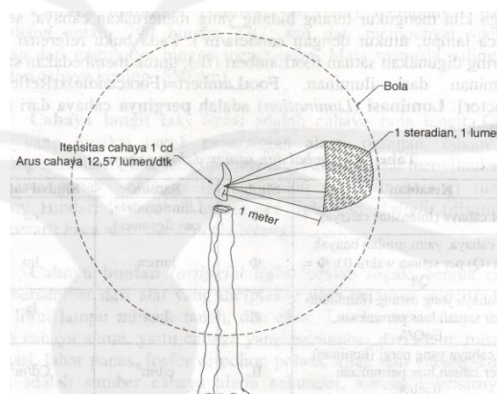
Dalam membicarakan cahaya, kita akan banyak menemukan istilah-istilah sebagai berikut :

Arus Cahaya (*Luminous flux, flow*; diukur dengan lumen)

Adalah banyak cahaya yang dipancarkan kesegala arah oleh sebuah sumber cahaya per satuan waktu (biasanya per detik). Dapat dikatakan bahwa jumlah cahaya yang dikeluarkan oleh matahari ke segala arah diindikasikan dalam nilai lumen.

Intensitas sumber cahaya (*Light intensity, luminous intensity*; diukur dengan candela)

Adalah kuat cahaya yang dikeluarkan oleh sebuah sumber cahaya ke arah tertentu. Sebuah sumber cahaya berintensitas 1 candela (1 lilin) mengeluarkan cahaya total kesegala arah sebanyak 12,57 lumen (12,57 adalah luas kulit bola berjari-jari 1 meter dengan sumber cahaya sebagai titik pusatnya). Dengan kata lain, 1 candela = 1 lumen per 1 sudut bola (steradian).



Gambar 31

Besaran Cahaya

Sumber : Fisika Bangunan 1 Edisi 2

Illuminan (*Illuminance*; diukur dengan lux, lumen/m²)

Adalah intensitas cahaya yang dipancarkan, dipantulkan atau diteruskan oleh suatu unit bidang yang diterangi. Kita mengukur terang yang dipantulkan oleh sebuah benda dengan candela/m^2 , demikian juga kita mengukur terang bidang yang meneruskan cahaya, seperti kaca lampu, diukur pula dengan candela/m^2 . Perginya cahaya dari suatu objek biasanya disebut dengan Luminasi (*Lumination*). Iluminasi (penerangan) yang diperlukan sangat bervariasi tergantung dari rumit tidaknya kerja visual. Semakin rumit kerja visual, semakin dibutuhkan iluminasi yang lebih besar.

Tabel 2: Kebutuhan Iluminasi

	Kerja visual	Iluminan (lux)	Indeks kesilauan
1	Penglihatan biasa	100	28
2	Kerja kasar dengan detail besar	200	25-28
3	Kerja umum dengan detail wajar	400	25
4	Kerja yang lumayan keras dengan detail kecil (studio gambar, menjahit)	600	19-22
5	Kerja keras, lama, detail kecil (perakitan barang halus, menjahit dengan tangan)	900	16-22
6	Kerja sangat keras, lama, detail sangat kecil (pemotongan batu mulia, tisik halus, mengukur benda-benda sangat kecil)	1.300-2.000	13-16
7	Kerja luar biasa keras dengan detail sangat kecil (arloji dan pembuatan instrumen)	2.000-3.000	10

Sumber : Fisika Bangunan 1 Edisi 2

Tabel 3 : Tingkat Iluminasi Berbagai Fungsi Ruangan¹¹

Ruang	Tingkat iluminasi (lux)	DF rata-rata (%)	Bidang kerja
Kantor Umum	300	5	Meja kerja
Ruang Kelas	300	5	Meja kerja
H a l l	50	3	Ruang sirkulasi
Perpustakaan	500	5	Meja Baca
Studio Gambar	500	5	Papan gambar
Gedung Olah Raga	400	5	Ruang sirkulasi

Sumber : McMullan, Randall

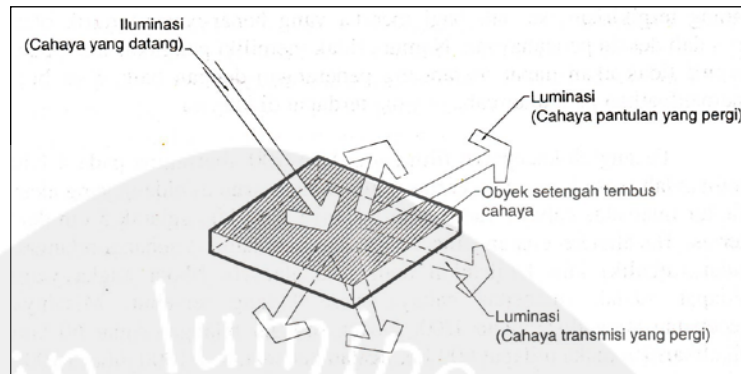
Brightness (Tingkat Terang/Luminan/Luminance)¹²

Kata *Brightness* (tingkat terang) dan *luminan* berhubungan erat. Tingkat terang sebuah benda menunjuk pada persepsi manusia yang mengamati benda tersebut, sementara luminan sebuah benda merujuk pada nilai pengukuran dari alat pengukur cahaya. Persepsi tingkat terang berfungsi sebagai nilai luminan benda sebenarnya, adaptasi mata, dan tingkat terang benda tersebut. Walaupun dua kata tersebut sering tertukar, dalam kondisi tertentu terdapat perbedaan yang signifikan antara apa yang kita lihat (*Brightness*) dan apa yang dibaca oleh alat pengukur (Luminan).

Luminan/*Luminance* adalah jumlah cahaya yang direfleksikan oleh permukaan benda dan sampai ke mata. Luminance sebuah benda adalah fungsi dari iluminasi (nilai geometri dari pengamat dalam hubungannya dengan sumber cahaya), dapat dilihat pada gambar 3 dan 4.

¹¹ McMullan, Randall. 1992. Op.cit h.156

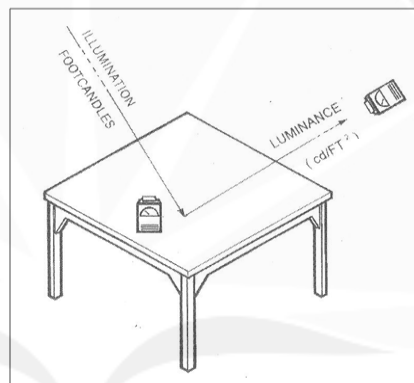
¹² Lechner, Norbert. 2007. Heating, Cooling, Lighting Edisi2. PT Rajagrafindo Persada. Jakarta. H.373



Gambar 32

Iluminasi dan Luminasi

Sumber : Fisika Bangunan 1 Edisi 2



Gambar 33

Hubungan antara Luminasi dan Iluminasi

Sumber : Heating, Cooling, Lighting Edisi 2

Intensitas cahaya yang dipancarkan suatu objek (luminan) dapat diukur dengan light meter (sering disebut dengan lux meter). Namun bila alat tersebut tidak ada, dapat dikira-kira seperti tabel 4.

Tabel 4: Simbol dan Satuan dalam Cahaya

Obyek	Luminan (cd/m ²)
Sarung tangan hitam di malam mendung	0,0003
Dinding cerah di kantor yang diterangi dengan baik	100
Kertas buku ini di kantor	120
Lampu <i>electroluminescent</i> hijau	150
Aspal di siang hari berawan merata	1.300
Langit utara	3.500
Bulan, nyala lilin	4.000-5.000
Lampu neon (<i>fluorescent</i>)	7.000-8.000
Nyala api kerosen	8.500
Langit berkabut	15.000
Salju di bawah sinar matahari	25.000
Lampu pijar 100W	50.000
Matahari	23.10 ⁸

Sumber : Fisika Bangunan 1 Edisi 2

Konversi antara satuan System International (SI) dan Sistem Amerika¹³

Dalam pencahayaan, pertukaran System International (SI) dari Sistem Amerika tidaklah sulit. Kedua sistem menggunakan unit Lumen, dan unit candlepower sama dengan candela SI. Lux adalah unit SI untuk iluminasi dan hamper sebanding dengan sepersepuluh footcandle, atau 1 footcandle = mendekati 10 lux (Lihat Tabel 5).

Tabel 5: Perbandingan Unit Pencahayaan Pada American Standart dan System International (SI)

¹³ Lechner, Norbert. 2007. Heating, Cooling, Lighting Edisi2. PT Rajagrafindo Persada. Jakarta. H.374

Sifat	(AS)	(SI)	Faktor Konversi
Persediaan cahaya	Lumen (lm)	Lumen (lm)	1
Illuminance	Footcandle (fc)	Lux (lx)	1 fc $\approx$ 10 lx*
intensitas luminous (candlepower)	Candela (cd)	Candela (cd)	1
Luminance	cd/ft ²	cd/m ²	1 cd/ft ² = 0.09 cd/m ²

*Perkiraan 10 lux per footcandle lebih dari cukup untuk sebagian besar keperluan. (sebenarnya 1 fc=10.764 lux).

Sumber : Heating, Cooling, Lighting Edisi 2

Tabel berikut merupakan tabel simbol dan satuan dalam cahaya :

Tabel 6: Simbol dan Satuan dalam Cahaya

Kesatuan	Simbol	Satuan	Simbol satuan
Kuat cahaya (Intensitas cahaya)	I	Lilin (candela, candlepower)	cd
Arus cahaya, yaitu jumlah banyak cahaya (Q) per satuan waktu (t); $\Phi = Q/t$	Φ	lumen	lm
Arus cahaya yang datang (iluminan) per satuan luas permukaan $E=Q/A$	E	Lux	lx
Arus cahaya yang pergi (luminan) per satuan luas permukaan $IL=I/A$	IL	cd/m ²	Cd/m ²

Sumber : Fisika Bangunan 1 Edisi 2