Bab 14 Kenyamanan Termal

Dr. Yeffry Handoko Putra, S.T, M.T
E-mail: yeffry@unikom.ac.id

172

Kenyaman termal

- Kenyaman termal adalah suatu kondisi yang dinikmati oleh manusia. Faktor-faktor kenyamanan termal (4 faktor lingkungan dan 3 faktur manusia):
  - Suhu udara
  - Kecepatan angin
  - Kelembaban udara
  - Rata-rata suhu radian permukaan ruang
  - Aktivitas manusia
  - Usia
  - Pakaian

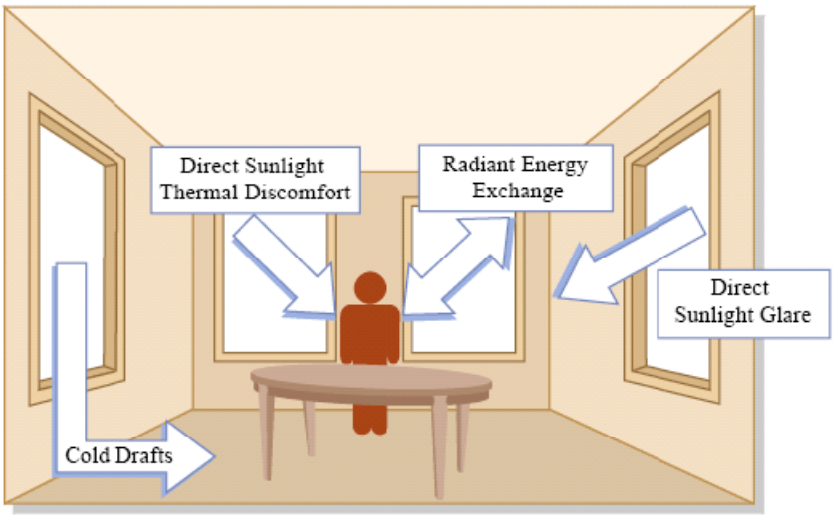
173

Mekanisme pengontrol kenyamanan termal

- Secara Internal (pada tubuh manusia):
  - Proses keringat (Sweating) dan Pengerutan pori (Dilation)
  - Pemancaran panas tubuh secara radiasi
- Secara Eksternal (kondisi lingkungan)
  - Ventilasi
  - Kenaikan dan penurunan temperatur udara
  - Sinar matahari
  - Adanya bahan-bahan penyerap dan penangkal panas pada pakaian, bahan bangunan, kaca

174

Kenyamanan termal manusia



Fungsi Jendela

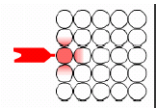
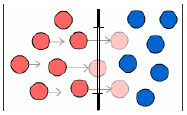
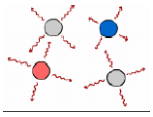
Fungsi	Tujuan	Resiko
Memandang	Kontak keluar	Kehilangan privasi
Ventilasi	Udara segar	Kehilangan panas/dingin
Pencahayaan	PASH	Silau
Perolehan Panas	Solar gain	Overheat

176

Cara Perpindahan Panas

- Konduksi :
  Perpindahan panas dengan cara penjalaran di dalam suatu bahan atau antara permukaan dua bahan yang saling bersentuhan. Misal antara kaki kita tanpa sepatu dan permukaan lantai.
  Dinding yang tebal memerlukan waktu lama untuk penjalaran panas, karena itu dinding tebal sering dipakai di bangunan tropis
- Konveksi
  Perpindahan panas karena adanya aliran udara.
  Misal saat angin mengenai permukaan kulit kita, maka kita akan merasa sejuk karena panas kulit kita terbawa angin
- Radiasi
  Perpindahan panas secara pancaran, misal panas dari alat elektronik, lampu, sinar matahari

177

		Mengatasinya
Konduksi		Pindahkan materialnya
Konveksi		Buat vakum
Radiasi		Gunakan permukaan opaque atau mudah memantulkan
Evapotranspirasi		Pilih material kering

178

Hubungan antara kelembaban dan temperatur

- Temperatur udara dinyatakan dengan :
  - Temperatur bola basah (Wet Bulb Temperatur)
  - Temperatur bola kering (Dry Bulb Temperatur)
- Temperatur bola basah adalah temperatur udara yang berisi uap air sedangkan temperatur udara kering adalah temperatur udara tanpa uap air.
- Kedua temperatur ini dipakai untuk menentukan kondisi saturasi (jenuh) dari uap air serta temperatur pengembunan udara.
- Termometer bola basah adalah termometer yang dilengkapi dengan bahan basah berupa sepon yang diberi air. Cara menggunakannya dengan memutar termometer tersebut

179

- Jika di udara kadar uap airnya sudah sama dengan kadar uap air jenuh maka tidak ada lagi uap air yang bisa menguap dan keringat tidak bisa terlepas dari kulit.
- Hubungan antara temperatur udara kering, temperatur udara basah dan kelembaban jenuh disusun dalam suatu diagram (karta) yang disebut dengan psikometrik
- Psikometrik ini digunakan untuk menentukan temperatur pengembunan yaitu temperatur pada saat kelembaban jenuh (saturasi) 100%

180

Sifat Termal Bahan

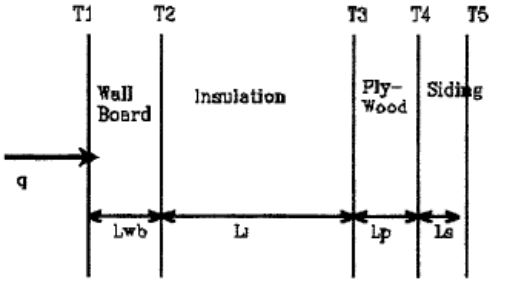
- Konduktivitas (Conductiviy, k)
  Sifat bahan dalam mengantarkan panas secara konduksi. Konduktivitas dinyatakan dengan satuan $W/m^2\ °C$
- Resistivitas (Resistivity, R)
  Sifat bahan sebagai isolator panas yang dinyatakan sebagai kebalikan dari konduktivitas (1/k)
- Transmitansi
  Adalah jumlah panas yang diteruskan oleh dinding dinyatakan dengan : U=1/Ra

181

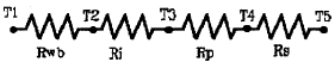
- Ra = Resistansi total dinding
  Ra = 1/fo + Rb + 1/fi
  f0 = konduktansi udara pada permukaan luar dinding
  Rb = Resistansi total dinding
  fi = konduktansi udara pada permukaan dalam dinding
- Panas yang menembus dinding secara konduksi: Q = A.U.ΔT dengan
  A = luas dinding
  U = Transmitansi
  ΔT= selisih suhu udara di dekat permukaan dinding luar dan dinding dalam

182

Konduktivitas pada dinding



Analogi rangkaian listrik



$$T_1 - T_5 = q\left(\frac{L}{kA_{wb}} + \frac{L}{kA_i} + \frac{L}{kA_p} + \frac{L}{kA_s}\right)$$

$$q = \frac{(T_1 - T_5)\,A}{\frac{L}{kA_{wb}} + \frac{L}{kA_i} + \frac{L}{kA_p} + \frac{L}{kA_s}}$$

183

Table 1
Thermal Conductivity of
Common Materials

	k(BTU/hr ft °F)	
Solids		
Copper	219	
Aluminum	119	
Steel	25	
Brick,common	0.2 - 0.1	
Concrete	0.5 - 0.8	
Glass	0.5	
Glass fiber insulation	.03	
Ice	1.3	
Plastic	0.1	
Wood	0.1 - 0.2	
Liquids		
Ammonia	0.3	
Refrigerant-12	0.04	
Light Oil	0.08	
Water	0.34	
Mercury	5	
Gases		
Air,dry	0.015	
Carbon Dioxide	0.009	
Helium	0.09	
Hydrogen	0.11	
Water Vapor (Steam)	0.015	(at 212°F)
Refrigerant-11	0.005	

1.73 k (W/m °C) = 1.0 (BTU/hr ft °F)

184

Konveksi pada dinding

$$q = hA\left(T_{surface} - T_{fluid}\right)$$

Table 2
Convection Heat Transfer Coefficients
BTU/hr ft^2 °F

Gases Natural Convection	0.5 - 5
Gases Forced Convection	2 - 50
Liquids Forced Convection	30 - 1000
Liquid Metals	1,000 - 50,000
Boiling Liquids	200 - 50,000
Condensation	500 - 5,000

Rohsenow W.M. and Choi H., Heat, Mass, and Momentum Transfer
Prentice-Hall, 1961.

1 BTU/hr ft^2 °F = 5.68 W/m^2 °C

185

Radiasi pada dinding

$$q_r = A_1 \sigma \left(T_1^4 - T_2^4 \right)$$

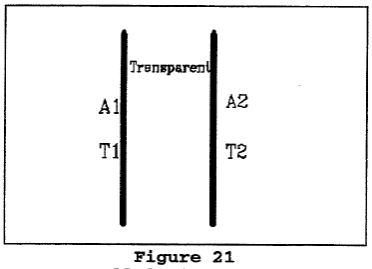
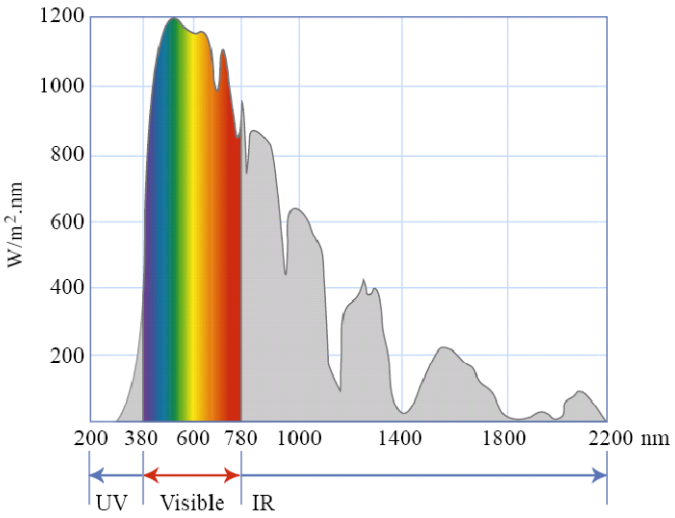


Figure 21
Parallel Black Plates

186

Radiasi matahari



187

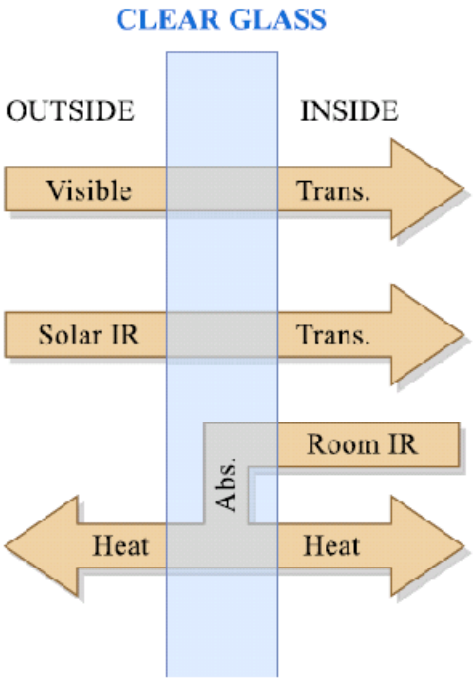
Efek rumah kaca

- Sinar matahari yang masuk melalui kaca selain membawa cahaya juga membawa gelombang pendek. Gelombang pendek ini dapat menembus kaca. Kemudian diserap oleh permukaan di dalam ruangan.
- Permukaan ruangan melepaskan panas ke ruangan dengan cara meradiasikan gelombang panjang yang tidak dapat melewati kaca. Sehingga kaca menjadi penahan panas dan ruangan semakin panas.
- Efek pemanasan rumah kaca ini sering dipakai pada atmosfer dengan kacanya berupa lapisan CO_2 yang terbawa dan berkumpul di atmosfer

188

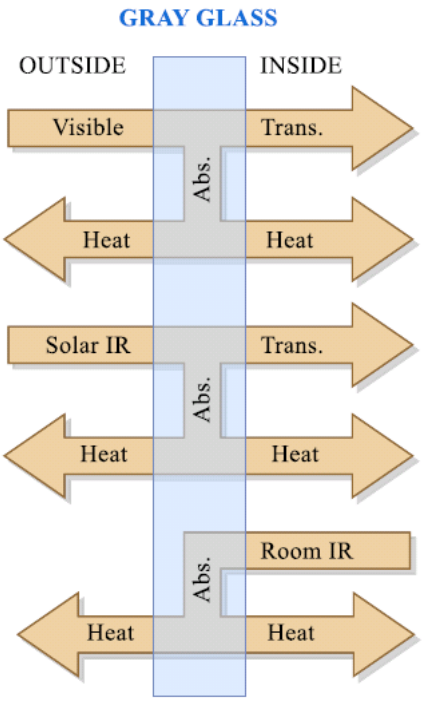
- Panas yang menembus kaca
  $Q = A. I. \theta. W$
  A = luas jendela, m2
  I = Intensitas radiasi matahari, W/m^2
  θ = solar gain factor dari kaca
- Absorbsi
  Kemampuan benda untuk menyerap panas yang dipancarkan secara radiasi. Baik dari matahari maupun dari benda-benda lain yang memancarkan panas secara radiasi (misal atap seng). Absorbsi dinyatakan dengan koefisien absorbsi α yang nilainya antara 0 dan 1. Sedangkan kemampuan memancarkan radiasi dinyatakan dengan koefisien emisivitas ε

189



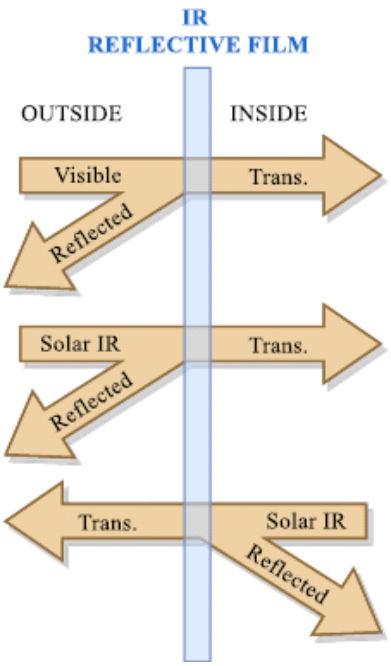
- Iluminasi yang baik
- Meneruskan warna dengan baik (color rendering)
- Solar gain yang tinggi (High Solar gain)

190



- Di beri warna abu-abu, perak, hijau
- buruk untuk pencahayaan siang hari (daylight)
- color rendering
- tidak adaptif
- solar gain yang rendah di saat dingin
- overheat di saat panas

191



- Di beri lapisan
  - pemantul infra merah
  - tembus cahaya
  - emisivitas rendah
- pengontrolan solar gain yang baik
- adaptif
- pemilihan warna yang diteruskan (color rendering)



192

Panas yang dihasilkan tubuh manusia dan pengaruh pakaian

- Manusia menghasilkan panas akibat adanya proses metabolisme dan aktivitas manusia. Metabolisme akibat aktivitas manusia dinyatakan dengan satuan met
- Berikut ini contoh panas dari metabolisme

Aktivitas	Met	watt/m^2
Berbaring	0,8	46
Duduk tenang	1,0	58
Berdiri	1,2	70
Berjalan (2km/jam)	1,9	110
Mencuci piring	2,5	145

193

- Pakaian dan Clothing value

Deskripsi		Clo	Resistan, m2°C/W
Pakaian dalam, celana	Celana dalam Pendek	0,03	0,005
	Celana dalam berkaki	0,1	0,016
Pakain dalam, baju	Bra	0,01	0,002
	Oblong	0,09	0,014
Baju	Tube top	0,06	0,009
	Lengan pendek	0,09	0,029
	Baju ringan, lengan panjang	0,20	0,031
	Lengan panjang, blus kerah tinggi	0,34	0,053
Celana	Celana Pendek	0,06	0,09
	Celana Panjang ringan	0,20	0,031
	Celana Panjang flanel	0,28	0,043
Sweater	Tanpa lengan	0,12	0,019
	Sweater tebal	0,35	0,054

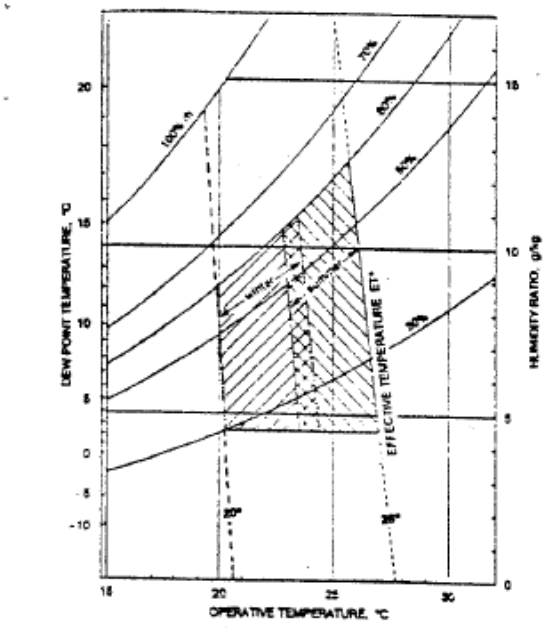


Fig. 3 Standard Effective Temperature and ASHRAE Comfort Zones

Standar Temperatur efektif
Kelembaban relatif : 30% - 60%
WBT: 20° - 30°
DBT : 20 ° - 28 °

195

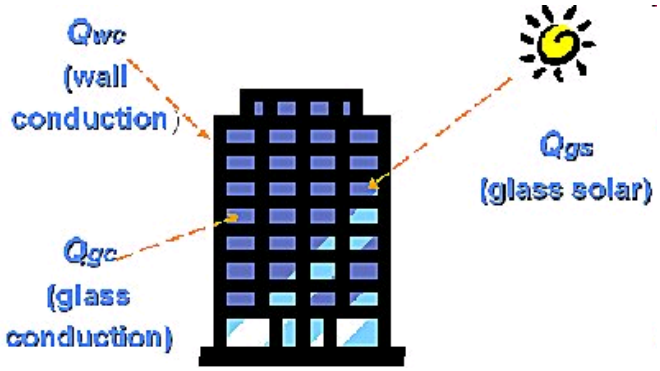
Menghitung OTTV (Overall Thermal Transfer Value)

- OTTV adalah angka yang menunjukkan perolehan panas akibat radiasi matahari yang melewati per meter persegi luas selubung bangunan.
- OTTV digunakan sebagai pedoman perancangan desain bangunan hemat energi. Semakin kecil OTTV, berarti semakin kecil panas matahari yang masuk ke dalam bangunan
- Berdasarkan Standar Tata Cara Perancangan Konversi Energi yang dikeluarkan Departemen Pekerjaan umum, OTTV tidak boleh lebih dari 45 W/m^2

196

Komponen OTTV

- Konduksi panas melalui dinding opaque (Qwc)
- Konduksi panas melalui jendela kaca (Qgc)
- Radiasi matahari melalui jendela kaca (Qgs)



197

OTTV = Qwc + Qgc + Qgs
= $\alpha\{U_w(1\text{-}WWR)\}\Delta Teq + (WWR)(U_f)\,\Delta Teq + (SC)(WWR)(SF)$

α = absorpsi dinding terhadap radiasi matahari
U_w = Transmitansi panas dinding
U_f = Transmitansi panas untuk jendela
WWR = window to wall ratio atau perbandingan luas jendela dan luas seluruh permukaan pada dinding yang sama
ΔTeq = perbedaan suhu ekuivalen antara sisi luar dan dalam
SF = Solar Factor
SC = Shading Coefficient atau koefisien peneduh

198

Ventilasi

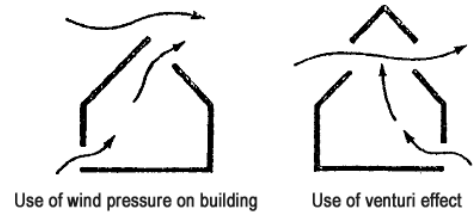
- Ventilasi merupakan bukaan yang menyediakan terjadinya aliran udara dan pertukaran udara.

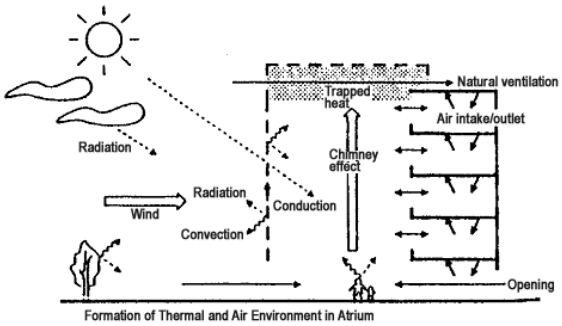


- Ventilasi merupakan salah satu pengendali faktor kenyamanan termal dan kenyaman udara. Kenyamanan udara berupa udara yang bersih, sehat dan tidak berbau
- Berdasarkan terbentuknya ventilasi dapat dibedakan menjadi :
  - Ventilasi alami yang tidak menggunakan alat
  - Ventilasi buatan yang menggunakan alat bantu seperti kipas, AC,

199

Prinsip ventilasi





200

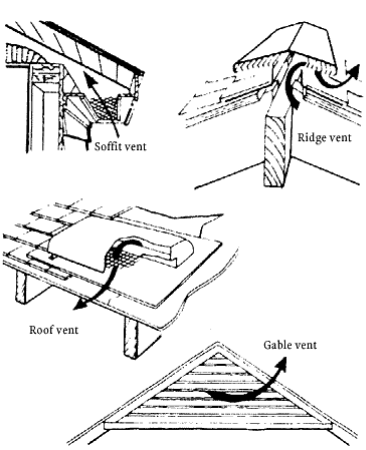
Perancangan Ventilasi Alami

Dalam merancang ventilasi alami diperlukan syarat:

- Tersedianya udara luar yang sehat dan bersih (bebas dari bau, asap, debu dan polutan pengganggu)
- Suhu udara luar tidak terlalu tinggi (maksimal 28°C)
- Tidak ada bangunan sekitar yang akan menghalangi angin
- Lingkungan tidak bising

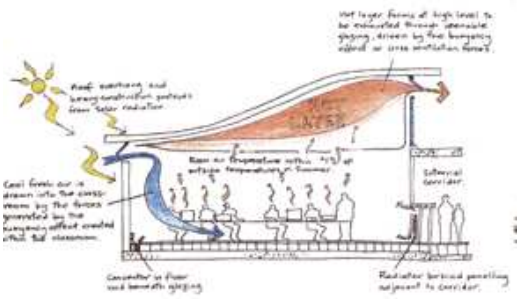
201

Perancangan ventilasi pada puncak rumah



202





203

Kelemahan Ventilasi Alami

- Suhu udara di dalam ruangan tidak mudah diatur
- Kecepatan angin tidak mudah diatur
- Kelembaban udara tidak mudah diatur
- Kualitas udara apa adanya sesuai dengan udara yang masuk
- Mengeluarkan udara yang kotor tidak dapat sesegera mungkin
- Gangguan serangga dan kebisingan suara sulit dicegah

204

Aspek Perancangan

Beberapa ide perancangan yang berkaitan dengan kondisi termal dan ventilasi

- Pilihlah lahan rumah yang berada di daerah sejuk dan sehat. Gunakan pepohonan sebagai penahan alami sinar matahari atau gunakan overhang
- Sumbu bangunan sejajar dengan sumbu barat-timur
- Usahakan ventilasi dapat berlangsung 24 jam meskipun pada malam hari diperlukan kassa nyamuk.
- Hindari pembuatan ruangan dengan partisi berlebihan karena akan menghalangi aliran udara
- Kelompokkan ruangan yang berpotensi menambah beban panas dan kelembaban seperti dapur dan kamar mandi. Pasanglah cerobong di atas dapur
- Jangan menemapatkan ruangan tidur yang menghadap matahari terbenam
- Aturlah bukaan agar terjadi aliran udara

205