

**BAB- 11**

**TERMODINAMIKA**

# Apa yang dapat Anda terangkan dari fenomena ini?

---



# Mengapa?

---

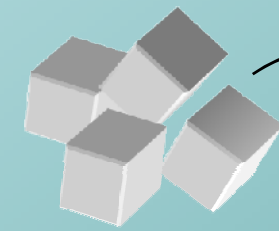
**Gelas menjadi panas setelah dituangi air panas**



# Mengapa?

---

- Bongkahan es mengecil lalu bertahan pada ukurannya

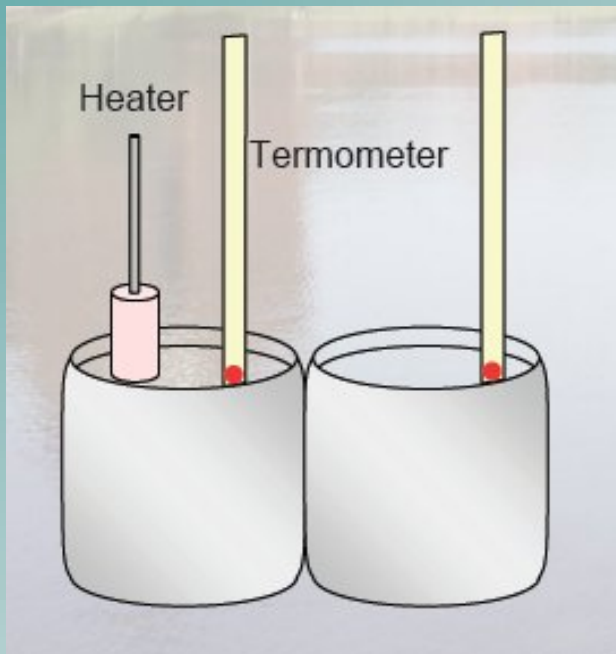


**Es Batu**

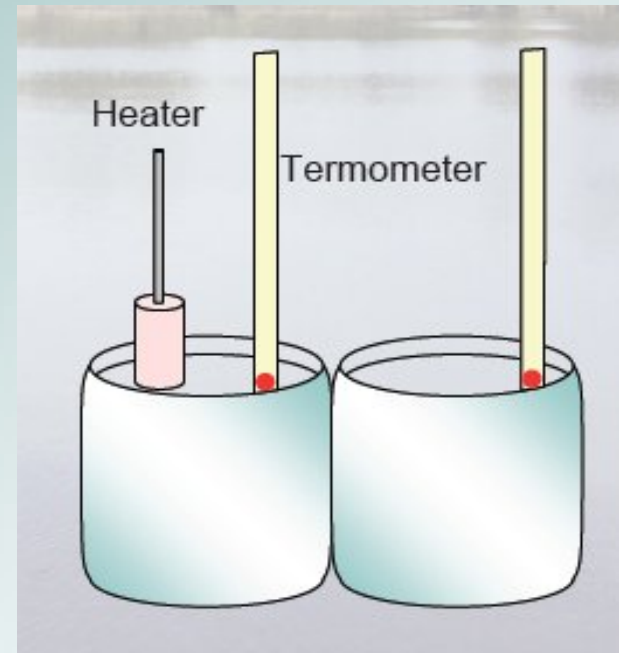


# Apa yang dapat Anda terangkan dari fenomena ini?

- Gambar 2 cangkir logam berisi air. Cangkir saling kontak. Lalu salah satu air dalam cangkir dipanaskan



- Gambar 2 cangkir styrofoam berisi air. Cangkir saling kontak. Lalu salah satu air dalam cangkir dipanaskan



# Bagaimana?

---

- Gambar anak sakit panas



- Bagaimana mengetahui temperatur tubuh dengan cepat?

# Pertanyaan

---

- Panas
- Dingin
- Adakah hubungannya dengan Temperatur/Suhu?
- Bagaimana cara mengkonversinya?
- Apa saja yang dapat menyebabkan suatu benda menjadi panas atau dingin?
- Mengapa benda semakin besar bila panas?

Gambar-gambar di atas menunjukkan fenomena termodinamika.

# Pengertian

---

- Termodinamika berasal dari bahasa Yunani berasal dari dua kata yaitu :  
*thermos* ( panas) dan *dynamic* (perubahan)
- Jadi termodinamika adalah ilmu mengenai fenomena – fenomena tentang energi yang berubah-ubah karena pengaliran panas dan usaha yang dilakukan.



# Latar belakang ditemukannya alat-alat termodinamika

---

- **Galileo** (1592) adalah ilmuwan yang pertama kali menemukan thermometer sebagai alat pengukur temperatur, tetapi thermometer yang ia temukan thermometer yang tidak punya skala tetap
- **Gabriel Fahrenheit** (1700) :Dia adalah Belanda yang menemukan temperatur yang mempunyai akurasi bagus dan thermometer ini terbuat dari Merkuri. Penentuan nilai terendahnya menggunakan campuran air es dan garam (amoniak klorida)

## *Lanjutan...*

- **Andreas celcius** (1742). Ilmuan ini mengusulkan bahwa nilai yang ada pada es ataupun air mendidih bisa digunakan sebagai nilai titik lebur dan titik didih. Sehingga tahun 1948, disepakati bahwa  $0^{\circ}$  sebagai titik lebur dan  $100^{\circ}$  sebagai titik didih yang kemudian di kenal dengan skala celcius
- **Lord Wiliam Thompson Kelvin** (1800) Ilmuan ini mengembangkan teori termodinamika dan menciptakan konsep absolut zero

# Alat-alat yang berhubungan dengan Termodinamika

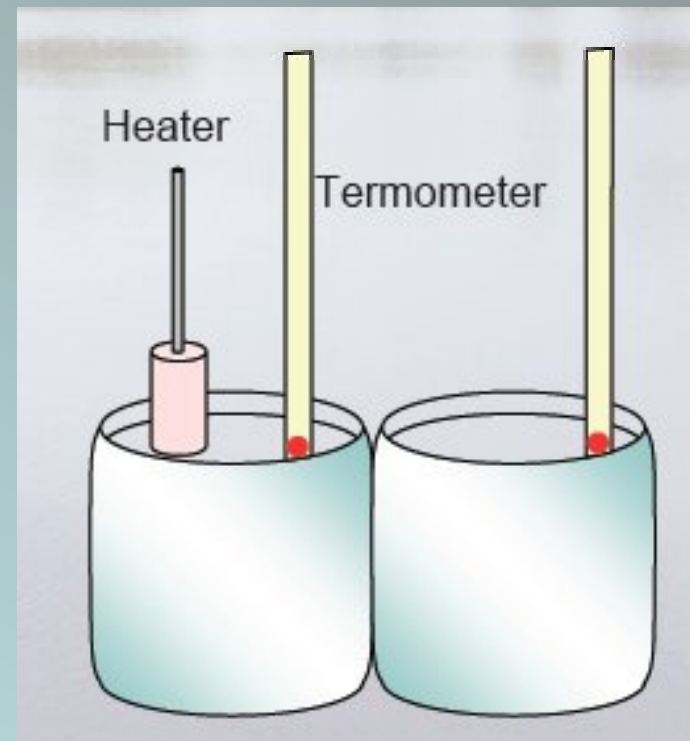
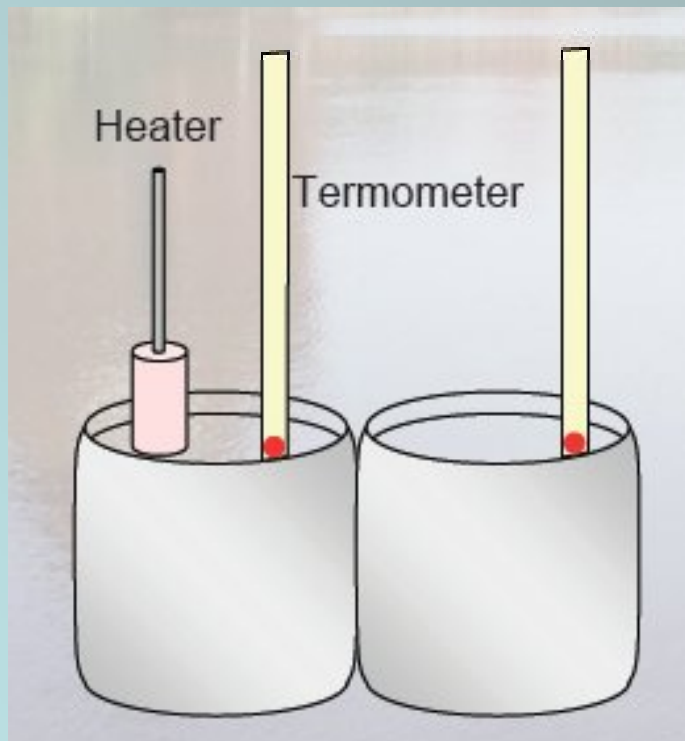
---

- Termometer
- Adalah alat ukur berskala yang dapat di gunakan untuk menunjukkan suhu
- Cara menggunakan termometer adalah dengan memasang termometer tersebut kontak dengan benda lain sampai benda dan termometer tersebut terjadi kesetimbangan termal.

# Keseimbangan Termal

---

- Keseimbangan termal terjadi jika 2 benda yang berada dalam kontak termal mempunyai temperatur yang sama
- Dua benda disebut dalam kontak termal jika perlakuan panas pada salah satu benda menghasilkan perubahan makroskopis pada benda lainnya



# Type-Type Termometer

Type-type termometer antara lain:

- Liquid-in-glass
- Constant-volume gas thermometer
- Resistance
- Thermocouple
- Thermistor
- Optical Pyrometer

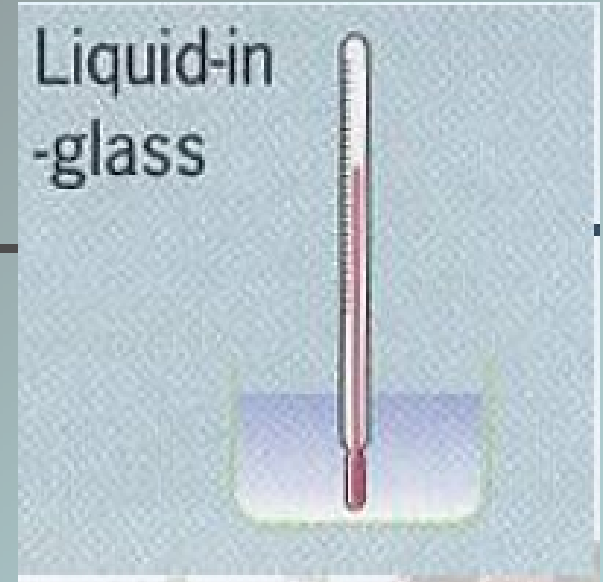
Tampilan Termometer:

- Analog
- Digital



# Liquid-in-glass

---



## Sifat termometrik:

- Perubahan volume (yaitu perubahan panjang dari merkuri atau *etanol*)

## Keuntungan:

- Mudah digunakan, murah, dan mudah dibawa

## Kerugian:

- Mudah pecah, daerah pengukuran terbatas, tidak dapat digunakan untuk mengukur obyek kecil

## Daerah Pengukuran:

- Merkuri : 234-723 K. Etanol : 173 – 323 K

# Constant-Volume gas Thermometer

## Sifat termometrik:

- Tekanan pada gas dengan volume konstan

## Keuntungan:

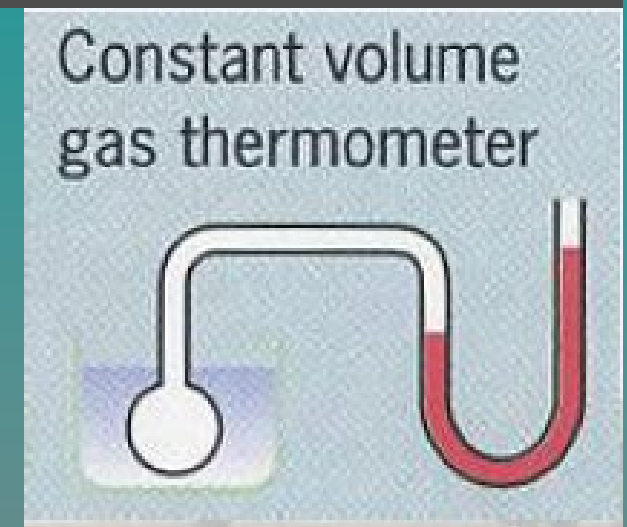
- Skala absolut, akurat, daerah pengukuran lebar

## Kerugian:

- Bentuk besar, respon lambat, sulit untuk mengukur obyek kecil

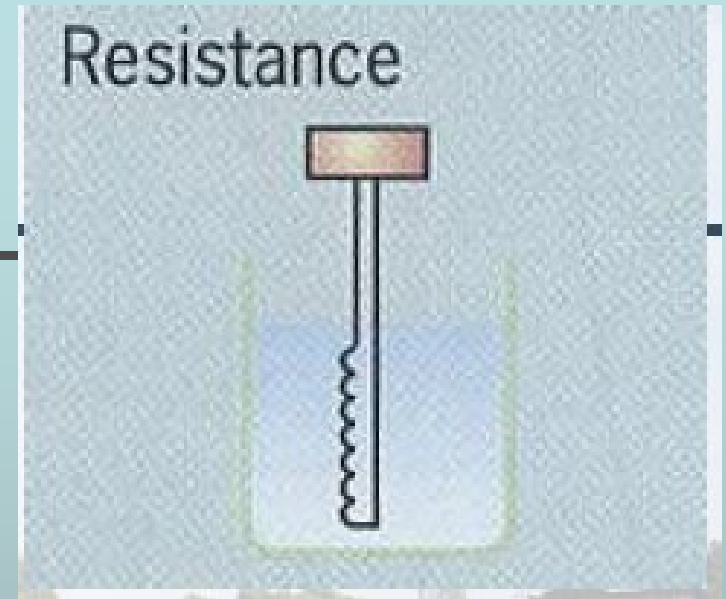
## Daerah Pengukuran Temperatur:

- 3-300 K



# Resistansi

---



## Sifat termometrik:

- Perubahan resistansi dari bahan konduktor (Pt, Ni, dll)

## Keuntungan:

- Akurat, daerah pengukuran lebar, dapat didesain berbagai macam model

## Kerugian:

- Harga mahal

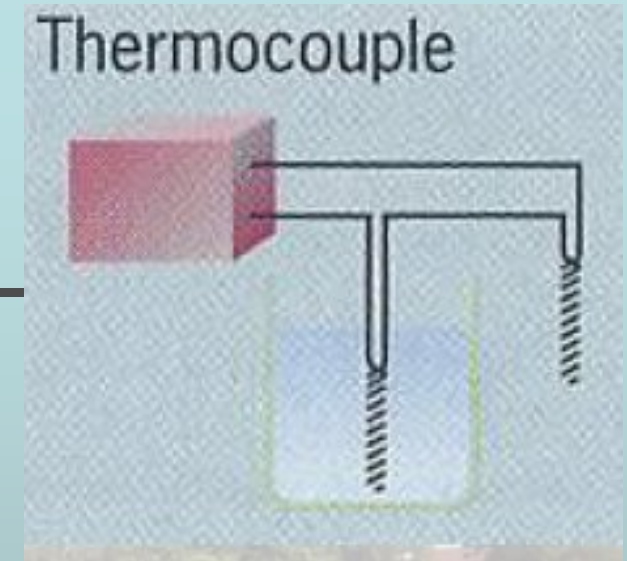
## Daerah Pengukuran Temperatur:

- 15-900 K



# Thermocouple

---



## Sifat termometrik:

- GGL yang timbul karena 2 metal berbeda dikontakkan

## Keuntungan:

- Sensitif, respon cepat, daerah pengukuran lebar

## Kerugian:

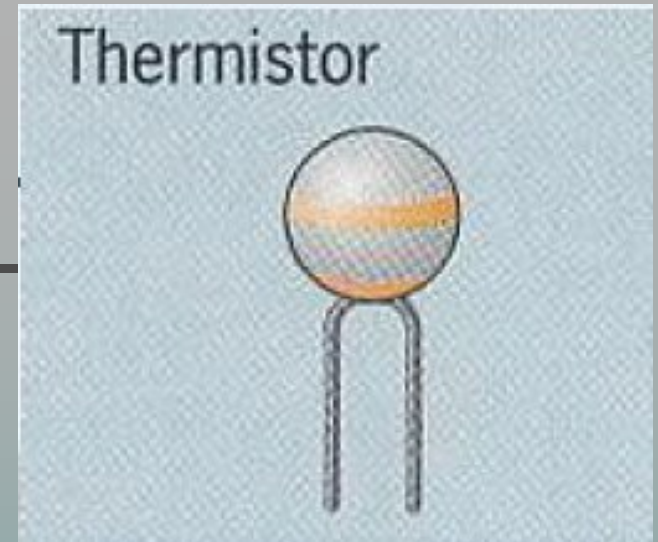
- Tegangan kecil sehingga membutuhkan penguatan

## Daerah Pengukuran Temperatur:

- 25-1400 K

# Thermistor

---



## Sifat termometrik:

- Perubahan resistansi dari bahan semikonduktor (Si)

## Keuntungan:

- Mudah diaplikasikan dengan komputer

## Kerugian:

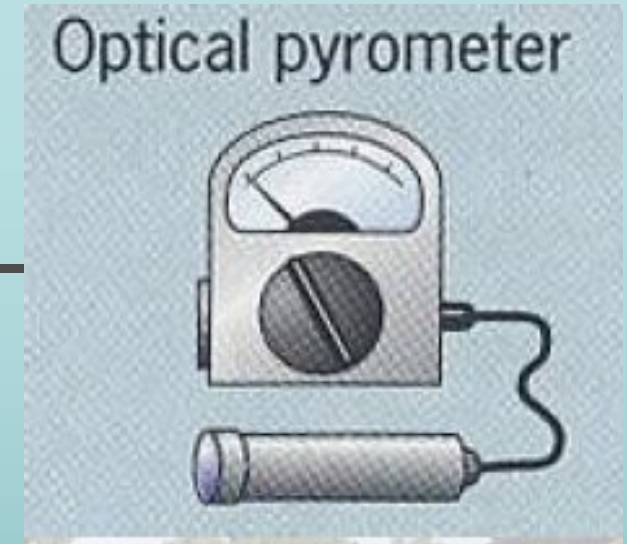
- Kurang akurat

## Daerah Pengukuran Temperatur:

- 200-700 K

# Optical Pyrometer

---



## **Sifat termometrik:**

- **Perubahan sifat material karena kena radiasi panas**

## **Keuntungan:**

- **Tidak bersentuhan dengan obyek, mudah digunakan**

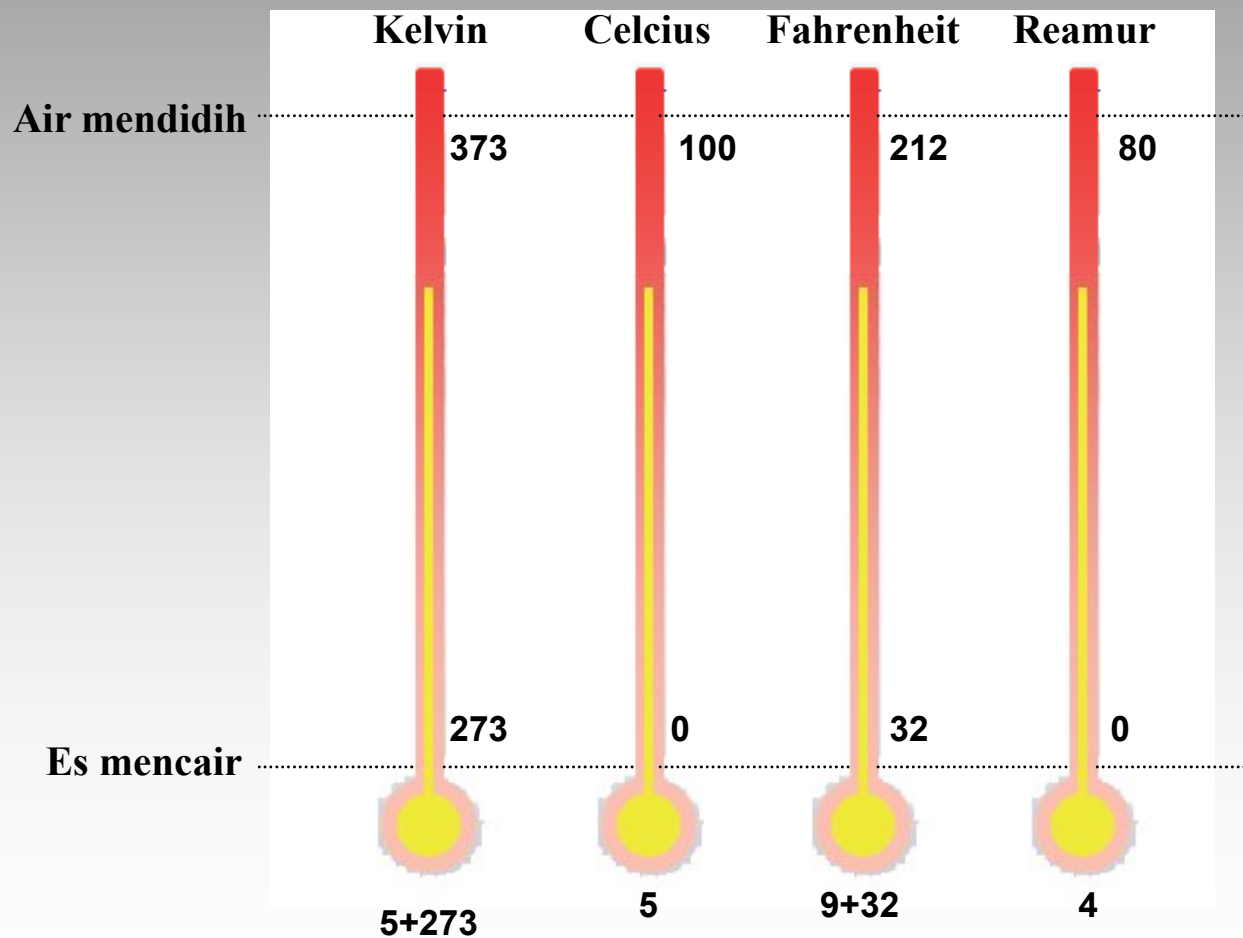
## **Kerugian:**

- **Memerlukan kalibrasi, kurang akurat, mahal**

## **Daerah Pengukuran :**

- **Di atas 1250 K**

# Skala Termometer



# Untuk menentukan sistem skala suhu diperlukan dua titik acuan

---

1. Titik tetap bawah dengan menggunakan es yang melebur yaitu suhu dimana es dan air berada dalam kesetimbangan pada tekanan 1 atm (tekanan udara normal 76 cmHg)
2. Titik tetap atas, menggunakan suhu air yang mendidih yaitu suhu di mana air dan uap berada dalam kesetimbangan pada tekanan 1 atm (tekanan normal udara 76 cmHg)

# Hubungan antara skala suhu dalam derajat celsius, Reamur dan Fahrenheit

---

- $0^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{R} - 32^{\circ}\text{F}$  sebagai tetap bawah
- $100^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{R} - 212^{\circ}\text{F}$  sebagai tetap atas
- 100 skala C = 80 skala R = 180 skala F
- Perbandingan skala C:R:F = 5:4:9
- Hubungan antara suhu C,R dan F adalah
- $T^{\circ}\text{C} = (4/5 T)^{\circ}\text{R}$
- $T^{\circ}\text{R} = (5/4 T)^{\circ}\text{C}$
- $T^{\circ}\text{C} = (9/5 T + 32)^{\circ}\text{F}$
- $T^{\circ}\text{F} = (9/4 T - 32)^{\circ}\text{C}$

# Contoh soal

---

- Suatu benda menunjukkan angka  $20^{\circ}\text{R}$ , tentukan angka yang ditunjukkan oleh skala Celsius, Fahrenheit dan Kelvin!

**Jawab**

$$T_{\text{R}} = 20^{\circ}\text{R}$$

$$\begin{aligned} T_{\text{C}} &= 5/4 T_{\text{R}} \\ &= 25^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{\text{F}} &= 9/5 T_{\text{C}} + 32 \\ &= 68^{\circ}\text{F} \end{aligned}$$

## *Contoh soal*

- Temperatur tubuh manusia dalam keadaan normal adalah  $37^{\circ}\text{C}$ . Berapakah suhu tubuh manusia bila diukur dalam Fahrenheit?

Perbandingan C:F adalah 5:9, sehingga  $37^{\circ}\text{C}$  sebanding dengan:

$$^{\circ}\text{F} \approx \frac{9}{5} \times 37^{\circ}\text{C} \approx 66,6^{\circ}\text{F}$$

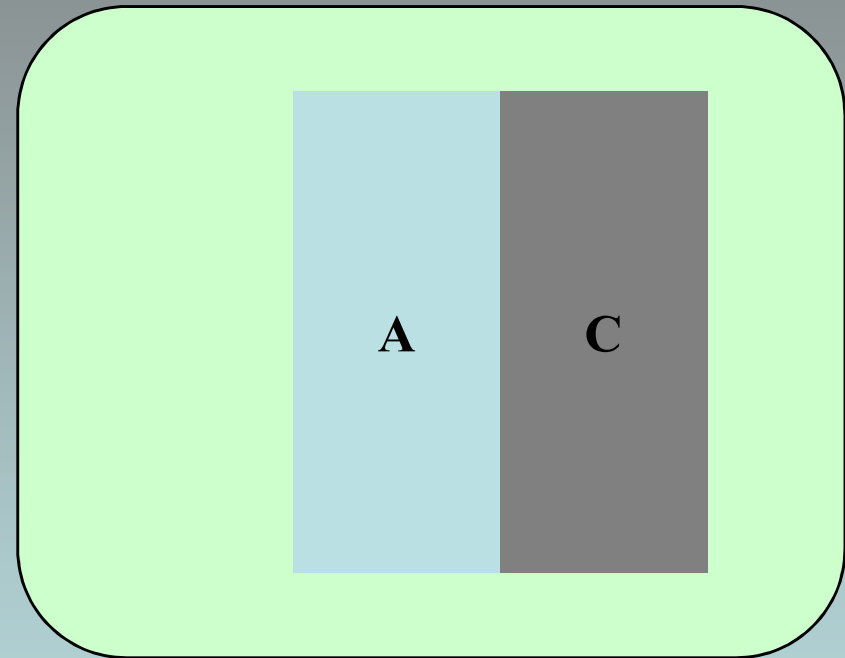
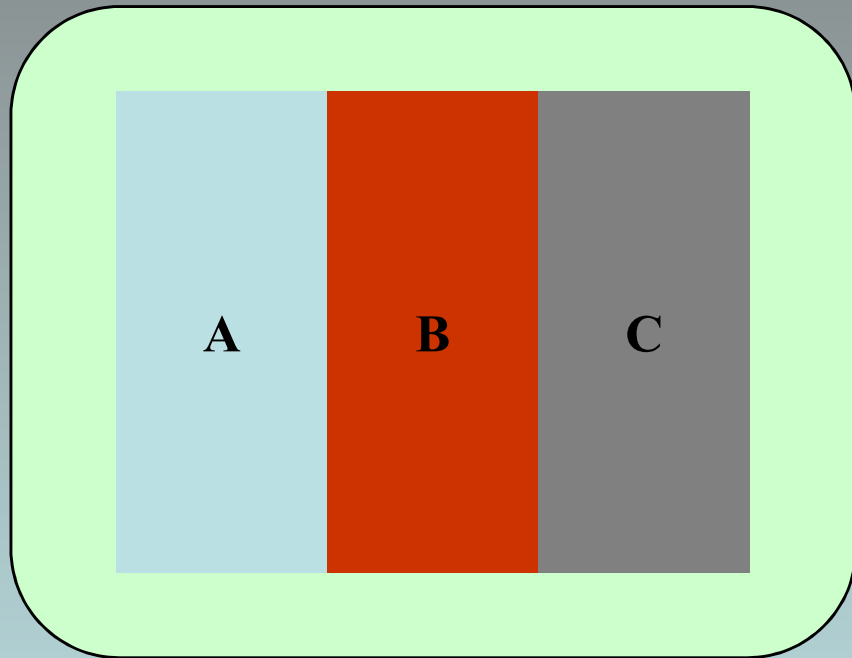
Karena titik cair es selisih  $32^{\circ}$ , maka suhu tubuh dalam Fahrenheit adalah  $66,6 + 32 = 98,6^{\circ}\text{F}$



**PRINSIP – PRINSIP DALAM  
TERMODINAMIKA  
DAN PENERAPANNYA DALAM BIOLOGI**

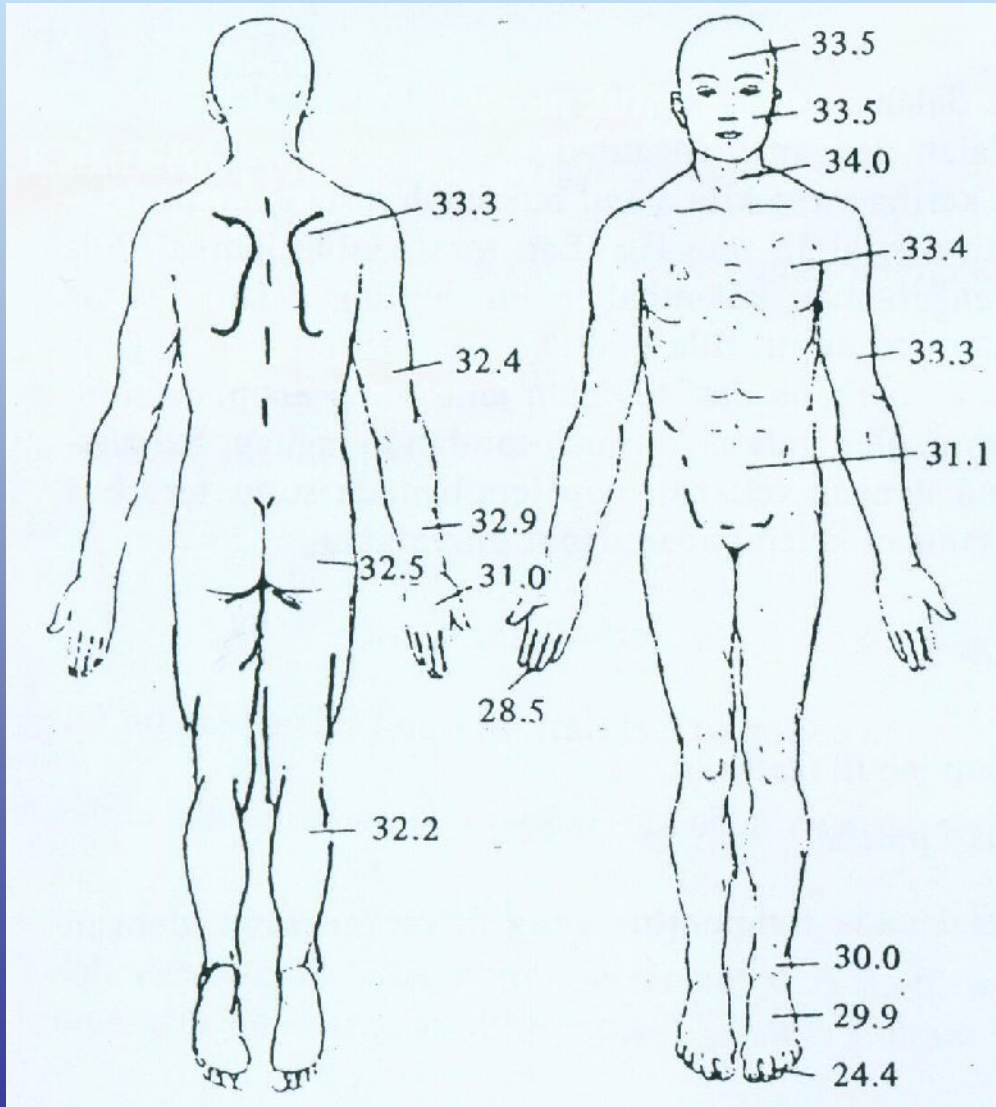
# Hukum ke - 0 Termodinamika

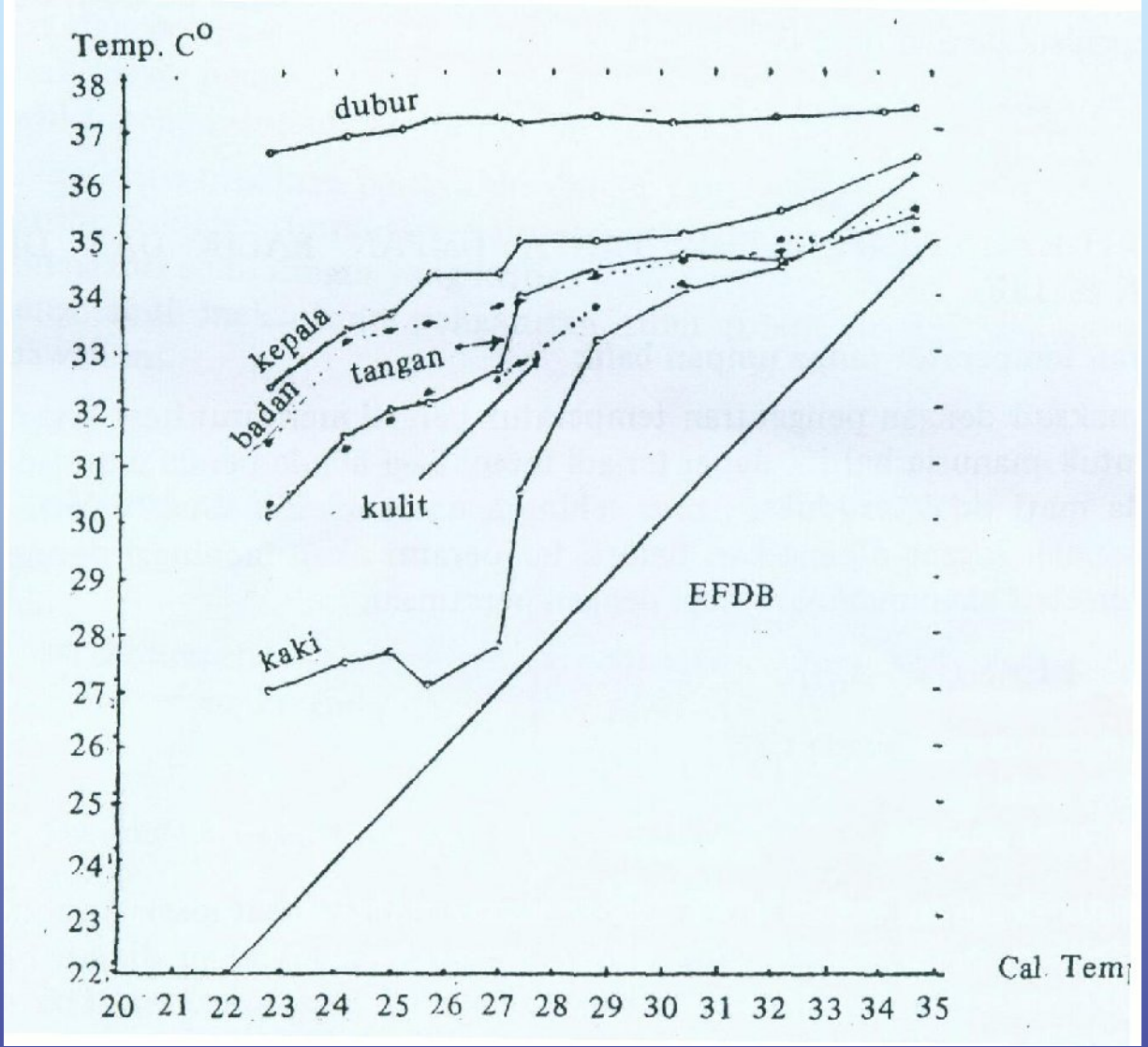
---



Jika dua sistem ada dalam keseimbangan termal dengan sistem ketiga, maka ketiga sistem tersebut dikatakan berada dalam keseimbangan termal satu dengan lainnya.

# Topografi Temperatur Badan dan Kulit





- Temperatur 37°C diterima sebagai temperatur normal tubuh manusia.
- Daerah tubuh maupun kepala mempunyai temperatur kulit lebih tinggi dari pada anggota badan
- Salah satu metode untuk mengetahui rata – rata temperatur kulit yang lazim digunakan adalah :  
 $0,07 T \text{ kepala} + 0,14 T \text{ lengan} + 0,05T \text{ tangan} + 0,07T \text{ kaki} + 0,13T \text{ betis} + 0,09T \text{ paha} + 0,35T \text{ batang tubuh}$

JADI rata-rata temperatur kulit secara keseluruhan

$$(0,07 \times 33,5) + (0,14 \times 32,9) + (0,05 \times 33,3) + (0,07 \times 30) + (0,13 \times 32,3) + (0,09 \times 23,5) + (0,35 \times 31,2) / 7 = 0,128$$

- Dengan mengetahui temperatur kulit rata-rata tersebut dapat menghitung temperatur tubuh rata-rata dengan persamaan
- Mean body temperatur adalah  $(0,69 \times \text{temperatur kepala}) + (0,33 \times \text{temperatur kulit rata-rata})$

# Radiasi

---

Radiasi adalah proses perpindahan panas oleh gelombang elektromagnetik. Elektromagnetik tersebut bergerak dengan kecepatan 300 juta m/s dan untuk bergerak tidak memerlukan medium perantara. Contoh jika kita meletakkan tangan di samping api maka tangan akan terasa panas. Panas merambat melalui radiasi

# Contoh soal

- Seorang atlet duduk di kamar yang dingdingnya gelap pada temperatur  $15^{\circ}\text{C}$ . Perkirakan kecepatan kehilangan kalor dengan radiaasi dengan menganggap temperatur kulit sebesar  $34^{\circ}\text{C}$  dan  $e = 0,70$ . Anggap permukaan tubuh yang tidak bersentuhan dengan kursi sebesar  $1,5 \text{ m}^2$

## Diketahui :

$Q$  = jumlah kalor yang dipindahkan secara radiasi (j)

$e$  = emisivitas dari manusia

$\sigma$  = konstanta stefen-boltzmann

$A$  = Luas permukaan tubuh

$r$  = perbandingan permukaan radiasi efektif oleh Du Bois,  $0,78$  untuk seseorang berdiri tegak,  $0,85$  untuk orang yang bergerak

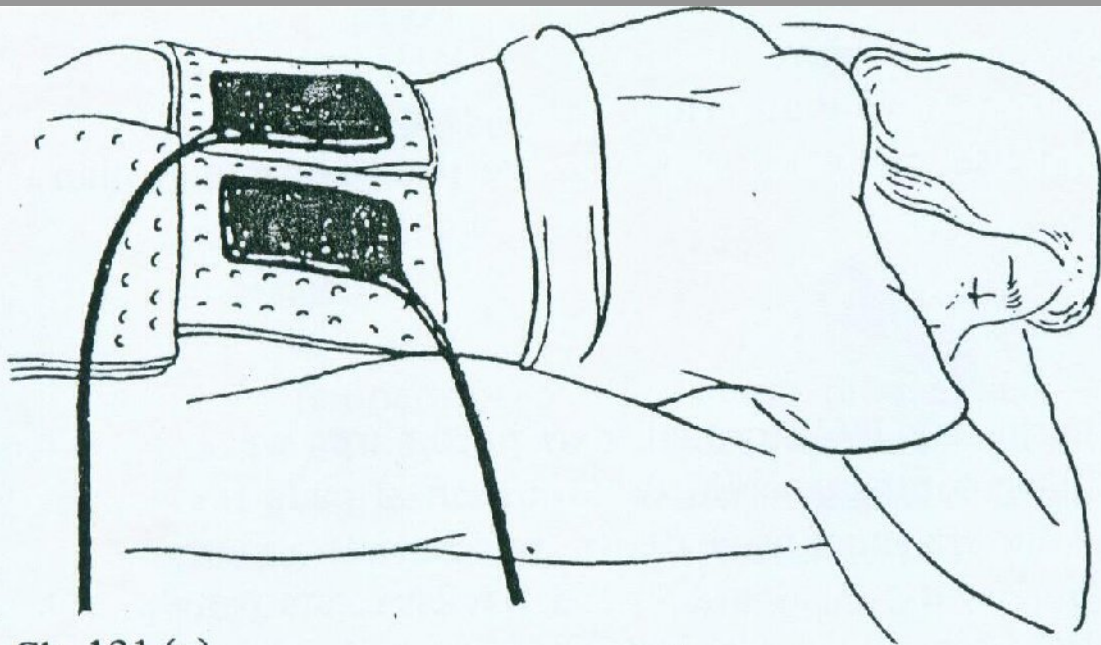
$T_W$  = temperatur dinding dalam derajat absolute

$T_s$  = temperatur kulit dalam derajat absolute

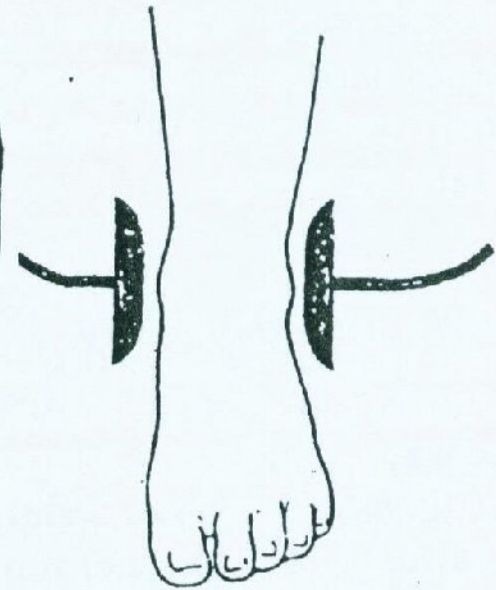
## Jawab :

$$\begin{aligned} Q &= e\sigma Ar(T_s - T_w) \\ &= (0,70)(5,6 \times 10^{-8})(1,5\text{m}^2)(307\text{K})(288\text{K}) \\ &= 120 \text{ joule} \end{aligned}$$

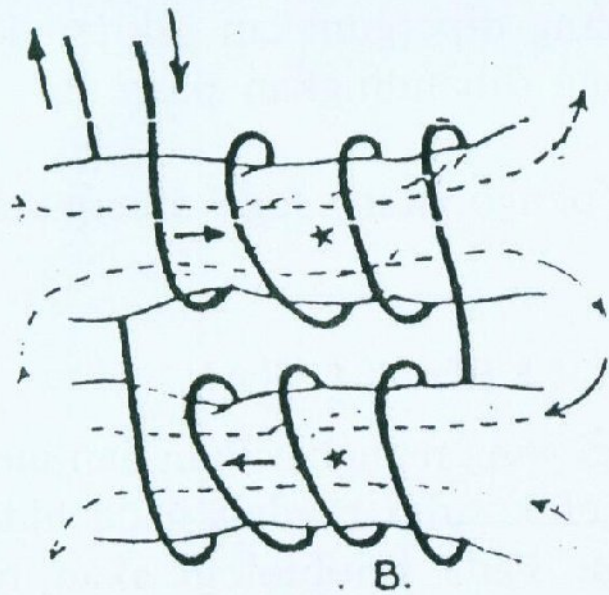




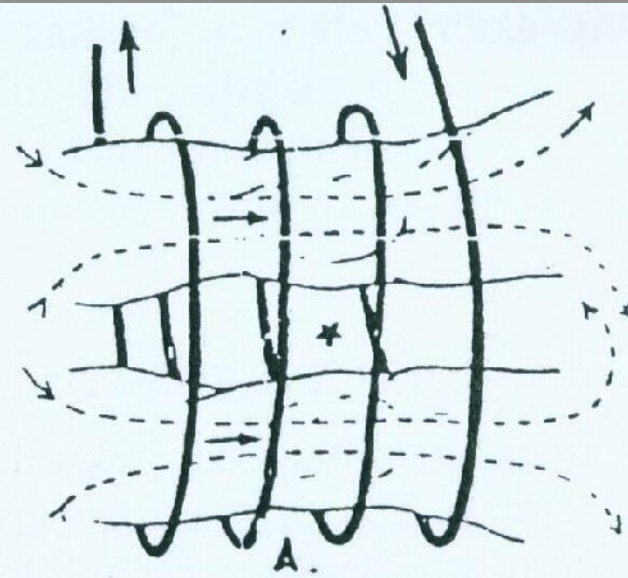
Gb. 121 (a)



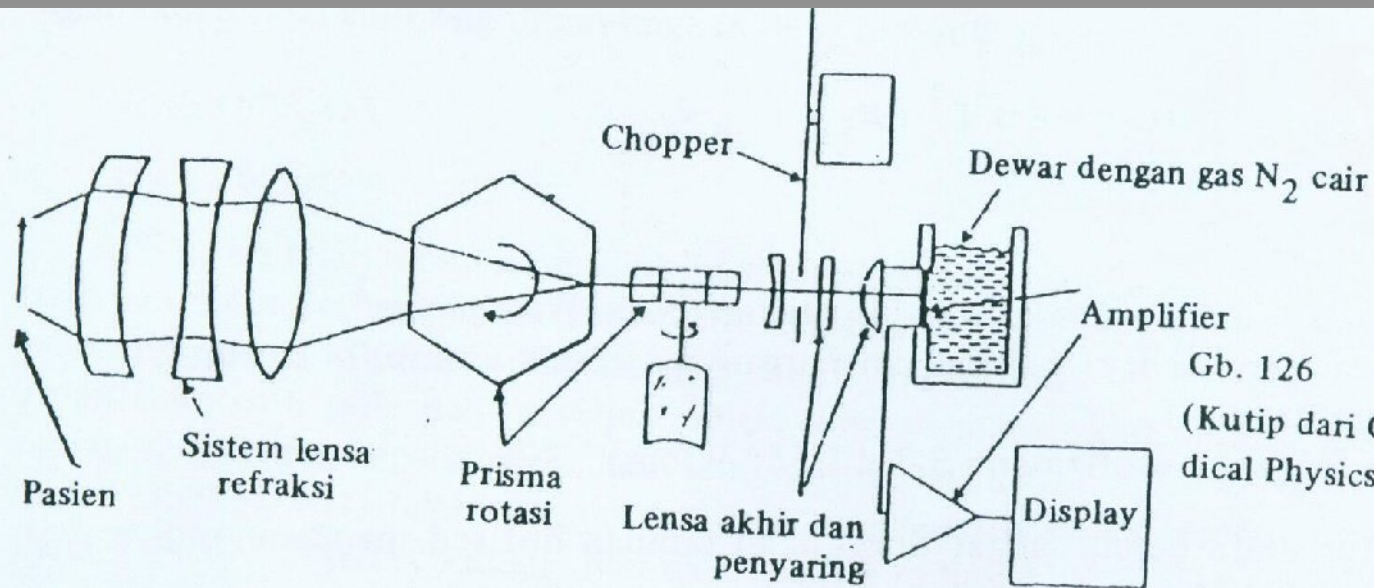
Gb. 121 (b)



A. Cara yang salah



B. Cara yang betul



Gb. 126  
 (Kutip dari Cameron "Medical Physics")

# Temperatur

---

- Apa itu Temperatur?
- Temperatur (T) adalah suatu ekspresi untuk menunjukkan energi kalor. Temperatur mempunyai pengertian yang berbeda tergantung situasi
- Pengertian sehari-hari: Derajat atau tingkatan kepanasan dan kedinginan suatu obyek
- **Definisi menurut Termodinamika:** Ukuran dari energi kinetik molekul atau atom dari suatu substansi. Semakin besar energi semakin cepat gerakan partikel
- Dapat juga berarti: suatu kuantitas yang menunjukkan bagaimana energi panas mengalir di antara dua obyek