

# Bahan Ajar: Properti Fisika Air (suhu)

**Hamdhani, S.P., M.Sc., Ph.D**

KUALITAS AIR (SKS: 3)

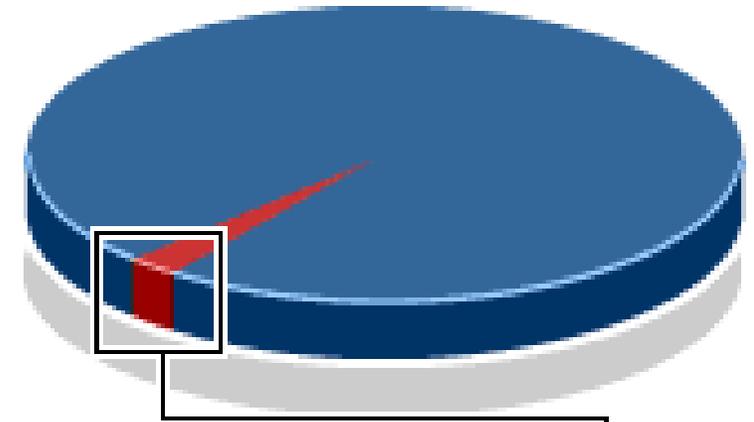


# Recap:



■ saltwater:  
**97.5%**

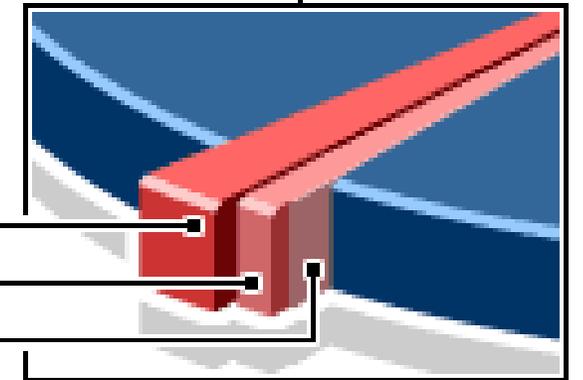
■ freshwater:  
**2.5%**



68.9% - locked in  
glaciers

30.8% - groundwater

0.3% - lakes and rivers



# Recap

Siklus air atau siklus hidrologi adalah sirkulasi air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer melalui proses kondensasi, presipitasi, evaporasi dan transpirasi



Polaritas air dan ikatan hidrogen adalah penyebab sifat air yang unik (luar biasa):

1. Sifat **kohesif** dan **adhesi**
2. Kemampuan **memoderasi suhu**
3. **Sifat pemuaiannya (pada titik beku)**
4. Kemampuannya sebagai **solvent (pelarut)**

# Peranan air dalam memoderasi suhu

Pada daerah dengan empat musim, daerah pantai relatif lebih hangat di musim dingin dan lebih dingin di musim panas

- Air menyerap panas dari udara yang panas, dan melepaskan panas tersebut ke udara yang lebih dingin
- Air dapat menyerap atau melepaskan panas dalam jumlah besar dengan hanya sedikit perubahan pada suhu air tersebut

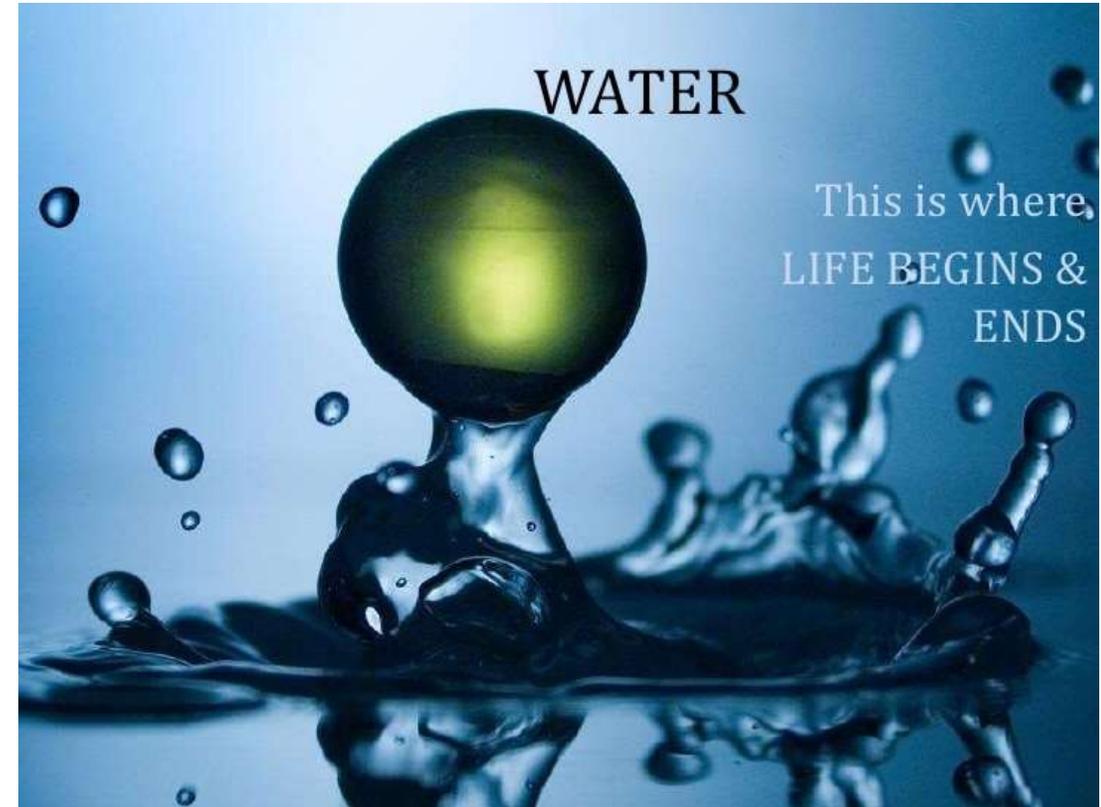


NOW...

# Energi panas dan air

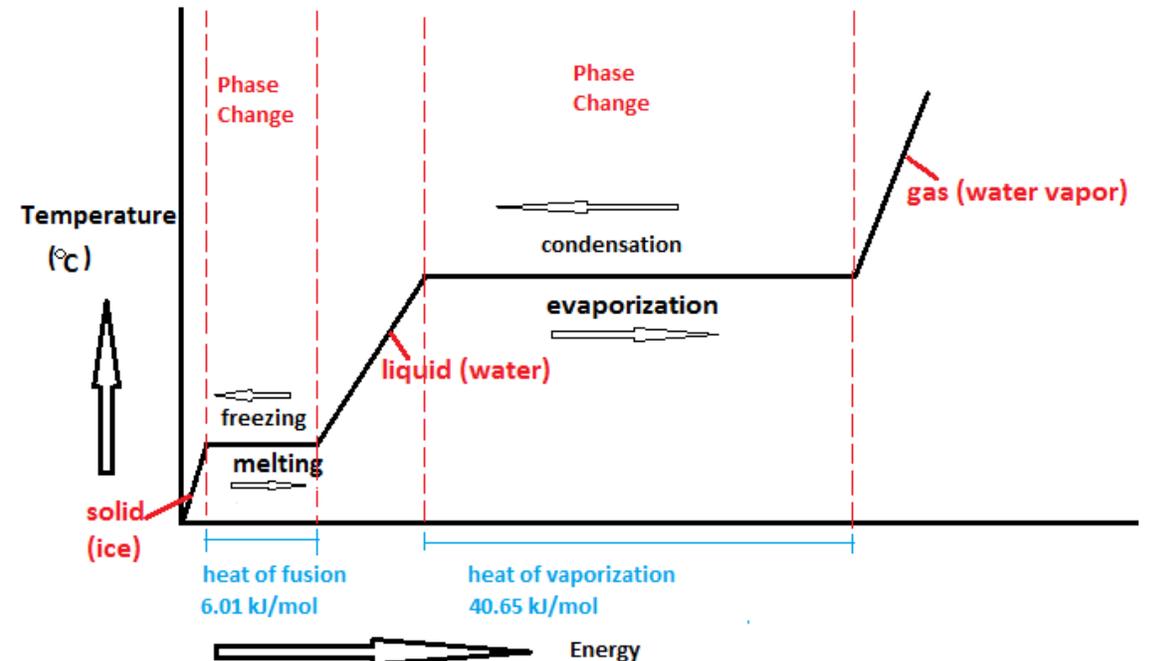
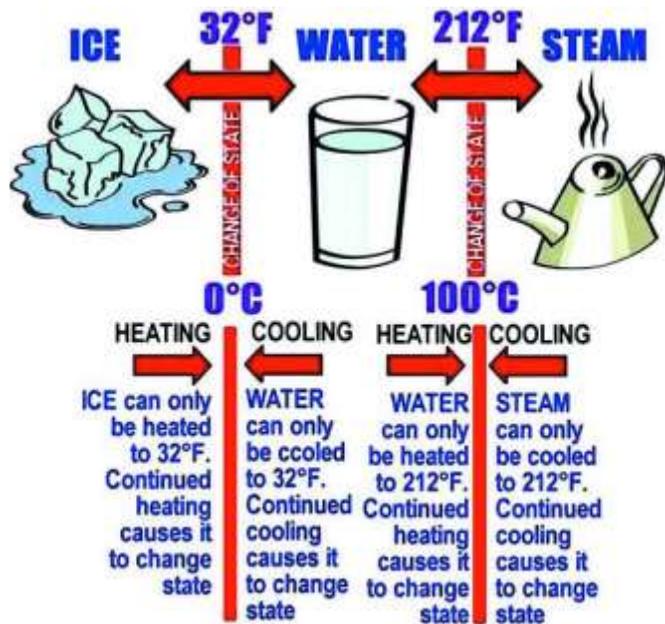
- Panas adalah energi yang dihasilkan dari getaran molekul, dan suhu/temperatur adalah skala pengukuran seberapa cepat molekul bergetar.
- Perlu banyak energi untuk memanaskan air (disbanding material lain)
- **Panas spesifik air (specific heat of water) adalah jumlah panas yang diserap atau dilepaskan dari 1 kg air untuk berubah suhunya sebesar 1°C**
- Panas spesifik air adalah **1 kalori** (Panas spesifik pasir adalah 0.1 kalori)

- Karena air banyak membentuk ikatan hidrogen, perlu banyak energi panas untuk mempercepat getaran molekul air sehingga meningkatkan suhu air.
- Panas akan diserap ketika ikatan hidrogen dipecahkan
- Panas akan dilepaskan ketika ikatan hidrogen dibentuk
- Panas spesifik air yang tinggi akan meminimalkan fluktuasi suhu pada batas yang memungkinkan terjadinya kehidupan.



# Panas spesifik vs panas laten air

- **Panas spesifik air:** jumlah panas yang ditambahkan/dilepaskan untuk mengubah suhu air (kadang disebut pula sensible heat)
- **Panas Laten:** jumlah panas yang ditambahkan/dilepaskan untuk mengubah fase air, tanpa mengubah suhunya
- **Panas laten fusi:** jumlah panas yang diperlukan untuk mengubah dari fase cair ( $0^{\circ}\text{C}$ ) ke fase es ( $0^{\circ}\text{C}$ )
- **Panas laten penguapan:** jumlah panas yang diperlukan untuk mengubah air dari fase cair ke fase gas (uap)
  - energy yang diperlukan untuk memecahkan ikatan H

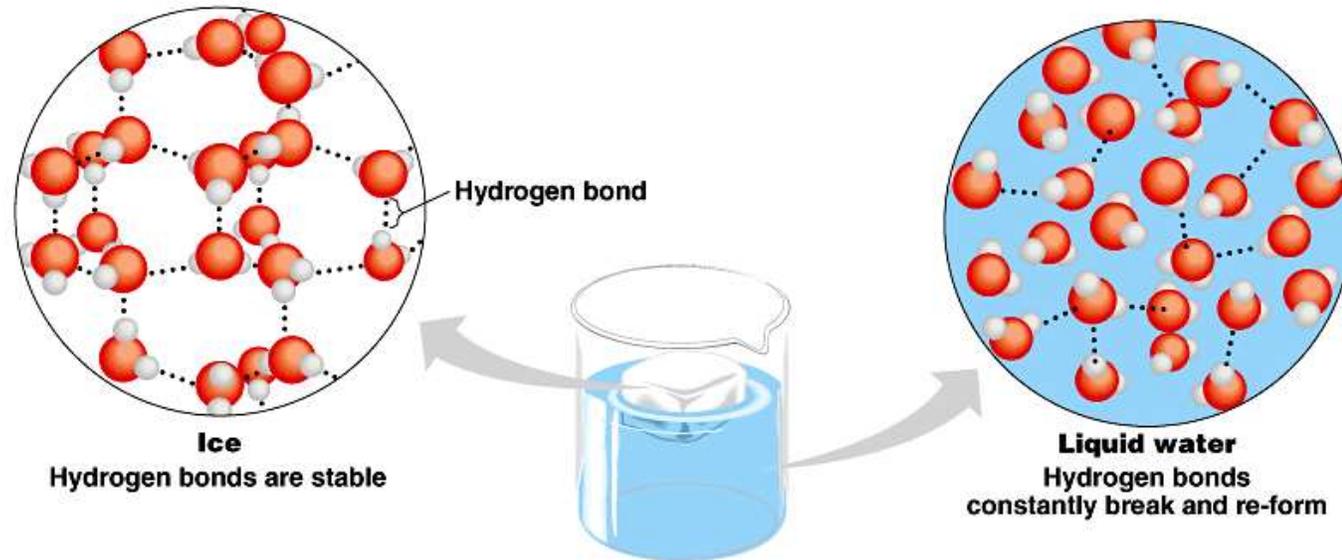


# Properti fisik air

- Polaritas
- Ketegangan permukaan (kohesi)
- Aksi kapilaritas (adhesi)
- Panas spesifik
- Panas laten
- Kepadatan (densitas)
- Interaksi hidrophilik dan hidrophobik

# Kepadatan (densitas) air

- Merupakan fungsi dari suhu dan dikendalikan oleh ikatan hidrogen



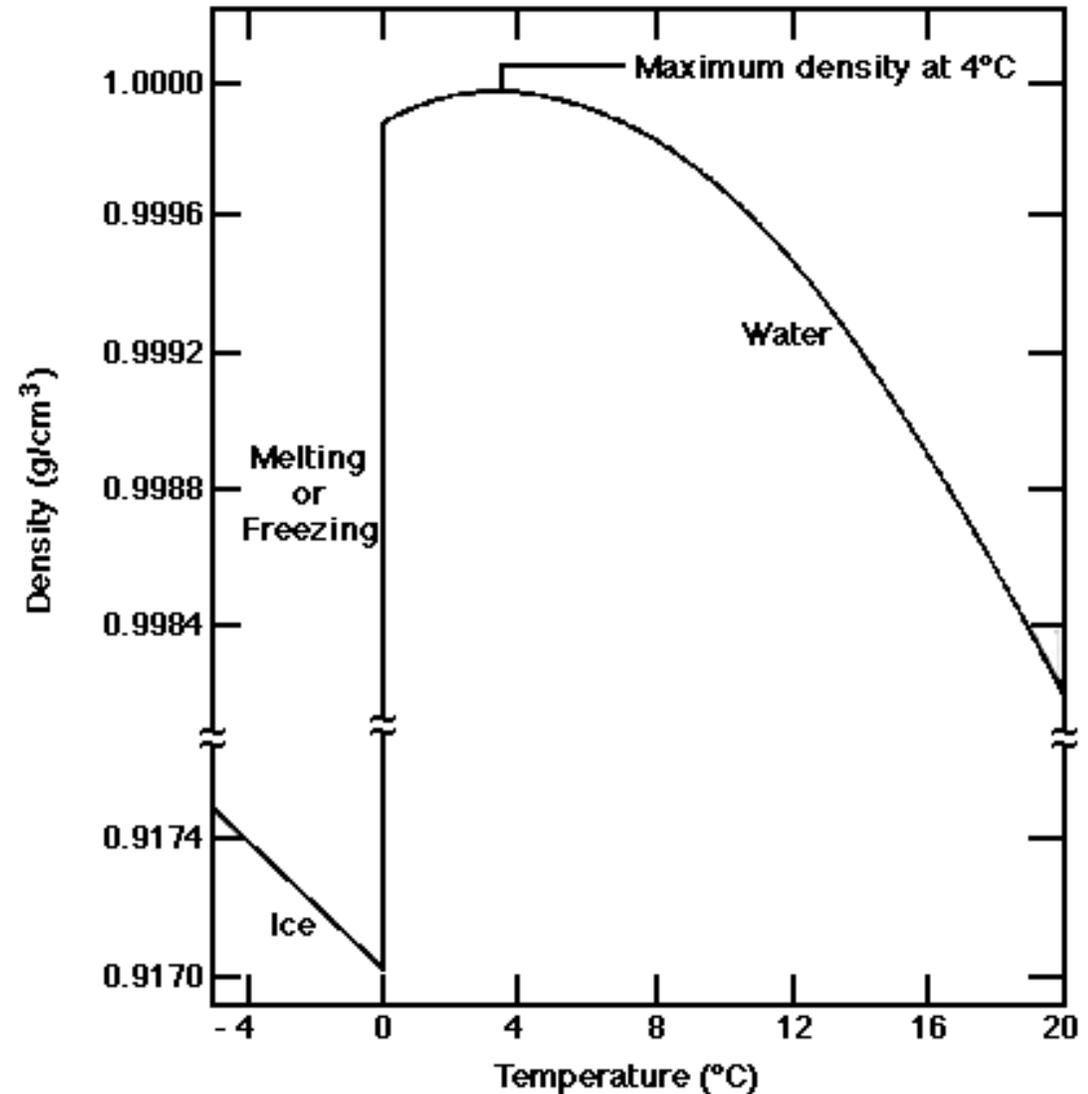
- Padat → jika suhunya  $0^{\circ}\text{C}$ , air terkunci dalam bentuk Kristal, tiap molekul akan berikatan secara maksimal (dengan 4 pasangan)
- Cair → molekul air secara konstan berpasangan dan terlepas (space is always changing)

# Kepadatan air merupakan fungsi dari suhu

- Air akan mencapai kepadatan tertinggi pada suhu 4°C
- Es padat → 9% kepadatannya lebih rendah dari air pada fase cair.
- Apa yang terjadi jika es (padat) memiliki densitas yang lebih tinggi??

## Tenggelam

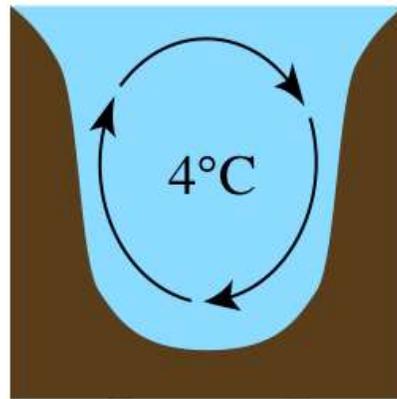
- Jika es padatan tenggelam, air sepanjang kolom air (vertikal) akan membeku, membuat kehidupan tidak mungkin terjadi
- Ini berhubungan dengan stratifikasi...



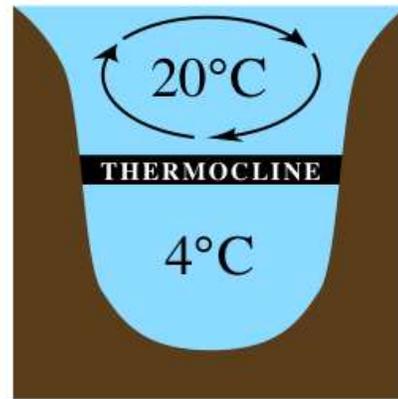
Density of water (and ice) as a function of temperature. Note maximum density of water at 4°C. (Data from Pauling 1953 and Hutchinson 1957: 204.)

# Stratifikasi danau

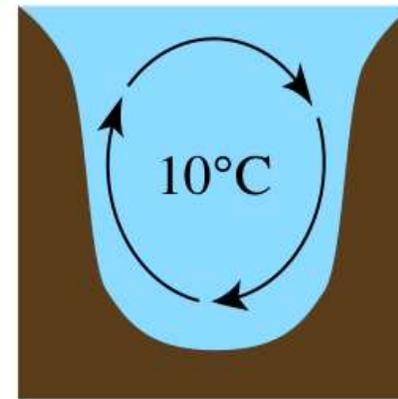
- Perubahan suhu udara akibat perubahan musim menyebabkan suhu air (dan kepadatannya) akan berubah pula:



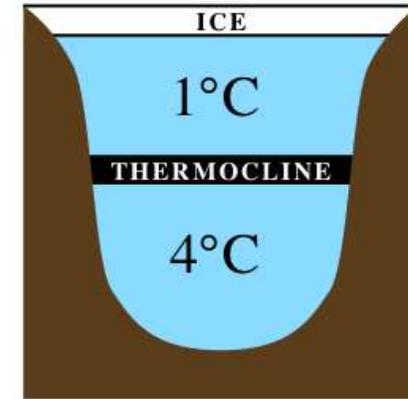
SPRING



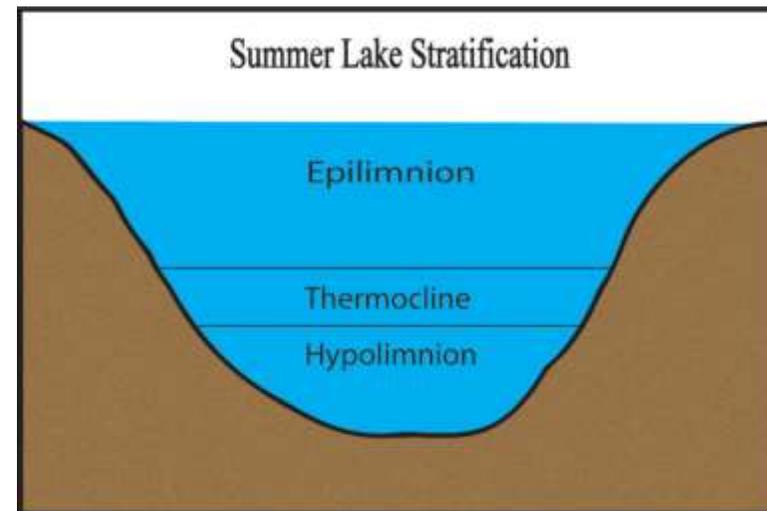
SUMMER



FALL

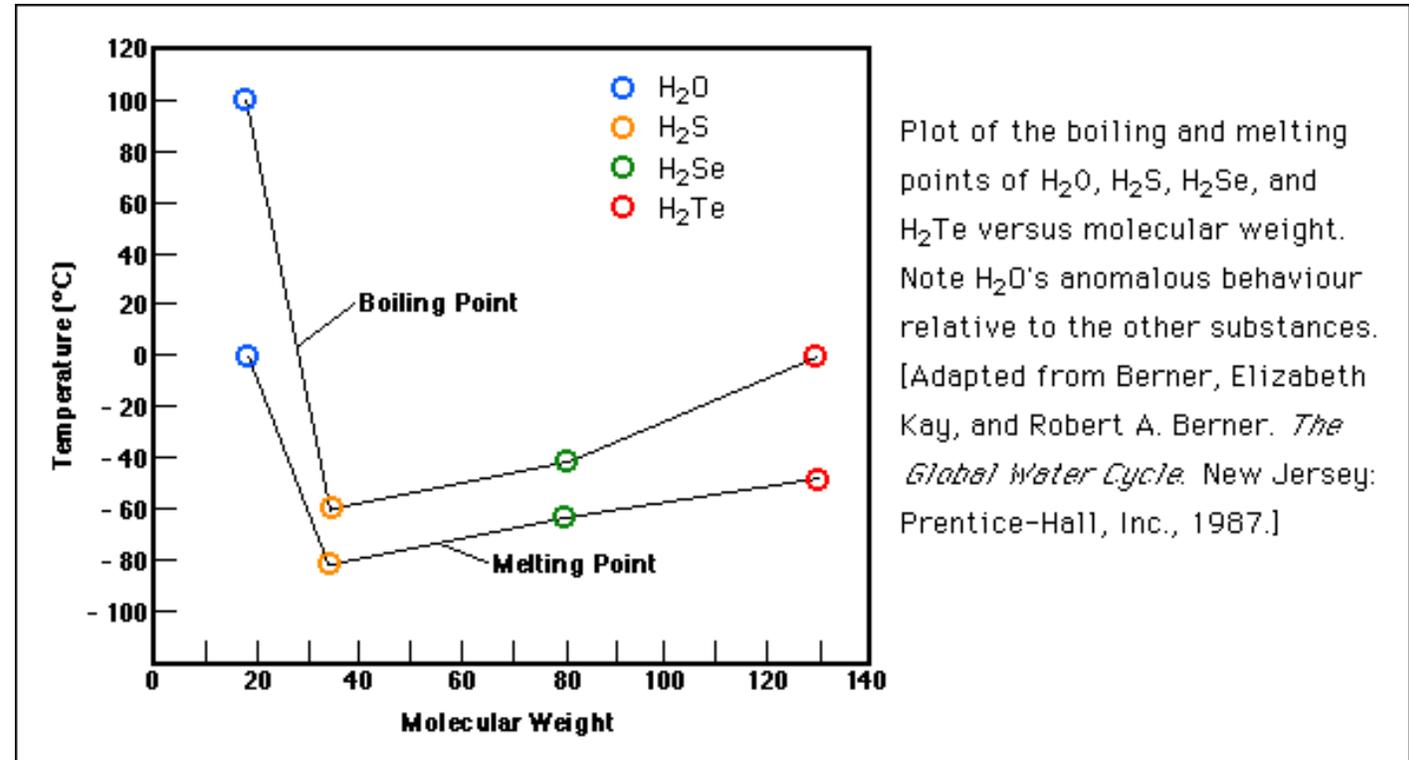


WINTER



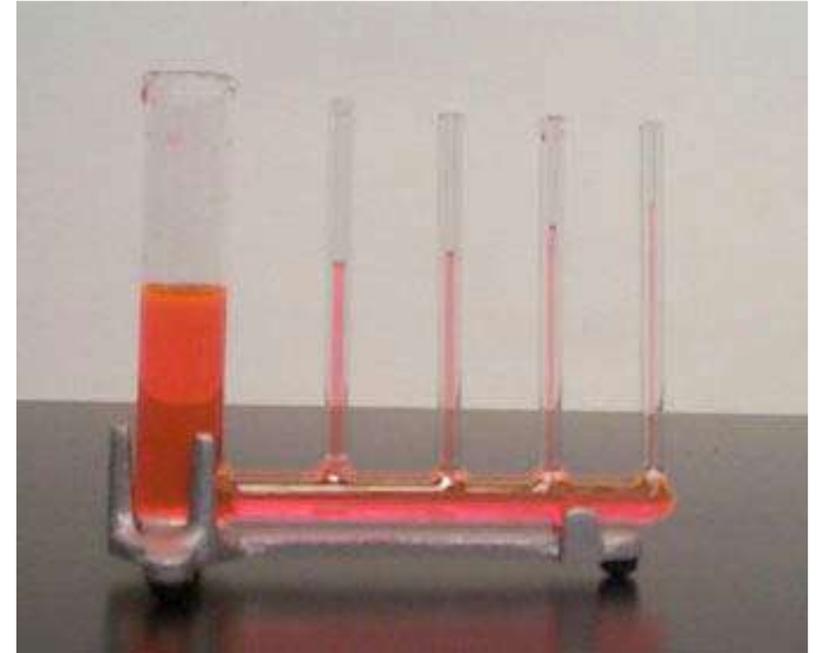
# Air sebagai pelarut, titik didih dan titik beku

- Solvent → pelarut
- Solute → bahan yang terlarut (zat)
- Air adalah molekul yang unik karena polaritasnya yang tinggi, yang memungkinkannya untuk melarutkan banyak zat
- Air mampu melarutkan zat seperti garam dan gula (zat-zat polar lain) tetapi tidak dapat melarutkan minyak
- Ikatan hidrogen di molekul air juga memberikan air relatif titik suhu cair dan didih yang tinggi – diperlukan energy yang lebih besar untuk memecahkan ikatan hidrogen antar molekul air



# Interaksi hidrophilik dan hidrophobik

- Hidrophilik → ***water loving***, molekul air akan berikatan dengan material lain yang memiliki polaritas (slight electrical charge). Misal: pipa kaca sempit
- Hidrophobik → ***water hating***, air akan membulat ketika bertemu dengan permukaan yang tidak memiliki muatan listrik (non polar), misalnya permukaan mobil yang diberi wax



# Beberapa terminology konsentrasi

Konsentrasi biasanya diekspresikan dengan dua cara

$$1. \text{ Mass/Volume} = \frac{\text{mass of material}}{\text{volume of solution}} \quad \text{e.g. mg/L (1 mg = 1/1000 g)}$$

$$2. \text{ Mass/Mass} = \frac{\text{mass of material}}{\text{mass of solution}} \quad \text{e.g. mg/kg}$$

(where "solution" = material + water)

The units may vary depending on the range of concentration(s) being discussed:

1. **percent (%) part per hundred (10<sup>-2</sup>) (Sea water is 3.5% salt)**
2. **milligram (mg) per L part per million (ppm) (10<sup>-6</sup>)**
3. **microgram (μg) per L part per billion (ppb) (10<sup>-9</sup>)**
4. **nanogram (ng) per L part per trillion (ppt) (10<sup>-12</sup>) (one ppm of a ppm)**
5. **femto (fg) per L part per quadrillion (ppq) (10<sup>-15</sup>) (one ppm of a ppb)**

# Hargailan nilai-nilai yang kecil

Pertanyaan:

Apa dimensi yang tepat untuk PPM (*parts per million*)

- a. Massa
- b. Volume
- c. Waktu
- d. Panjang
- e. Tidak satupun 

PPM itu bisa digunakan untuk dimensi apa saja, jadi ***dimensionless ratio***

Biasa digunakan untuk mengacu: massa ke massa, panjang ke panjang, dll.

# What does one part per million look like?



COPY  
PASTES

# Skala suhu air (conversi satuan)

## Temperature Scales

- Several scales of temperature are in use:

Fahrenheit	Celsius	Kelvin	Comments
-460	-273	0	Absolute zero
-40	-40	233	Common numerical point for F and C
0	-17.8	255.2	A cold day
● 32	0	273	Ice point
100	37.9	310.9	A hot day
● 212	100	373	Steam point

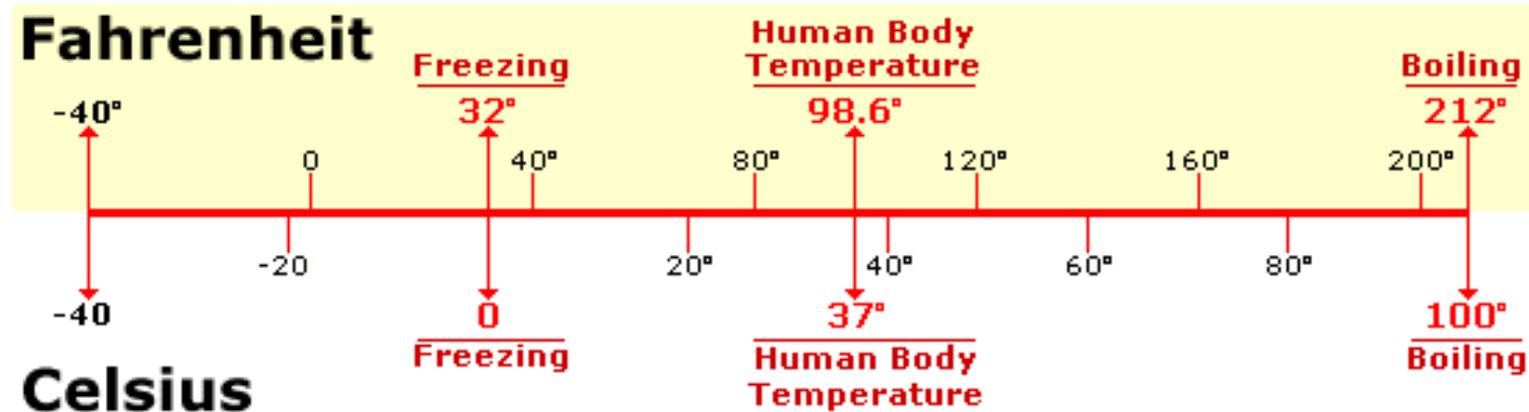
The following equations are used to convert from one scale to another:

$$F = [(9/5)C] + 32$$

$$C = (5/9)*(F-32)$$

$$K = C + 273$$

# Titik beku dan didih air



Pertanyaan:

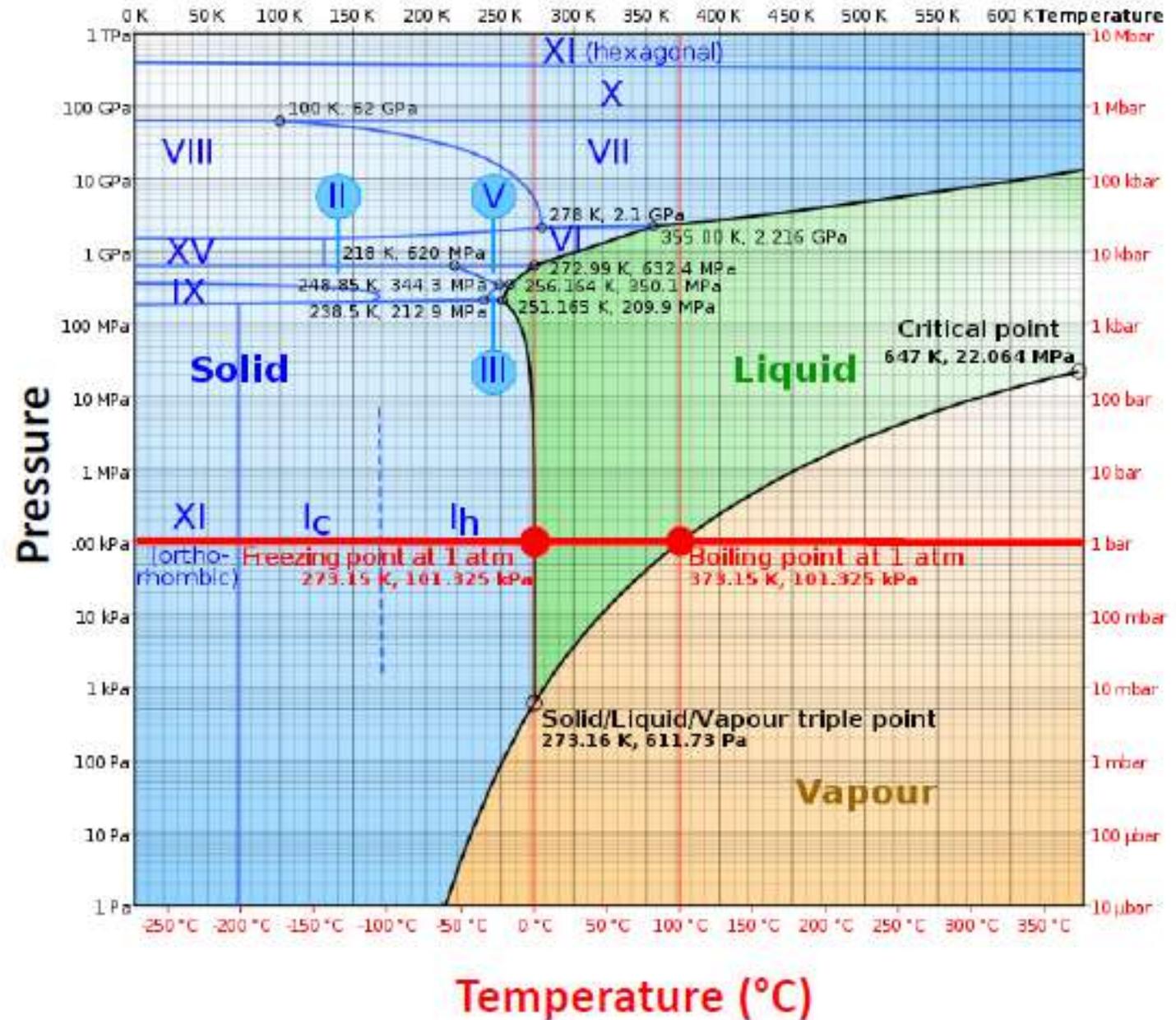
Asumsi apa yang belum tergambar dari plot di atas??

**Jawabannya:** Tekanan atmosfer normal pada permukaan air laut  
(1 atm  $\cong$  1 bar  $\cong$  101 kPa  $\cong$  29.9 in Hg)

Apa yang akan terjadi pada titik beku dan titik didih jika tekanan atmosfernya berubah???

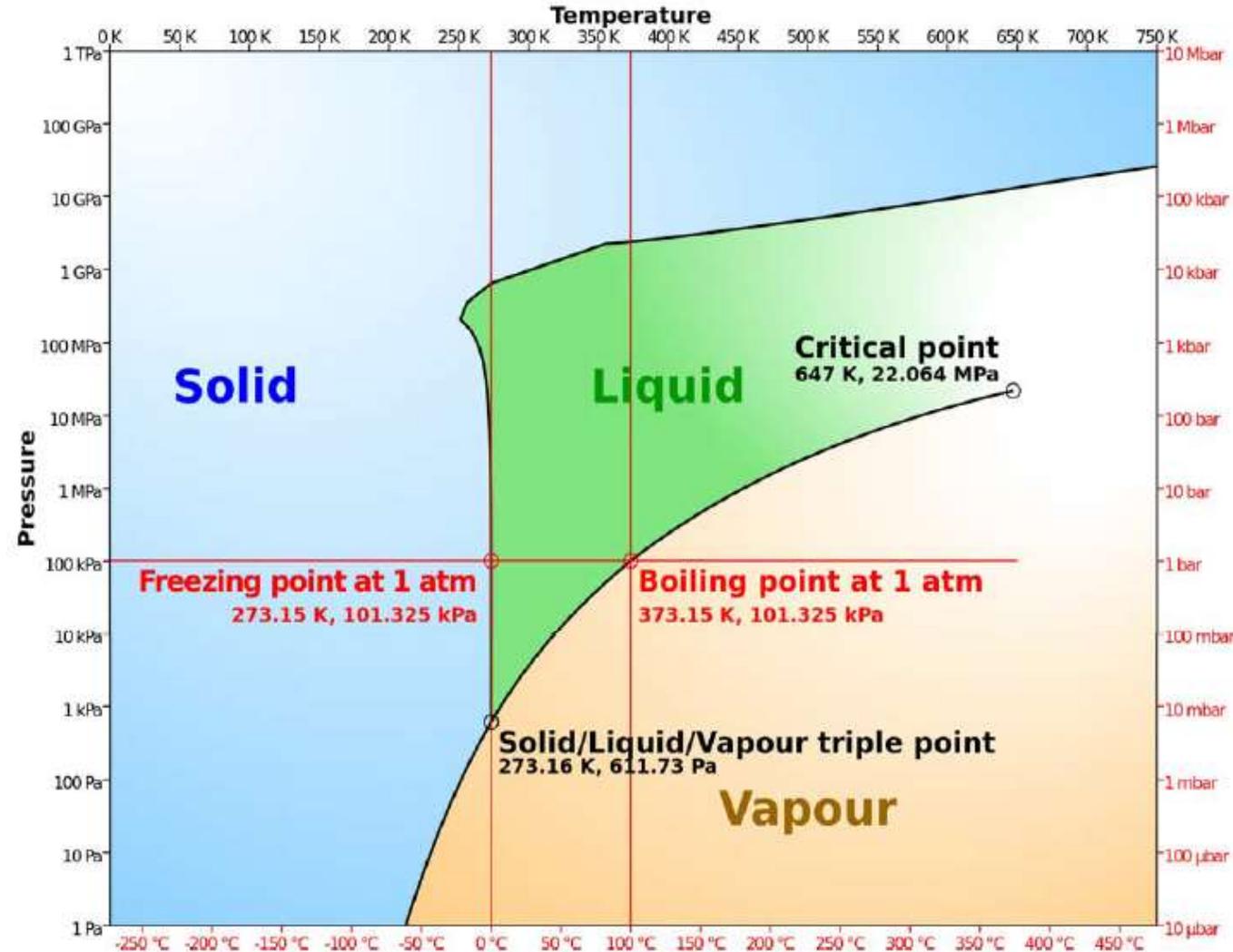
# Diagram fase air

- Menunjukkan fase perubahan air pada rentang suhu dan tekanan udara
- Jadi mungkin saja air pada suhu yang sama punya dua fase yang berbeda
- Pada tekanan yang tinggi, air akan tetap cair meskipun suhunya di atas  $100^{\circ}\text{C}$  (terjadi pada cooker pressure pan)
- Pada tekanan udara tinggi yang ekstrim, air akan tetap solid (es) meskipun ditempatkan di suhu yang tinggi
- Mana yang cepat mendidih. Masak air di laut apa di gunung???



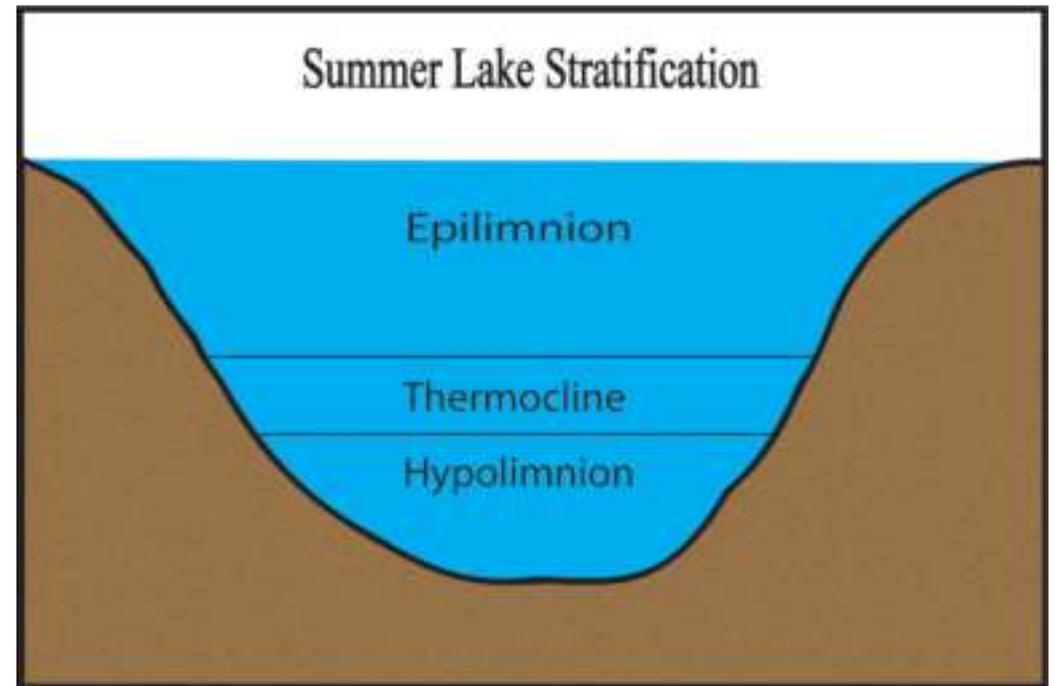
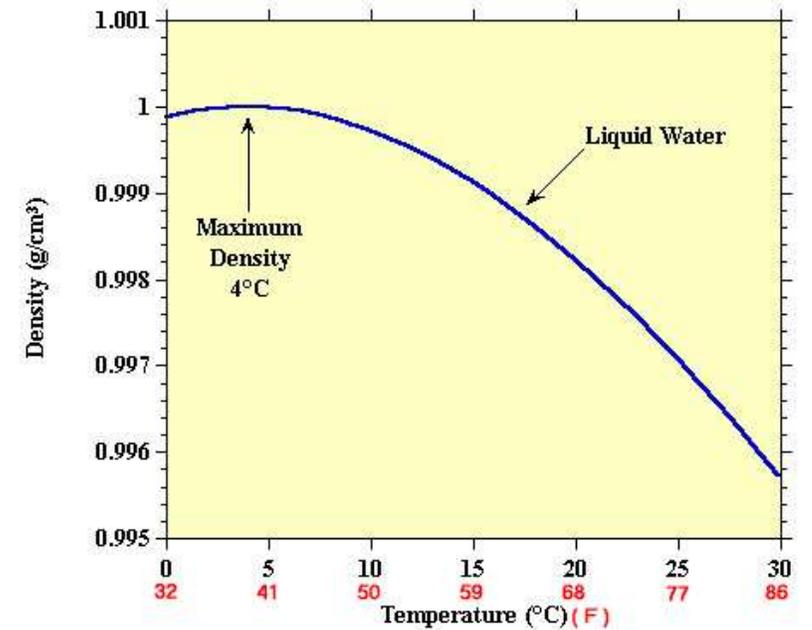
# “Triple point of water”

- The point at which all three phases come together is the *triple point* and represents the temperature and pressure for which all three states can co-exist; for water this occurs at 273.16 K at 611.2 Pa
- Note that the triple point occurs at a very low pressure (in a strong vacuum)



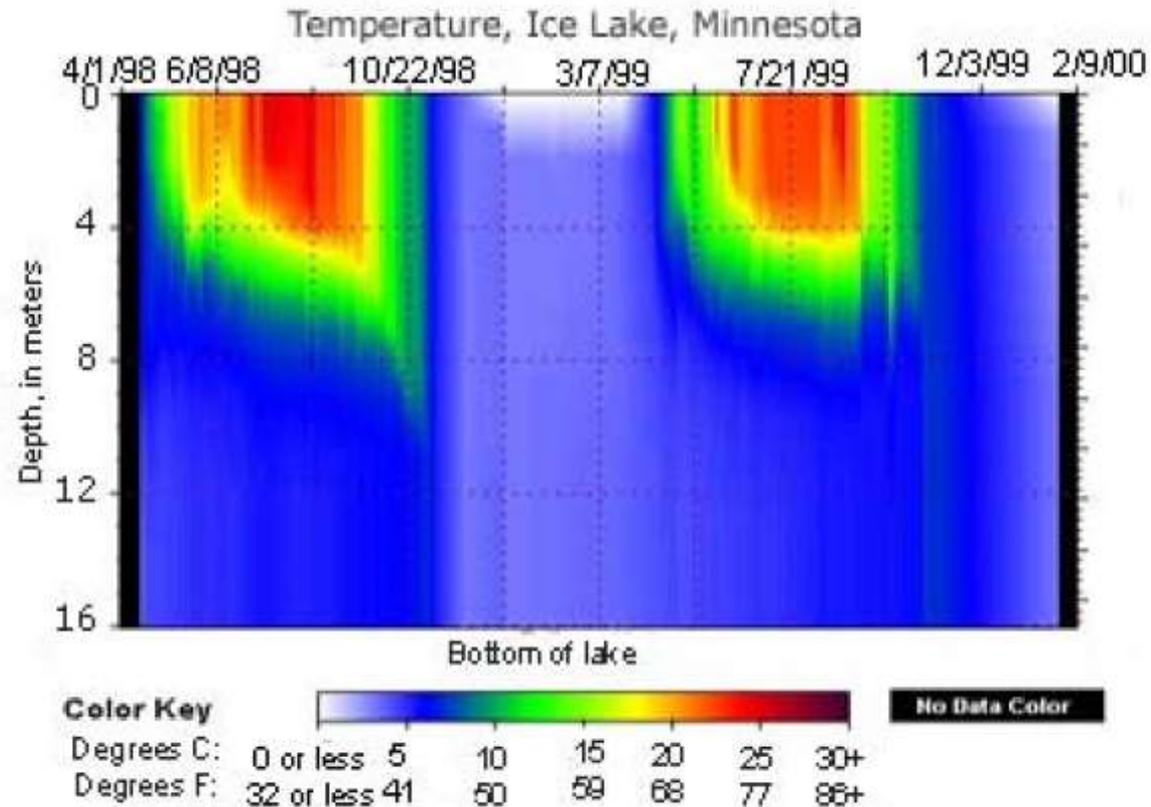
# Suhu air danau

- Air memiliki maksimum kepadatan pada 4°C
- In freshwater lakes, water at 4°C will accumulate at the bottom, irrespective of atmospheric temperature



# Seasonal water temperature changes in lakes

- Temperature profiles for a lake in MN
- May: the surface warms (green) down to ~5m depth
- October: the surface cools and the lake “turns over”
- After October, water column is uniformly cold, until warming again in late spring



Source: "Water on the Web",  
[www.mathematik.uni-kassel.de/~didaktik/DataSharing/WOW/DataAnalysis.html](http://www.mathematik.uni-kassel.de/~didaktik/DataSharing/WOW/DataAnalysis.html)

