



Sifat Fisik dan Kimia Bahan Pangan

Dr Agus Suyanto, STP, MSi

Cakupan sifat fisik bahan pangan

1. Struktur dan sifat geometri seperti densitas, ukuran, bentuk, porositas, kekasaran permukaan.
2. Sifat mekanis yaitu sifat rheologi (seperti viskositas) dan tekstur (termasuk kekuatan, kompresibilitas, dan deformabilitas)
3. Sifat termal seperti panas spesifik, konduktivitas, difusivitas, dan titik didih, titik beku.
4. Sifat Optical, terutama warna, transparansi.
5. Sifat Listrik, terutama konduktivitas dan permitivitas.
6. Sifat Lain-lain, termasuk transfer massa properti terkait (difusivitas, permeabilitas), tegangan permukaan, stabilitas *cloudy*, kemampuan gelling, dan serapan radiasi.

Referensi

1. Rohadi. 2009. Sifat fisik dan aplikasinya dalam industri Pangan. USM Press
2. Hariyadi P. 2019. Prinsip Teknik Pangan. IPB Press
3. Singh,R.P. and Heldman,D.R. 1984. Introduction to Food Engineering. Academic Press.
4. Toledo,R.T. 1980. Fundamentals of Food Process Engineering. AVI. Publ. Co., Inc. West Port Conn.
5. Geankoplis,C.J. 1983. Transport Processes and Unit Operations. Prentice-Hall, Inc., New York
6. Modul Sifat Fisik Pangan, Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan,Fateta, IPB



SIFAT-SIFAT GEOMETRIS

- ❖ ***Geometrical characteristics are mostly related to***
 - the physical appearance of foods and,
 - are sensed visually.

Alat ukur:

- ❖ **Penglihatan “mata”, dan/atau dengan,**
- ❖ **Bantuan Instrumen untuk menampilkan secara visual**



Geometrical Attributes

1. Dimensi: (*menurut kamus*) adalah

- **Ukuran:** bentuk, panjang, lebar, tinggi, kedalaman, luas, dsb
- **Aspek:** atribut, elemen, facet, fitur, faktor, komponen, magnitude → Kebanyakan bahan pangan “**multifacet**”

❖ 0 - Spatial ? → no dimension? → 1 Dimension?

❖ Dimension of a space is roughly defined as the minimum number of coordinates needed to specify every point within it (matematik)

❖ Dapat menimbulkan “persepsi” yg berbeda

➔ Hakiki dari riset tingkat Doktor → mengungkap filosofi di belakang data/kejadian secara valid dan andal, dg **instrument canggih**



Bentuk (shape)

- ❖ **Bentuk** adalah informasi geometriikal suatu benda/objek penelitian. Semakin tinggi akurasi, objek dapat diilustrasi lebih akurat!
- ❖ **Bentuk** dua-dimensi sederhana dpt digambarkan dg geometri dasar spt: titik, garis, kurva, dataran. (*A shape whose points belong all the same plane is called a plane figure.*)
- ❖ **Bentuk** bahan pangan kompleks, berbagai macam. Ada contoh?.
- ❖ **Bentuk**, biasanya dihasilkan karena kombinasi garis² lurus, atau garis² lengkung atau garis lurus dan lengkung
- ❖ Bisa rigid, non rigid, simetri maupun asimetri
- ❖ Amorph?? → implikasi sifat² thermal?

BENTUK BAHAN

Bentuk biji ramping umumnya mempunyai laju respirasi lebih tinggi, terutama jika ukurannya kecil. Bentuk bijian didekati secara kasar dengan parameter *roundness* (kebundaran) dan *sphericity* (kebulatan).

$$\text{Roundness} = \frac{\text{Luas bundaran terkecil yang dapat meliputi seluruh proyeksi biji}}{\text{Luas proyeksi terbesar biji}}$$

$$\text{Sphericity} = \frac{\text{Akar pangkat tiga hasil kali ketiga sumbu biji}}{\text{Sumbu terpanjang biji}}$$

$$\text{sphericity} = \frac{(abc)^{\frac{1}{3}}}{a} \dots\dots\dots(5)$$

dimana :

a = sumbu terpanjang (*sumbu mayor*)

b = sumbu terpanjang normal terhadap a (*sumbu intermediate*)

c = sumbu terpanjang normal terhadap a dan b (*sumbu minor*)

Tabel 2.1.1 Istilah dan deskripsi objek dari bentuk acuan

Bentuk	Deskripsi
Bundar (<i>Round</i>)	Menyerupai bentuk bulatan (<i>spheroid</i>)
<i>Oblate</i>	Datar pada bagian pangkal dan pucuk atau puncak
Kerucut (<i>Conic</i>)	Meruncing ke arah bagian puncak

Bujur telur (<i>Ovate</i>)	Bentuk seperti telur dan melebar pada bagian pangkal
Berat sebelah atau miring (<i>Lopsided</i>)	Poros yang menghubungkan pangkal dan puncak tidak tegak lurus melainkan miring
Bujur telur terbalik (<i>Obovate</i>)	Seperti telur terbalik
Bulat panjang (<i>Elliptical</i>)	Menyerupai bentuk elips (bulat panjang)
Kerucut terpotong (<i>Truncate</i>)	Kedua ujungnya mendatar atau persegi
Tidak seimbang (<i>Unequal</i>)	Sepuluh bagian lebih besar daripada yang lain
<i>Ribbed</i>	Pada potongan melintangnya sisi-sisinya menyerupai sudut-sudut
Teratur (<i>Regular</i>)	Bagian horizontalnya menyerupai lingkaran
Tidak teratur (<i>Irregular</i>)	Potongan horizontalnya sama sekali tidak menyerupai lingkaran

Sumber : (Mohsenin, 1980)

SIFAT PERMUKAAN, TEKSTUR, DAN KEKERASAN

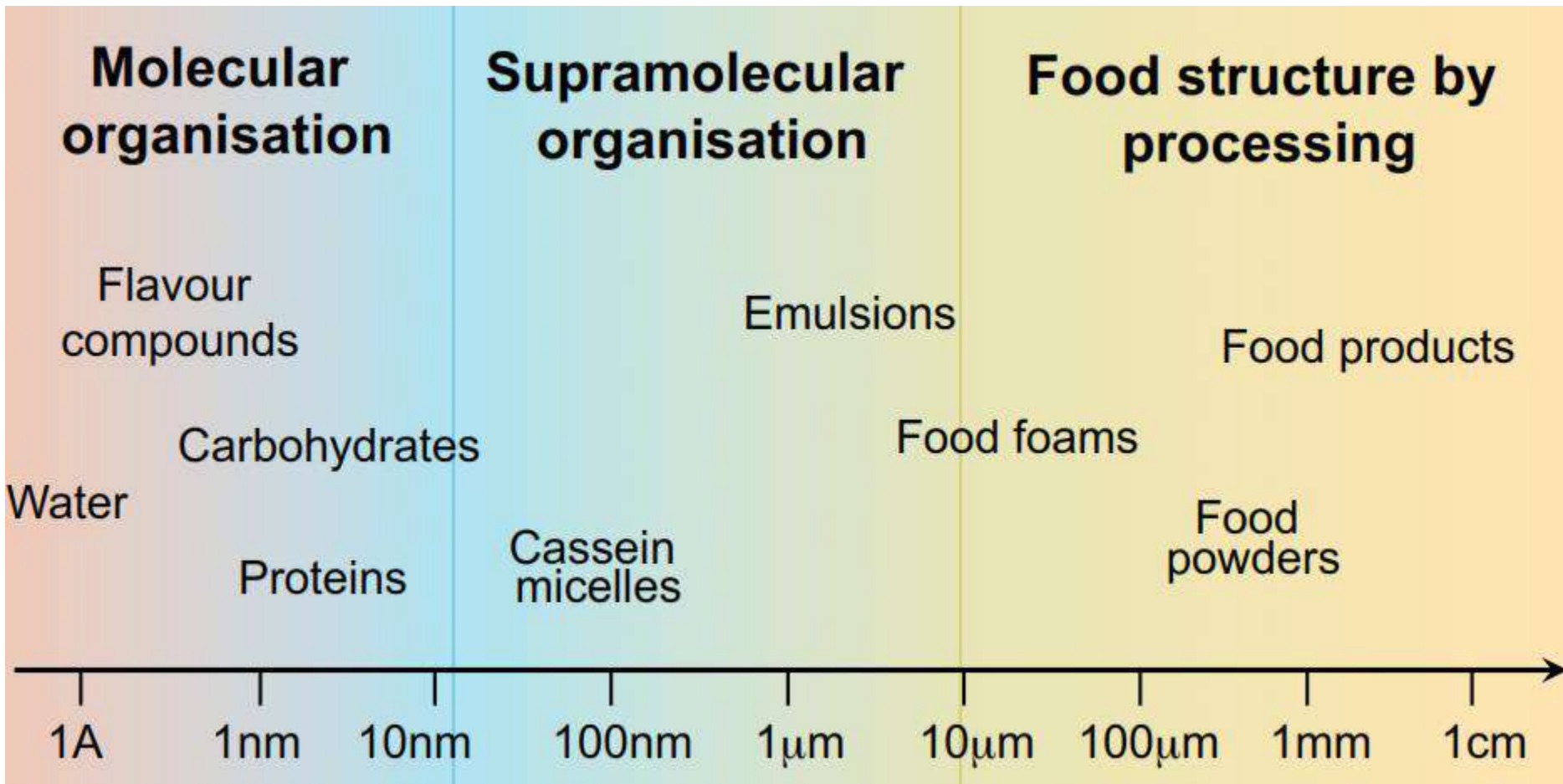
- Sifat permukaan bahan : Halus-kasar. sifat kerataan permukaan : permukaan rata dan sifat permukaan tidak rata (bergelombang).
- Tekstur bahan hasil pertanian biasanya dihubungkan dengan kesan mulut bila bahan itu dikunyah setelah dimasak. Tekstur dinyatakan sebagai *mealy* atau berasa tepung, *gritty* atau *sandy* untuk rasa berpasir, dan *sticky* untuk rasa pulen.





Size--Ukuran (Panjang/Lebar)

Sesuai dimensi konteks : makro molekul s/d struktur pangan



Alat/Instrumen pengukur & cara: harus sesuai konteksnya



Berat = Bobot = weight

- ❖ Adalah ukuran gaya gravitasi yang beraksi pada benda/material. → Gaya → $F = mg$
- ❖ Dlm banyak aplikasi B atau $W = \text{massa!}$
- ❖ Massa adalah sifat intrinsik/karakteristik yg melekat pada benda/obyek
- ❖ Bobot + relatif, tgg/dipengaruhi oleh gaya gravitasi. → ukuran seberapa kuat gravitasi beraksi pada benda tsb.
- ❖ Lokasi menentukan: → di bumi dg di bulan?
- ❖ Std Percepatan Gravitasi bumi: 9.80665 m/s^2 ($\pm 32.174 \text{ ft/s}^2$)
- ❖ Rumus: $W = mg$ → m massa, $g = \text{gravitasi}$



Volume

- ❖ **Volume** suatu bahan padat, cair /liquid, plasma, vacuum atau obyek teoritis adalah ukuran banyaknya ruang 3 (tiga) dimensional yang ditempati , yang sering di kuantifikasi secara numerik.
- ❖ **Gambar bentuk satu dimensi, dan dua dimensi (empat persegi)** memiliki volume 0 (nol) dalam ruang tiga dimensi.
- ❖ **Volume** sering dinyatakan dalam satuan-satuan spt mL, L or cm^3 or m^3 (milliliters, centimeters kubik).



Dalam Praktek Penelitian Pangan

- ❖ Volume suatu bentuk (*boundary volume*) adalah volume suatu benda/bahan yg diukur dengan mempertimbangkan bentuk geometrinya
- ❖ Volume benda² yg reguler mudah dihitung;
 - ➔ Bgmn anda menghitung Vol benda² yg ukurannya tidak beraturan ?
 - ➔ volume roti?
 - ➔ buah-buahan? More??
- ❖ Volume benda/bahan pangan: dapat diukur/hitung dengan menggunakan:
 - Gaya apung (buoyancy force)
 - Cairan
 - Gas
 - Adsorpsi gas
 - Pengisian ruang dg Bhn solid/padatan lain (displacement)
 - Dapat pula di prakirakan dari dimensi-dimensi geometrinya



Overrun

- ❖ Adalah satuan untuk mengukur proses pemerangkapan udara didalam campuran kristal es, krim susu, susu skim, dan gula pada proses pembuatan eskrim
- ❖ Adalah satuan yang mengukur banyaknya udara (volume) per satuan bobot cair eskrim.
- ❖ Diukur dengan menimbang cairan eskrim (susu, lemak, gula, flavoring, emulsifier, stabilizer, dll), dalam satu wadah yg diketahui bobotnya, diaduk dengan kecepatan tertentu, sampai bobot memenuhi overrun yg diinginkan.



Luas

Luas permukaan dapat dihitung dg dua cara:

- ❖ **Luas bagian luar suatu partikel/obyek: sesuai/ tergantung bentuk**
- ❖ **Luas bagian dalam → luas pori-pori suatu permukaan utk suatu bahan yang “porous”**
 - **Bisa dg menggunakan aproksimasi bentuk geometri “euclidian”: spt bundar, kubik, ellipsoid, dll.**
- ❖ **Distribusi ukuran pori-pori dapat digunakan utk melakukan prakiraan/aproksimasi/ meramalkan atau berkorelasi dg berbagai karakteristik bahan pangan dan tekstur.**
 - **sering juga dihubungkan dg distribusi ukuran partikel**

Common formulae for area:

Shape	Equation	Variables
<u>Square</u>	s^2	s is the length of one side of the square.
Regular <u>triangle</u> (<u>equilateral triangle</u>)	$\frac{\sqrt{3}}{4}s^2$	s is the length of one side of the triangle.
Regular <u>hexagon</u>	$\frac{3\sqrt{3}}{2}s^2$	s is the length of one side of the hexagon.
Regular <u>octagon</u>	$2(1 + \sqrt{2})s^2$	s is the length of one side of the octagon.
Any regular polygon	$\frac{1}{2}ap$	a is the <u>apothem</u> , or the radius of an inscribed circle in the polygon, and p is the perimeter of the polygon.
Any regular polygon	$\frac{ns^2}{4 \cdot \tan(\pi/n)}$	s is the sidelength and n is the number of sides.
Any regular polygon (using degree measure)	$\frac{ns^2}{4 \cdot \tan(180^\circ/n)}$	s is the sidelength and n is the number of sides.
<u>Rectangle</u>	lw	l and w are the lengths of the rectangle's sides (length and width).
<u>Parallelogram</u> (in general)	bh	b and h are the length of the base and the length of the perpendicular height, respectively.



Satuan luas

- ❖ are (a) = 100 square meters (m²)
- ❖ hectare (ha) = 100 ares (a) = 10000 square meters (m²)
- ❖ square kilometre (km²) = 100 hectars (ha) = 10000 ares (a) = 1000000 square metres (m²)
- ❖ square megametre (Mm²) = 10¹² square metres
- ❖ square foot = 144 square inches = 0.09290304 square metres (m²)
- ❖ square yard = 9 square feet (0.84 m²) = 0.83612736 square metres (m²)
- ❖ square perch = 30.25 square yards = 25.2928526 square metres (m²)
- ❖ acre = 10 square chains (also one furlong by one chain); or 160 square perches; or 4840 square yards; or 43,560 square feet (4,047 m²) = 4046.8564224 square metres (m²) \approx 40% of a hectare



<u>Rhombus</u>	$\frac{1}{2}ab$	a and b are the lengths of the two <u>diagonals</u> of the rhombus.
<u>Triangle</u>	$\frac{1}{2}bh$	b and h are the <u>base</u> and <u>altitude</u> (measured perpendicular to the base), respectively.
<u>Triangle</u>	$\frac{1}{2}ab \sin(C)$	a and b are any two sides, and C is the angle between them.
<u>Circle</u>	πr^2 or $\frac{\pi d^2}{4}$	r is the radius and d the <u>diameter</u> .
<u>Ellipse</u>	πab	a and b are the <u>semi-major</u> and <u>semi-minor</u> axes, respectively.
<u>Trapezoid</u>	$\frac{1}{2}(a + b)h$	a and b are the parallel sides and h the distance (height) between the parallels.
Total surface area of a <u>Cylinder</u>	$\frac{1}{2}(a + b)h$	r and h are the radius and height, respectively.
Lateral surface area of a <u>cylinder</u>	$2\pi rh$	r and h are the radius and height, respectively.



Total surface area of a <u>Cone</u>	$\pi r(l + r)$	r and l are the radius and <u>slant height</u> , respectively.
Lateral surface area of a cone	$\pi r l$	r and l are the radius and slant height, respectively.
Total surface area of a <u>Sphere</u>	$4\pi r^2$ or πd^2	r and d are the radius and diameter, respectively.
Total surface area of an <u>ellipsoid</u>		See the article.
<u>Circular sector</u>	$\frac{1}{2} r^2 \theta$	r and θ are the radius and angle (in <u>radians</u>), respectively.
<u>Square</u> to circular area conversion	$\frac{4}{\pi} A$	A is the area of the <u>square</u> in square units.
<u>Circular</u> to square area conversion	$\frac{1}{4} C \pi$	C is the area of the <u>circle</u> in circular units.



Distribusi Ukuran Partikel (particle size distribution)

- ❖ Dalam berbagai kasus penelitian pangan, seringkali karakteristik fisik, sifat² rekayasa bhn/pangan pada proses pengolahan ditentukan tidak hanya oleh bentuk, ukuran, tapi pada distribusi ukuran partikel.
- ❖ Kristal Soft, Medium, Hard fraction (minyak sawit, lemak susu dll) → memiliki distribusi ukuran yg unik, tgt pd suhu, fase kristalisasi, kondisi ruang, umur (kristal), dll
- ❖ Likewise: threshold mouthfeel: Grittiness, sandiness, cold, dll
- ❖ Penggilingan (size reduction), pencampuran, kristalisasi, fraksinasi → concern dg PSD.
- ❖ Kinetik pertumbuhan mikroba, kristal, struktur porous (crumb, extrudates, etc), bhn biologis, dll



Densitas (density)

❖ Densitas bahan (ρ_m) adalah massa per volume bahan tsb

❖ Rumus: $\rho = \frac{m}{V}$ → Satuan? SI, fps?

- ρ = densitas,
- m = massa bahan
- V = volume

❖ True density: Densitas bahan murni atau komposit dihitung dari densitas komponennya (hukum kekekalan massa)

Rao, Rizvi, and Datta, 2005. Engineering Prop of Foods. Taylor&Francis



Densitas bahan

- ❖ ρ_m → Dihitung jika bahan sudah dihancurkan sedemikian rupa (dijamin) tidak ada potongan² kecil yg msh mungkin mengandung pori² (struktur porous).

Densitas Partikel:

- ❖ ρ_p → adalah densitas suatu partikel (hancuran halus bahan) yg mungkin masih mengandung pori² di dalamnya

Apparent Density (densitas tampak):

- ❖ ρ_a → Densitas suatu bahan termasuk pori² yg dikandungnya



Densitas Kamba (Bulk density)

❖ $\rho_B \rightarrow$ Adalah densitas bahan yg diukur secara kamba.

❖ Pengukuran Densitas

❖ $\rho_a \rightarrow$ dg daya apung buoyancy

$$\rho_a = \rho_w * m/G$$

– m = massa bhn diudara &

– G = mass bhn didalam air



Densitas kamba tepung/bubuk?

- ❖ Densitas kamba teraerasi (Aerated bulk density)
- ❖ Densitas kamba tuang (Poured bulk density)
- ❖ Densitas Kamba tuang-pelan (Tap density)
- ❖ Densitas kamba terkompakkan (Compacted bulk density)

DENSITAS KAMBA DAN DENSITAS NYATA

- Densitas nyata adalah ukuran jumlah massa bahan per satuan volume yang nyata-nyata ditempati oleh bahan jadi, tidak termasuk ruang kosong di antaranya. Densitas kamba merupakan ukuran jumlah massa bahan per volume yang ditempatinya termasuk ruang kosong di antara bahan.
- volume yang sebenarnya ditempati oleh bahan diperoleh dengan cara pengukuran volume cairan yang dipindahkan oleh massa bahan, umumnya digunakan *toluene* sebagai cairannya. Pengukuran volume dilakukan dengan menggunakan gelas ukur.

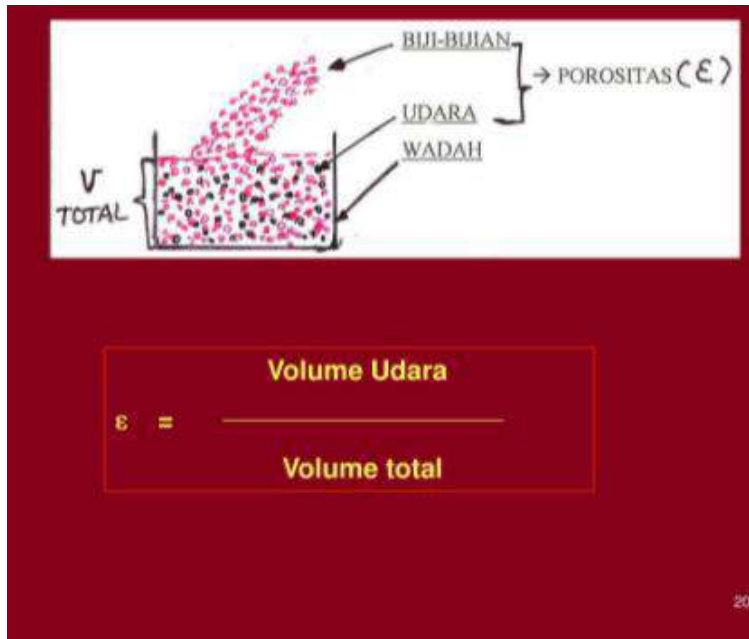
$$\text{DENSITAS} = \frac{\text{MASSA}}{\text{VOLUME}} \quad \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{DENSITAS BULK} = \frac{\text{MASSA}}{\text{VOLUME BULK}}$$

Densitas Kamba Beberapa Hasil Pertanian

Jenis Bahan	Densitas Kamba (kg/m ³)
Jagung pipil	720,9
Sorgum (canel)	640,8 – 720,9
Kacang tanah pipil	240,3 – 304,4
Gabah	512,6 – 576,7
Beras	480,6
Kacang kedelai	400,5 – 544,7
Cengkeh biji	769,0

Sumber: Considine dan Considine (1982)



HUBUNGAN, POROSITAS, DENSITAS BULK & PADATAN

$$\text{POROSITAS } (\epsilon) = \frac{\text{VOLUME UDARA}}{\text{VOLUME TOTAL BULK}}$$

$$\text{POROSITAS} = \frac{\text{VOLUME TOTAL BULK} - \text{VOLUME BAHAN PADAT}}{\text{VOLUME TOTAL BULK}}$$

$$= 1 - \frac{\text{VOLUME BAHAN PADAT}}{\text{VOLUME TOTAL BULK}}$$

Massa padat dan Bulk sama sehingga

$$= 1 - \frac{\text{DENSITAS BULK}}{\text{DENSITAS PADATAN}}$$

$$= 1 - \frac{\rho_b}{\rho_s} = \frac{\rho_s - \rho_b}{\rho_s}$$

$b = \text{Bulk}$
 $s = \text{Solid}$



Berat Jenis (Specific Gravity)

- ❖ Adalah rasio densitas bhn padat/cair dg densitas air pada suhu dan tekanan yg spesifik, yaitu 4°C (39.2°F) dan 1 atm (760.00 mmHg) \rightarrow shg dimensionless!

$$\text{SG} = \frac{\rho_{\text{substance}}}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}}$$

$\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ = Densitas air pd 4°C (39.2°F) dan tek. normal 1 atm .



Thermal Properties

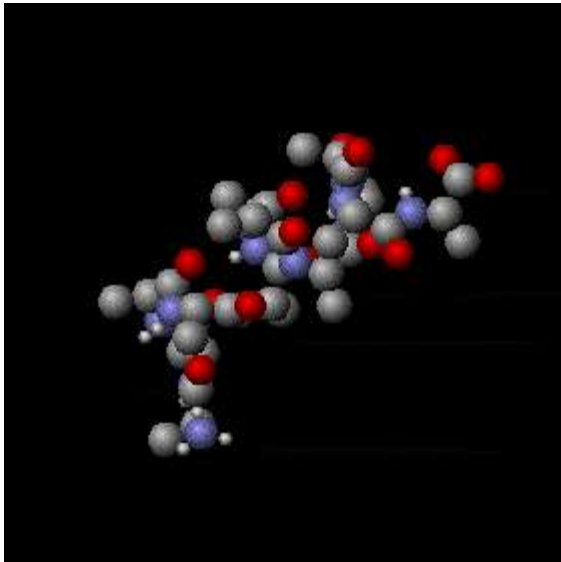
- ❖ “Specific Heat” = panas jenis = panas spesifik
- ❖ Panas jenis bahan (c_p) adalah banyaknya energi panas yg diperlukan utk menaikkan satu interval suhu bhn.

$$\text{❖ } \Delta Q = mc_p \Delta T$$

- ΔQ = energi panas yg diberikan atau diambil dari bahan;
- m = massa bahan; dalam suatu reaksi kimia jika diketahui jumlah mol, maka $m = n \rightarrow \Delta Q = nc_p \Delta T$
- c_p panas jenis (panas spesifik)
- ΔT selisih suhu awal dg suhu akhir reaksi/proses



Specific Heat = Panas jenis bahan



Bhn	Cp (J/Kg°C)
Air	$4176.2 - 0.0909 t + 5.4731 \cdot 10^{-3} t^2$
Es	$2062.3 + 6.0769 t$
Protein	$2008.2 + 1.2089 t + 1.3129 \cdot 10^{-3} t^2$
Lemak	$1984.2 + 1.4373 t + 4.8008 \cdot 10^{-3} t^2$
KH	$1548.8 + 1.9625 t + 5.9399 \cdot 10^{-3} t^2$
Serat	$1845.9 + 1.8306 t + 4.6509 \cdot 10^{-3} t^2$
Abu	$1092.6 + 1.8896 t + 3.6817 \cdot 10^{-3} t^2$

$$C_p = \sum x_i c_{pi}$$

[Thermally Agitated Molecule.gif](#)
 (280 × 280 pixels, file size: 158 KB,
 MIME type: image/gif)

Simple linear predictive eq:

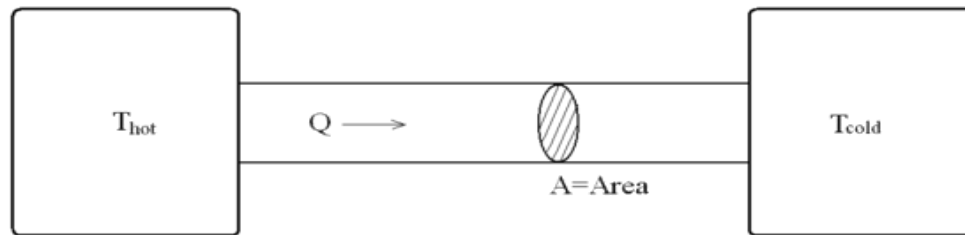
$C_p = a + b x_w \rightarrow a, b$ konstanta empirik, w fraksi massa air

$$= c_w x_w + 4.19(\alpha + 0.001 t) (1 - x_w) - \beta \exp(-43 x_w^{2.3})$$



Thermal conductivity

❖ **Thermal conductivity, k , = daya hantar panas adalah sifat yg menunjukkan kemampuan suatu bahan utk menghantar panas.**



$$H = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = k \times A \times \frac{\Delta T}{x}$$

Q = heat [Joules]
 $\Delta T = T_{\text{hot}} - T_{\text{cold}}$

$\frac{\Delta Q}{\Delta t}$ is the rate of heat flow,

k is the thermal conductivity,

A is the total cross sectional area of conducting surface,

ΔT is temperature difference and,

x is the thickness of conducting surface separating the 2 temperatures



k dapat dianggap sebagai “flux energi panas”

Flux

- ❖ **Yaitu: (energy per satuan luas per satuan waktu) dibagi dg satu gradien suhu (selisih atau perbedaan suhu per satuan panjang jarak)**

$$k = \frac{\Delta Q}{A \times \Delta t} \times \frac{x}{\Delta T}$$

- ❖ **Satuannya adalah (SI): $W/(m \cdot K)$ dan satuan Inggris: $Btu/(hr \cdot ft \cdot ^\circ F)$.**
- ❖ **Konversi antara dua satuan tsb adalah:**
 $1 Btu/(hr \cdot ft \cdot ^\circ F) = 1.730735 W/(m \cdot K)$



Enthalpy

- ❖ Enthalpy tidak ubahnya/sama dg kapasitas panas suatu bahan → kandungan panas/satuan bobot pada tekanan dan volume yg relevan

$$H = U + pV,$$

- H = enthalpy (joules; BTU/lb; kcal/kg)
- U = *energi internal*
- p = tekanan pd sistem tsb (Pa; Atm)
- V = volume, m^3 ; ft^3

→ Dlm aplikasi yg sering digunakan: Enthalpy pada uap air. Shg sering didefinisikan kandungan panas uap/steam (panas) per satuan bobot.

- ❖ Bisa berubah karena suhu &/ kondisi lain (P)



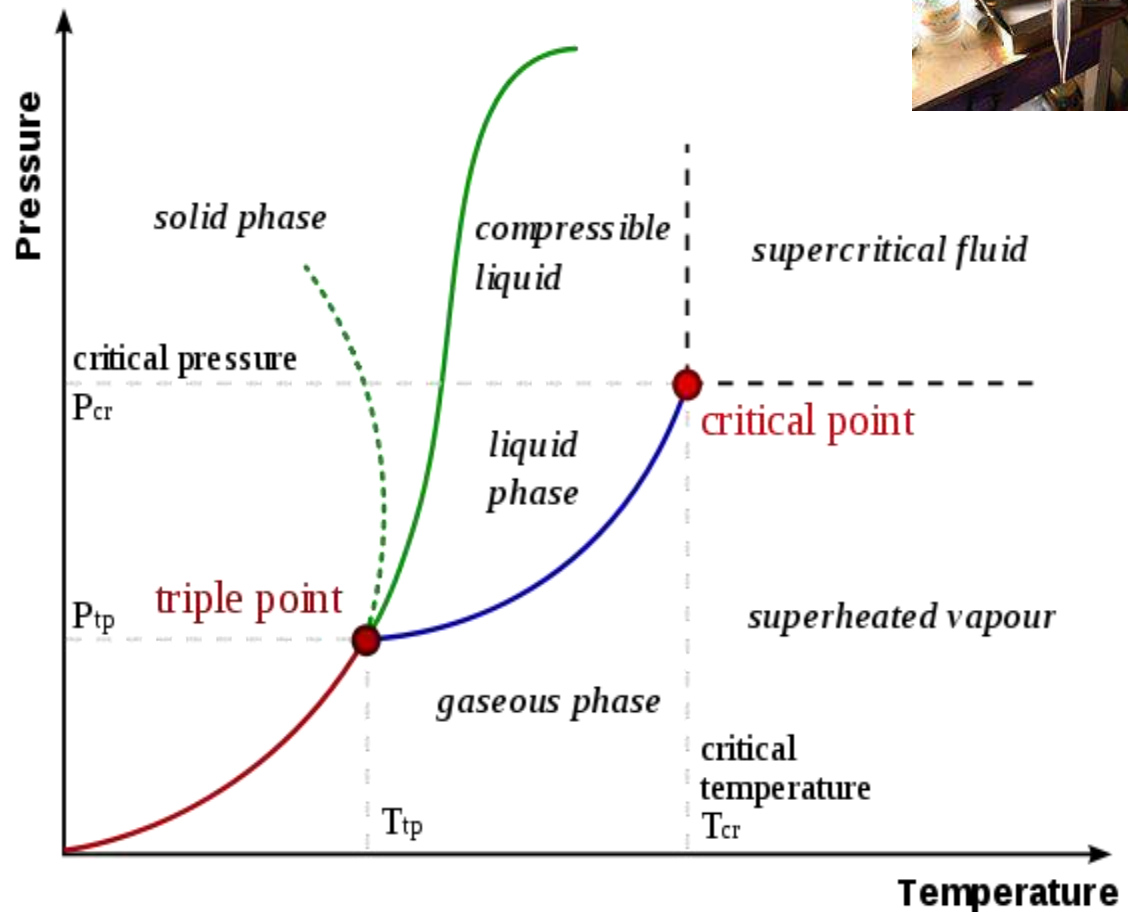
Tripple Point Diagram

Carbon dioxide creating a fog when cooling from supercritical to critical temperature

In physical chemistry, thermodynamics, chemistry and condensed matter physics, a critical point, also called a critical state, specifies the conditions (temperature and pressure) at which a phase boundary ceases to exist. For example, consider a liquid-vapor system heated within a confined space.

As temperature increases, the liquid density decreases while the density of the vapor increases. The critical point is defined as the temperature and pressure at which they become equal.

The heat of vaporization is zero at and beyond this critical point, so there is no distinction between the two phases. The equilibrium system is a homogeneous supercritical fluid





Freezing point

- ❖ Dikatakan Titik beku, jika sesuatu berubah fasa menjadi beku (padat)
- ❖ Konsepnya persis sama dengan titik leleh, karena pd umumnya titik leleh = titik beku
 - ➔ shg Titik leleh adalah kondisi dimana suatu bahan berubah fasa dari padat ke cair.
- ❖ Pada kondisi itu: massa pada dan cair berada pada kesetimbangan (equilibrium)
- ❖ Sangat terkait dengan tekanan dan konsentrasi suatu bahan terlarut
- ❖ T_b & T_l Air?



Boiling point

- ❖ Adalah suhu yg menunjukkan kondisi bahan mendidih.
- ❖ Ia sangat dipengaruhi oleh tekanan udara di permukaan bahan
- ❖ pada umumnya dapat dinyatakan sebagai kondisi bahan berubah fasa dari cair menjadi gas (uap)



Melting point

- ❖ The melting point of a solid is the temperature range at which it changes state from solid to liquid.
- ❖ At the melting point the solid and liquid phase exist in equilibrium.
- ❖ When considered as the temperature of the reverse change from liquid to solid, it is referred to as the freezing point.
- ❖ Because of the ability of some substances to supercool, the freezing point is not considered to be a characteristic property of a substance.

Supercooling, also known as *undercooling*,^[1] is the process of lowering the temperature of a liquid or a gas below its freezing point without it becoming a solid



Thermal diffusivity

- ❖ Thermal diffusivity (symbol: κ , D , $\rightarrow k$ paling sering umum digunakan) adalah rasio thermal conductivity dg volumetric heat capacity. It has the SI unit of m^2/s .

$$\alpha = \frac{k}{\rho C_p}$$

k : thermal conductivity (SI units: $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$)

ρ : density (kg/m^3)

C_p : specific heat capacity ($\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$)