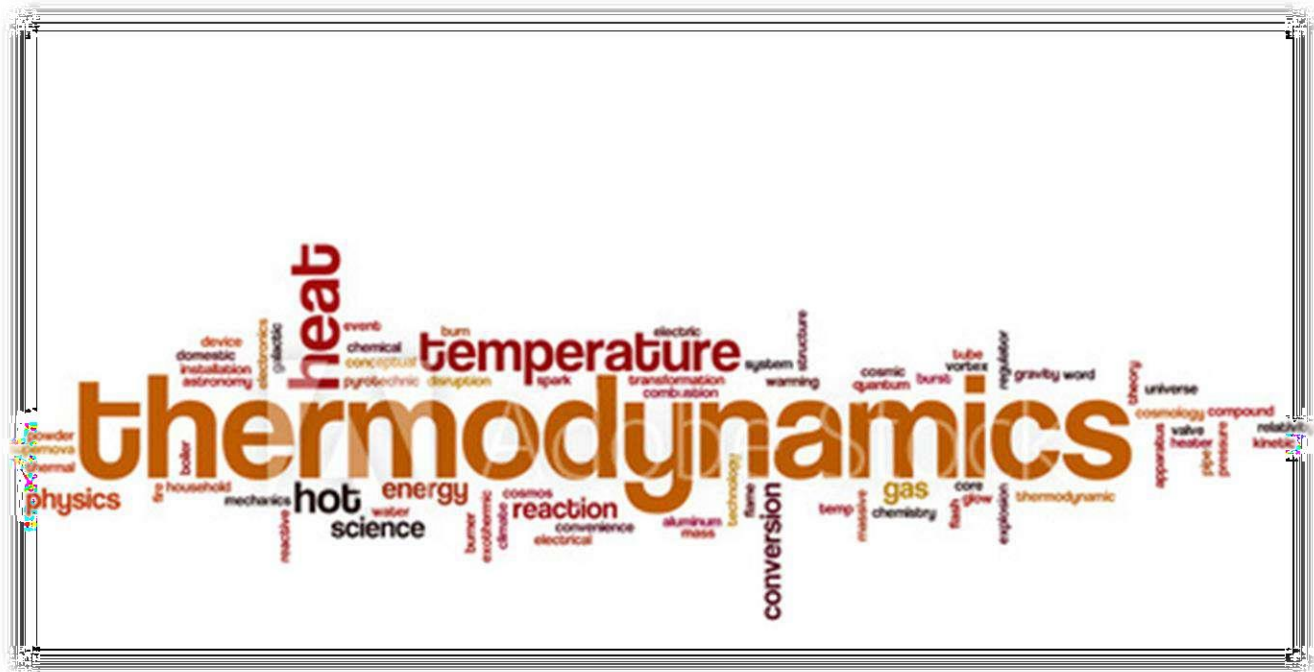




Outline Termodinamika TK 1

1. Besaran Termodinamika beserta satuannya

2. Hukum 1 Termodinamika dan konsep-konsep dasar

3. Sifat Volumetrik dari fluida murni

4. Efek Panas

5. Hukum II Termodinamika

6. Sifat-Sifat termodinamika fluida



Pendahuluan Termodinamika TK

SVNA chapter 1

ther·mo·dy·nam·ics /ˌTHərmōdīˈnamiks/

noun;

The branch of physical science that deals with the relations between heat and other forms of energy (such as mechanical, electrical, or chemical energy), and, by extension, of the relationships between all forms of energy.

Cabang Fisika yang berhubungan dengan konversi energi dari suatu bentuk energi menjadi bentuk energi yang lain dan pengaruhnya terhadap suhu, tekanan, volume, komposisi zat dan kerja

Awalnya:

mempelajari perubahan panas menjadi kerja pada mesin kalor



Sekarang :

mempelajari perubahan berbagai bentuk energi menjadi bentuk energi lain beserta hubungan antar sifat-sifat materi.

ther·mo·dy·nam·ics /ˌTHərmōdīˈnamiks/

Perkembangan termodinamika?



Tahun 1698,

- Thomas Savery menemukan mesin tenaga uap/steam engine, yang berfungsi mengkonversikan panas menjadi tenaga mekanik.

Tahun 1712,

- Thomas Newcomen membangun improved steam engine, tetapi harganya sangat mahal dan tidak layak.

Tahun 1765,

- James Watt menemukan steam engine pertama kali yang layak dan tidak mahal, dan memiliki 6 kali lebih efisiensi dari pada mesin yang ditemukan Newcomen. Mesin tenaga uap James Watt mempercepat revolusi industri.

Tahun 1824,

- Carnot memperkenalkan analisa siklus gas ideal (ideal gas cycle analysis), yang disebut "Reflection on the Motive Power of Fire".

ther·mo·dy·nam·ics
/ˌTHərmōdīˈnamiks/

Perkembangan termodinamika?



Tahun 1840an

Mayer, Joule dan Helmholtz

mengembangkan ide bahwa energi tidak bisa diciptakan dan dimusnahkan → Hukum Kekekalan Energi atau konservasi energi.

Prinsip ini dikenal dengan **Hukum Pertama termodinamika (1st Law of Thermodynamics)**.

*Energy can neither be created nor destroyed;
it can only change form*

(Energi tidak dapat diciptakan dan juga tidak dapat dimusnahkan; energi hanya dapat berubah bentuk)

ther·mo·dy·nam·ics /ˌTHərmōdīˈnamiks/

Perkembangan termodinamika?



Tahun 1850,

Rudolf Clausius

menyatakan bahwa tidak ada siklus yang dapat mentransfer panas dari bidang temperatur rendah ke tinggi dengan tanpa interaksi lain dengan sekelilingnya.

Prinsip ini dikenal dengan **Hukum Kedua termodinamika (2nd Law of Thermodynamics)**.

Energy in the form of heat only flows spontaneously from regions of higher temperature to regions of lower temperature.

(Energi dalam bentuk panas hanya mengalir secara spontan dari daerah yang temperatur lebih tinggi ke daerah temperatur lebih rendah.)

Energy has quality and is only spontaneously transferred in a specific direction.

(Energi mempunyai kualitas dan hanya ditransfer secara spontan didalam arah yang spesifik).



ARTI PENTING

Termodinamika bagi Teknik Kimia

- Perhitungan panas dan kerja yang dibutuhkan dalam proses fisika dan kimia
- Penentuan kondisi kesetimbangan reaksi dan kesetimbangan fase (suhu, tekanan, dan komposisi zat saat kesetimbangan tercapai)

Istilah-istilah penting

Sistem

bagian dari alam semesta yg
dipelajari/ dianalisis/ ditinjau

Lingkungan (surrounding)

segala sesuatu di luar
sistem/semesta yang ditinjau

Batasan sistem (system boundary)

Sebagai pemisah antara sistem dari lingkungannya

Istilah-istilah penting

Sifat (property)

Karakteristik suatu zat yang tidak tergantung pada peristiwa yang membawa zat ke kondisi saat ini.

karakteristik makroskopik suatu sistem, bisa terukur langsung atau tidak langsung

Meliputi: tekanan (P), suhu (T), massa (m), volume (V), dan energi internal (U).

Variabel yang TIDAK termasuk sifat → laju aliran massa, perpindahan panas (Q) dan kerja (W).

Klasifikasi Sifat Sistem



Sifat Intensif

tidak tergantung jumlah massa zat

contoh : T, P, ρ , volume spesifik, konsentrasi, energi per satuan massa, U, H, S, G , dll



Sifat Ekstensif

tergantung jumlah massa zat

contoh : Volume total (V_t), energi total, U_t, H_t, S_t, G_t dll

Istilah-istilah penting

Keadaan (state)

kondisi termodinamika yang ditentukan oleh sifat-sifat sistem

Sejumlah sifat sistem bisa menentukan keadaan sistem.

Berapa? (Jika zat homogen murni → cukup 2 sifat)

Yang tidak bisa menentukan keadaan → bukan sifat (contoh : kecepatan, laju alir, panas, kerja)

Proses

perubahan dari suatu keadaan
ke keadaan lain

Kesetimbangan (equilibrium)

suatu kondisi dimana semua sifat sistem tidak berubah terhadap waktu
(tetap)



Besaran Termodinamika beserta satuannya

SVNA chapter 1

Sub-CPMK 1 : Mahasiswa mampu mengevaluasi dan menjelaskan besaran termodinamika beserta satuannya

- Ketepatan menganalisis dan mengevaluasi satuan
- Ketepatan dalam menganalisis energi kinetik dan energi potensial

Besaran (Dimensions)

Besaran/Dimensi dasar (Fundamental Dimensions)

- 01** Dimensi dasar dapat diukur secara langsung atau didefinisikan secara independen. Seluruh dimensi lain dapat dicapai dari dimensi dasar.

Contoh: Masa, panjang, waktu, temperatur, dan mol.

Besaran/Dimensi turunan (Derived Dimensions)

- 02** Dapat dihitung atau diturunkan dengan mengalikan atau membagi dimensi dimensi dasar.

Contoh: luas, kecepatan, densitas dan volume.

Satuan (unit)

Nilai besaran ditentukan dengan suatu skala pengukuran yang disebut satuan (unit).

Hasil numerik tanpa satuan-satuan (units), tidak dapat diterima jika tidak hasilnya bilangan tidak berdimensi (*dimensionless*).

Satuan dapat memandu menyelesaikan persoalan atau membantu menentukan jika penyelesaiannya benar.

Jika satuan tidak benar, penyelesaiannya salah.

Satuan :

- SI (Sistem Internasional)
- Inggris (British Engineering units)

Satuan (unit)

SI (Sistem Internasional)

- SI : → cgs (centimeter, gram, second)
 → mks (meter, kilogram, second)
- Force (kerja) = N (newton) = $m \cdot a$ in $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
- Energi = J (joule) = N.m
- Multiples and decimal fractions of SI units are designated by prefixes, with symbol abbreviations

Satuan (unit)

Inggris (British Engineering units)

British : → ft (feet), lbm (pound mass), s (second)

satuan panjang lain : inch (in)

1 ft = 12 in

1 lbm = 0,45359237 kg $\approx$ 0,4536 kg

Fundamental Dimension	SI Units		English units	
Length	meter	(m)	foot	(ft)
Mass	kilogram	(kg)	pound-mass	(lbm)
Moles	gram-mole	(g-mol)	pound-mole	(lb-mol)
Temperature	Kelvin	(oK)	Rankine	(oR)
Time	second	(s)	second	(s)



Besaran untuk Jumlah atau Ukuran

sifat yang mudah diukur

- VOLUME
- TEMPERATUR
- TEKANAN

Volume



Ruang yang ditempati sistem.

Suatu sifat extensif yang penting dari sistem.

SI = m³, British = ft³

massa (m)

jumlah mol (n) → (mol atau gmol)

volume total (V^t)

densitas (ρ)

Volume molar : $V = \frac{V^t}{n}$

Volume spesifik: $V = \frac{V^t}{m}$

Molar Properties

Rasio setiap properti dengan jumlah mol dalam sistem. Sifat molar bersifat intensif!

Specific Properties

Rasio properti terhadap massa dalam sistem. Properti spesifik bersifat intensif!

Temperatur

Secara kualitatif » dinyatakan dengan rasa dingin, panas, hangat, sejuk

Secara kuantitatif » dinyatakan dengan skala tertentu » **termometer**

Skala/satuan suhu »

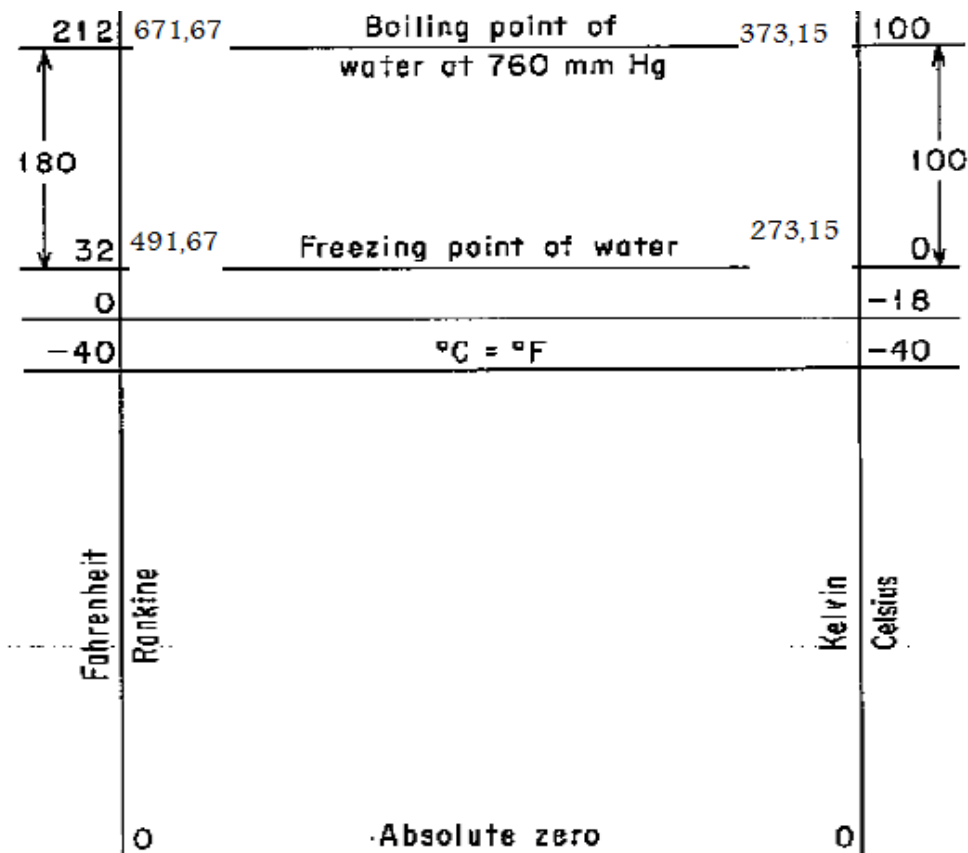
- relatif
- mutlak/absolut

Sistem Kelvin – Celcius

Sistem Rankine – Fahrenheit

Temperatur

Diagram suhu



Temperatur



Konversi suhu

$$T(K) = t(^{\circ}C) + 273,15$$

$$T(R) = \frac{9}{5}T(K) = 1,8 T(K)$$

$$t(^{\circ}F) = \frac{9}{5}t(^{\circ}C) + 32 = 1,8 t(^{\circ}C) + 32$$

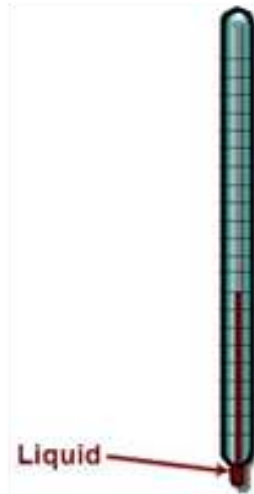
$$T(R) = t(^{\circ}F) + 459,67$$

Temperatur

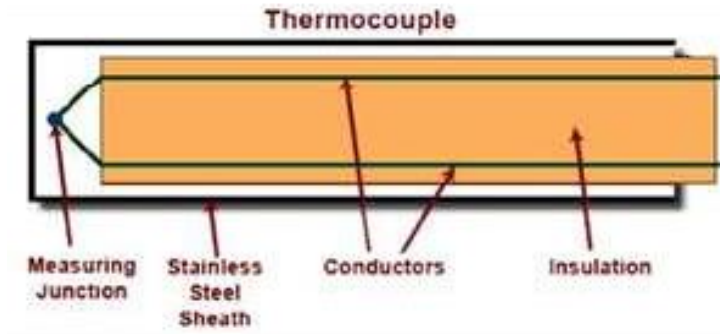
Zeroth Law of Thermodynamics

- states that if two objects are in thermal equilibrium with a third object then they are equilibrium with each other.

Thermometers



Thermocouples



Tekanan

Tekanan » gaya normal yang digunakan oleh fluida per luas unit permukaan.

Gaya per satuan luas yang dikerjakan oleh fluida (gas/cairan) pada permukaan padatan.

Gaya tekan bertindak ke seluruh arah karena penjumlahan dari seluruh tumbukan dari molekul-molekul fluida dengan permukaan padatan.

SI unit » force (N); area (m^2) » N/m^2 » **Pa** (pascal)

1 bar = 10^5 Pa = 0,986923 atm $\approx$ 1 atm

BEU » pound force per square inchi (**psi**)

1 atm = 760 mmHg = 760 torr = 14,696 psi = 101,325 kPa

Tekanan

Gravitasi » memberi tekanan sesuai dengan proporsi thd ketinggian

Tekanan diekspresikan sbg tinggi ekuivalen dari sebuah kolom fluida.

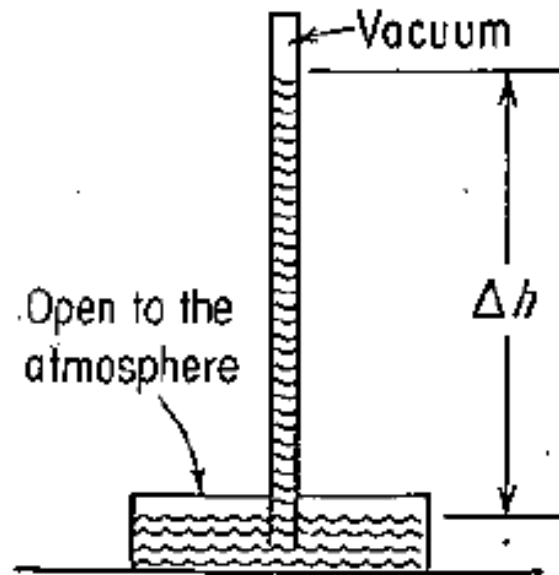
$$P = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{Ah\rho g}{A} \quad \gg \quad P = h\rho g$$

Prinsip kerja manometer.

P (tekanan) diperoleh dari ρ fluida (bergantung pada identitas fluida dan T_{nya}), dan percepatan gravitasi lokal.

Tekanan

Prinsip kerja manometer.



Tekanan

Tekanan alat » pressure gauge (P_g)

- ρgh

Tekanan atmosferik/barometrik » atmospheric pressure (Pa)

Tekanan absolut (absolute pressure):

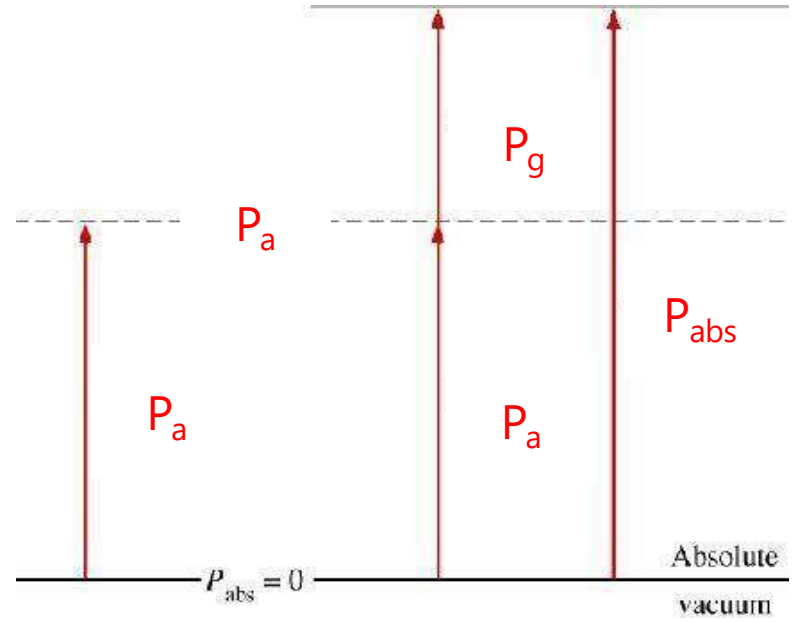
- $P_{abs} = P_g + P_a = \rho gh + P_a$

Termodinamika menggunakan tekanan absolut

Dalam satuan: psia (absolut); psig (gauge pressure)

Tekanan

$$P_{abs} = P_g + P_a = \rho gh + P_a$$



Tekanan

Alat Ukur Tekanan

Barometer

- Untuk mengukur tekanan didasar tangki yang berisi fluida pada ketinggian tertentu (h), dimana tekanan didasar tangki lebih besar dari tekanan di permukaan.

Manometer

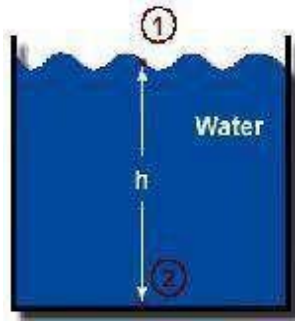
- Alat ukur yang paling sederhana untuk menetapkan perbedaan tekanan yang sedang

Differential Manometer

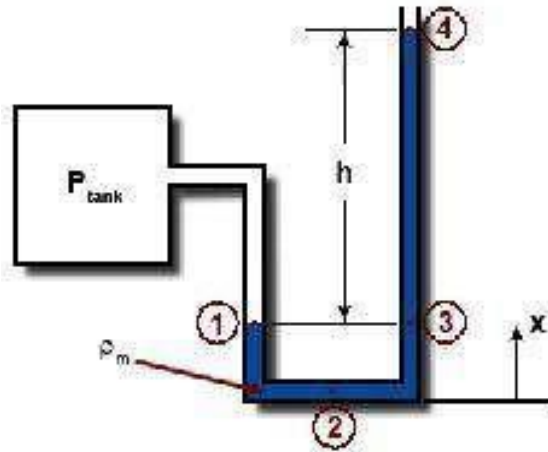
- Untuk mengukur perbedaan tekanan diantara dua titik

Tekanan

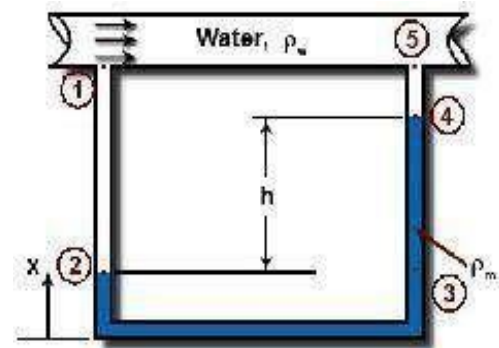
Alat Ukur Tekanan



$$P_2 = P_1 + \rho_w \frac{g}{g_c} h$$



$$P_{\text{tank}} = P_4 + \rho_m \frac{g}{g_c} h$$

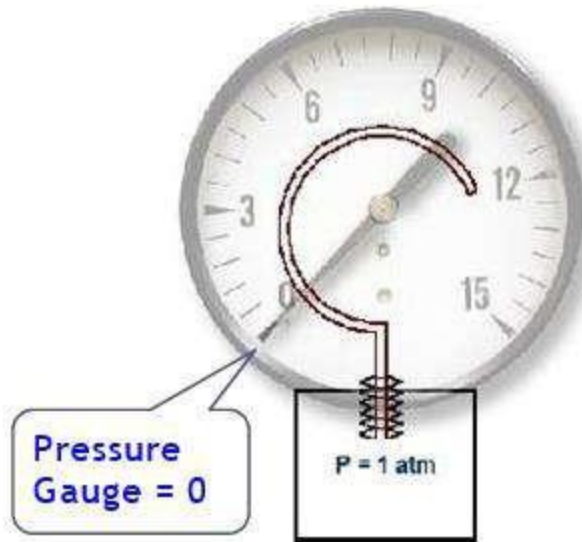


$$P_1 - P_5 = (\rho_m - \rho_w) \frac{g}{g_c} h$$

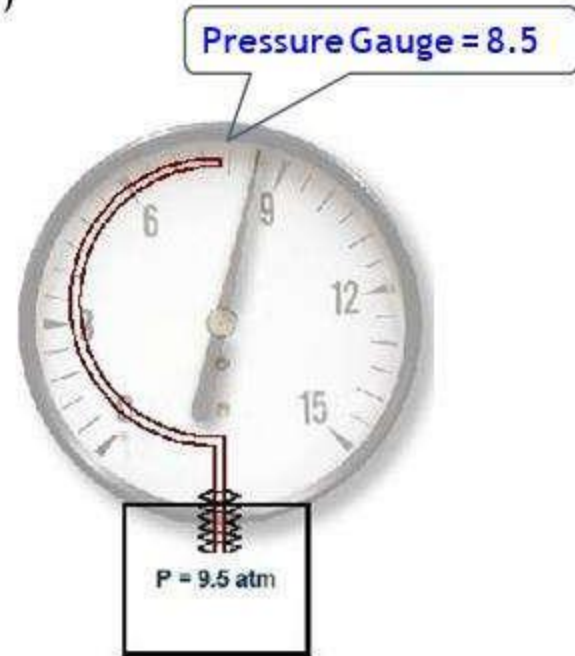
Tekanan

Alat Ukur Tekanan

- Bourdon Tube Pressure Gauge (C-type)
Pressure Transducers



Pressure Gauge = 0



Latihan

Suatu alat ukur tekanan (manometer) terbaca **5 kg/cm²**. Berapa **atm** tekanan yang terukur? Jika tekanan atmosferik adalah 1 atm, berapa **atm** tekanan absolutnya?

Latihan

Pada suhu 27°C , angka terbaca pada sebuah manometer yang terisi dengan *mercury* adalah 60,5 cm. Percepatan gravitasi lokalnya sebesar $9,784 \text{ m/s}^2$. Berapakah tekanan yang diwakilkan oleh ketinggian *mercury* tersebut?

Gaya (force)

SI » N » Newton's second law

Gaya (force) merupakan hasil dari massa (m) dan percepatan (a)

- $F = m \cdot a$

Gaya 1 N menyebabkan benda 1 kg bergerak dengan percepatan 1 m/s²;

- N » 1 kg.m/s²

Gaya (force)

Gaya (force) merupakan hasil dari massa (m) dan percepatan (a); $F = m \cdot a$

BEU » lbf (pound force)

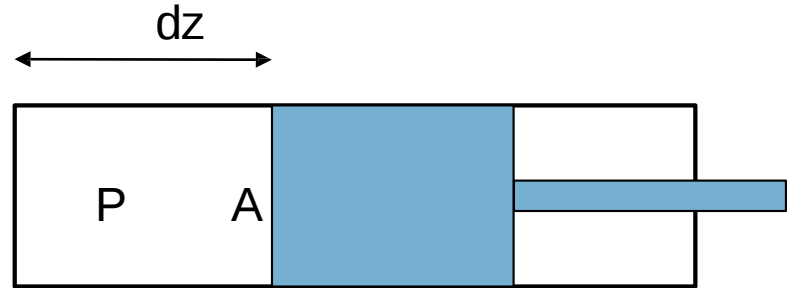
Gaya 1 lbf menyebabkan benda 1 lb bergerak dengan percepatan $32,1740 \text{ ft/s}^2$ » ada konstanta proporsi ($1/g_c$);

- $F = \frac{1}{g_c} m \cdot a$

$$1 \text{ lbf} = \dots N ?$$

Kerja (work)

$$W = Fs$$



Kerja = Gaya x jarak

Satuan :

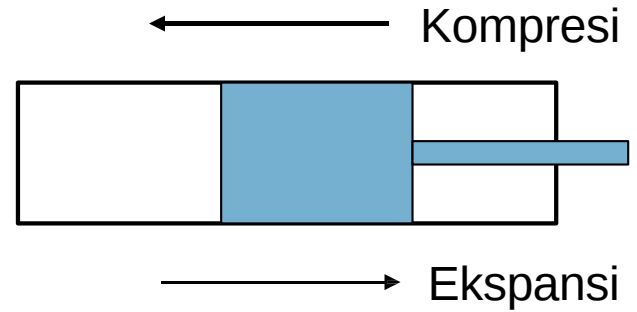
- 1 N.m = 1 joule = 1 J
- 1 dyne.cm = 1 erg

Kompresi dan ekspansi fluida pada silinder piston.

- Gaya piston = pressure pada fluida → perubahan volume fluida

Kerja (work)

$$W = - \int_{V_1}^{V_2} P dV$$



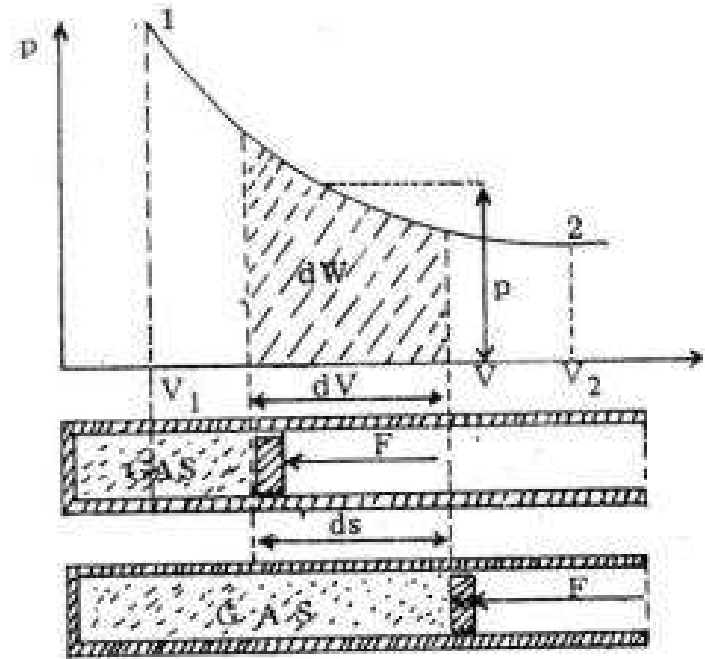
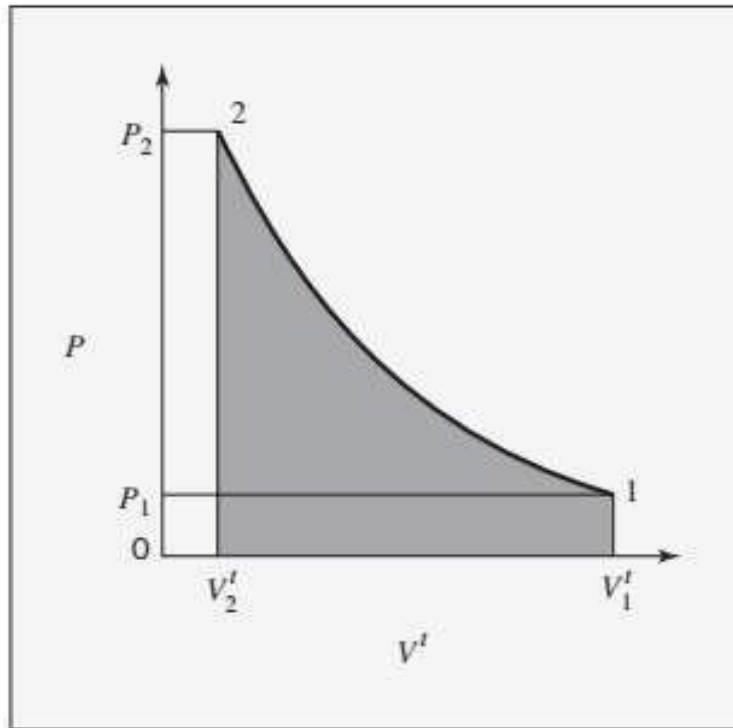
W (-) : sistem melakukan kerja

W (+) : sistem dikenai kerja

Ekspansi : $V_2 > V_1$

Kompresi : $V_2 < V_1$

Kerja (work)



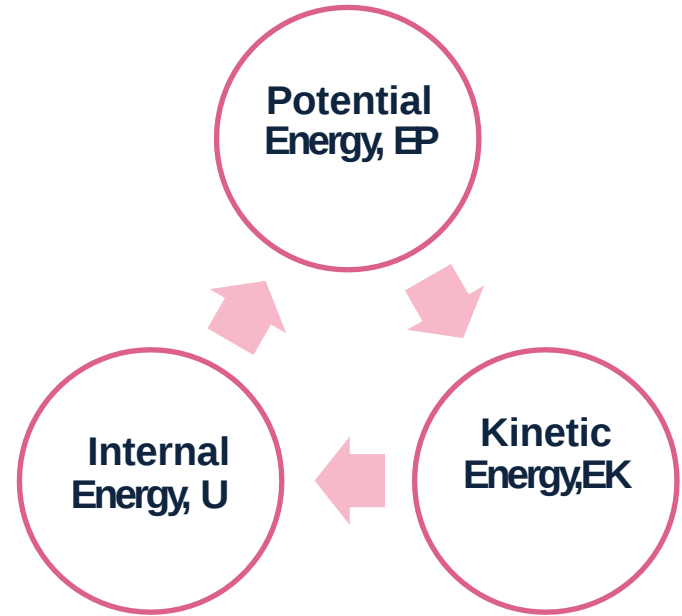
Energy



Energi merupakan kapasitas untuk melakukan kerja; dan energi dapat disimpan dan dipindahkan

Three general forms of Energy

posisi sistem didalam bidang potensial



struktur dan gerakan
molekul didalam sistem

kecepatan linier dan
angular dari sistem

Kinetic Energy, EK

Energi yang terkait dengan kecepatan linier atau angular dari sistem

v = kecepatan objek

Velocity $\rightarrow$ initial v_1 ke v_2

$$EK = \frac{1}{2}mv^2$$

SI $\rightarrow kgm^2s^{-2}$

British $\rightarrow$ pembagi gc $\rightarrow$ satuan EK?

Potential Energy, EP

Energi yang terkait dengan posisi sistem didalam bidang potensial.

z = ketinggian dari objek diatas bidang datar referensi

Elevasi $\rightarrow$ initial z_1 ke z_2

$$F = mg$$

$$W = F(z_2 - z_1)$$

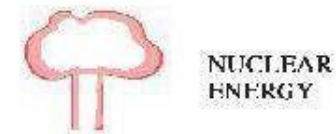
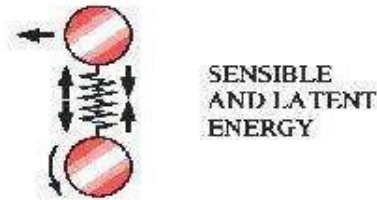
$$EP = mgz$$

$$SI \rightarrow kgm^2s^{-2}$$

British $\rightarrow$ pembagi gc $\rightarrow$ satuan EP?

Internal Energy, U

Energi yang terkait dengan struktur dan gerakan molekul didalam sistem



Konservasi energi

Kerja dapat dipulihkan (recovery) dengan melakukan proses sebaliknya dan mengembalikan ke kondisi awal (sebelum dikenai energi).

Energy = capacity for doing work

work is energy *in transit* and is never regarded as residing in a body. When work is done and does not appear simultaneously as work elsewhere, it is converted into another form of energy

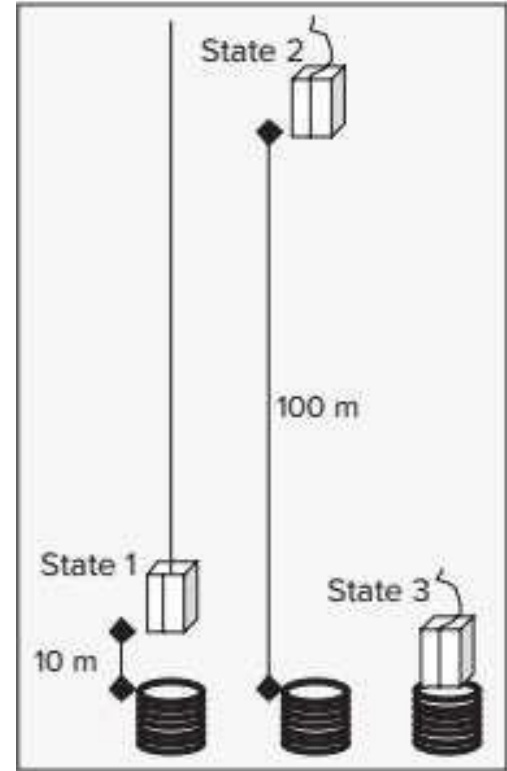
Latihan

An elevator with a mass of 2500 kg rests at a level 10 m above the base of an elevator shaft. It is raised to 100 m above the base of the shaft, where the cable holding it breaks. The elevator falls freely to the base of the shaft and strikes a strong spring. The spring is designed to bring the elevator to rest and, by means of a catch arrangement, to hold the elevator at the position of maximum spring compression.

Assuming the entire process to be frictionless, and taking $g = 9.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, calculate:

- (a) The potential energy of the elevator in its initial position relative to its base.
- (b) The work done in raising the elevator.
- (c) The potential energy of the elevator in its highest position.
- (d) The velocity and kinetic energy of the elevator just before it strikes the spring.
- (e) The potential energy of the compressed spring.

1. An elevator with a mass of 2500 kg rests at a level 10 m above the base of an elevator shaft.
2. It is raised to 100 m above the base of the shaft, where the cable holding it breaks.
3. The elevator falls freely to the base of the shaft and strikes a strong spring.



Heat (panas)

- Salah satu bentuk energi
- Satuan panas = satuan energi
 - joule = J (SI)
 - kalori = kal
 - 1 kal = 4,18 J
- **1 kal** = panas yang diberikan pada 1 gram air sehingga suhunya naik 1°C
- **1 Btu** = panas yang diberikan pada 1 lb air sehingga suhunya naik 1°F
- Kapasitas panas/ Kapasitas panas jenis = C_p
Satuan C_p : 1 kal/(g °C) = 1 Btu/(lb °F)

Daya

Energi per satuan waktu

$$P = \frac{W}{t}$$

Satuan :

- 1 joule/detik = 1 watt = 1 W
- 1 hp = 745,7 W $\approx$ 750 W

Tugas 01

The turbines in a hydroelectric plant are fed by water falling from a 50 m height. Assuming 91% efficiency for conversion of potential to electrical energy, and 8% loss of the resulting power in transmission, what is the mass flow rate of water required to power a 200 W light bulb?

Tugas 02

A team from Engineers Without Borders constructs a system to supply water to a mountainside village located 1800 m above sea level from a spring in the valley below at 1500 m above sea level.

- When the pipe from the spring to the village is full of water, but no water is flowing, what is the pressure difference between the end of the pipe at the spring and the end of the pipe in the village?
- What is the change in gravitational potential energy of a liter of water when it is pumped from the spring to the village?
- What is the minimum amount of work required to pump a liter of water from the spring to the village?

End of the 1st sub-CPMK

» First Thermodynamics' Law & other basic concepts