

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



HUKUM 1 TERMODINAMIKA DAN KONSEP-KONSEP DASAR

SVNA chapter 2

Sub-CPMK 2 : Mahasiswa mampu mengevaluasi dan menerapkan konsep dasar hukum termodinamika pertama

- Ketepatan menganalisis neraca energi pada sistem tertutup maupun sistem terbuka

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,
bisa diam atau bergerak

Sistem

Sistem Tertutup

- **Tidak** mengizinkan perpindahan **massa** melalui batas sistem

Sistem Terbuka (volume atur)

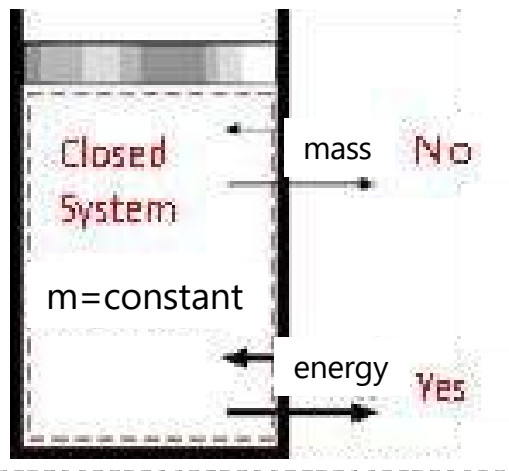
- Mengizinkan perpindahan **massa** melalui batas sistem

Sistem Terisolasi

- Tidak mengizinkan perpindahan **massa** maupun **panas/energi** melalui batas sistem

Jenis sistem

Closed System (Sistem Tertutup)



Sejumlah masa tetap.

Tidak ada massa yang melintasi batasan sistem.

Fluida didalam silinder dari alat piston-dan-silinder merupakan contoh sistem tertutup dengan batasan yang bergerak.

Batasan sistem ditunjukkan pada diagram dengan garis hitam yang putus-putus.

Joule's experiments

Sejumlah kerja pada fluida dengan diaduk $\rightarrow$ perubahan T pada fluida yang secara akurat dapat diperkirakan.

Untuk setiap fluida, sejumlah kerja per satuan massa dibutuhkan untuk meningkatkan setiap derajat suhu yang disebabkan oleh pengadukan, dan suhu mula-mula fluida dipulihkan dengan transfer panas melalui kontak sederhana dengan objek yang lebih dingin.

Hubungan kerja dan panas.

Panas (Heat) adalah salah satu bentuk energi.

Internal energy (U)

Energi yang dimiliki benda karena aktivitas dalam atom, gerakan molekul-molekulnya, interaksi antar molekul.

Tidak diketahui berapa besar absolutnya

Gerakan molekul → energi kinetik.

Gaya antar molekul → energi potensial

Penambahan panas → meningkatkan pergerakan molecular → meningkatkan energi dalam sebuah senyawa.

The First Law of Thermodynamics

“

Although energy assumes many forms, the total quantity of energy is constant, and when energy disappears in one form it appears simultaneously in other forms.

Energi memiliki banyak bentuk, tetapi kuantitas total energi adalah tetap, jika suatu bentuk energi hilang, maka akan muncul dalam bentuk lain.

Neraca Energi pada sistem (konservasi energi)

The First Law of Thermodynamics

$$\Delta(\text{Energi pd sistem}) + \Delta(\text{Energi pd lingkungan}) = 0$$

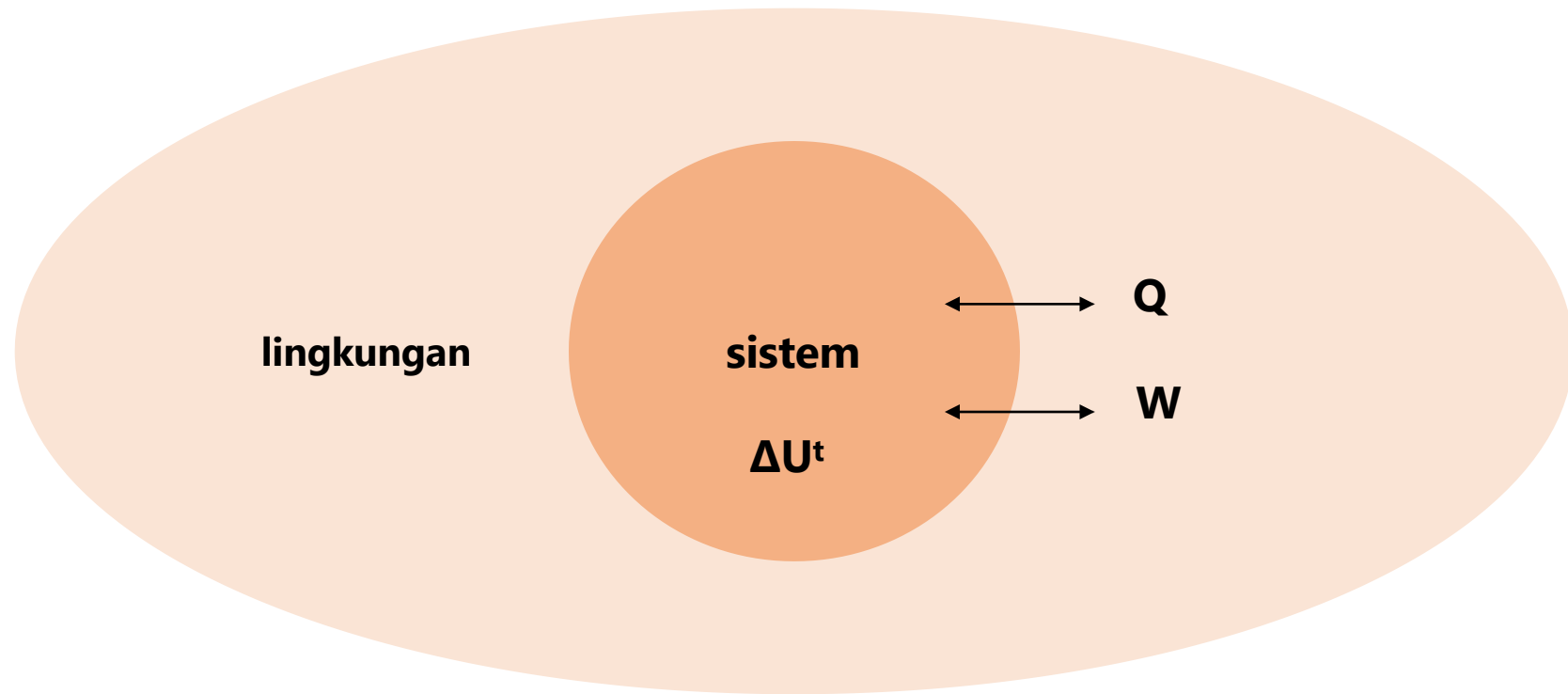
Kerja dan Panas mewakili **energy in transit** melewati batas antara sistem dan lingkungan, dan tidak tersimpan dalam sistem.

Energi potensial, kinetik, dan energi dalam, tinggal dan tersimpan dalam sistem.

Kerja dan Panas → energi yang mengalir dari atau ke sistem;

Energi potensial, kinetik, dan energi dalam → sejumlah energi yang terkait dalam sebuah sistem.

The First Law of Thermodynamics



ΔU^t = perubahan energi dalam (joule, kalori)

Q = panas (joule, kalori)

W = kerja (joule, kalori)

The First Law of Thermodynamics

- **pada sistem tertutup dan diam**

$$\Delta(\text{Energi pd lingkungan}) = \pm Q \pm W$$

positive for transfer **into** the system from the surroundings

- Pada lingkup lingkungan $\rightarrow Q_{lingkungan}$ dan $W_{lingkungan}$
- Tanda berlawanan dengan Q_{sistem} dan W_{sistem}

$$\Delta(\text{Energi pd lingkungan}) = Q_{lingkungan} + W_{lingkungan} = -Q_{sistem} - W_{sistem}$$

The First Law of Thermodynamics

- **pada sistem tertutup dan diam**

$$\Delta(\text{Energi pd sistem}) = Q + W$$

- Total perubahan energi pada sistem adalah jumlah net energi yang dipindahkan ke sistem dalam bentuk Kerja (W) atau Panas (Q).

$$\Delta U^t = Q + W$$

$$dU^t = dQ + dW$$

- ΔU^t = perubahan energi dalam (joule, kalori); Q = panas (joule, kalori); W = kerja (joule, kalori)

ΔU^t = perubahan energi dalam

- Sifat keadaan termodinamika.
- U^t bergantung pada kuantitas bahan dalam sistem (*extensive properties*).

$$U^t = mU \quad \text{atau} \quad U^t = nU$$

- Although U^t for a homogeneous system of arbitrary size are extensive properties, specific and molar internal energy U are intensive.

$$\Delta(nU) = n \Delta U = Q + W$$

$$d(nU) = n dU = dQ + dW$$

Latihan 01

The Niagara river, separating the United States from Canada, flows from Lake Erie to Lake Ontario. These lakes differ in elevation by about 100 m. Most of this drop occurs over Niagara Falls and in the rapids just above and below the falls, creating a natural opportunity for hydroelectric power generation. The Robert Moses hydroelectric power plant draws water from the river well above the falls and discharges it well below them. It has a peak capacity of 2,300,000 kW at a maximum water flow of $3,100,000 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$. In the following, take 1 kg of water as the system.

- What is the potential energy of the water flowing out of Lake Erie, relative to the surface of Lake Ontario?
- At peak capacity, what fraction of this potential energy is converted to electrical energy in the Robert Moses power plant?
- If the temperature of the water is unchanged in the overall process, how much heat flows to or from it?

Equilibrium & Thermodynamic state

- Kestimbangan (*equilibrium*) → suatu kondisi dimana semua sifat sistem tidak berubah terhadap waktu (tetap).
- Mencakup pula tidak adanya tendensi untuk berubah.
- Tendensi untuk berubah dipengaruhi oleh hambatan dan driving force
- Contoh:
 - $Q = \Delta T/R$
 - $R = \text{sangat besar}$ atau $\Delta T = 0$

- Sistem dalam teknologi kimia → fluida
- Karakteristik/sifat primer → temperatur (T), tekanan (P), dan spesifik/molar volume (V)
- **PVT systems**

“ **Sifat makroskopik dari sistem PVT homogen pada keseimbangan internal dapat dinyatakan sebagai fungsi dari temperatur, tekanan, dan komposisinya.**

- Cek lagi persamaan di atas!
- **Ruas kiri = perubahan sifat termodinamis (T, P, dan spesifik V)**
- Ditunjukkan dengan sebuah angka pada grafik

Equilibrium & Thermodynamic state

Contoh:

- Gas nitrogen pada suhu 300 K dan tekanan 105 Pa (1 bar) memiliki volume atau densitas spesifik yang tetap dan energi internal molar yang tetap.
- Set lengkap sifat termodinamika intensif.
- Jika gas tersebut dipanaskan atau didinginkan, dikompres atau diperluas, dan kemudian **dikembalikan** ke suhu dan tekanan awalnya, sifat intensifnya dikembalikan ke nilai awalnya.

Fungsi keadaan (state function):

- Tidak bergantung pada sejarah keadaan yang dilewati oleh sistem tersebut ketika mencapai sebuah keadaan.
- Hanya bergantung pada keadaan sekarang (*present condition*).

Equilibrium & Thermodynamic state

- Penurunan sebuah fungsi keadaan → **terjadi perubahan** yang sangat kecil (*infinitesimal change*).
- Integrasinya → perbedaan dengan batasan 2 nilai → *initial & final state*

$$\int_{V_1}^{V_2} dV = V_2 - V_1 = \Delta V$$

dan

$$\int_{U_1}^{U_2} dU = U_2 - U_1 = \Delta U$$

Equilibrium & Thermodynamic state

- Cek lagi persamaan di atas!
- **Ruas kanan = kuantitas kerja (W) dan panas (Q)**
- Bukan sifat (*properties*)
 - Bergantung pada sifat dari **sebuah proses**.
 - Ditunjukkan dengan luasan area pada grafik.

- Penurunan dari Panas dan kerja → **tidak mengalami perubahan**, kecuali beda jumlah yang sangat kecil (*infinitesimal amounts*),
- Maka:

$$\int dQ = Q$$

dan

$$\int dW = W$$

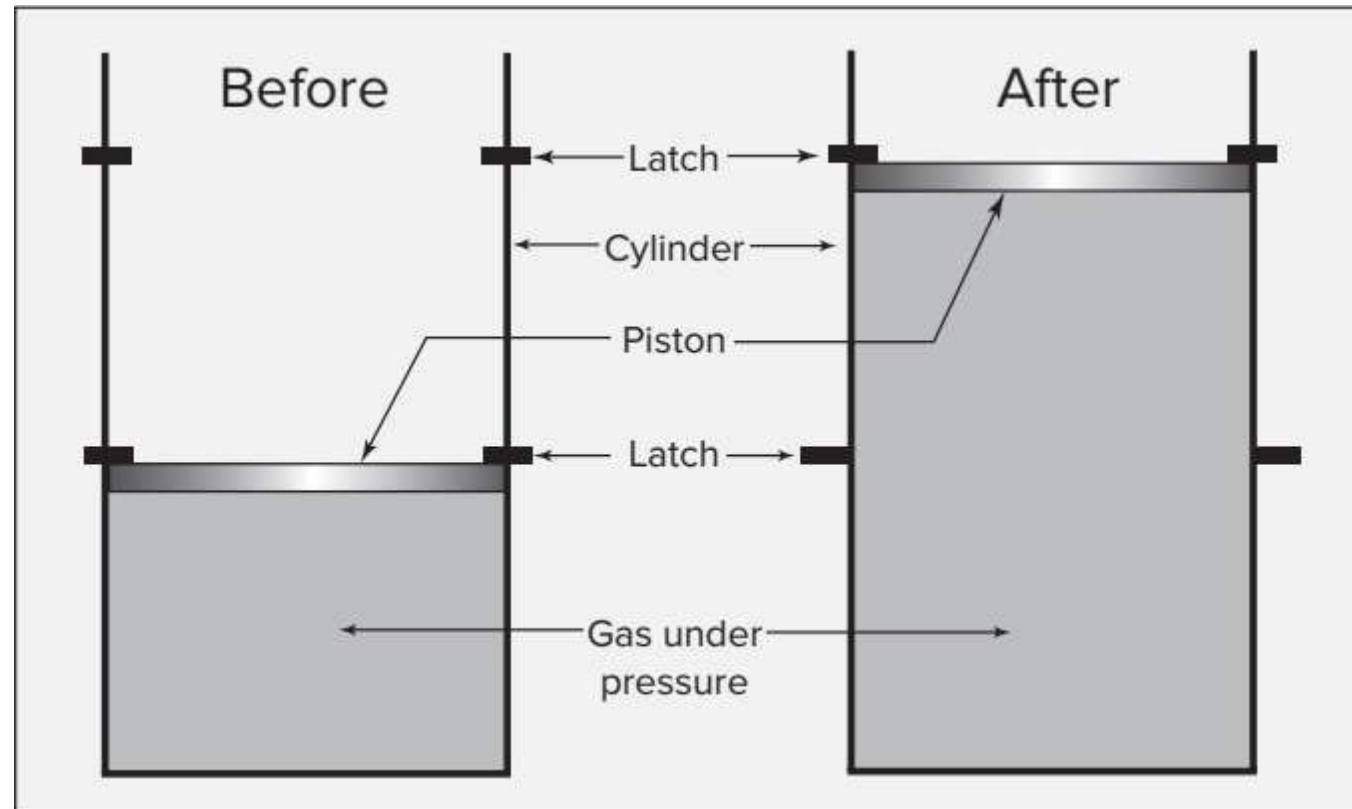
“

For a closed system undergoing the same change in state by several processes, experiment shows that the amounts of heat and work required differ for different processes, but that the sum $Q + W$ is the same for all processes.

Latihan 02

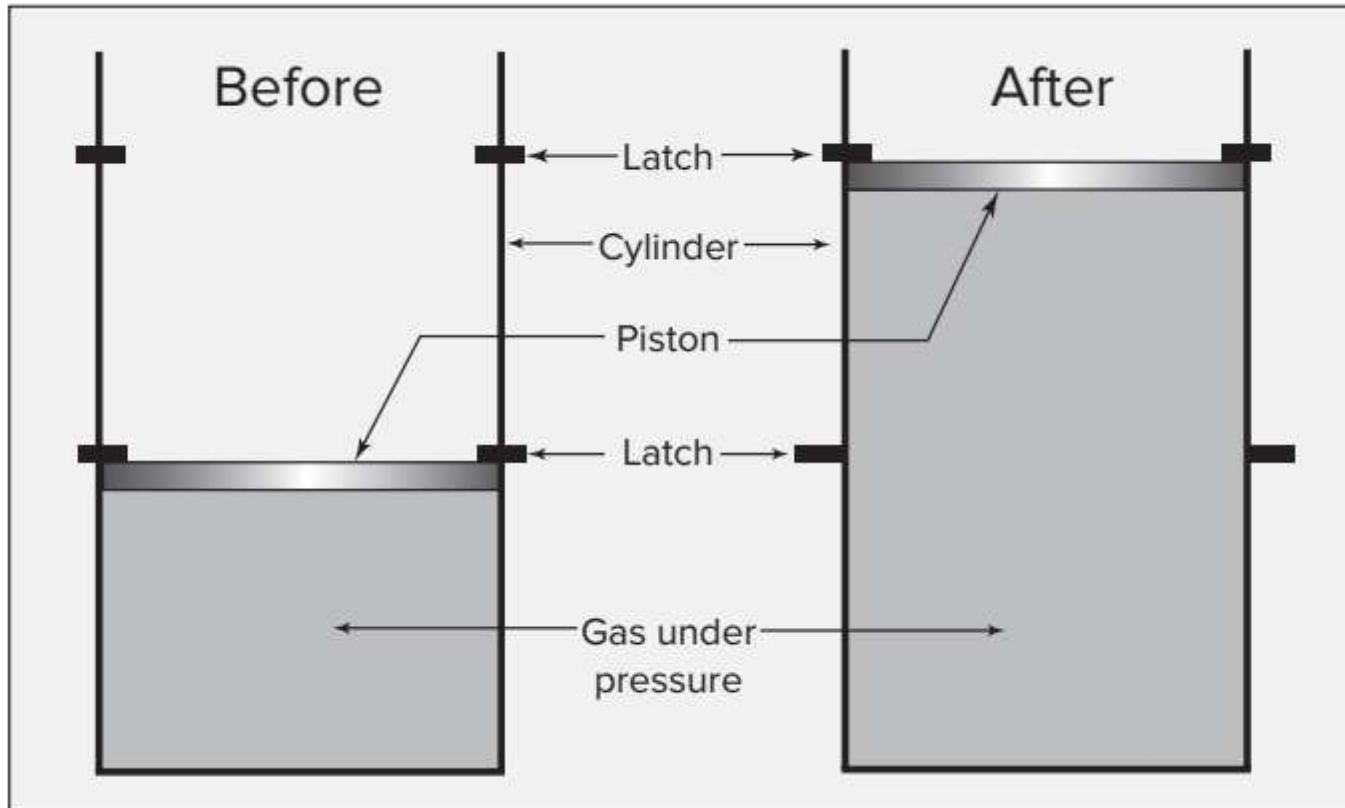
A gas is confined in a cylinder by a piston. The initial pressure of the gas is 7 bar, and the volume is 0.10 m^3 . The piston is held in place by latches.

- The whole apparatus is placed in a total vacuum. What is the energy change of the apparatus if the restraining latches are removed so that the gas suddenly expands to double its initial volume, the piston striking other latches at the end of the process?



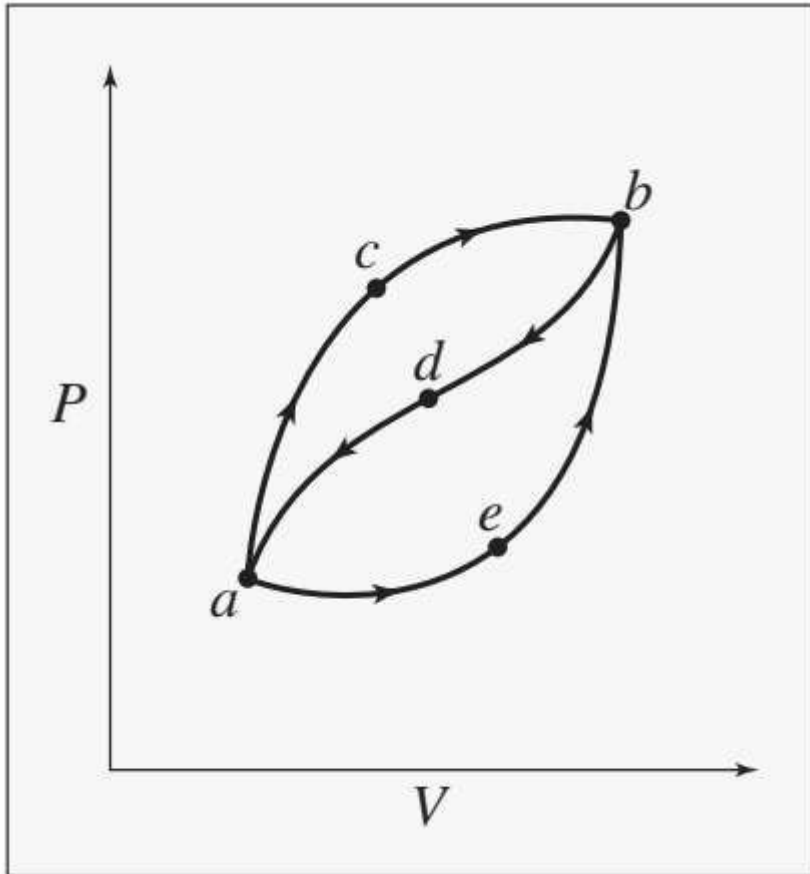
Latihan 02

A gas is confined in a cylinder by a piston. The initial pressure of the gas is 7 bar, and the volume is 0.10 m^3 . The piston is held in place by latches.



- The process described in (a) is repeated, but in air at 101.3 kPa , rather than in a vacuum. What is the energy change of the apparatus? Assume the rate of heat exchange between the apparatus and the surrounding air is slow compared with the rate at which the process occurs.

Latihan 03



om state a to state b in the accompanying
J of heat flows into the system and the

the system along path $a \rightarrow e \rightarrow b$ if the
s 20 J?

to a along path $b \rightarrow d \rightarrow a$. If the work done on
e system absorb or liberate heat? How

KAIDAH FASE

- Ketika terdapat 2 fase dalam keadaan setimbang, keadaan sistem ditentukan **hanya** dengan satu buah sifat.
- Sebuah campuran air terdiri dari steam dan liquid dalam keadaan setimbang (*equilibrium*) pada 101.325 kPa hanya pada suhu 373.15 K (100°C).
- Tidak mungkin untuk mengubah suhu tersebut, jika tanpa mengubah tekanan, jika vapor dan liquid diinginkan dalam keadaan tetap setimbang.

KAIDAH FASE

- The phase rule of J.Williard **Gibbs**:

$$F = 2 - \pi + N$$

F = derajat kebebasan; jumlah sifat intensif yang bisa ditentukan besarnya

π = jumlah fase

Fase = suatu materi yang homogen

N = jumlah komponen

Latihan 03

Tentukan derajat kebebasan dari campuran berikut:

- Liquid-water in equilibrium with its vapor
- Liquid-water in equilibrium with a mixture of water-vapor and nitrogen
- A liquid solution of alcohol in water in equilibrium with its vapor