

TERMODINAMIKA

PAF 211104

DOSEN PENGAMPU :
Dr. Kartika Sari, S.S.i., M.Si.



Materi kuliah sebelum UTS

1. Sistem Termodinamika
2. Proses dan Persamaan Keadaan
3. Kerja dan Kalor
4. Hukum 1 Termodinamika
5. Hukum 1 Termodinamika : Energi internal, adiabatik, gas ideal, mesin carnot, diesel dan bensin
6. Sifat-Sifat Zat Murni

Tujuan Pembelajaran

1. Mahasiswa mampu menjelaskan hukum I Termodinamika pada sistem terbuka dan tertutup
2. Mahasiswa mampu menjelaskan tentang hukum II Termodinamika dan entropi.
3. Mahasiswa mampu menyelesaikan persoalan fisika menyangkut transfer kalor pada sistem-sistem sederhana.

Kontrak Pembelajaran

1. Mahasiswa submit absensi sesuai dengan jadwal di Eldiru (max 10 menit setelah kuliah dimulai)
2. Mahasiswa submit tugas, kuis dan Ujian sesuai dengan jadwal di Eldiru
3. Mahasiswa diminta membuka kamera apabila sedang pelaksanaan kuis dan ujian

Penilaian :

1. Kehadiran : 10%
2. Tugas Mandiri dan Kelompok : 10%
3. Kuis : 10%
4. UTS : 20%

Rewards Kehadiran:

0-3 : 5 point

4-6 : 10 point

7 : 15 point

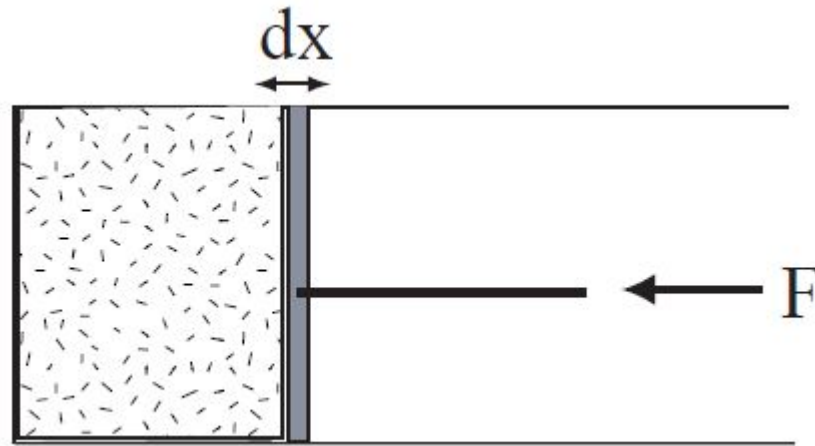
NA = 55 + 15 = 70

Total Nilai : 50%

Referensi

1. Thermodynamics; Kinetic Theory and Statistical Thermodynamics. FW. Sears dan GL. Salinger. 1986
2. Termodinamika, Prinsip dan Aplikasi. Michel A. Saad. 1997.

SISTEM TERMODINAMIKA



Termodinamika ??!

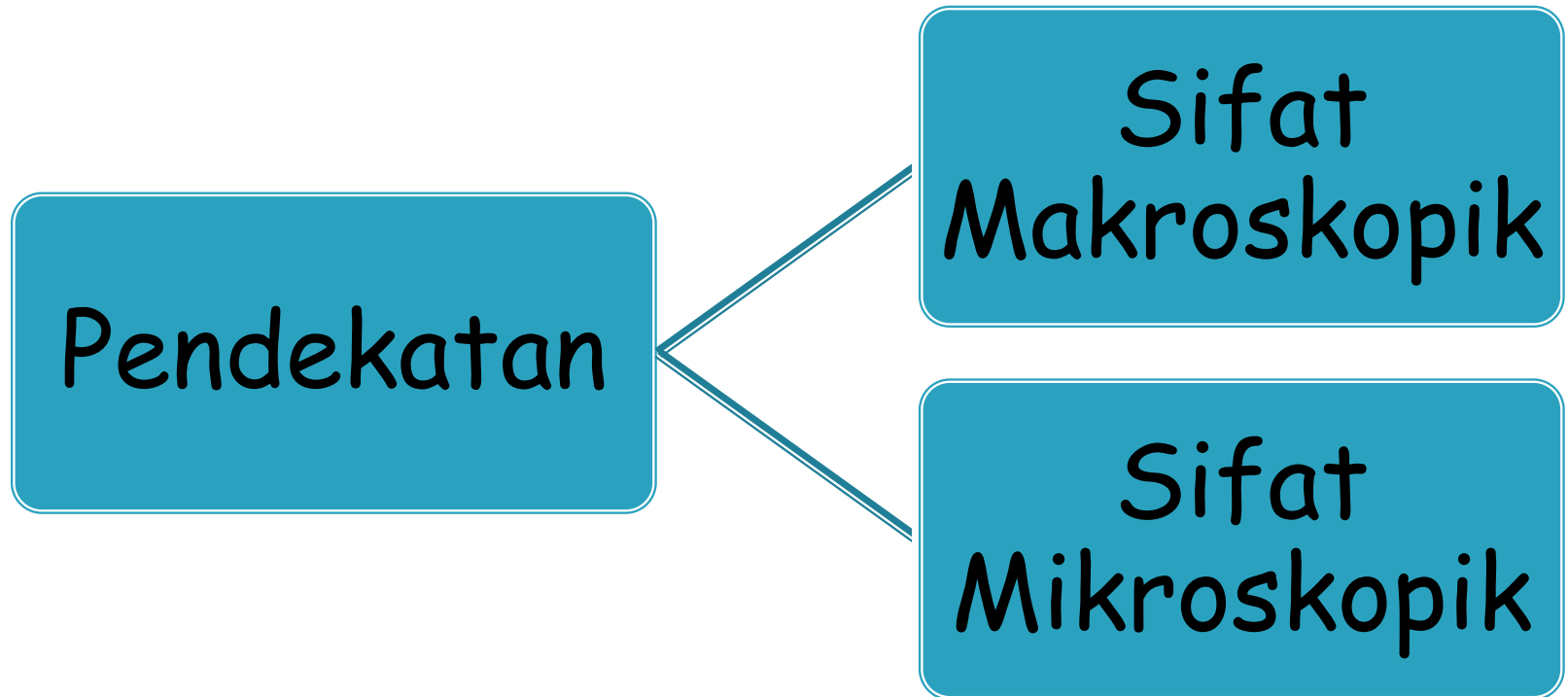


Ilmu yang mempelajari hubungan antara panas dan usaha serta sifat-sifat yang mendukung hubungan tersebut.

Tiga hukum yang menjadi dasar perubahan energi dalam termodinamika



- Hukum ke-nol (kalor mengalir dari tempat panas ke tempat dingin)
- Hukum termodinamika pertama (berhubungan erat dengan hukum kekekalan energi)
- Hukum termodinamika kedua (memberi batasan apakah suatu proses dapat terjadi atau tidak)



Ciri Sifat Makroskopik

1. Besaran teramati
2. Terukur secara langsung
3. Tanpa asumsi keadaan struktur materi
4. Besaran makroskopik (koordinat makroskopik) adalah tekanan (p), volume (V), temperature (θ), energi internal (U)
5. Eksperimental



Termodinamika

Ciri Sifat Mikroskopik

1. Ada pengandaian mengenai struktur materi (molekul dianggap ada)
2. Kuantitas diperinci
3. Tak teramati
4. Tak terukur
5. Konsep molekul, gerak, keadaan energi, interaksi
6. Merupakan termodinamika klasik atau murni



Fisika statistik (teori kinetik gas)

- Sifat-sifat yang mendefinisikan tingkat keadaan suatu sistem disebut : sifat bebas.
- Sifat-sifat yang menjadi tetap apabila tingkat keadaan sistem tersebut didefinisikan oleh sifat-sifat bebasnya disebut sifat-sifat tidak bebas.
- Contoh : jika tekanan dipilih sebagai sifat bebas, dan nilai sebesar 1 atm telah dipilih, maka temperature (sifat tak bebas) yang pada pada temperature air akan mendidih adalah 100°C

Hubungan makroskopik terhadap mikroskopik

1. Keadaan makroskopik merupakan perataan dari keadaan mikroskopik
2. Bila kedua pandangan diterapkan pada sistem yang sama, keduanya harus menghasilkan kesimpulan yang sama
3. Contoh :
Tekanan : perubahan momentum rata-rata karena tumbukan molekuler

Konsep
Termodinamika

```
graph LR; A[Konsep Termodinamika] --> B[Konsep Termal (kalor)]; A --> C[Konsep Dinamika (mekanika)];
```

Konsep Termal
(kalor)

Konsep Dinamika
(mekanika)

Termodinamika mempelajari hubungan antara usaha mekanis dan bentuk-bentuk energi lainnya, termasuk aliran kalor dan perubahan energi dalam suatu sistem



Sifat bahan ditinjau secara termodinamika bergantung pada suhu :

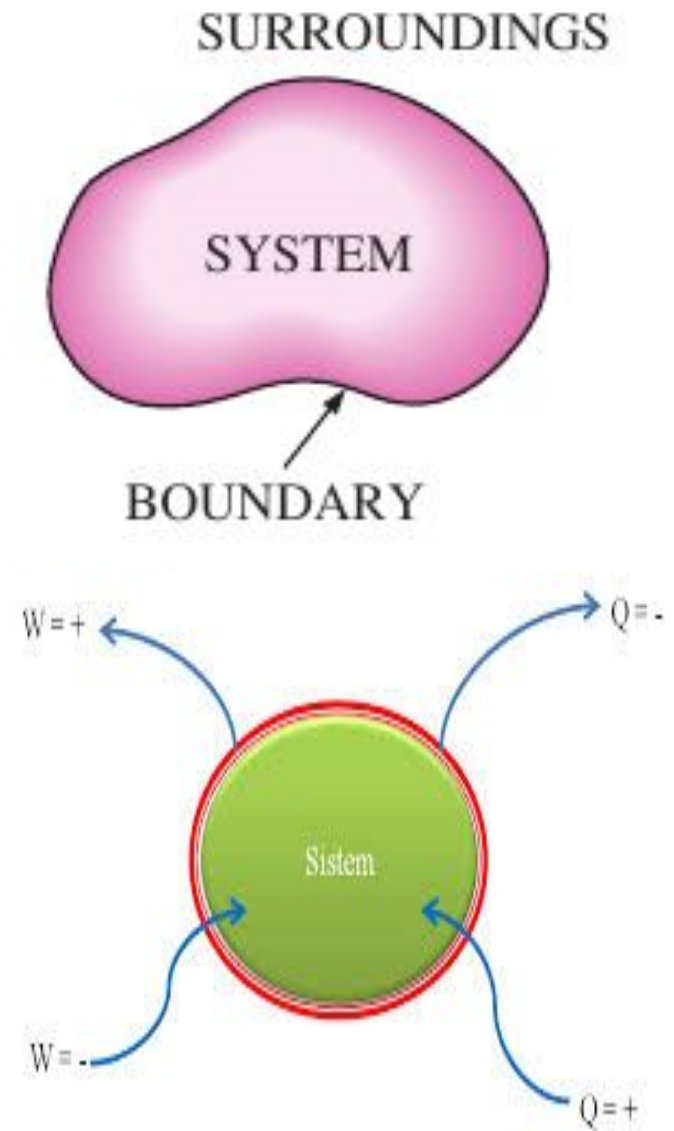
- Kalor jenis
- Koefisien pemuaian
- Kompresibilitas
- Koefisien dielektrik

2. Sistem Termodinamika

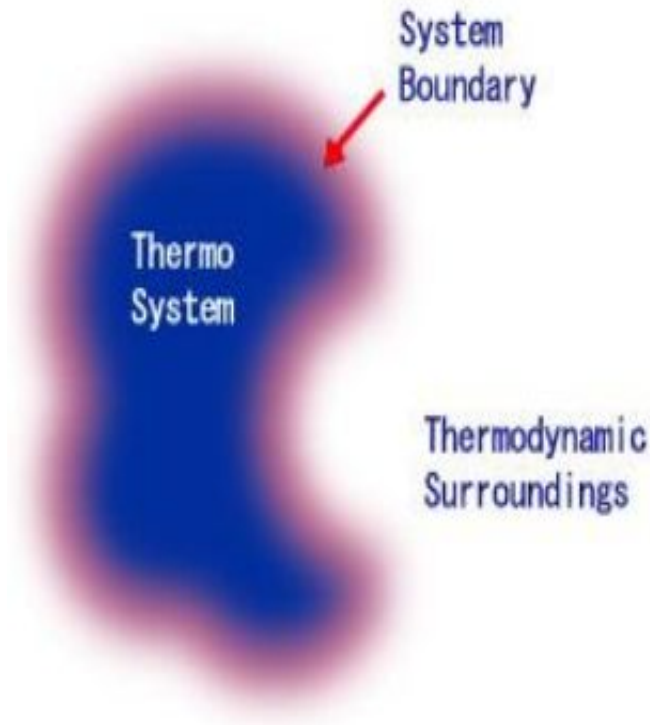
- ▣ **Koordinat termodinamika** : kuantitas makroskopik yang berkaitan dengan keadaan internal suatu sistem
- ▣ **Tujuan termodinamika** : mencari hubungan umum antara koordinat termodinamika yang taat asas dengan hukum pokok termodinamika
- ▣ **Sistem termodinamika** : sistem yang dapat dianalisis dengan memakai koordinat termodinamika

1. Definisi Sistem

- ❖ Sistem adalah Segala sesuatu yang ingin di pelajari, sistem dapat berupa benda bebas yang sederhana atau kompleks seperti kilang minyak.
- ❖ Segala sesuatu diluar sistem dikategorikan sebagai bagian dari Lingkungan (surrounding).
- ❖ Sistem dan lingkungannya dipisahkan oleh batas sistem (boundary) yang dapat berada dalam kondisi diam ataupun bergerak.



Sistem Termodinamika



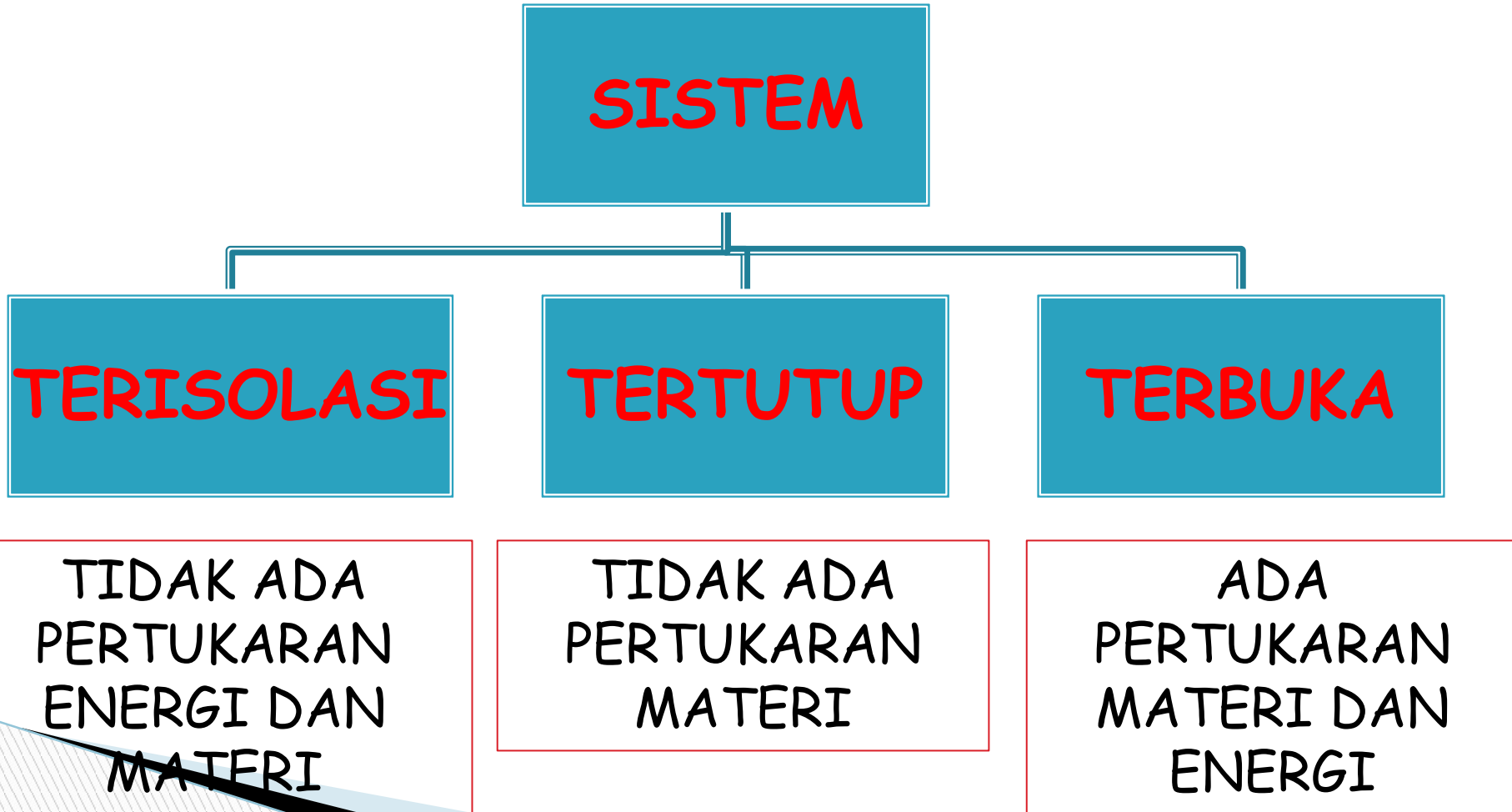
- **Sistem termodinamika** adalah sebuah kuantitas materi atau daerah yang dipilih untuk dianalisa
- **Lingkungan** (surrounding/environment)
Massa atau daerah di luar sistem
- **Batas (wall/boundary)**
Permukaan tertutup yang memisahkan sistem dari lingkungannya. Energi dan massa dapat masuk atau keluar dari sistem melaluinya



**SEJUMLAH ZAT YANG
DIBATASI OLEH DINDING
TERTUTUP**

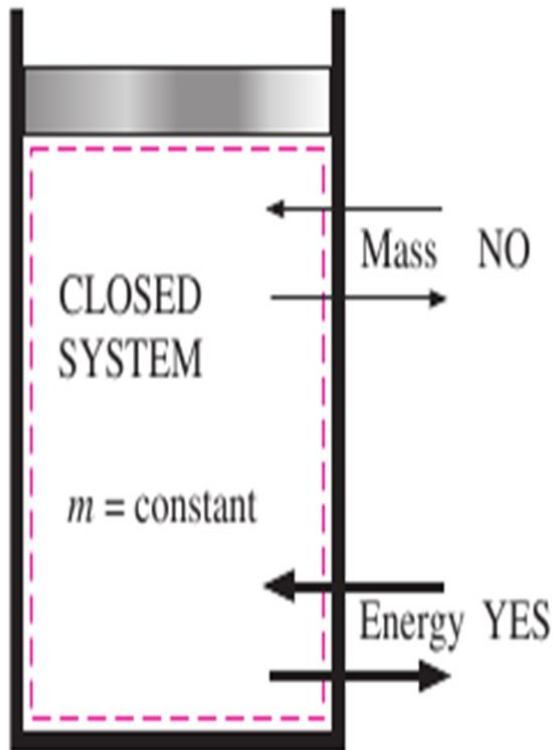
**SISTEM LAIN YANG DAPAT
SALING BERTUKAR TENAGA
DENGAN SISTEM**

PEMBAGIAN SISTEM



Sistem Tertutup

Jenis-jenis Sistem

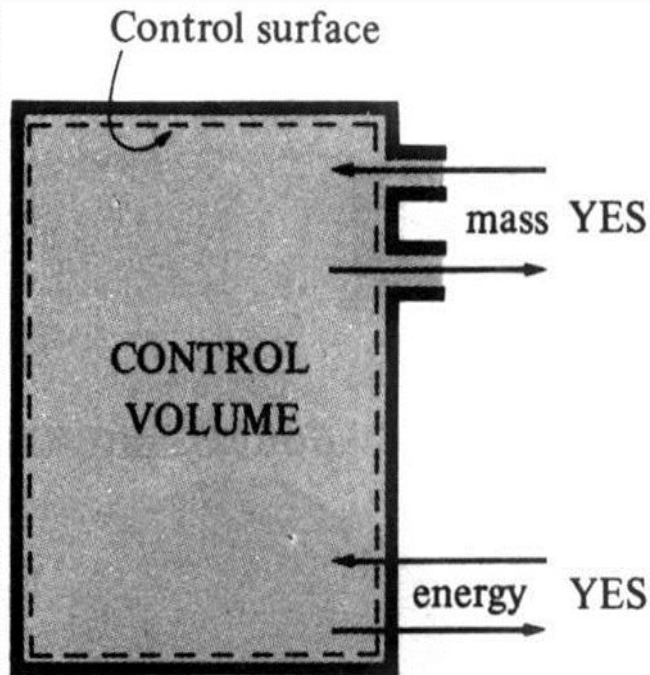


Suatu sistem dimana hanya dapat terjadi perpindahan energi ke lingkungannya, tetapi tidak dapat terjadi perpindahan massa. Contoh: kopi panas dalam gelas tertutup, dimana dapat melepaskan kalor ke lingkungannya, tetapi tidak ada uap air yang hilang



Sistem Terbuka atau Volume Atur

Suatu sistem dimana terdapat pertukaran massa dan energi terhadap lingkungannya. Contoh: Kopi panas dalam gelas

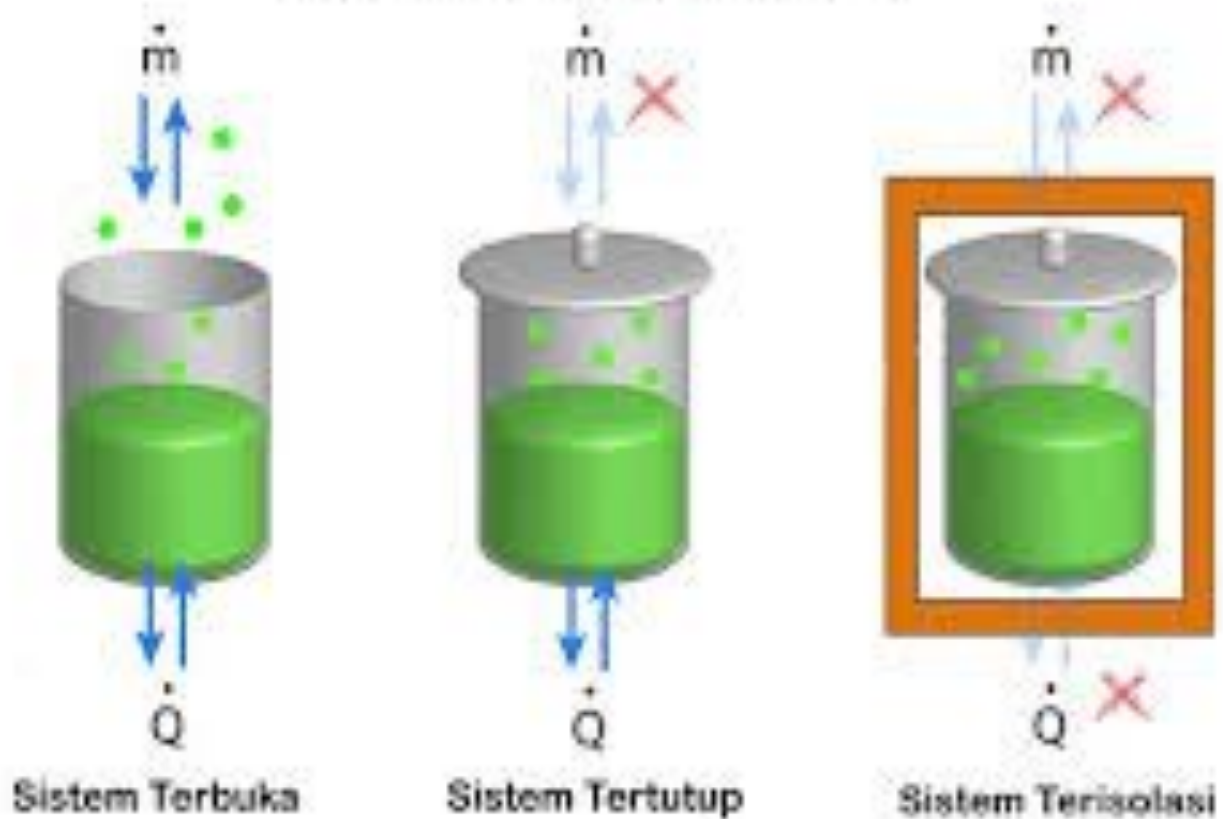


Sistem Terisolasi

Suatu sistem dimana tidak dapat terjadi perpindahan massa maupun energi ke lingkungannya. Contoh: Kopi dalam termos



Sistem Termodinamika

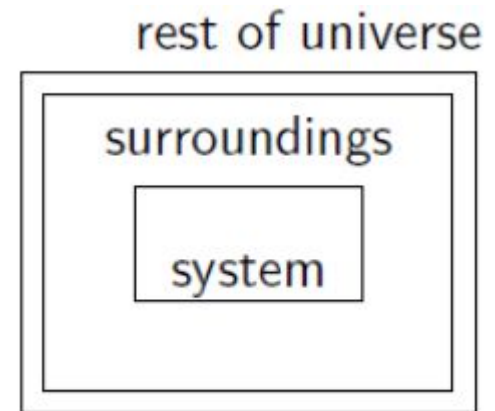
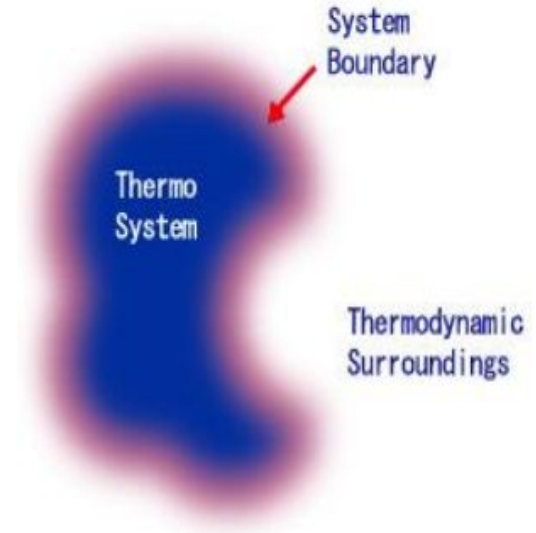


- **Dinding Diatermis**

- Sistem mudah terpengaruh oleh lingkungan
- Memungkinkan terjadinya pertukaran energi

- **Dinding Adiabatik**

Sistem sukar dipengaruhi lingkungan



3. Keadaan Sistem

- Termodinamika adalah keadaan makroskopis
- **Fungsi Keadaan** : keadaan yang dapat dikuantifikasi tanpa merusak sistem. Contoh : U, P, V, T
- Sifat yang nilainya mudah diukur (P, V, T) disebut **variabel keadaan**
- Hubungan antara fungsi keadaan disebut **persamaan keadaan**. Contoh persamaan keadaan gas ideal: $PV = nRT$

Jenis kesetimbangan



Kesetimbangan Termal

- Terjadi bila tidak terjadi perubahan spontan dalam koordinat sistem yang ada dalam kesetimbangan mekanis dan kimia bila sistem itu dipisahkan dari lingkungannya oleh dinding diaterm

Keseimbangan Mekanis

- Terjadi pada saat tidak ada gaya yang tak berimbang di bagian sistem dan juga tidak antara sistem dengan lingkungan. Jika tidak dipenuhi, maka sistem atau sistem dan lingkungan akan mengalami perubahan keadaan dan baru berhenti jika keseimbangan mekanisnya pulih

Keseimbangan Kimia

- Bila sistem yang ada dalam keseimbangan mekanis tidak cenderung mengalami perubahan spontan dari struktur internalnya seperti reaksi kimia atau perpindahan materi dari satu bagian sistem ke bagian lainnya

PROSES TERMODINAMIKA (Lingkungan)

PROSES

PERUBAHAN SISTEM
DARI SATU KEADAAN KE
KEADAAN YANG LAIN

Proses Kuasi-Statik

KUASI
STATIK

Rentetan keadaan
seimbang tak hingga

NON KUASI
STATIK

Proses singkat,
hanya ada dua
keadaan seimbang

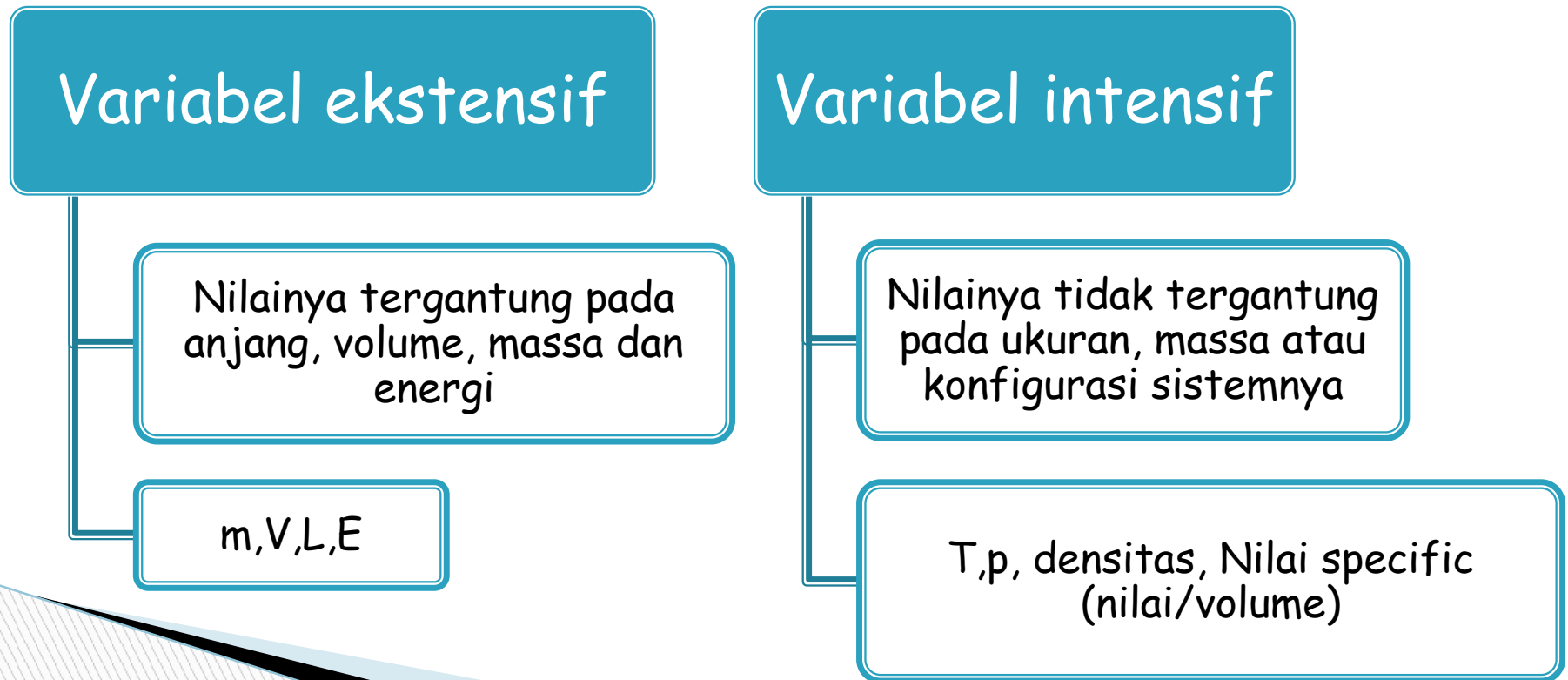
Proses Kuasi-Statik

Proses Kuasi Statik

Merupakan Suatu proses yang dilakukan dengan cara ideal sehingga pada setiap saat keadaan sistem dapat dijaga. Keadaan sistem mendekati setimbang termodinamika. Semua keadaan yang dilewati sistem dinyatakan dengan koordinat termodinamik

KEADAAN SISTEM TERMODINAMIKA

- Keadaan sistem diberikan dalam bentuk kuantitas yang terukur yang di sebut sebagai *variabel keadaan*



Contoh :

-
- Volume suatu zat dapat ditentukan oleh massa, temperatur, dan tekanan (ekstensif).
- Perbandingan dua variabel ekstensif sistem yang homogen merupakan suatu variabel intensif, yaitu massa per satuan volume (variabel intensif)
- Volume specific

$$v = \frac{V}{m}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{1}{v}$$

- Molal specific : $v = \frac{V}{n}$

- Sifat-sifat mikroskopik secara terus menerus berfluktuasi terhadap nilai rerata waktu sehingga sifat-sifat makroskopiknya mewakili rerata waktu sifat-sifat mikroskopik. Tingkat keadaan sesaat tiap partikel diperlukan untuk dapat menentukan tingkat keadaan mikroskopik sistem tersebut.
- Sifat-sifat tersebut dapat dinyatakan sebagai persamaan tingkat keadaan sistem. Contoh : persamaan tingkat keadaan yang menghubungkan ketiga sistem yaitu x, y, z .

$$f(x,y,z) = 0$$

Dapat dinyatakan secara eksplisit yaitu :

$$x = x(y,z)$$

$$y = y(z,x)$$

$$z = z(x,y)$$

dimana z merupakan peubah takbebas, x dan y merupakan peubah bebas.

- Differensial sifat takbebas dapat ditulis dalam turunan parsial dan diferensial sifat-sifat bebas :

$$dz = \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)_y dx + \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)_x dy$$

Jika :

$$M = \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)_y$$

$$N = \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)_x$$

maka :

$$dz = M dx + N dy$$

- Jika persamaan di atas memiliki penyelesaian, maka dz disebut diferensi sempurna atau diferensial eksak. Jika tidak memiliki penyelesaian disebut diferensial tak eksak.

4. Tekanan

- Gaya persatuan luas
- Barometer; manometer
- Satuan : Pascal (Pa), bar, atm

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ Nm}^2$$

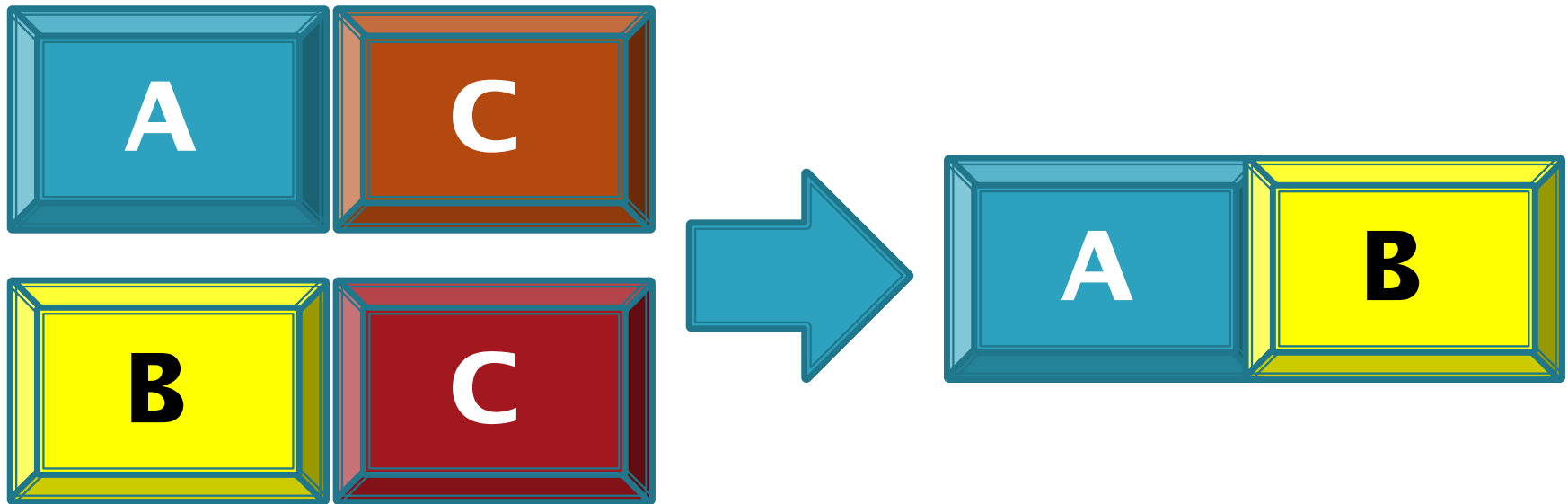
$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 10^6 \text{ dyne.cm}^{-2}$$

$$1 \text{ atm} = 1,01325 \times 10^6 \text{ dyne.cm}^{-2}$$

$$1 \text{ atm} = 1,01325 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$$

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ Torr}$$

5. Kestimbangan termal dan temperatur: HUKUM KE-NOL TERMODINAMIKA



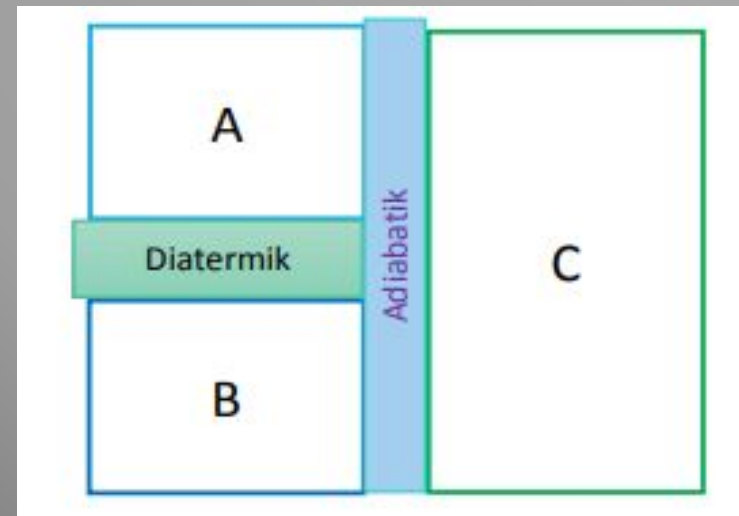
Dua sistem yang ada dalam keseimbangan termal dengan sistem ketiga berarti dalam keseimbangan termal satu dengan yang lain

□ Hukum ke-nol termodinamika

Jika A dalam kesetimbangan termal dengan B;

B dalam kesetimbangan termal dengan C;

Maka C juga dalam kesetimbangan termal dengan A

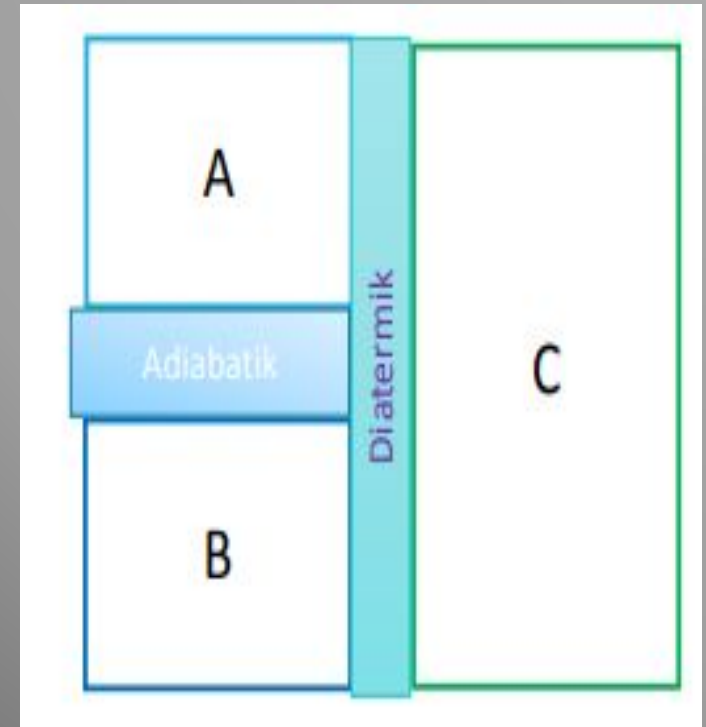


□ Hukum ke-nol termodinamika

Jika A dalam kesetimbangan termal dengan C;

B dalam kesetimbangan termal dengan C;

Maka A juga dalam kesetimbangan termal dengan B



TEMPERATUR

- Adalah : besaran skalar yang dimiliki oleh sistem termodinamika/ besaran skalar yang menyatakan sifat suatu sistem apakah sistem dalam kesetimbangan termal dengan sistem lainnya.
- Banyak besaran fisis yang berubah oleh karena perubahan temperatur, zat yang mempunyai sifat demikian dinamakan zat *termometrik*.
- Besaran fisis yang berubah dengan suhu dinamakan *sifat termometrik (X)*.
- sehingga persamaan linier yang digunakan untuk mencari besarnya temperatur :

$$T = aX$$

Termometer dengan sifat termometrik

Termometer	Sifat termometrik	lambang
Gas	Tekanan	P
Resistor Listrik	Resistansi listrik	R
Termokopel	Elektromotansi Termal	\mathcal{E}
Uap Helium	Tekanan	P
Garam paramagnetik	Suseptibilitas magnetik	X