



FI214032

# PERSAMAAN KEADAAN I

Dr. Nurul Subkhi, M.Si

---

Jurusan Fisika  
Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Gunung Djati Bandung  
2022

## FUNGSI KEADAAN DAN FUNGSI PROSES

- ❑ Suatu variable termodinamika dikatakan sebagai fungsi keadaan jika hanya tergantung pada keadaan awal dan akhir saja, tidak tergantung pada jalannya proses.  
Contoh : entalpi (H), energi dalam (U)
- ❑ Suatu variable termodinamika dikatakan sebagai fungsi proses jika besarnya tergantung pada jalannya proses.  
Contoh: kerja(w) dan kalor (q)
- ❑ Suatu variable termodinamika dapat dibuktikan sebagai **fungsi keadaan** jika differensialnya **bersifat eksak**. Sehingga jika differensialnya **tidak eksak** maka variable tersebut merupakan **fungsi proses**.

## PERSAMAAN KEADAAN

- Koordinat termodinamika yaitu P (tekanan), V (volume), dan T (temperature).
- Setiap system termodinamika memiliki persamaan keadaannya sendiri.
- Persamaan keadaan akan mengungkapkan ciri khas individu dari satu system dibandingkan dengan system lain.
- Misalnya system yang terdiri dari gas pada tekanan yang sangat rendah memiliki persamaan keadaan gas ideal.

$$PV = nRT$$

Keterangan:

P = Tekanan

V = Volume

n = jumlah mol

R = konstanta gas molar

T = temperature

a,b = konstanta untuk gas tertentu

Pada tekanan yang lebih tinggi, diwakili dengan persamaan van der Waals yang memperhitungkan interaksi partikel dan ukuran partikel yang terbatas.

$$\left(P + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT$$

## DIFFERENSIAL EKSAK

- Jika  $z = f(x,y)$ , perubahan kecil  $z$  sebesar  $dx$  pada  $y$  konstan dinyatakan sebagai  $dz = (\partial z/\partial x)_y dx$
- Jika  $z = f(x,y)$ , perubahan kecil  $z$  sebesar  $dy$  pada  $x$  konstan dinyatakan sebagai  $dz = (\partial z/\partial y)_x dy$
- Perubahan  $z$  dengan merubah secara serentak  $dx$  dan  $dy$  dinyatakan:

$$dz = (\partial z/\partial x)_y dx + (\partial z/\partial y)_x dy \quad (1.1)$$

Jika :  $(\partial z/\partial x)_y = M(x,y)$

$$(\partial z/\partial y)_x = N(x,y)$$

Maka persamaan (1.1) menjadi :

$$dz = M(x, y) dx + N(x,y) dy \quad (1.2)$$

## DIFFERENSIAL EKSAK

Differensial tersebut dikatakan eksak jika dipenuhi :

$$(\partial M/\partial y)_x = (\partial N/\partial x)_y \text{ atau} \quad (1.3)$$

$$(\partial^2 z/\partial y \partial x) = (\partial^2 z/\partial x \partial y) \quad (1.4)$$

Persamaan (1.3) dan (1.4) ditafsirkan sebagai : variabel  $z$  sebagai fungsi  $x$  dan  $y$  jika berubah sebesar  $dz$  sebagai akibat perubahan  $dx$  dan  $dy$  akan mempunyai harga yang sama jika diubah dengan cara :

- $dx$  dulu (pada  $y$  konstan) , kemudian  $dy$  (pada  $x$  konstan) atau
- $dy$  dulu (pada  $x$  konstan), kemudian  $dx$  (pada  $y$  konstan)

$$(\partial^2 z/\partial y \partial x) = (\partial^2 z/\partial x \partial y) \quad (1.4)$$

Jadi, turunan parsial campuran tdk bergantung pada urutan pengintegrasian

Jika diff eksak diintegalkan, maka hasilnya tdk bergantung pada jalan yang dilalui.

Dalam termodinamika,  $p$ ,  $V$  dan  $T$  adalah fungsi keadaan. Nilainya ditentukan oleh keadaan sistem. Pada keadaan seimbang, ketiga variabel punya nilai tertentu.

Differensial  $p$ ,  $V$  dan  $T$  adalah diff eksak, karena jika diintegalkan, hasilnya hanya akan bergantung pada keadaan awal dan akhir saja.

## ATURAN RANTAI SIKLIS

Dari persamaan (1.1):

$$dz = (\partial z / \partial x)_y dx + (\partial z / \partial y)_x dy$$

Pada perubahan yang sangat kecil pada y konstan ( $dy = 0$ ) menjadi :

$$dz_y = (\partial z / \partial x)_y dx_y \quad (1.5)$$

Bila dibagi dengan  $dz_y$  didapat :

$$1 = (\partial z / \partial x)_y \partial x_y / \partial z_y = (\partial z / \partial x)_y (\partial x / \partial z)_y$$

Sehingga :

$$(\partial z / \partial x)_y = 1 / (\partial x / \partial z)_y \quad (1.6)$$

Dari persamaan (1.1) pada z konstan ( $dz=0$ ) diperoleh :

$$0 = (\partial z / \partial x)_y dx + (\partial z / \partial y)_x dy$$

Bila dibagi dengan  $dy_z$  didapat :

$$0 = (\partial z / \partial x)_y (\partial x / \partial y)_z + (\partial z / \partial y)_x \quad (1.7)$$

$$(\partial z / \partial x)_y (\partial x / \partial y)_z = -(\partial z / \partial y)_x = -1 / (\partial y / \partial z)_x$$

Atau :

$$(\partial z / \partial x)_y (\partial x / \partial y)_z (\partial y / \partial z)_x = -1$$

Persamaan 1.8 disebut aturan siklis yang banyak berguna dalam penyelesaian termodinamika :

$$(\partial z / \partial y)_x = -(\partial z / \partial x)_y (\partial x / \partial y)_z$$

$$(\partial z / \partial y)_x = -(\partial z / \partial x)_y / (\partial y / \partial x)_z$$

$$(\partial z / \partial y)_x = -(\partial x / \partial y)_z (\partial x / \partial z)_y$$

# KOEFISIEN EKSPANSIFITAS ( $\alpha$ ) DAN KOEFISIEN KOMPRESIBILITAS ( $\kappa$ )

Koefisien ekspansifitas didefinisikan sebagai laju perubahan volume sistem karena pengaruh suhu pada tekanan konstan, dirumuskan:

$$\alpha = 1/V (\partial V/\partial T)_p$$

Koefisien kompresibilitas didefinisikan sebagai laju perubahan volume sistem yang disebabkan pengaruh tekanan di temperatur konstan, dirumuskan:

$$\kappa = -1/V (\partial V/\partial p)_T$$

Hubungan antara  $\alpha$  dan  $\kappa$  dinyatakan:

$$\alpha/\kappa = (\partial p/\partial T)_V \quad (\text{buktikan!!!})$$

## KAWAT TEREGANG

Percobaan kawat teregang biasanya dilakukan dalam kondisi tekanan tetap pada tekanan atmosfer baku dan perubahan volumenya dapat diabaikan. Untuk banyak maksud praktis

tidak perlu memasukan tekanan dan volume diantara koordinat termodinamik yang cukup lengkap dari seutas kawat dinyatakan oleh tiga koordinat saja, yaitu:

1. Gaya tegang kawat, diukur dalam newton (N),
2. Panjang kawat  $L$ , diukur dalam (m),
3. Temperatur gas ideal .

$$J = \text{tetap } (L - L_0),$$

Dengan  $L_0$  menyatakan panjang ketika gaya tegangannya nol.

$$dL = \left( \frac{dL}{d\theta} \right)_J d\theta + \left( \frac{dL}{dJ} \right)_\theta dJ$$

$$\alpha = \frac{1}{L} \left( \frac{dL}{d\theta} \right)_J$$

Menurut definisi, *modulus young isotherm*, yang lambing  $Y$ , ialah

$$Y = \frac{L}{A} \left( \frac{dJ}{dL} \right)_\theta$$

Dengan  $A$  menyatakan luas penampang kawat. Untuk jangka temperatur yang kecil,  $Y$  dapat dianggap tetap. Satuan ialah  $\text{kN/m}^2$ .

## SELAPUT PERMUKAAN

Penelitian selaput permukaan merupakan cabang kimia fisika yang menarik.

Terdapat tiga contoh penting dari selaput seperti itu, yaitu :

1. Bagian atas permukaan cairan dalam kesetimbangan dengan uapnya;
2. Gelembung sabun, atau selaput sabun yang teregang pada suatu kerangka kawat, yang terjadi dari dua selaput permukaan dengan sedikit cairan di antaranya;
3. Selaput minyak tipis (kadang-kadang monomolekul) pada permukaan air.

## SELAPUT PERMUKAAN

Gaya yang beraksi tegak lurus per satuan panjang garis disebut *tegangan permukaan* .  
pemerian termodinamik yang memadai untuk selaput permukaan diberikan melalui perincian tiga koordinat, yaitu :

1. Tegangan permukaan  $\sigma$ , yang diukur dalam N/m;
2. Luas selaput  $A$ , diukur dalam  $m^2$ ;
3. Tempertur gas ideal  $\theta$

## SELAPUT PERMUKAAN

Untuk hampir semua cairan murni, persamaan keadaannya dapat ditulis sebagai berikut :

$$s = s_0 \left(1 - \frac{\theta}{\theta'}\right)^n$$

Dengan  $s$ , menyatakan tegangan permukaan pada  $0^\circ\text{C}$ ,  $\theta'$  adalah temperatur kritis, dan  $n$  adalah tetap dan harganya terletak antara 1 dan 2. Dari persamaan ini jelaslah bahwa tegangan permukaan menurun ketika  $\theta$  bertambah, dan menjadi nol ketika  $\theta = \theta'$

## SEL TERBALIKAN

Sel terbalikan terdiri atas dua electrode yang masing-masing dibenamkan dalam elektrolit yang berbeda. Elektromotasinya bergantung pada sifat bahan, konsentrasi elektrolit, dan temperatur. Sifat penting sel terbalikan ialah bahwa perubahan kimia yang menyertai pemindahan muatan listrik dalam satu arah terjadi dengan besar yang sama dalam arah sebaliknya ketika jumlah muatan listrik yang sama dipindahkan dalam arah sebaliknya.

## SEL TERBALIKAN

Pada sel terbalikan yang berlangsung tanpa ada gas yang terbebaskan, dan bekerja pada tekanan atmosfer tetap; kita boleh melupakan tekanan dan volumenya dan memerikan sel itu dengan memakai tiga koordinat saja, yaitu :

1. Elektromotansi diukur dalam V;
2. Muatan Z, diukur dalam C;
3. Temperatur gas ideal .

## SEL TERBALIKAN

Bila sel itu dipasang pada rangkaian terbuka, ada kecenderungan terjadinya difusi yang berlangsung lambat dan selnya tidak dalam kesetimbangan. Jika kesetimbangan termal dipenuhi maka sel dalam kesetimbangan termodinamik. Persamaan keadaannya:

$$\varepsilon = \varepsilon_{20} + \alpha(t - 20^\circ) + \beta(t - 20^\circ)^2 + \gamma(t - 20^\circ)^3$$

Dengan  $t$  menyatakan temperatur celcius,  $\varepsilon_{20}$  elektromotansi pada  $20^\circ\text{C}$ , dan  $\alpha, \beta$ , serta  $\gamma$  adalah tetapan yang bergantung pada bahan.

## LEMPENGAN DIELEKTRIK

Tinjaulah sebuah kapasitor yang terdiri atas dua keeping penghantar sejajar yang luasnya  $A$ . dan dimensi liniernya besar dibandingkan dengan jarak  $l$  antara keeping itu; ruang diantara kedua keeping diisi dengan dielektrik pada iso tropic atau cair. Jika beda potensial diberikan antara kedua keeping, medan listrik  $E$  timbul dalam *dielektrik* antara kedua keeping itu. Jika pusat gravitas muatan  $+$  dan  $-$  dalam masing-masing molekul dielektrik mula-mula *nonpolar*, efek medan listrik ialah memisahkan setiap molekul sehingga masing-masing molekul *polar* dalam arah medan listrik.

## LEMPENGAN DIELEKTRIK

Jika volume dielektrik itu  $V$ , *perpindahan listrik* dielektrik  $D$ , yang besarnya

$$D = \epsilon_0 E = \frac{\Pi}{V}$$

Polaritas  $\Pi$  yang ditimbulkan oleh  $E$  bergantung pada sifat dielektrik dan temperatur. Biasanya zat dielektrik mengalami perubahan volume yang sangat kecil dalam percobaan yang dilakukan pada tekanan atmosfer tetap. Jadi tekanan dan volumenya dapat kita lupakan dan kita dapat memberikan dielektrik dengan pertolongan koordinat termodinamik berikut:

1. Intensitas listrik  $E$ , yang diukur dalam V/m;
2. Polaritas  $\Pi$ , yang diukur dalam C.m
3. Temperatur gas ideal  $\theta$

## LEMPENGAN DIELEKTRIK

Banyak terdapat dielektrik yang persamaan keadaanya pada temperatur diatas 10K diberikan oleh

$$\frac{\Pi}{V} = \left( a + \frac{b}{\theta} \right) E$$

Dengan a dan b tetap

## BATANG PARAMAGNETIK

Tanpa medan magnetic eksternal, zat paramagnetic bukan merupakan magnet. Keadaan setimbang termodinamik padatan paramagnetic dapat dinyatakan oleh persamaan keadaan yang menyangkut koordinat ini. Percobaan menunjukkan bahwa magnetisasi sejumlah besar padatan paramagnetic merupakan fungsi dari hasil bagi intensitas magnetic dengan temperatur. Untuk hasil bagi yang kecil, fungsi tersederhanakan menjadi bentuk yang sangat sederhana, yaitu

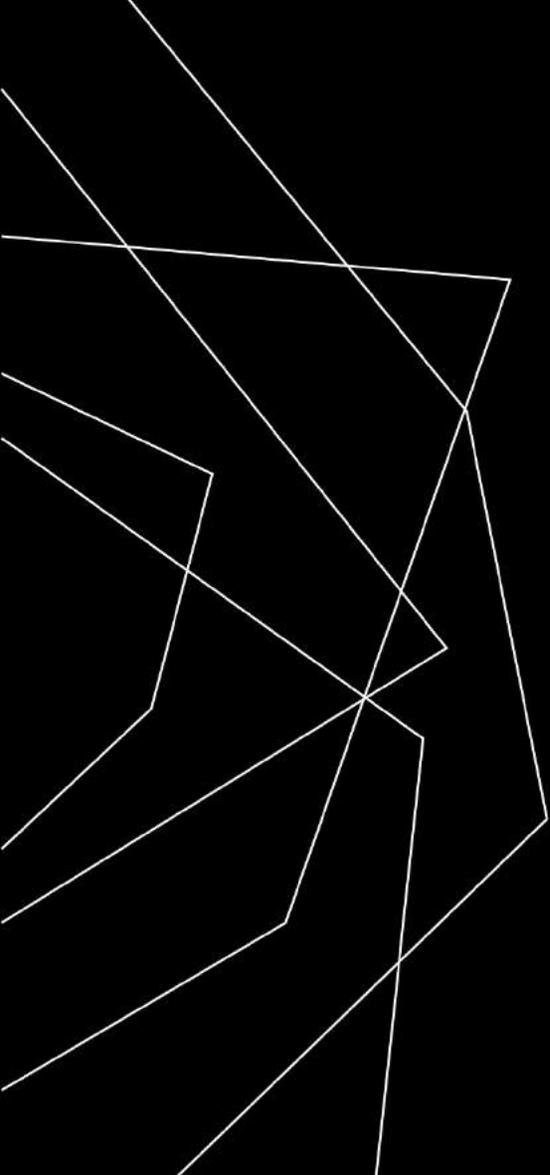
$$M = C'c \frac{\chi}{\theta}$$

Yang dikenal sebagai *persamaan curie* -  $C'c$  disebut tetapan *curie*. Jadian satuan untuk tetapan *curie* ialah

$$C'c = \frac{A \cdot m^2}{A/m} K = m^3 \cdot K$$

Satuan tetapan curie :

Total	Per mol	Per kg	Per $m^3$
$m^3 \cdot K$	$\frac{m^3 \cdot K}{mol}$	$\frac{m^3 \cdot K}{kg}$	$K$

The image features a black background with a series of white, overlapping geometric lines on the left side. These lines form various polygons and shapes, creating a complex, abstract pattern. The lines are thin and white, contrasting sharply with the black background. The overall composition is minimalist and modern.

THANK YOU