

# **BAB III**

## **SISTEM DAN PERSAMAAN KEADAAN**

- 3.1 Keadaan keseimbangan dan persamaannya
- 3.2 Perubahan infinit pada keadaan keseimbangan
- 3.3 Mencari persamaan keadaan

### 3.1 KEADAAN KESEIMBANGAN DAN PERSAMAANNYA

□ Keadaan seimbang mekanis: sistem berada dalam keadaan seimbang mekanis, apabila resultan semua gaya (luar maupun dalam) adalah nol. Sistem itu diam atau bergerak lurus beraturan.

□ Keadaan seimbang kimiawi: sistem berada dalam keadaan seimbang kimiawi, apabila di dalamnya tidak terjadi perpindahan zat dari bagian yang satu ke bagian yang lain (difusi) dan tidak terjadi reaksi-reaksi kimiawi yang dapat merubah jumlah partikel semulanya; tidak terjadi pelarutan atau kondensasi.

□ Keadaan seimbang termal: sistem berada dalam keadaan seimbang termal dengan lingkungannya, apabila koordinat-koordinatnya tidak berubah meskipun sistem berkontak dengan lingkungannya melalui dinding diatermik.

□ Keadaan seimbang termodinamis: sistem berada dalam keadaan seimbang termodinamis, apabila ketiga syarat keseimbangan di atas terpenuhi. Dalam keadaan demikian keadaan koordinat sistem maupun lingkungan cenderung tidak berubah sepanjang masa.

Beberapa sistem termodinamis (jumlah partikel tetap):

1. Sistem hidrostatis atau sistem kimiawi

□ **Sistem hidrostatis:** gas, cairan, padatan suatu zat kimiawi tanpa memperhatikan sifat listrik dan sifat magnetiknya. Disebut **zat murni** apabila terdiri atas 1 senyawa kimiawi saja misal  $H_2O$ . Disebut **tak murni** apabila terdiri atas campuran beberapa zat murni misal  $O_2$  dan  $N_2$ .

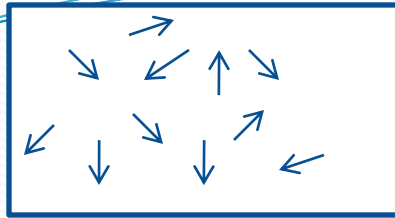
□ **Persamaan keadaannya:**  $f(p, V, T) = 0$ , misalnya  $pV = nRT$  disebut persamaan keadaan gas ideal.

## 2. Sistem paramagnetik

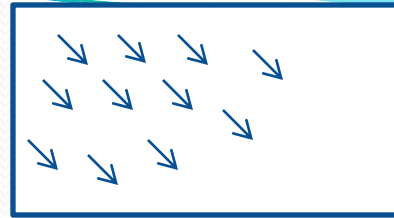
❑ **Sistem paramagnetik:** gas, cairan, padatan dari zat yang bersifat paramagnetik seperti Al, Ca, Cr, Mg, dan lain-lain. Atom-atom ini memiliki momen magnetik tertentu, dan karena merupakan magnet kecil disebut magnet elementer.

❑ Momen magnetik ini bersumber pada elektron yang mengelilingi inti dalam kulit yang tidak penuh seluruhnya. Momen magneti atom dinyatakan dalam satuan yang disebut **magneton Bohr**.

❑ Pertama-tama sistem paramagnetik memiliki suatu koordinat yakni besaran yang menyatakan kuat medan magnet luar yang disebut induksi magnet ( $B$ ). Tanpa  $B$  sepotong kristal paramagnetik tidak memiliki apa yang dinamakan kemagnetan atau magnetisasi ( $M$ ), karena masing masing momen magnet berorientasi acak.



Tanpa B



Dengan B

□ Teori Langevin (teori klasik), menghasilkan persamaan keadaan:

$$M = n\mu L(x) \quad \text{dengan}$$

$$L(x) = \coth x - \frac{1}{x}$$

$$x = (\mu B) / (kT)$$

$$n = N/V$$

□ Teori Brillouin, menggunakan teori kuantum dan fisika statistik mendapatkan persamaan keadaan:

$$M = n\mu g B(x) \quad \text{dengan} \quad B(x) = \frac{2J+1}{2} \coth \frac{g(2J+1)}{2} x - \frac{1}{2} \coth \frac{gx}{2}$$

$$x = (\mu B) / (kT)$$

$g$  dan  $J$  adalah konstanta fisika atom tertentu

$$n = N/V$$

Untuk keadaan fisis dengan  $x = (\mu B) / (kT) \ll 1$ , maka dua fungsi  $L(x)$  maupun  $B(x)$  menghasilkan:  $M = n\mu(x/3)$  disebut persamaan Curie  $M = c (B/T)$

### 3. Sistem Dielektrik

□ Apabila zat dielektrik dimasukkan dalam medan listrik  $\mathcal{E}$ , terjadilah polarisasi atom atau molekul di dalamnya. Yakni karena imbas medan listrik medan itu. Pusat muatan positif inti dan elektron atom tidak lagi berimpit melainkan agak tergeser hingga menyerupai dipol listrik kecil.



□ Benda dielektrik secara keseluruhan memiliki apa yang disebut polarisasi ( $P$ ), yang secara termodinamis merupakan salah satu koordinat sistem dielektrik. Koordinat yang lain tentunya medan listrik  $\mathcal{E}$  karena mereka saling mempengaruhi.

#### 4. Dawai Tegang

□ Dawai yang diberi tegangan juga dapat dilihat sebagai suatu sistem termodinamika. Adapun koordinat-koordinatnya ialah:

$\sigma$ =tegangan dalam kawat (N)

$L$ =panjang kawat (m)

$T$ =suhu (K)

## 5. Selaput tipis

□ Misalnya minyak di atas air, apabila dilihat sebagai sistem termodinamika maka besaran yang ikut menentukan keadaannya adalah:

$\gamma$ =tegangan permukaan (N/m)

A=luas lapisan (mm)

T=suhu (K)

## 6. Sel listrik

□ Sebagai sistem termodinamika koordinatnya ialah:

$\epsilon$ =ggl antara kedua kutub (V)

Z=muatan pada kedua kutub (C)

T=suhu (K)



□ **Koordinat intensif** adalah koordinat yang besarnya tidak bergantung pada ukuran sistem. **Koordinat ekstensif** adalah koordinat yang besarnya ditentukan ukuran sistem.

Sistem termodinamis	Intensif	Ekstensif
Sistem hidrostatik	$p, T$	$V$
Zat paramagnetik	$B, T$	$M$
Zat dielektrik	$\epsilon, T$	$P$
Dawai tegang	$\sigma, T$	$L$
Selaput tipis	$\gamma, T$	$A$
Sel listrik	$\epsilon, T$	$Z$

## 3.2 PERUBAHAN INFINIT PADA KEADAAN KESEIMBANGAN

□ Perhatikan sistem hidrostatik dengan persamaan keadaan  $f(pVT)=0$ . Apabila  $V$  dianggap variabel tak bebas, persamaan tersebut dapat ditulis:

$$V=V(T, p) \text{ sehingga } dV=(\partial V/\partial T)_p dT + (\partial V/\partial p)_T dp$$

$(\partial V/\partial T)_p dT$ : perubahan volume apabila suhu diubah sebanyak  $dT$  sedangkan  $p$  dijaga tetap.

$(\partial V/\partial p)_T dp$ : perubahan volume apabila suhu diubah sebanyak  $dp$  sedangkan  $T$  dijaga tetap.

$dV$ : perubahan volume apabila suhu dan tekanan diubah = perubahan total volum.

### 3.3 MENCARI PERSAMAAN KEADAAN

□ Ada tiga jalan mendapatkan persamaan keadaan:

**Cara 1:** dengan mengintegrasikan salah satu diferensial parsial.

**Cara 2:** mengintegrasikan kedua diferensial parsial dan membandingkan hasil-hasilnya untuk identifikasi.

**Cara 3:** mengintegrasikan  $dV$  antara titik  $(T_1, p_1)$  ke titik  $(T, p)$  melalui jalan yang menguntungkan yang dapat dipilih sendiri.