

## BAB X

### SIFAT KEMAGNETAN BAHAN

TIK : (1) Menghitung momen dipol magnet dan suseptibilitas magnet untuk logam diamagnetik

(2) Mengklasifikasi logam paramagnetik

- Magnetisasi (kemagnetan) tidak dapat dipisahkan dari mekanika kuantum
- Momen dipole magnet (momen magnet) untuk sebuah atom bebas berasal dari 3 sumber utama
  - o Spin elektron
  - o Orbit elektron
  - o Perubahan momen magnet orbit yang diinduksi oleh medan magnet luar.

Magnetisasi (M) didefinisikan sebagai momen dipol magnet ( $\mu$ ) per satuan volume (V) maka:

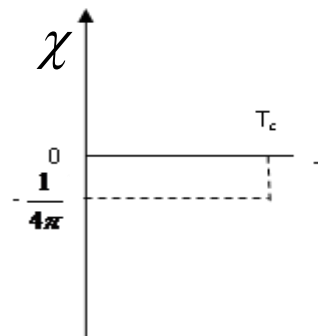
$$M = \frac{\mu}{V}, \text{ sedangkan untuk superkonduktor } M = \frac{-B}{4\pi}$$

Bila suseptibilitas medan magnet (daya tembus medan magnet) per satuan volume didefinisikan (X)

$$\chi = \frac{M}{B} = \frac{\mu}{VB} \rightarrow cgs$$

$$\chi = \mu_0 \frac{M}{B} = \mu_0 \frac{\mu}{VB} \rightarrow MKS$$

Contoh untuk superkonduktor :  $\chi = \frac{-B/4\pi}{B} = \frac{-1}{4\pi}$

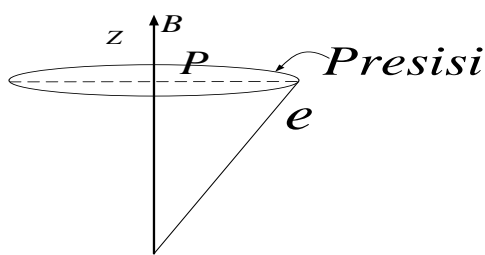


### Pengelompokan Zat Magnetik

Berdasarkan susceptibilitas magnet, bahan magnetik dapat dikelompokkan menjadi:

- Bahan dengan  $\chi < 0$  disebut diamagnetik
- Bahan dengan  $\chi > 0$  disebut paramagnetik

Perlakuan diamagnetik adalah dengan menggunakan teorema *LARMOR* yaitu: “Dalam sebuah medan magnet, gerak elektron disekitar inti adalah sama dengan gerak tanpa medan magnet, kecuali untuk superposisi dari sebuah presisi elektron dengan frekuensi sudut sebagai berikut:



$$\omega = \frac{eB}{2mc} \text{ frekuensi Larmor untuk gerak presisi}$$

$$\omega = \frac{eB}{2m}$$

Bila arus listrik akibat gerak presisi dari  $z$  buah elektron adalah

$I = (\text{muatan}) (\text{frekuensi})$

$$= -(ze) \left( \frac{\omega}{2\pi} \right)$$

$$I = -(ze) \left( \frac{1}{2\pi} \frac{eB}{2m} \right)$$

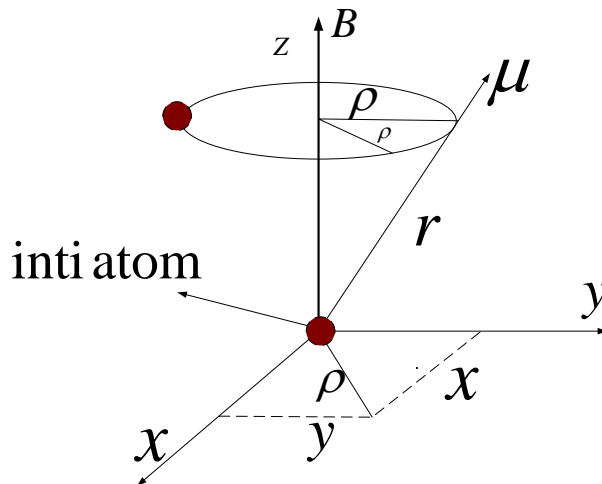
Tanda (-) pada persamaan di atas menunjukkan muatan elektron.

Momen dipole magnet ( $\mu$ ) adalah  $\mu = I \times A$

Dengan  $A$  adalah luas lingkaran yaitu:  $A = \pi \rho^2$ ,  $\rho$  adalah jari-jari lingkaran

$$\text{Maka : } \mu = -(ze) \left( \frac{1}{2\pi} \frac{eB}{2m} \right) \pi \rho^2$$

$$\mu = -\frac{ze^2 B}{4m} \langle \rho^2 \rangle \quad \text{dalam SI}$$



**Lintasan elektron pada suatu saat**

Dari gambar diatas dapat diketahui:

$$\langle \rho^2 \rangle = \langle x^2 \rangle + \langle y^2 \rangle \quad \text{maka} \quad \langle r^2 \rangle = \langle x^2 \rangle + \langle y^2 \rangle + \langle z^2 \rangle$$

$$\langle r^2 \rangle = \langle \rho^2 \rangle + \langle z^2 \rangle$$

Untuk distribusi elektron yang simetris berlaku  $\langle x^2 \rangle = \langle y^2 \rangle = \langle z^2 \rangle$  maka:

$$\langle r^2 \rangle = 3\langle x^2 \rangle \quad \text{sehingga} \quad \frac{\langle r^2 \rangle}{\langle \rho^2 \rangle} = \frac{3}{2} \quad \text{atau} \quad \langle r^2 \rangle = \frac{3}{2}\langle \rho^2 \rangle$$

$$\langle \rho^2 \rangle = 2\langle x^2 \rangle \quad \langle \rho^2 \rangle = \frac{2}{3}\langle r^2 \rangle$$

Jadi nilai momen dipol magnet adalah:

$$\mu = -\frac{ze^2 B}{4m_e} \langle \rho^2 \rangle = -\frac{ze^2 B}{4m_e} \frac{2}{3} \langle r^2 \rangle \mu = -\frac{ze^2 B}{6m_e} \langle r^2 \rangle$$

Jika :  $N$  = jumlah atom per satuan volume

$M$  = jumlah momen dipole per volume

$$M = N\mu$$

Maka harga suseptibilitas dalam cgs dan mks masing-masing adalah sebagai berikut:

➤ Dalam cgs

$$M = N \mu$$

Dengan :

$$\mu = - \frac{ze^2 B}{4 m C^2} (\rho^2) \quad \text{dan} \quad \rho^2 = \frac{2}{3} r^2$$

Maka:

$$\chi = \frac{M}{B}$$

$$\chi = \frac{N \mu}{B}$$

$$\chi = - \frac{N z e^2}{4 m C^2} \left( \frac{2}{3} r^2 \right)$$

*Persamaan Langevin Untuk Diamagnetisme dalam cgs*

Dengan :

$\chi$  = suseptibilitas magnet (A/m.T)

$N$  = jumlah atom per satuan volume

$z$  = banyaknya muatan

$r$  = jarak inti atom ke lintasan elektron (m)

➤ Dalam mks

$$M = N \mu_0 \mu$$

Dengan:

$$\mu = - \frac{ze^2 B}{4 m} (\rho^2)$$

$$\rho^2 = \frac{2}{3} r^2$$

Maka:

$$\chi = \frac{M}{B}$$

$$\chi = \frac{N \mu \mu_0}{B}$$

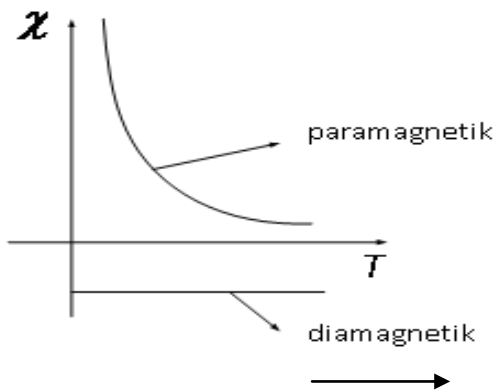
$$\chi = - \frac{N z e^2 \mu_0}{4 m} (\rho^2)$$

$$\chi = - \frac{N z e^2 \mu_0}{4 m} \left( \frac{2}{3} r^2 \right)$$

$$\chi = - \frac{N z e^2 \mu_0}{6 m} (r^2)$$

$$\chi = - \frac{\mu_0 N Z e^2 r^2}{6 m}$$

Persamaan Langevin Untuk Diamagnetisme dalam mks



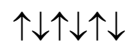
Logam Paramagnetik

$$\chi > 0$$

(1) Ferromagnetik



(2) Anti Ferromagnetik



(3) Ferrimagnetik



(4) Canted anti ferromagnet



(5) Helical Spin



Suseptibilitas untuk paramagnetik ditentukan oleh :

Hukum : Curie – Weiss

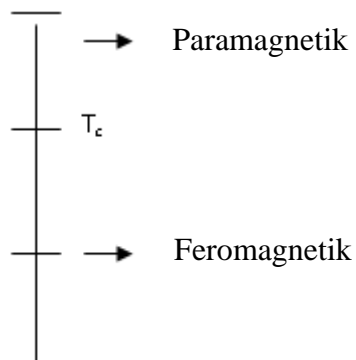
$$\chi = \frac{M}{B_a}$$

$$\chi = \frac{C}{T - T_c}$$

Dengan :  $C$  = konstanta Curie

$T_c$  = suhu Curie

Suhu Curie adalah suhu yang memisahkan antara ferromagnetik dengan non ferromagnetik.



Sebuah bahan yang paramagnetik bisa berlaku sebagai ferromagnetik apabila suhunya diturunkan sampai dengan suhu tertentu (suhu Curie).

Sebuah bahan yang paramagnetik bisa berlaku sebagai anti ferromagnetik apabila suhunya dinaikan sampai dengan suhu tertentu (suhu Weiss).