



# BAB X



# SIFAT KEMAGNETAN BAHAN

# MATERI

## **10.1. Diamagnetisme**

**10.1.1.momen dipol magnet**

**10.1.2.suseptibilitas magnet  
(persamaan Langevin)**

## **10.2.Paramagnetisme.**

**10.2.1.ferromagnetik (suhu Curie)**

**10.2.2.ferrimagnetik ( suhu Curie)**






**10.2.3.antiferromagnetik (suhu Neel)**

# INDIKATOR

- Menghitung momen dipole magnet untuk logam diamagnetik.
- Menghitung suseptibilitas magnet untuk logam diamagnetik.
- Mengklasifikasi logam paramagnetik.
- Menghitung suhu Curie
- Menghitung suhu Neel.





-  **MOMEN DIPOL DAN SUSEPTIBILITAS  
MAGNET**
-  **TEOREMA LARMOR DAN MOMEN  
DIPOL MAGNET**
-  **PERSAMAAN LANGEVIN UNTUK  
DIAMAGNETISME**
-  **KLASIFIKASI LOGAM PARAMAGNETIK**
-  **KESIMPULAN**

Momen dipol magnet (momen magnet) untuk sebuah atom bebas berasal dari 3 sumber utama:

1. Spin elektron
2. Orbit elektron
3. Perubahan momen magnet orbit yang diinduksi oleh medan magnet luar

Magnetisasi ( $M$ )  $\longrightarrow$  Momen dipol magnet ( $\mu$ ) per satuan volume ( $V$ )

Maka

$$M = \frac{\mu}{V}$$

Untuk Superkonduktor  $\longrightarrow$

$$M = -\frac{B}{4\pi}$$

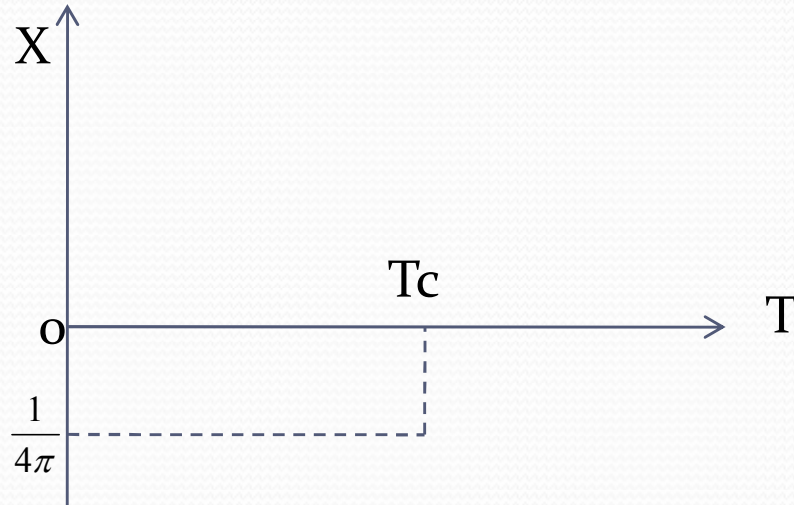


Suseptibilitas medan magnet (daya tembus medan magnet) per satuan volume didefinisikan :

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

$$X = \mu_0 \frac{M}{B} = \frac{\mu_0 \mu}{VB} \rightarrow \text{mks}$$

Contoh: untuk Superkonduktor 
$$X = -\frac{B/4\pi}{B} = -\frac{1}{4\pi}$$

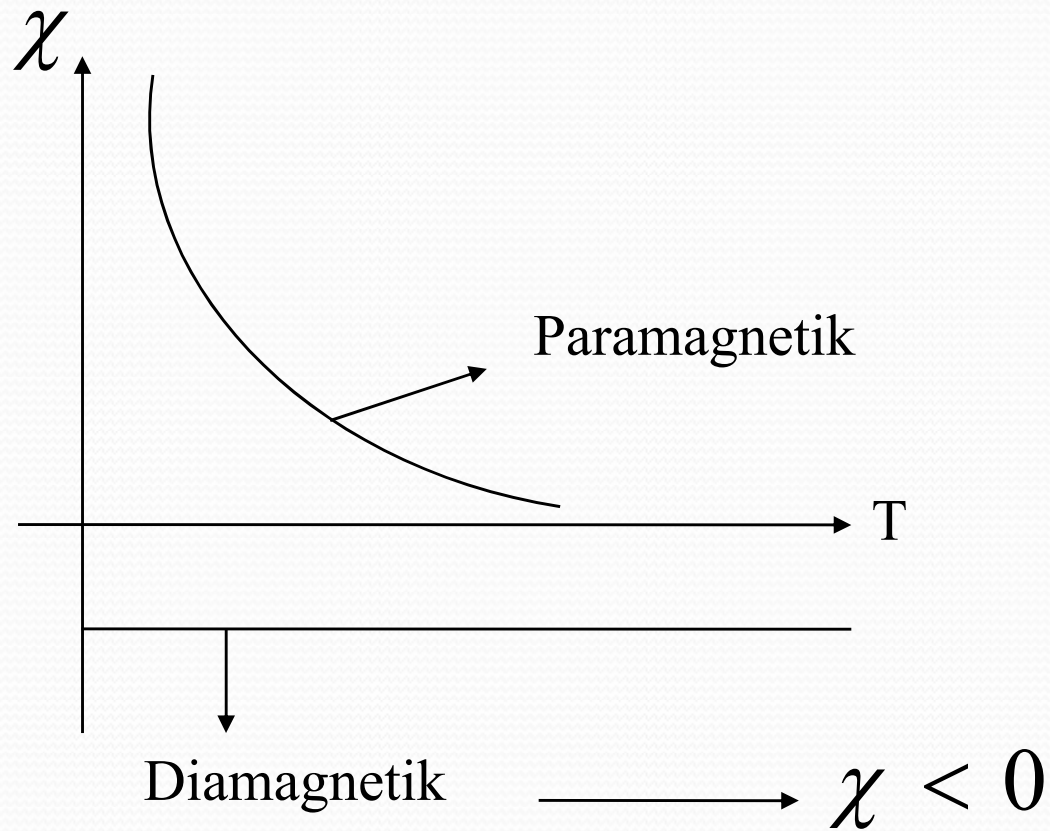


Pengelompokkan zat magnetik:

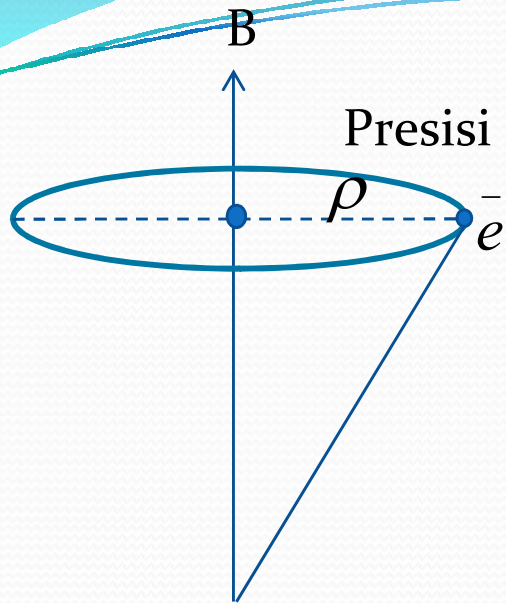
$X < 0$  : Diamagnetik

$X > 0$  : Paramagnetik

## Hubungan suseptibilitas dengan suhu







Perlakuan diamagnetik adalah dengan menggunakan Teorema Larmor

*Dalam sebuah medan magnet, gerak elektron di sekitar inti adalah sama dengan gerak tanpa medan magnet, kecuali untuk superposisi dari sebuah presisi elektron dengan frekuensi sudut sebesar :*

$$\omega = \frac{eB}{2mc} \text{ cgs}$$

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

Bila arus listrik akibat gerak presisi dari  $Z$  buah elektron adalah:

$$I = (\text{muatan}) (\text{frekuensi}) = (Ze) \left( \frac{\omega}{2\pi} \right)$$

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

Muatan elektron

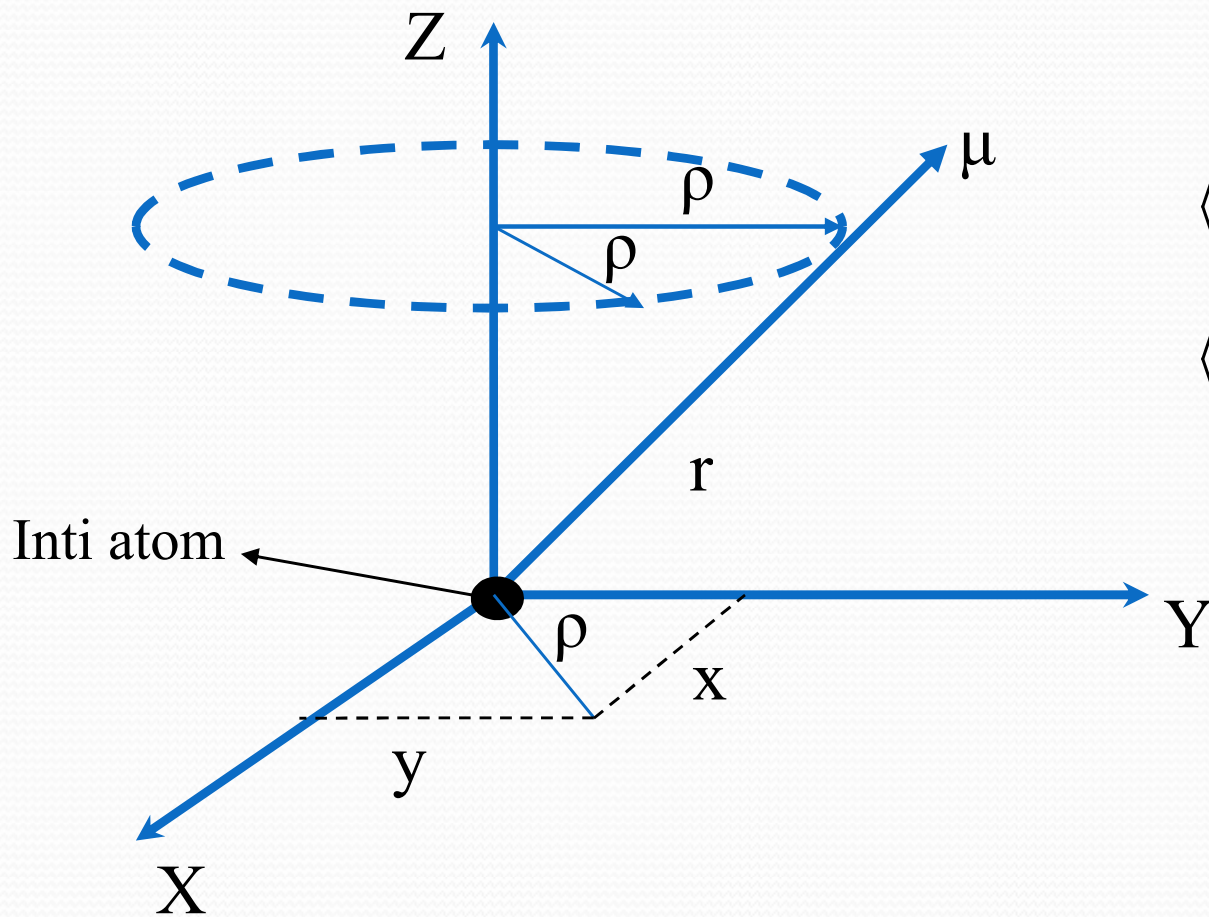
Momen dipol magnet ( $\mu$ ) adalah:  $\mu = I \times A$

Dengan  $A$  adalah luas lingkaran  $= \pi\rho^2 \Rightarrow \rho = \text{jari - jari lingkaran}$

$$\mu = -Ze \left( \frac{1}{2\pi} \frac{eB}{2m_e} \right) \times \pi\rho^2$$

$$\mu = - \frac{Ze^2 B}{4m_e} (\rho^2)$$





$$\langle \rho^2 \rangle = \langle x^2 \rangle + \langle y^2 \rangle$$

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

$$= \langle x^2 \rangle + \langle y^2 \rangle + \langle z^2 \rangle$$



Untuk distribusi elektron yang simetris bola,  $\langle x^2 \rangle = \langle y^2 \rangle = \langle z^2 \rangle$  sehingga:

$$\left. \begin{aligned} \langle r^2 \rangle &= 3\langle x^2 \rangle \\ \langle \rho^2 \rangle &= 2\langle x^2 \rangle \end{aligned} \right\} \frac{\langle r^2 \rangle}{\langle \rho^2 \rangle} = \frac{3}{2}$$

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

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

Dari persamaan di atas, maka:

$$\begin{aligned} \mu &= -Ze^2 \frac{B}{4m} \langle \rho^2 \rangle \\ &= -Ze^2 \frac{B}{4m} \frac{2}{3} \langle r^2 \rangle \\ &= -Ze^2 \frac{B}{6m} \langle r^2 \rangle \quad (\text{mks}) \end{aligned}$$

Jika :  $N$  = jumlah atom per satuan volume

$M$  = jumlah momen dipol per volume

Maka suseptibilitas per satuan volumenya adalah:

$$\begin{aligned}\chi &= \frac{M}{B} \\ &= \frac{N\mu}{B} \\ &= \frac{N}{B} - Ze^2 \frac{B}{6m} \langle r^2 \rangle\end{aligned}$$

$$\chi = -\frac{ZNe^2}{6m} \langle r^2 \rangle$$

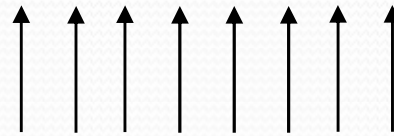
Persamaan Langevin  
untuk diamagnetisme



# Logam Paramagnetik

$$\chi_P > 0$$

1. Ferromagnetik



2. Anti Ferromagnetik



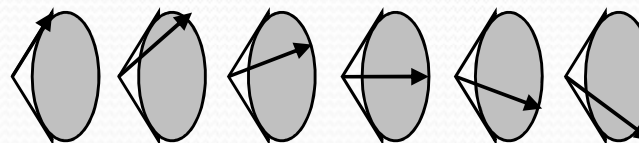
3. Ferrimagnetik



4. Canted Anti Ferromagnetik



5. Helical Spin





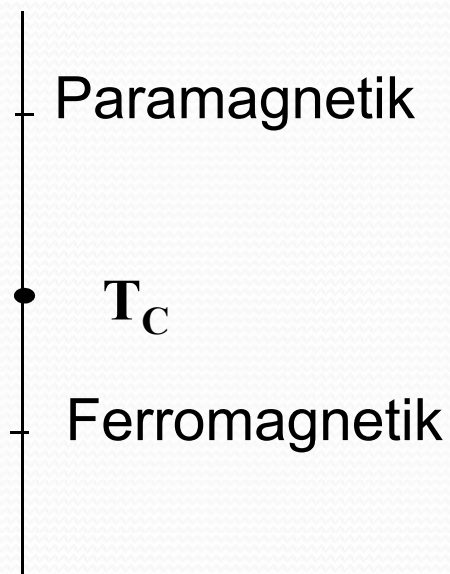
Suseptibilitas untuk Ferromagnetik ditentukan oleh Hukum Curie – Weiss.

$$\chi = \frac{M}{B_a} = \frac{c}{T - T_c}$$

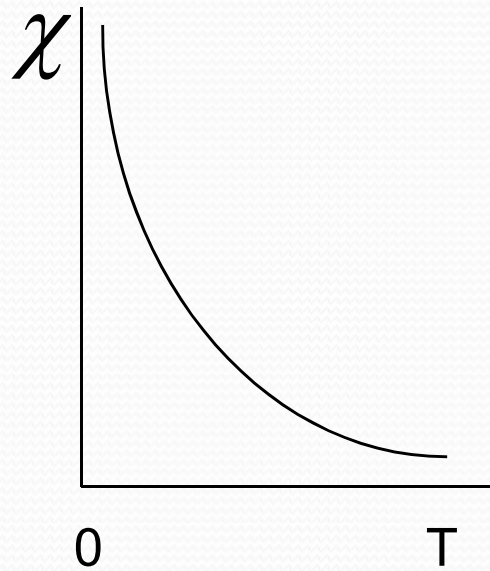
Keterangan:

$c$  = Konstanta Curie

$T_c$  = Suhu Curie; “suhu yang memisahkan antara Ferromagnetik dengan non Ferromagnetik



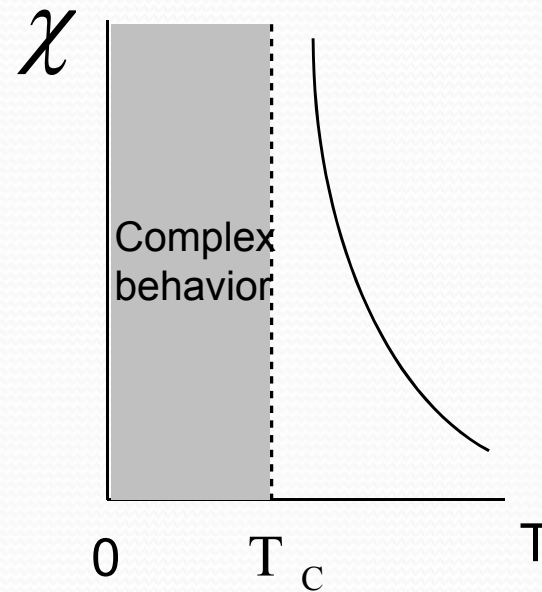
## Paramagnetik



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

Hukum Curie

## Ferromagnetik



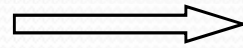
$$\chi = \frac{M}{B_a} = \frac{c}{T - T_c}$$

Hukum Curie-Weiss

$$T > T_c$$

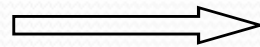


Sebuah bahan yang paramagnetik bisa berlaku sebagai ferromagnetik bila suhunya diturunkan sampai dengan suhu tertentu



“Suhu Curie”.

Suatu bahan yang paramagnetik bisa berlaku sebagai anti ferromagnetik bila suhunya dinaikkan sampai dengan suhu tertentu



“Suhu Weiss”.



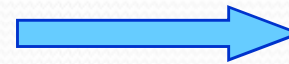
# KESIMPULAN

◆ Momen Dipol Magnet untuk logam diamagnetik



$$\mu = -\frac{Ze^2 B}{4m_e} (\rho^2)$$

◆ Suseptibilitas Magnet untuk logam diamagnetik



**Persamaan Langevin untuk diamagnetisme**

◆ Klasifikasi Logam Paramagnetik:

1. Ferromagnetik
2. Anti Ferromagnetik
3. Ferrimagnetik
4. Canted Anti Ferromagnetik
5. Helical Spin



**Berdasarkan spin elektronnya**

$$\chi = -\frac{ZNe^2}{6m} \langle r^2 \rangle$$

# LATIHAN SOAL

## 10.1. Diamagnetisme

10.1.1. momen dipol magnet

10.1.2. suseptibilitas magnet  
(persamaan Langevin)

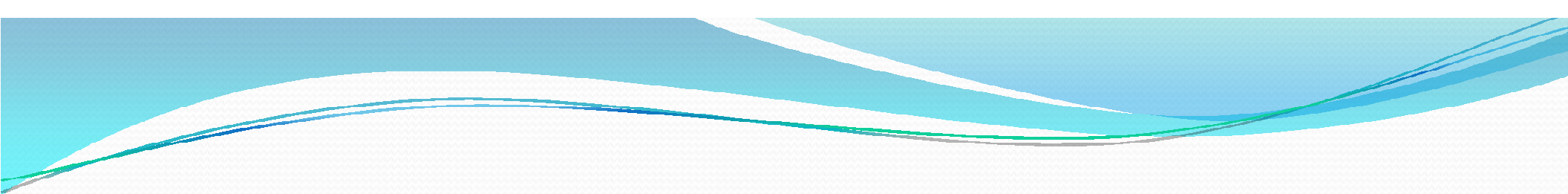
## 10.2. Paramagnetisme.

10.2.1. ferromagnetik (suhu Curie)

10.2.2. ferrimagnetik (suhu Curie)

10.2.3. antiferromagnetik (suhu Neel)



- 
- Menghitung momen dipole magnet untuk logam diamagnetik.
  - Menghitung suseptibilitas magnet untuk logam diamagnetik.
  - Mengklasifikasi logam paramagnetik.
  - Menghitung suhu Curie
  - Menghitung suhu Neel.