

# M.K. LISTRIK MAGNET

## JOBSHEET 8

---

### MEDAN ELEKTROSTATIK DALAM BAHAN

---

#### 4.1 MEDAN D

Terdapat 2 jenis muatan dalam dielektrik yang terpolarisasi yaitu muatan bebas  $Q_f$  dan muatan terikat  $Q_b$ . Rapat muatan total adalah penjumlahan kedua jenis muatan ini,

$$\rho_{total} = \rho = \rho_f + \rho_b = \rho_f - \nabla \cdot \mathbf{P} \quad (4-29)$$

Dari  $\nabla \cdot \mathbf{E} = \rho / \epsilon_0$  diperoleh  $\rho = \nabla \cdot \epsilon_0 \mathbf{E}$  sehingga  $\nabla \cdot \epsilon_0 \mathbf{E} + \nabla \cdot \mathbf{P} = \rho_f$ . Dengan demikian

$$\nabla \cdot (\epsilon_0 \mathbf{E} + \mathbf{P}) = \rho_f \quad (4-30)$$

Besaran  $\epsilon_0 \mathbf{E} + \mathbf{P}$  disebut medan pergeseran D

$$\mathbf{D} = \epsilon_0 \mathbf{E} + \mathbf{P} \quad (4-31)$$

sehingga (4-30) ditulis menjadi

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho_f \quad (4-32)$$

Hukum Gauss untuk medan D dapat ditulis

$$\oint_S \mathbf{D} \cdot d\mathbf{a} = \int_V \rho_f d\tau = Q_f \quad (4-33)$$

#### CONTOH :

Tentukan medan D untuk bola yang terpolarisasi seragam.

#### PENYELESAIAN :

Misalkan  $\mathbf{P} = P \hat{z}$  didalam bola. Di luar bola  $\mathbf{P} = 0$  sehingga nilai D diluar bola

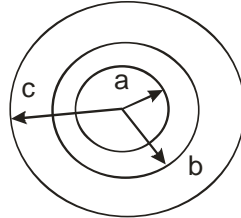
$$D_{z0}(z) = \epsilon_0 E_{z0} = 2Pa^3/3z^3 \quad (4-34)$$

Nilai D di dalam bola diperoleh dari (4-31) dan (4-28)

$$D_{zi}(z) = \epsilon_0 E_{zi} + \mathbf{P} = -1/3P + P = 2/3 P \quad (4-35)$$

### LATIHAN :

Sebuah kabel koaksial terdiri dari kawat tembaga jari-jari  $a$  diselubungi oleh pipa tembaga konsentris dengan jari-jari dalam  $c$ , seperti pada gambar



Sebagian ruang diisi (dari  $b$  ke  $c$ ) dengan bahan yang konstanta dielektriknya  $K$ . Hitung kapasitansi persatuan panjang dari kabel.

### KUNCI JAWABAN LATIHAN :

Ambil  $Q$  adalah muatan sepanjang  $l$  pada konduktor dalam.  $\oint D \cdot da = D2\pi rl = Q$

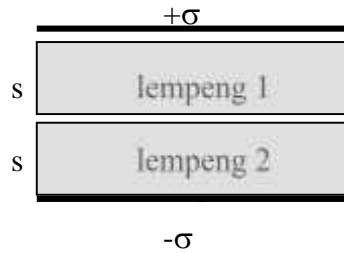
$$D = \frac{Q}{2\pi rl} ; E = \frac{Q}{2\pi \epsilon_0 rl} \quad (a < r < b) ; E = \frac{Q}{2\pi \epsilon rl} \quad (b < r < c) ;$$

$$V = -\int_c^a E \cdot dl = \int_a^b \left( \frac{Q}{2\pi \epsilon_0 l} \right) \frac{dr}{r} + \int_b^c \left( \frac{Q}{2\pi \epsilon l} \right) = \frac{Q}{2\pi \epsilon_0 l} \left\{ \ln(b/a) + \frac{\epsilon_0}{\epsilon} \ln(c/b) \right\}$$

$$m \quad \frac{C}{l} = \frac{Q}{Vl} = \frac{2\pi \epsilon_0}{\ln(b/a) + \frac{1}{K}} \ln(c/b)$$

**Jawablah pertanyaan berikut ini bersama kelompokmu. Gunakan referensi yang relevan.**

- 4.1 Hitung besarnya **D** dalam bahan dielektrik dengan  $\epsilon = 1,6$  di mana  $P = 3,05 \times 10^{-7} \text{ C/m}^2$ .
- 4.2 Hitung besarnya **D**, **P** dan  $\epsilon_r$ , untuk bahan dielektrik di mana  $E = 0,15 \text{ MV/m}$  dan  $\epsilon = 4,25$ .
- 4.3 Ruang di antara kapasitor pelat sejajar seperti pada gambar diisi dengan dua lempeng bahan dielektrik linier. Masing-masing lempeng mempunyai ketebalan  $s$  sehingga total jarak antara pelat adalah  $2s$ . Lempeng 1 memiliki tetapan dielektrik 2 dan lempeng 2 memiliki tetapan dielektrik 1,5. Rapat muatan bebas pada pelat atas  $\sigma$  dan pelat bawah  $-\sigma$ .



- (a) Carilah medan pergeseran listrik  $D$  pada setiap lempeng.
  - (b) Carilah medan listrik  $E$  pada setiap lempeng.
  - (c) Carilah polarisasi  $P$  pada setiap lempeng.
  - (d) Carilah perbedaan potensial antara kedua pelat.
  - (e) Carilah lokasi dan besar semua muatan terikat.
  - (f) Dengan mengetahui semua muatan (bebas dan terikat) hitung kembali medan listrik pada pada masing-masing lempeng dan bandingkan hasilnya dengan (b).
- 4.4 Sebuah bola terbuat dari bahan dielektrik linier dilingkupi oleh rapat muatan bebas dengan rapat muatan bebas  $\rho$ . Carilah potensial pada pusat bola jika jari-jarinya  $R$  dan konstanta dielektrik  $K$ .
- 4.5 Sebuah silinder amat panjang dari bahan dielektrik linier ditempatkan dalam medan listrik seragam  $E_0$ . Carilah medan resultan di dalam silinder. Radius silinder  $R$ , susceptibilitas  $\chi_e$  dan sumbu silinder tegak lurus  $E_0$ .