

# UTS FISIKA DASAR 2A 2012-2013

1. Sebuah dipol listrik bermuatan  $+Q$  dan  $-Q$ , kedua muatan tersebut terpisah sejauh  $d$ .
  - a. Hitung vektor medan listrik di titik A
  - b. Jika sebuah muatan titik  $q = 0,1 Q$  diletakkan di A, hitunglah gaya pada  $q$  yang disebabkan oleh dipol tersebut.
  - c. Jika titik A digeser ke posisi B dengan  $y \gg d$ , hitunglah vektor medan listrik di titik B dengan menggunakan aproksimasi  $(1 + \alpha)^n = 1 + n\alpha$  untuk  $\alpha \ll 1$ .

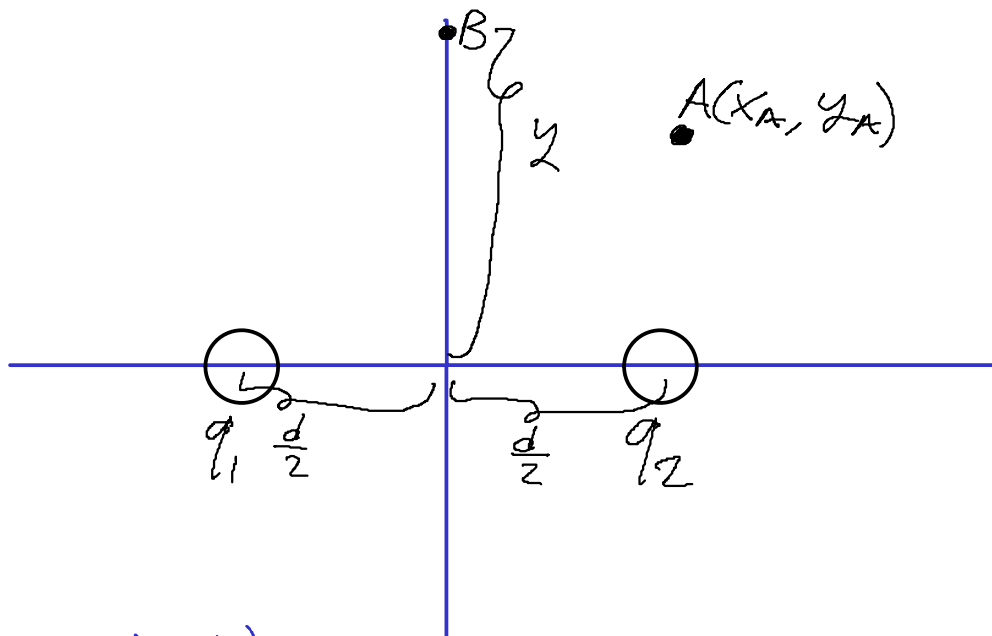
Jawab :

misal

$$q_1 = +Q$$

$$q_2 = -Q$$

maka susunan dipol pada soal di atas dapat diilustrasikan dengan gambar berikut



$$(a) \vec{E}_A = \vec{E}_{A1} + \vec{E}_{A2}$$

$$= \frac{kq_1}{|\vec{r}_{A1}|^3} \vec{r}_{A1} + \frac{kq_2}{|\vec{r}_{A2}|^3} \vec{r}_{A2} \quad ; k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

$$= \frac{kQ[(x_A + \frac{d}{2})\hat{i} + y_A\hat{j}]}{((x_A + \frac{d}{2})^2 + y_A^2)^{3/2}} + \frac{k(-Q)[(x_A - \frac{d}{2})\hat{i} + y_A\hat{j}]}{[(x_A - \frac{d}{2})^2 + y_A^2]^{3/2}}$$

$$\vec{E}_A = kQ \left[ \frac{(x_A + \frac{d}{2})\hat{i} + y_A\hat{j}}{[(x_A + \frac{d}{2})^2 + y_A^2]^{3/2}} - \frac{(x_A - \frac{d}{2})\hat{i} + y_A\hat{j}}{[(x_A - \frac{d}{2})^2 + y_A^2]^{3/2}} \right]$$

$$(b) \vec{F}_A = q_A \vec{E}_A$$

$$= (0,1Q) \left[ kQ \left[ \frac{(x_A + \frac{d}{2})\hat{i} + y_A\hat{j}}{[(x_A + \frac{d}{2})^2 + y_A^2]^{3/2}} - \frac{(x_A - \frac{d}{2})\hat{i} + y_A\hat{j}}{[(x_A - \frac{d}{2})^2 + y_A^2]^{3/2}} \right] \right]$$

$$= 0,1 k Q^2 \left[ \frac{(x_A + \frac{d}{2})\hat{i} + y_A\hat{j}}{[(x_A + \frac{d}{2})^2 + y_A^2]^{3/2}} - \frac{(x_A - \frac{d}{2})\hat{i} + y_A\hat{j}}{[(x_A - \frac{d}{2})^2 + y_A^2]^{3/2}} \right]$$

(c) vektor medan listrik di titik B dapat diperoleh dgn cara yang serupa dengan jawaban (2), dengan mengganti koordinat titik A ( $x_A, y_A$ ) menjadi koordinat titik B ( $0, y$ ) :

$$\vec{E}_B = kQ \left[ \frac{\frac{d}{2}\hat{i} + y\hat{j}}{[(\frac{d}{2})^2 + y^2]^{3/2}} - \frac{(-\frac{d}{2}\hat{i} + y\hat{j})}{[(\frac{d}{2})^2 + y^2]^{3/2}} \right]$$

$$= kQ \frac{d\hat{i}}{((\frac{d}{2})^2 + y^2)^{3/2}} = \frac{kQ d\hat{i}}{y^3 \left[ \frac{d^2}{4y^2} + 1 \right]^{3/2}}$$

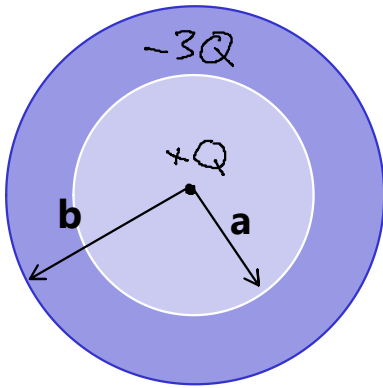
karena  $y \gg d$ , maka  $(1 + \frac{d^2}{4y^2})^{3/2} \approx 1 + \frac{3}{2} \cdot \frac{d^2}{4y^2}$

$$= 1 + \frac{3}{8} \frac{d^2}{y^2}$$

sehingga

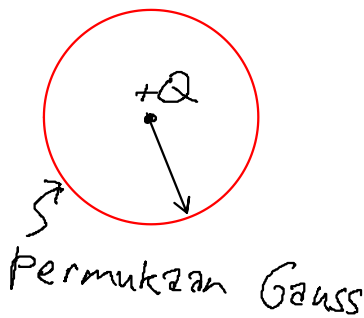
$$\vec{E}_B \approx kQ \frac{d\hat{i}}{y^3 (1 + \frac{3}{8} \frac{d^2}{y^2})}$$

2. Kulit bola yang tebal dengan jari-jari dalam  $a$  dan jari-jari luar  $b$  bermuatan total  $-3Q$ . Kemudian sebuah muatan titik  $+Q$  diletakkan di pusat bola. Tentukan:
- Besar dan arah kuat medan listrik di  $r < a$ ;  $a < r < b$ ; serta  $r > b$ .
  - Besar muatan induksi pada permukaan dalam dan luar kulit bola.
  - Gambar kurva potensial listrik di  $r < a$ ;  $a < r < b$ ; serta  $r > b$ . Asumsikan potensial di  $r = b$ , adalah  $V_0$ .



# karena pada pertanyaan (b) ditanyakan muatan induksi, maka diasumsikan kulit bola adalah konduktor

(a) # untuk  $r < a$ , terapkan hukum Gauss :



$$\oint \vec{E} \cdot \hat{n} dA = \frac{q_{enc}}{\epsilon_0}$$

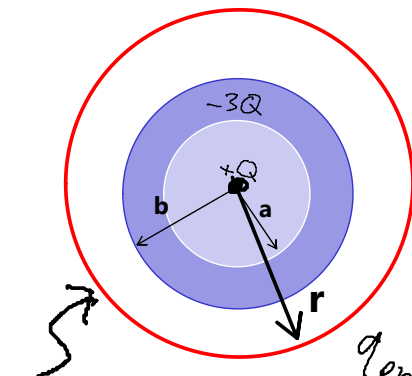
$$4\pi r^2 E = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}$$

karena diperoleh tanda  $E$  bernilai (+) maka arah medan listriknya menjauhi pusat bola

# Untuk  $a < r < b$ ,  $E = 0$

karena daerah tersebut terletak pada bagian pejal konduktor



# untuk  $r > b$

$$\oint \vec{E} \cdot \hat{n} dA = \frac{q_{enc}}{\epsilon_0}$$

$$4\pi r^2 E = \frac{-2Q}{\epsilon_0}$$

$$E = - \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 r^2}$$

Permukaan Gauss

$$q_{enc} = +Q + (-3Q) = -2Q$$

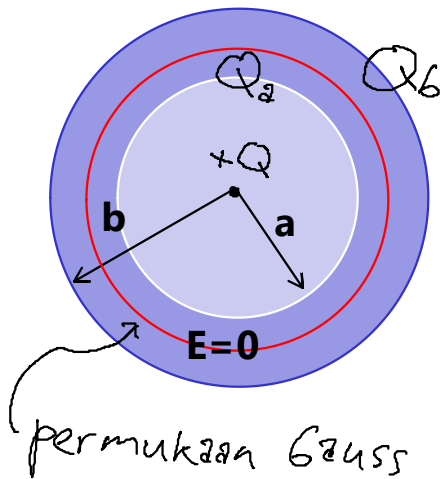
tanda negatif menunjukkan arah medan listrik menuju pusat bola

(b) misal

$Q_a$  = muatan induksi pada permukaan berjari-jari  $a$

$Q_b$  = muatan induksi pada permukaan berjari-jari  $b$

# gambar permukaan Gauss pada bagian pejal konduktor



$$\oint \vec{E} \cdot \hat{n} dA = q_{enc}$$

$$0 = Q_a + Q$$

$$\rightarrow Q_a = -Q$$

$$q_{enc} = +Q + Q_a$$

# total muatan pada kulit bola konduktor adalah  $-3Q$

$$Q_a + Q_b = -3Q$$

$$-Q + Q_b = -3Q$$

$$\rightarrow Q_b = -2Q$$

(c) Potensial acuan diambil pada  $r=b$ ,  $V(r=b) = V_0$

# untuk  $r > b$ ,  $E = -\frac{Q}{2\pi\epsilon_0 r^2}$ , sehingga

$$V(r) - V(b) = - \int_b^r E dr$$

$$V(r) - V_0 = - \int_b^r -\frac{Q}{2\pi\epsilon_0 r^2} dr$$

$$V(r) - V_0 = - \left[ \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 r} \right]_b^r$$

$$V(r) = V_0 - \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 r} + \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 b}$$

# untuk  $a < r < b$ ,  $E = 0$

$$V(r) - V(b) = - \int_b^r E dr$$

$$V(r) - V_0 = 0$$

$$V(r) = V_0$$

# karena potensial listrik adalah besaran yg nilainya kontinu, maka

$$V(a) = \lim_{r \rightarrow a^+} V(r) = V_0$$

# untuk  $r < a$

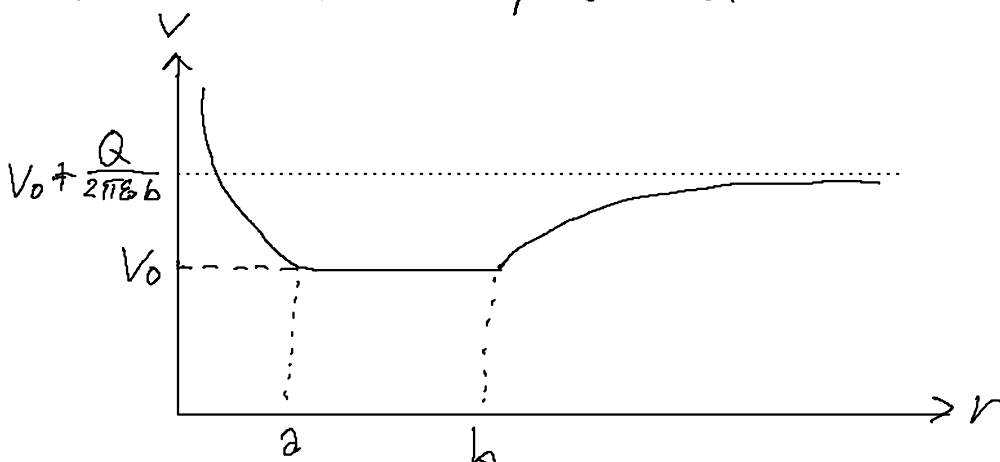
$$V(r) - V(a) = - \int_a^r E dr$$

$$V(r) - V_0 = - \int_a^r \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} dr$$

$$V(r) - V_0 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} \Big|_a^r$$

$$V(r) = V_0 + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 a}$$

# maka kurva potensial dari sistem di atas :



3. Sebuah kapasitor pelat sejajar terpisah oleh jarak 1 cm dan dengan luas penampang  $0,2 \text{ m}^2$ . Mula-mula kapasitor dihubungkan dengan sumber potensial 30 V. Setelah kapasitor jenuh muatan, sumber potensial dilepas kemudian bahan plastik bermuatan sama dengan tebal 0,5 cm disisipkan di antara pelat tersebut. Beda potensial pada keadaan ini adalah 20 V. Hitunglah:
- Besar kapasitansi sebelum diisi bahan plastik dan besar muatan pada masing-masing pelat.
  - Besar kapasitansi setelah diisi bahan plastik dan tetapan dielektriknya.
  - Besar kuat medan listrik dan rapat energi setelah diisi bahan plastik.

misal

$C$  = kapasitansi total sebelum diisi dielektrik

$C'$  = kapasitansi total setelah diisi dielektrik

$A$  = luas penampang plat

$d$  = jarak pisah plat

$V$  = tegangan sumber potensial

$V'$  = tegangan kapasitor setelah dikeri sisipan

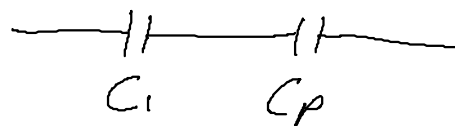
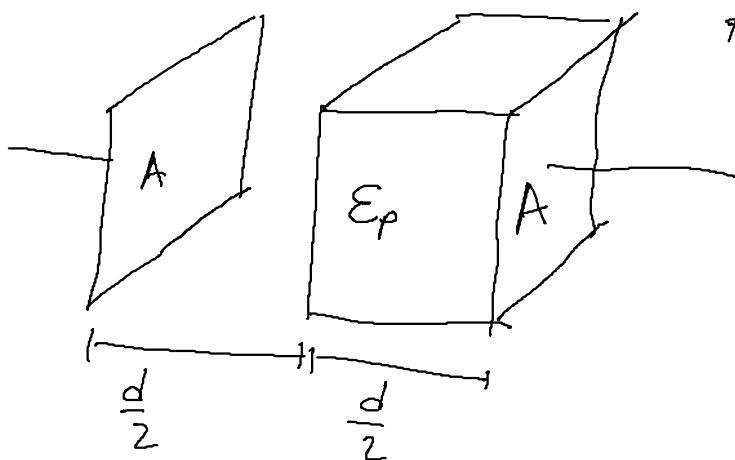
$\epsilon_p$  = tetapan dielektrik bahan plastik sisipan

$$(a) \quad C = \frac{\epsilon_0 A}{d} = \frac{8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m} \cdot 0,2 \text{ m}^2}{1 \times 10^{-2} \text{ m}} = 1,77 \times 10^{-10} \text{ F}$$

$$Q = C \bar{V} = 1,77 \times 10^{-10} \text{ F} \cdot 30 \text{ V} = 5,31 \times 10^{-9} \text{ Coulombs}$$

$$(b) \quad C' = \frac{Q}{V'} = \frac{C \bar{V}}{V'} = \frac{\frac{\epsilon_0 A}{d} \cdot 30}{20} = \frac{3}{2} \frac{\epsilon_0 A}{d} = 2,66 \times 10^{-10} \text{ F}$$

# sistem tersebut setara dengan



$$\text{dengan } C_1 = \frac{\epsilon_0 A}{\frac{d}{2}} = \frac{2 \epsilon_0 A}{d}$$

$$\text{dan } C_p = \frac{\epsilon_p \epsilon_0 A}{\frac{d}{2}} = \frac{2 \epsilon_p \epsilon_0 A}{d}$$

$$\frac{1}{C'} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_p}$$

$$\rightarrow C' = \frac{C_1 C_p}{C_1 + C_p}$$

$$\frac{3}{2} \frac{\epsilon_0 A}{d} = \frac{\frac{2\epsilon_0 A}{d} \cdot \frac{2\epsilon_p \epsilon_0 A}{d}}{\frac{2\epsilon_0 A}{d} + \frac{2\epsilon_p \epsilon_0 A}{d}}$$

$$\frac{3}{2} \frac{\epsilon_0 A}{d} = \frac{2\epsilon_p}{1+\epsilon_p} \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

$$3(1+\epsilon_p) = 4\epsilon_p$$

$$\boxed{\epsilon_p = 3}$$

$$(C) E = \frac{V'}{d} = \frac{20 \text{ Volt}}{1 \times 10^{-2} \text{ m}} = 2000 \text{ Volt/m}$$

rapat energi :

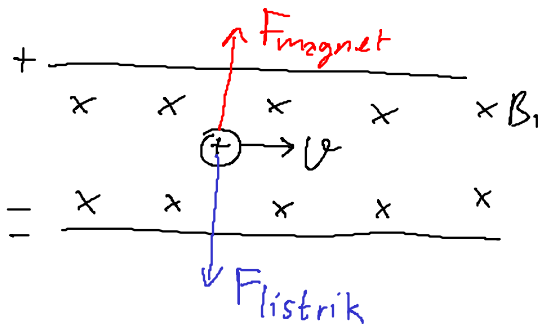
$$u = \frac{\frac{1}{2} C' V'^2}{Ad} = \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{3}{2} \frac{\epsilon_0 A}{d} \cdot V'^2}{Ad} = \frac{3}{4} \epsilon_0 \frac{V'^2}{d^2}$$

$$= \frac{3}{4} \epsilon_0 \cdot E^2 = \frac{3}{4} \cdot 8,85 \times 10^{-12} \cdot (2000)^2 \text{ Joule/m}^3$$

$$= 26,55 \times 10^{-6} \text{ Joule/m}^3$$

4. Ion-ion positif dilewatkan pada selektor kecepatan yang memiliki beda potensial antara pelat sebesar  $V$  dan medan magnet serba sama  $B_1$ . Setelah keluar dari selektor kecepatan, hanya ion tertentu dengan massa  $m$  dan muatan  $q$  yang dapat memasuki ruang pembelok ion yang memiliki medan magnet serba sama  $B_2$ .
- Tentukan laju ion yang akan memasuki ruang pembelok ion.
  - Buat sketsa lintasan ion setelah keluar dari celah ruang pembelok ion.
  - Tentukan posisi jatuhnya ion pada pelat detektor relatif titik O, dinyatakan dalam besaran-besaran yang diketahui.

2. selektor kecepatan hanya akan meloloskan partikel dgn total gaya = 0



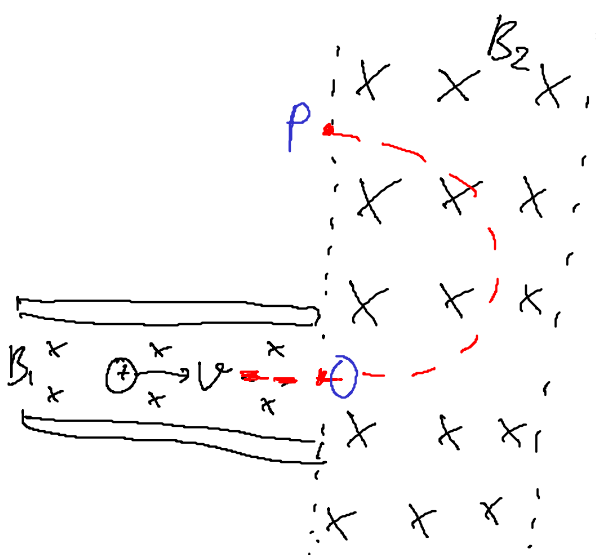
$$\Sigma F = 0$$

$$F_{\text{magnet}} - F_{\text{listrik}} = 0$$

$$qvB_1 - qE = 0$$

$$\rightarrow v = \frac{E}{B_1}$$

b)



misal titik  $O(0,0)$  adalah titik masuk ruang pembelok  
misal ruang pembelok menyebabkan ion yang masuk berputar  $180^\circ$   
maka ion tersebut akan keluar pada titik  $P(0, 2R)$  dgn  $R$  adalah jari-jari lintasan

$$c) F_{\text{sp}} = F_{\text{magnet}}$$

$$\frac{mv^2}{R} = qvB$$

$$\rightarrow R = \frac{mv}{qB}$$

maka posisi jatuhnya ion pada titik  $P(0, \frac{2mv}{qB})$