

POTENSIAL LISTRIK



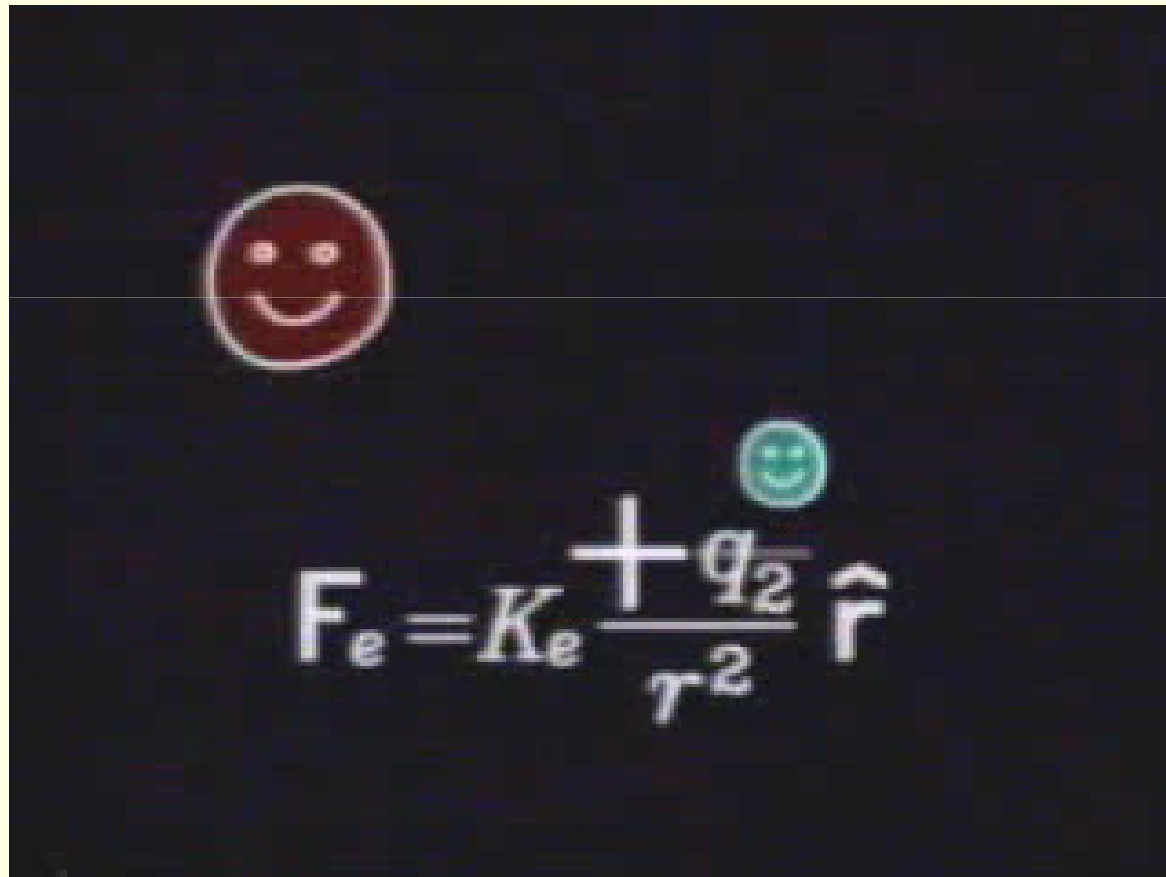
Oleh :
Sabar Nurohman, M.Pd



Ke Menu Utama



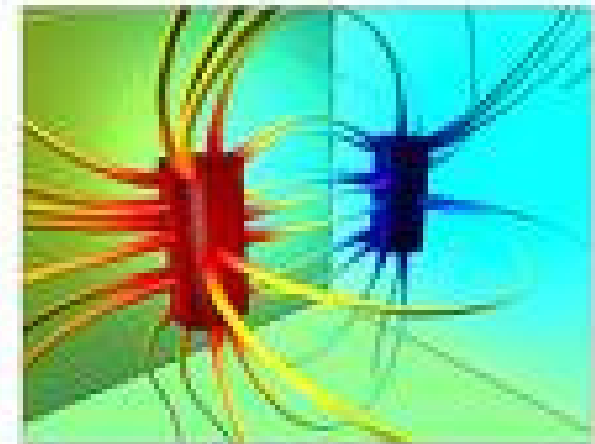
Lihat Tampilan Berikut:





POTENSIAL LISTRIK

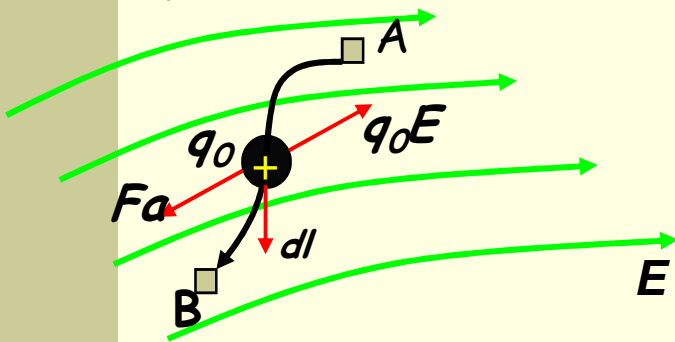
Bila sebuah partikel bermuatan bergerak dalam sebuah medan listrik, maka medan itu akan mengerahkan sebuah gaya yang dapat melakukan kerja pada partikel tersebut. Kerja tersebut selalu dapat dinyatakan dalam energi potensial listrik yang besarnya bergantung pada kedudukan partikel bermuatan itu dalam medan listrik. Dalam rangkaian, selisih potensial dari satu titik ke titik lain dinamakan tegangan (voltage).



Usaha untuk memindahkan suatu muatan titik

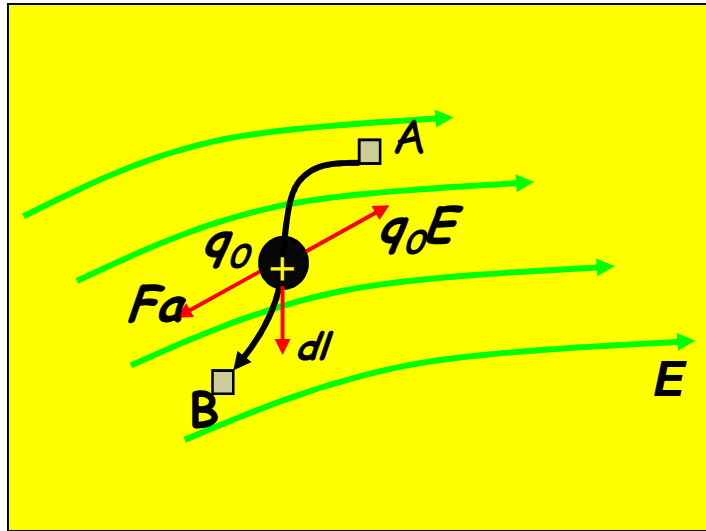
Diberikan satu muatan q_0 dalam medan E :

$$F = q_0 E$$



Sebuah partikel bermuatan positif digerakan oleh sebuah gaya luar dari A ke B dalam sebuah medan listrik. Dalam perjalanannya partikel tersebut akan dipengaruhi oleh gaya listrik sebesar $q_0 E$.

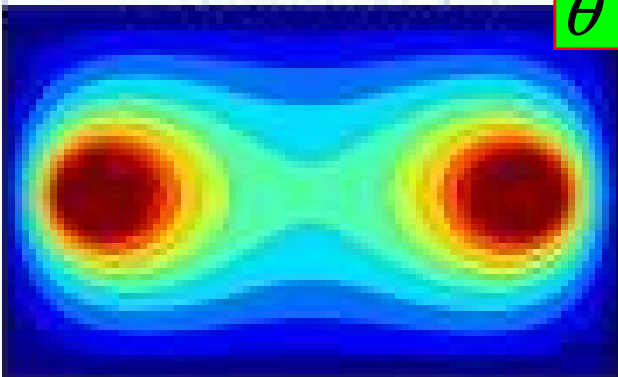




Untuk mempertahankan partikel tersebut agar tidak dipercepat oleh gaya $q_0 E$, maka sebuah pengaruh luar harus memakai gaya F_a yang dipilih tepat sama dengan $-q_0 E$ yang akan menyebabkan partikel bergeser sejauh dl sepanjang jalan A ke B. Sehingga elemen kerja yang dilakukan oleh pengaruh gaya luar tersebut adalah $F_a \cdot dl$

$$W_{AB} = \int_A^B \vec{F}_a \cdot d\vec{l} = -q_0 \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l} = -q_0 \int_A^B E \cos \theta dl$$

$\theta =$ sudut antara arah medan E dan arah dl



Energi potensial listrik

$$W_{AB} = -q_0 \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

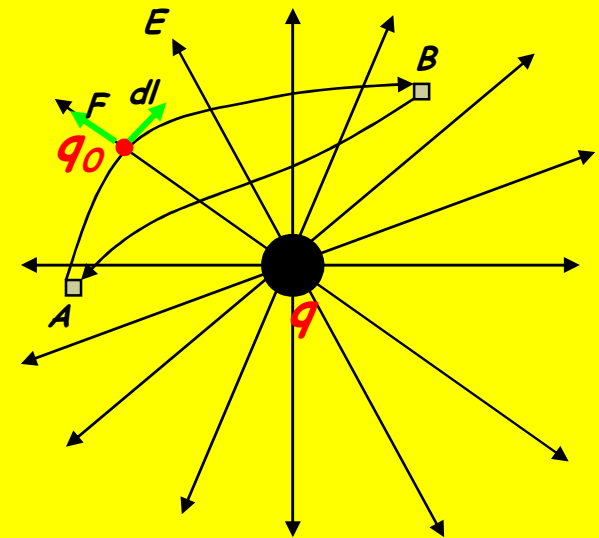
Energi potensial listrik tidak lain adalah usaha yang dilakukan oleh suatu gaya luar untuk memindahkan partikel bermuatan yang berada di sekitar medan listrik.

Jadi :

$$U = -q_0 \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$U = -q_0 \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_{r_A}^{r_B} \frac{q}{r^2} dr$$

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq_0}{r}$$



Energi potensial listrik pada muatan q_0 yang bergerak di suatu medan listrik yang dihasilkan oleh q



Energi Potensial Listrik dengan beberapa muatan titik

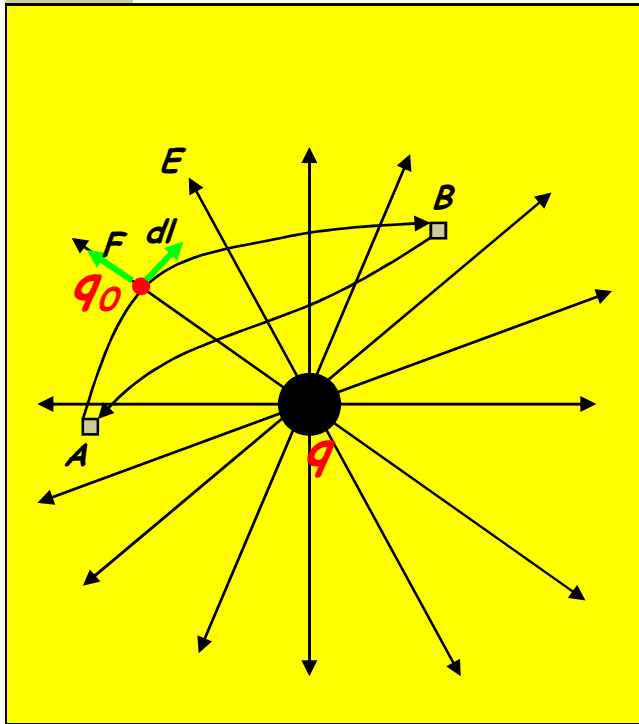
Misalkan q_0 bergerak disuatu medan listrik akibat beberapa muatan titik $q_1, q_2, q_3 \dots$. Dengan jarak $r_1, r_2, r_3 \dots$ Dari q_0 . Medan listrik total adalah jumlah vektor dari medan-medan yang ditimbulkan oleh muatan-muatan individu, dan kerja total yang dilakukan q_0 adalah jumlah kontribusi dari muatan-muatan individu itu.

$$U = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2} + \frac{q_3}{r_3} \dots \right) = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0} \sum_i \frac{q_i}{r_i}$$



Selisih potensial listrik diantara dua titik A dan B tersebut didefinisikan sebagai :

Potensial (V) adalah : *Energi potensial tiap satuan muatan*



$$V_B - V_A = V = \frac{W_{AB}}{q_0} = \frac{U}{q_0}$$

$$V = -\int_A^B \vec{E} dl = -\int_A^B E \cos \theta dl$$

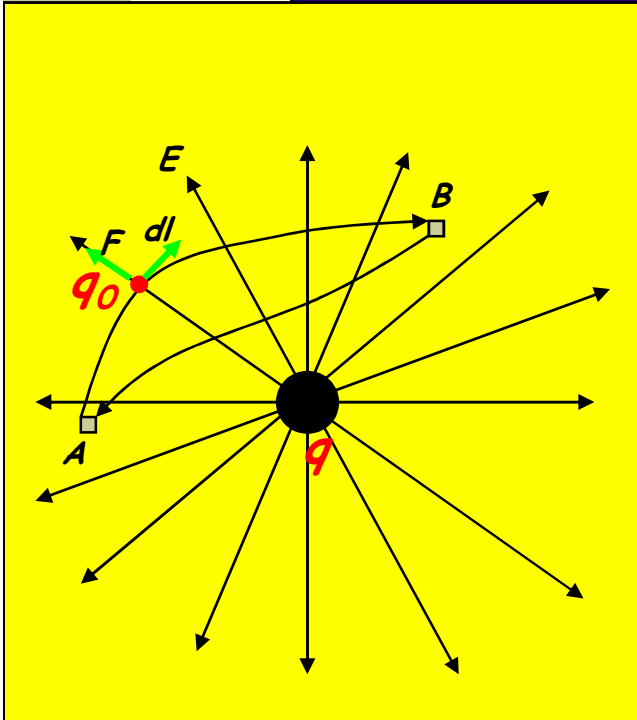
Jadi :

$$dl = dr$$

$$V = -\frac{q}{4\pi\epsilon_0} \int_{r_A}^{r_B} \frac{dr}{r^2} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right)$$



Dengan memilih kedudukan A pada posisi tak hingga, maka perbedaan potensial listrik dapat dinyatakan :



Potensial akibat sekumpulan muatan titik dirumuskan :

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}$$

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq_0}{r}$$

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2} + \frac{q_3}{r_3} \dots \right)$$

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_i \frac{q_i}{r_i}$$

Jadi hubungan Energi potensial dan potensial listrik adalah :

$$U = q_0 V$$

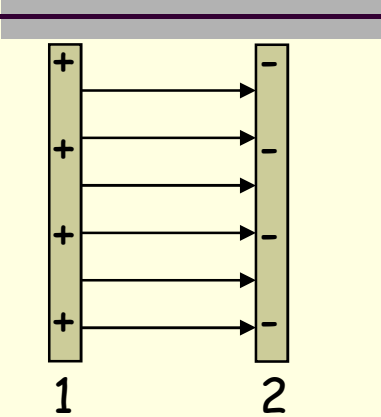




KAPASITOR

KAPASITANSI DAN DIELEKTRIK

Sebuah kapasitor disusun oleh dua buah konduktor yang bermuatan $+Q$ dan $-Q$ yang dipisahkan oleh sebuah isolator (atau ruang hampa).



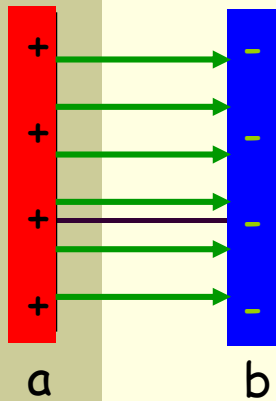
Secara umum kapasitor berfungsi untuk menyimpan energi potensial listrik dan muatan listrik. Pada pemakaiannya, setiap konduktor pada mulanya mempunyai muatan netto nol, dan elektron dipindahkan dari satu konduktor ke konduktor yang lain; hal ini dinamakan *charging* kapasitor.

Simbol dalam diagram rangkaian :



Atau





KAPASITANSI

$$V_{ab} \cdot C = Q$$

Kapasitansi adalah rasio jumlah muatan Q terhadap selisih potensial antara kedua konduktor.

$$C = \frac{Q}{V_{ab}}$$

Satuan C : Farad (F)
1 F = satu coloumb per Volt

Kapasitansi menunjukkan ukuran kemampuan sebuah kapasitor untuk menyimpan energi.

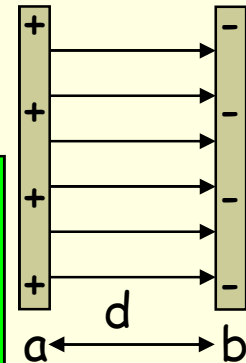


KAPASITANSI KAPASITOR DALAM RUANG HAMPA

KAPASITOR KEPING SEJAJAR

Persamaan umum kapasitansi : \rightarrow

$$C = \frac{Q}{V_{ab}}$$



Berdasarkan persamaan-persamaan yang sudah kita peroleh pada bagian sebelumnya, maka kita dapat merumuskan besarnya kapasitansi kapasitor keping sejajar pada ruang hampa sebagaimana rumusan di samping....

$$V_{ab} = \int_a^b \vec{E} d\vec{l}$$

$$V_{ab} = Ed \quad \text{-----} \rightarrow E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 A}$$

$$V_{ab} = \frac{Q}{\epsilon_0 A} d$$

$$C = \frac{Q}{V_{ab}}$$

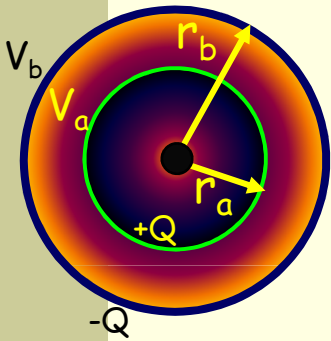
$$C = \frac{Q}{\frac{Qd}{\epsilon_0 A}} \quad \text{-----} \rightarrow C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$$



Kapasitor Bola

Dua kulit konduksi konsentris berbentuk bola dipisahkan oleh ruang hampa; kulit yang sebelah dalam mempunyai muatan $+Q$ dengan jari-jari luar r_a , dan kulit yang sebelah luar bermuatan $-Q$ dengan jari-jari dalam r_b . Cari kapasitansi dari kapasitor bola tersebut !!



Langkah pertama untuk mencari kapasitansi adalah menentukan beda potensial diantara dua plat tersebut...

Setelah beda potensial V_{ab} kita ketahui, maka langkah berikutnya kita masukan pada persamaan umum kapasitansi...

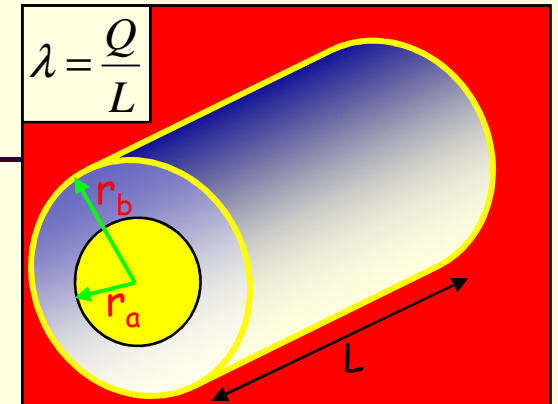
$$\begin{aligned} V_{ab} &= V_a - V_b \\ &= \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r_a} - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r_b} \\ &= \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_a} - \frac{1}{r_b} \right) \\ V_{ab} &= \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{r_b - r_a}{r_a r_b} \right) \end{aligned}$$

$$C = \frac{Q}{V_{ab}} = 4\pi\epsilon_0 \frac{r_a r_b}{r_b - r_a}$$



Kapasitor Silinder

Sebuah konduktor silinder panjang mempunyai jari-jari r_a dan kerapatan muatan linier $+\lambda$. Silinder tersebut dikelilingi oleh sebuah kulit konduksi silinder sesumbu dengan jari-jari r_b dan kerapatan muatan linier $-\lambda$. Hitung kapasitansi per satuan panjang untuk kapasitor ini !



$$V_{ab} = V_a - V_b \rightarrow \text{Ingat } E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$$
$$V_{ab} = \int_a^b \vec{E} d\vec{l} = \int_a^b E_r dr = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \int_a^b \frac{1}{r} dr$$
$$V_{ab} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{r_b}{r_a}$$

Kita masukan hasil tersebut kepada persamaan umum kapasitansi

$$C = \frac{Q}{V_{ab}} = \frac{\lambda L}{\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{r_b}{r_a}} = \frac{2\pi\epsilon_0 L}{\ln \left(\frac{r_b}{r_a} \right)}$$

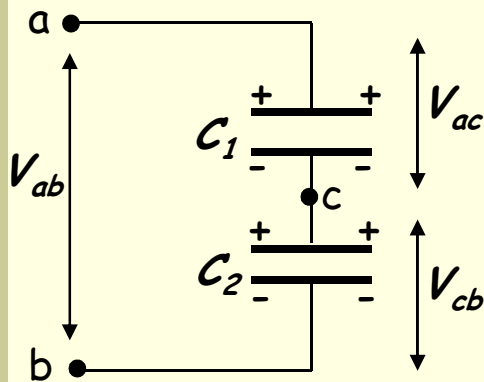
Kapasitansi per satuan panjang :

$$\frac{C}{L} = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \left(\frac{r_b}{r_a} \right)}$$



KAPASITOR DALAM SAMBUNGAN SERI DAN PARALEL

Kapasitor Sambungan Seri



$$V_{ab} = V = V_{ac} + V_{cb} = Q \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)$$

$$\frac{V}{Q} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$C_{ek} = \frac{Q}{V} \text{ atau } \frac{1}{C_{ek}} = \frac{V}{Q}$$

Sehingga :

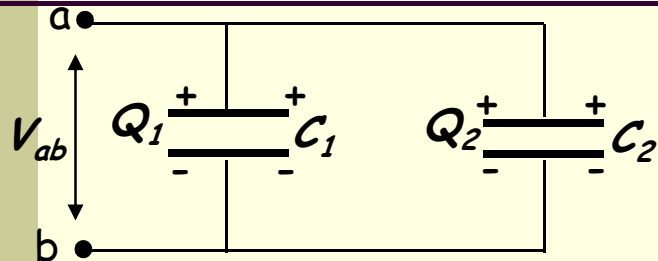
$$\frac{1}{C_{ek}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Jadi apabila kapasitor disambungkan secara seri, maka akan menghasilkan nilai kapasitansi ekuivalen yang besarnya dapat dirumuskan sbb :

$$\frac{1}{C_{ek}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \dots$$



Kapasitor Sambungan Paralel



Jadi apabila kapasitor disambungkan secara paralel, maka akan menghasilkan nilai kapasitansi ekuivalen yang besarnya dapat dirumuskan sbb :

$$V_{ab} = V$$

$$Q_1 = C_1 V \text{ dan } Q_2 = C_2 V$$

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$Q = (C_1 + C_2) V$$

$$\frac{Q}{V} = C_1 + C_2 = C_{ek}$$

$$C_{ek} = C_1 + C_2 + C_3 \dots$$



BAHAN DIELEKTRIK

Untuk menaikkan nilai kapasitansi sebuah kapasitor, maka dapat dilakukan dengan cara menempatkan suatu material non-konduksi diantara dua plat pada kapasitor. Bahan tersebut dinamakan sebagai bahan dielektrik.

Masing-masing bahan dielektrik akan memiliki konstanta dielektrik K . Hal ini akan menyebabkan kenaikan nilai kapasitansi sebesar :

$$C = KC_0 = K\epsilon_0 \frac{A}{d} = \epsilon \frac{A}{d}$$

Dalam hal ini :

C : Kapasitansi setelah diberi bahan dielektrik

C_0 : Kapasitansi semula

K : Tetapan dielektrik suatu bahan

$$\epsilon = K\epsilon_0$$

