

BAHAN DIELEKTRIK



BAHAN DIELEKTRIK

BAHAN DIELEKTRIK.

Bahan dielektrik yaitu bahan yang apabila diberikan medan potensial (tegangan) dapat mempertahankan perbedaan potensial yang timbul diantara permukaan yang diberikan potensial tersebut.

Fungsi dari bahan listrik dielektrik diantaranya:

- Menyimpan energi listrik (dalam bentuk muatan) misalnya pada kapasitor.
- Memisahkan bagian bertegangan dengan bagian yang tidak bertegangan (isolator).

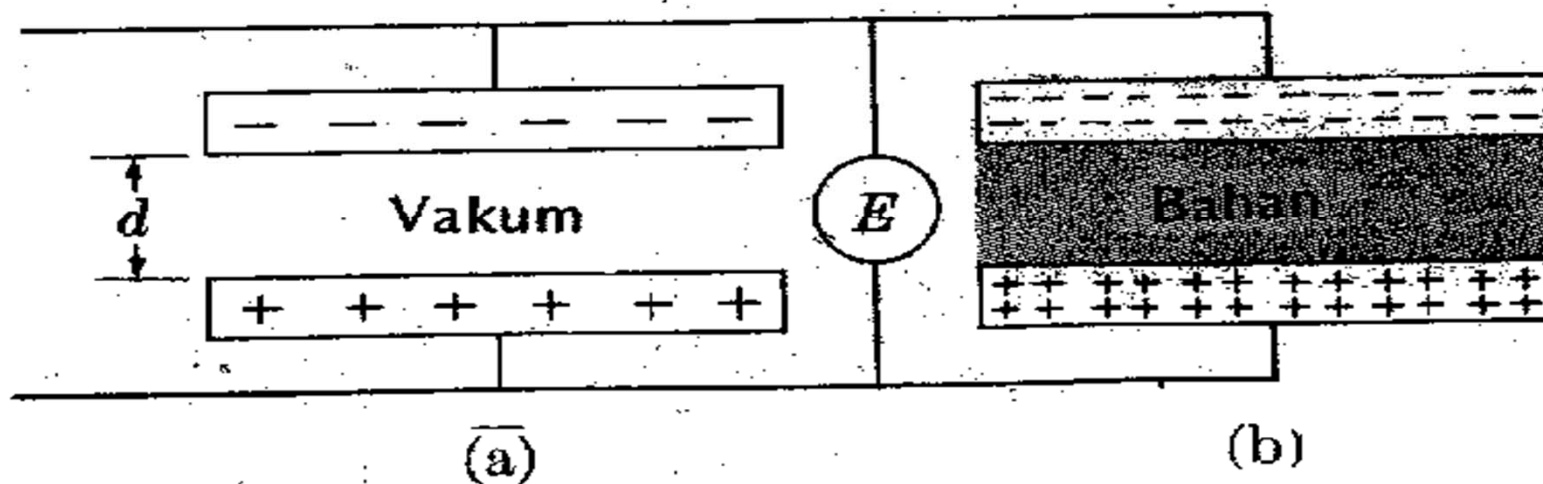
Misal: plastik, celah udara transformator, mica, gelas, porselin, kayu, karet, dll.



Sifat Dielektrik

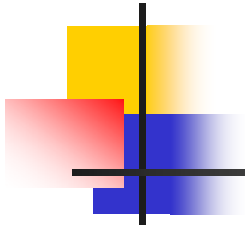
Sifat dielektrik muncul pada isolator listrik yang tidak dapat melalukan muatan listrik akan tetapi ia peka terhadap suatu medan listrik.

Hal ini dapat dibuktikan dengan memisahkan dua pelat elektroda sejarak d dan memberikan tegangan E diantara kedua pelat tersebut (lihat gambar)



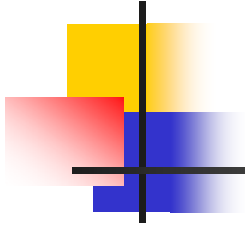
Dari gambar diatas, Medan Listrik dapat dirumuskan :

$$\xi = \frac{E}{d}$$



Bila diantara kedua plat tersebut terdapat ruangan kosong maka rapat muatan D_o pada tiap pelat sebanding dengan medan listrik ξ . Untuk setiap volt/m medan terdapat muatan sebesar $8,85 \times 10^{-12}$ *Coulomb per meter persegi* pelat elektroda. Sehingga:

$$D_o = (8,85 \times 10^{-12} \text{ C/V} \cdot \text{m}) \cdot \xi$$



Rapat muatan sebesar ini memerlukan 55×10^6 *elektron/m²* untuk setiap Volt/m karena elektron mempunyai muatan sebesar $0,16 \times 10^{-18}$ *Coulomb*. Bila pada gambar diatas ditempatkan bahan, maka rapat muatan dapat ditingkatkan dari D_o menjadi D_m , perbandingan antara D_m/D_o disebut konstanta dielektrik k dari bahan yang ditempatkan diantara elektroda :

$$K = D_m/D_o$$



Kekuatan Dielektrik

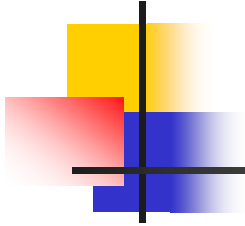
Kekuatan dielektrik adalah gradien tegangan yang menghasilkan tegangan tembus listrik melalui isolator. Umumnya konstanta dielektrik nilainya lebih tinggi sedikit pada bahan keramik, karena ion, dan bukan dwikutub molekuler yang dipengaruhi oleh medan listrik. Konstanta dielektrik seperti juga isolator dan polimer peka terhadap frekuensi. Akan tetapi, dalam daerah suhu biasanya hanya ada sedikit variasi pada isolator keramik.

Sifat Dielektrik Pada Bahan



Keramik

Keramik merupakan bahan dielektrik yang tersusun dari komposisi *MgO – Al₂O₃ – SiO₂*. Bahan ini adalah isolator yang baik karena elektron valensi dari atom logam pindah secara tetap ke atom oksigen, membentuk ion O²⁻. Ion Al³⁺ dari Al₂O₃ kehilangan semua elektron valensi yang membawa muatan dalam aluminium logam. Elektron-elektron tersebut sekarang diikat oleh ion oksigen. Dalam bahan ionisasi lainnya, elektron Mg²⁺ diikat oleh O²⁻ dalam MgO, dan silikon dan oksigen mempunyai elektronnya dalam struktur tetrahedral SiO₄.



Meskipun demikian, bahan isolator keramik dapat juga rusak dibawah pengaruh tegangan tinggi. Biasanya kerusakan merupakan gejala permukaan. Sebagai contoh, busi kendaraan bermotor dapat tidak berfungsi oleh karena terdapat uap lembab pada permukaan isolator keramik sehingga terjadi suatu hubungan singkat. Oleh karena itu isolator didisain sedemikian rupa sehingga jarak permukaan besar dan dengan demikian kemungkinan terjadinya hubungan singkat pada permukaan dapat diperkecil

Konstanta Dielektrik Keramik

Bahan	Tahanan (Volum) ohm.m	Kekuatan dielektrik volt/mm	Konstanta dielektrik relatif, κ		Faktor kerugian δ	
			60 Hz	10^6 Hz	60 Hz	10^6 Hz
Porsefen listrik	10^{11} – 10^{13}	$2-8 \times 10^4$	6	—	0,010	—
Isolator statik	$> 10^{12}$	$8-15 \times 10^4$	6	6	0,005	0,003
Isolator zirkon	$\sim 10^{13}$	$10-15 \times 10^4$	9	8	0,035	0,001
Isolator alumina	$> 10^{12}$	10^4	—	9	—	$< 0,0005$
Gelas soda-kapur	10^{12}	10^4	7	7	0,1	0,01
Gelas E	$> 10^{13}$	—	—	4	—	0,0006
Silika lebur (SiO_2)	$\sim 10^{18}$	10^4	4	3,8	0,001	0,0001



Kaca

Kaca pada umumnya terdiri dari campuran silikat (SiO_2) dan beberapa senyawa antara lain, borat, pospat. Kaca dibuat dengan cara melelehkan beberapa senyawa silikat (pasir), alkali (Na dan K) dengan bahan lain (kapur, oksida timah hitam). Karena itu sifat dari kaca tergantung dari komposisi bahan-bahan pembentuknya tersebut. Massa jenis kaca berkisar antara 2 dan 8,1 g/cm³, kekuatan tekanannya 6000 hingga 21000 kg/cm², kekuatan tariknya 100 hingga 300 kg/cm². Karena kekuatan tariknya relatif kecil, maka kaca adalah termasuk bahan yang regas.



Sifat Kelistrikan Kaca

Sifat kelistrikan kaca pada suhu normal adalah sebagai berikut : resistivitas berkisar antara 10^8 hingga 10^{17} Ohm-cm, permitivitas relatif berkisar antara 3,8 hingga 16,2, kerugian sudut dielektriknya 0,00003 hingga 0,01, tegangan break-down 25 hingga 50 KV/mm. Kaca silika mempunyai sifat kelistrikan paling baik, pada suhu kamar besarnya resistivitas adalah 10^7 Ohm-cm, permitivitas relatif 3,8 dan kerugian sudut dielektriknya 1 MHz adalah 0,0003. Jika kaca ditambahkan bahan natrium dan kalium, maka resistivitasnya akan menurun.

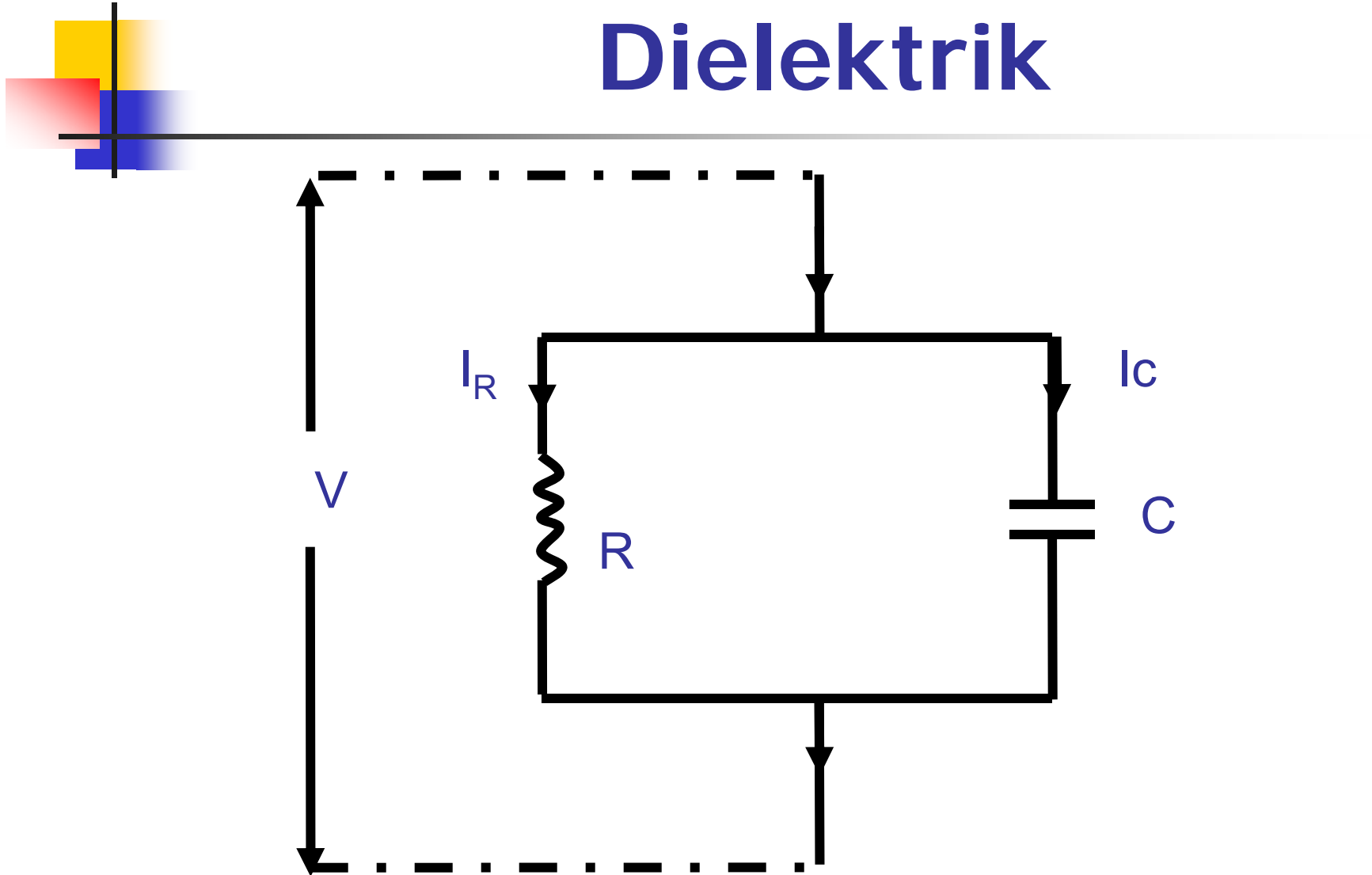


Kaca dielektrik kapasitor

Minos adalah salah satu jenis kaca yang mempunyai permeabilitas yang cukup tinggi yaitu 7,5, sudut kerugian dielektrik kecil pada frekuensi 1 MHz. Suhu 20°C, $\tan\delta = 0,0009$ pada frekuensi 1 MHz, suhu 200°C, $\tan\delta = 0,0012$, Kaca minos mempunyai $\alpha = 82 \times 10^{-7}$ per °C, massa jenisnya 3,6 g/cm³.

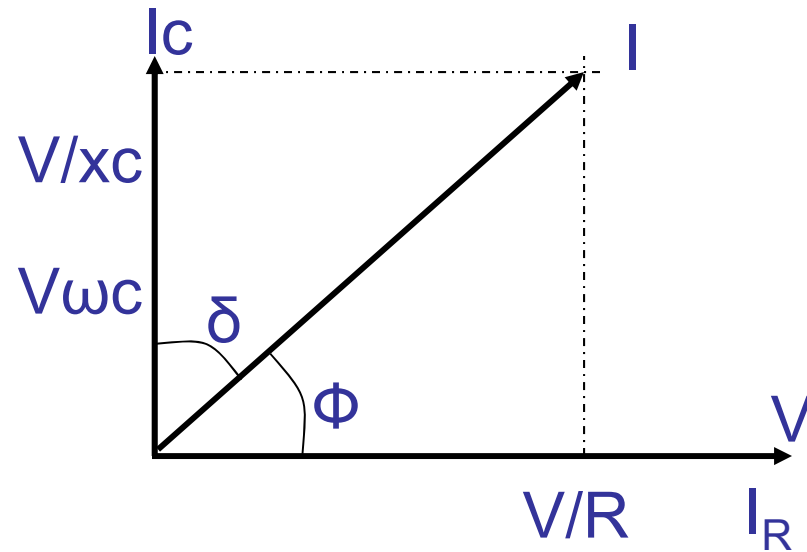
Oleh karena itu kaca minos banyak digunakan sebagai bahan isolator dielektrik pada kapasitor.

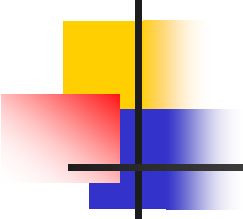
Rangkaian Ekuivalen Dielektrik



RUGI DIELEKTRIK

Grafik Rugi Dielektrik adalah sbb:




$$P = I^2 R$$

$$P = V^2/R$$

$$\operatorname{tg} \delta = I_r/I_c = (V/R)/V\omega C$$

$$V/R = V\omega C \operatorname{tg} \delta$$

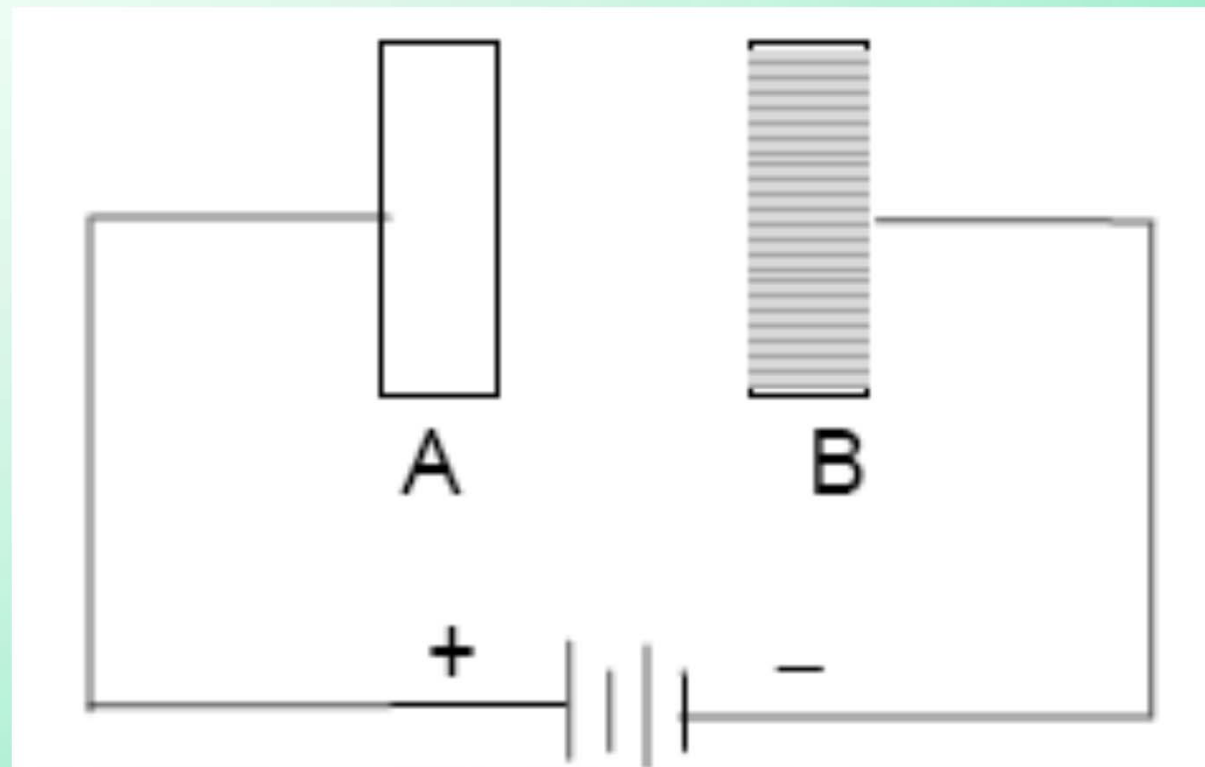
$$V^2/R = V^2\omega C \operatorname{tg} \delta$$

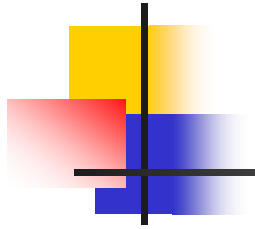
$$P = V^2\omega C \operatorname{tg} \delta = V^2\omega \operatorname{tg} \delta (\epsilon A)/d$$

$$P = V^2 2\pi f \operatorname{tg} \delta (\epsilon A)/d$$

$$P = V^2 2\pi f \operatorname{tg} \delta \epsilon$$

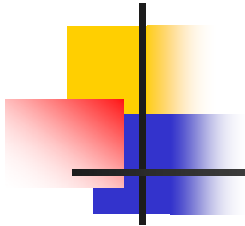
Kapasitor





Kapasitor

Kapasitor atau disebut juga kondensator adalah alat/perangkat untuk menyimpan muatan listrik untuk sementara waktu. Sebuah kapasitor/kondensator sederhana tersusun dari dua buah lempeng logam paralel yang disekat satu sama lain oleh bahan isolator yang disebut dielektrikum. Jenis kondensator diberi nama sesuai dengan dielektrikurnya, Yaitu : kertas, mika, keramik dan sebagainya.



- Jika lempeng kondensator/kapasitor dihubungkan pada sumber tegangan DC, terjadi perpindahan elektron dari kutub (-) lempeng B dan ke kutub (+) lempeng A. Hal ini berlangsung sampai beda potensial antara lempeng A dan lempeng B dengan GGL sumber tegangan DC. Jika hal ini terjadi artinya kondensator sudah bermuatan penuh.



■ Kapasitas Kapasitor

- Kapasitas kapasitor yaitu besarnya muatan listrik yang dapat disimpan tiap satuan beda potensial antara bidang-bidangnya.
- Dinyatakan dalam persamaan :

$$C = \frac{Q}{U}$$

C = kapasitas kapasitor farad (F).

Q = muatan listrik coulomb (C)

U = beda potensial volt (V)

Untuk kondensator plat sejajar, kapasitasnya tergantung pada luas dan jarak antara plat serta jenis / macam zat yang berada diantara dua plat tersebut. Dinyatakan dalam persamaan :

$$C = \varepsilon \frac{A}{l}$$

C = kapasitas kapasitor farad (F).

A = luas plat m²

L = jarak antar plat m

ε = konstanta dielektrik mutlak



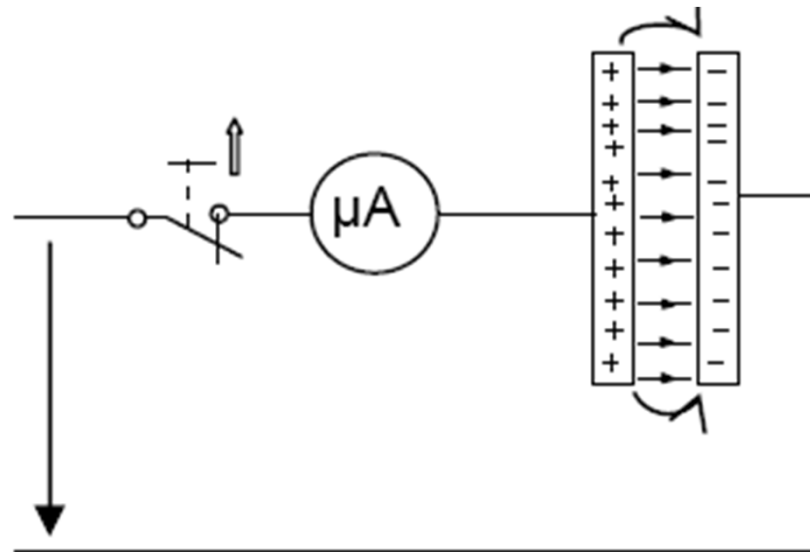
KONSTANTA DIELEKTRIK RELATIF BEBERAPA JENIS BAHAN

No	Jenis bahan	Konstanta dielektrik (ϵ_r)
1	Mika	2,5 – 7
2	Gelas	4 – 7
3	Air	80
4	Gambar	2,65
5	Lilin	2,25
6	Udara	1

ENERGI TERSIMPAN PADA KAPASITOR

- Untuk memberi muatan pada kapasitor, harus dilakukan suatu usaha. Kondensator yang bermuatan merupakan tempat energi tersimpan. Misalkan muatan positif dalam jumlah kecil berulang - ulang terambil dari salah satu platnya, hingga timbul lintasan sembarang dan berpindah ke plat yang satu lagi. Pada tahap tertentu, ketika besar muatan netto pada salah satu plat sama dengan q , beda potensial n antara kedua plat ialah q/c .

Besarnya usaha dw untuk memindahkan muatan dengan berikutnya ialah :



Energi tersimpan pada Kapasitor

$$dw = u \cdot dq = \frac{q \cdot dq}{C}$$

Jumlah total usaha :

$$\begin{aligned}w &= \int dw = \int \frac{q \cdot dq}{C} = \frac{1}{C} \int q \cdot dq \\ &= \frac{1}{C} \cdot \frac{1}{2} \cdot Q^2 = \frac{Q^2}{2C}\end{aligned}$$

karena : $u = \frac{Q}{C}$

$$w = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q}{C} \cdot Q = u \cdot Q \rightarrow Q = u \cdot C$$

$$w = u \cdot u \cdot C = u^2 \cdot C$$

w = usaha listrik	joule (j)
u = beda potensial	volt (V)
C = kapasitas kapasitor	farad (F)

Contoh soal :

Sebuah kondensator $4,7 \mu\text{F}$ dihubungkan pada tegangan 100 V .
Hitunglah :

- muatan kondensator
- energi kondensator

Jawab :

$$\text{a. } Q = u \cdot c = 100 \cdot 4,7 \cdot 10^{-6}$$

$$Q = 470 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

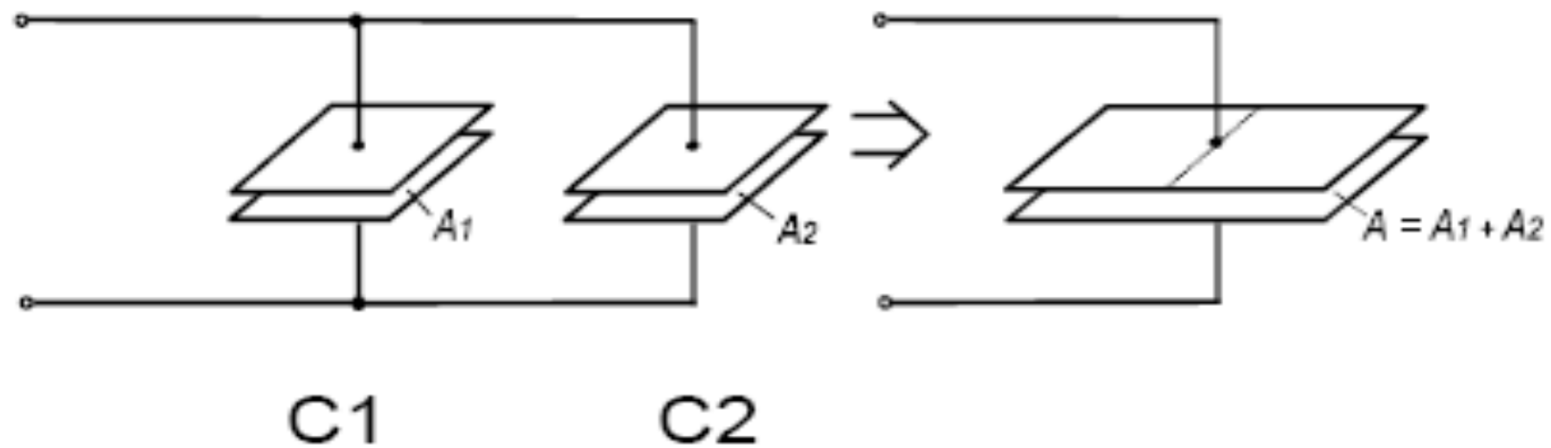
$$\text{b. } w = u \cdot Q$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 100 \cdot 470 \cdot 10^{-6}$$

$$w = 2350 \cdot 10^{-6} \text{ Ws}$$

$$w = 2350 \cdot 10^{-6} \text{ Joule}$$

Hubungan Jajar



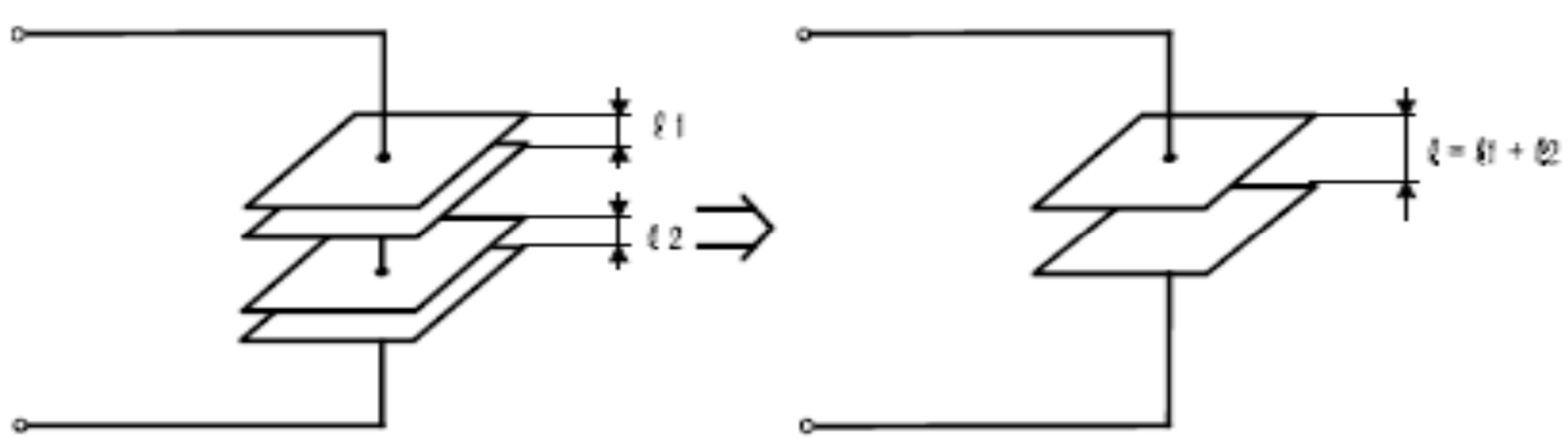
Pada hubungan jajar kondensator menjadikan luas permukaan plat – plat lebih besar, akibatnya kapasitas C menjadi lebih besar.

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$U \cdot C = U \cdot C_1 + U \cdot C_2$$
$$= U (C_1 + C_2)$$

$$C = C_1 + C_2$$

HUBUNGAN SERI



Pada hubungan deret kondensator, plat-plat menjadi lebih lebar jaraknya, akibatnya kapasitas C menjadi lebih kecil.

Dalam hal ini semua kapasitas kondensator sama besar yaitu :

$$C_1 = C_2$$

$$Q = Q_1 = Q_2$$

$$U.C = U_1.C_1 = U_2.C_2$$