

# LISTRIK DINAMIK 2: KAPASITOR & RANGKAIAN RC

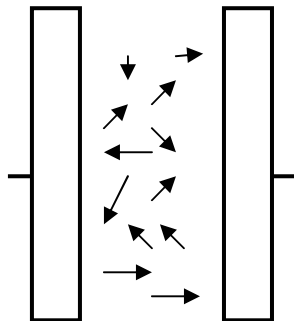
M. Ishaq

## KAPASITOR

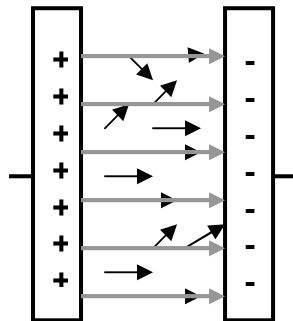


Model Kapasitor pertama "diciptakan" di Belanda, tepatnya kota Leyden pada abad ke-18 oleh para eksperimentalis fisika. Karenanya alat ini dinamakan Leyden Jar. Leyden Jar adalah wadah yang dibuat untuk menyimpan muatan listrik

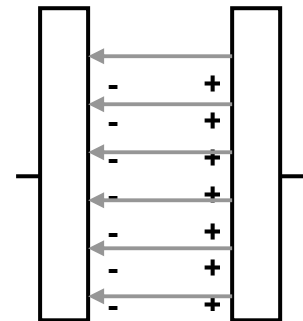
Kapasitor (yang pada awalnya disebut kondensator) secara struktur prinsipnya terdiri dari dua buah pelat konduktor yang berlawanan muatan, masing-masing memiliki luas permukaan  $A$ , dan mempunyai muatan persatuan luas  $\sigma$ . Konduktor yang dipisahkan oleh sebuah zat dielektrik yang bersifat isolator sejauh  $d$ . Muatan berada pada permukaan konduktor yang jumlah totalnya adalah nol. Hal ini disebabkan jumlah muatan negatif dan positif sama besar. Bahan dielektrik adalah bahan yang jika tidak terdapat medan magnet bersifat isolator, namun jika ada medan magnet yang melewatinya, maka akan terbentuk dipol-dipol listrik, yang arah medan magnetnya melawan medan magnet semula



*Sebelum adanya muatan pada kedua pelat, bahan dielektrik memiliki dipole acak sehingga bersifat isolator*



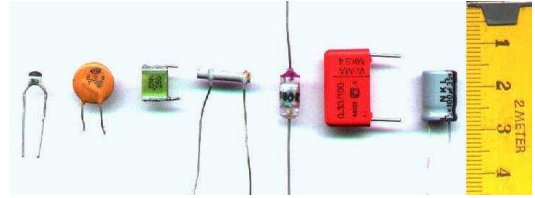
*Setelah pelat bermuatan yg menghasilkan medan listrik ke arah kanan, muatan pada dielektrik terpolarisasi oleh medan magnet. Muatan positif perlahan-lahan menuju pelat negatif, dan muatan negatif ke pelat positif*



*Akibatnya terdapat medan listrik baru pada dielektrik yang melawan medan magnet semula yang saling menghilangkan, sehingga medan magnet total menjadi nol, dan arus berhenti mengalir*

Bentuk dan jenis kapasitor beragam macamnya, namun untuk memudahkan pembahasan kita fokuskan pada satu jenis kapasitor saja. Dari aspek bahan isolatorpun, jenis kapasitor beragam jenisnya, misalnya keramik, poliester, polystyrene, teflon, tantalum, mika, dan lain-lain.

Fungsi kapasitor misalnya sebagai cadangan energi ketika sikuit elektronika terputus secara tiba-tiba. Ia mungkin mirip seperti baterai singkat. Hal ini karena adanya arus transien pada kapasitor. Pada alat penerima radio, kapasitor

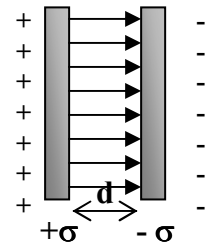


bersama komponen elektronika lain dapat digunakan sebagai tapis (penyaring) frekuensi dan filter gelombang, selain dapat juga sebagai komponen pada sirkuit penyearah arus/tegangan ac menjadi dc.

## KAPASITOR KEPING SEJAJAR

Kapasitor paling sederhana berbentuk pelat sejajar. Karena berbentuk pelat, dari hukum Gauss yang telah kita turunkan pada bab elektrostatik, jumlah medan listrik dua keping logam bermuatan adalah :

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{A \cdot \epsilon_0}$$



Maka beda potensial antara kedua pelat adalah :

$$V_{ab} = V_a - V_b = E \cdot d = \frac{Qd}{\epsilon_0 \cdot A}$$

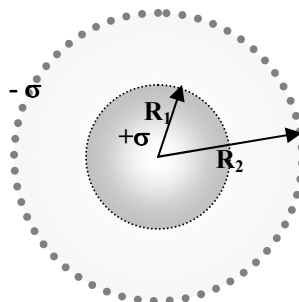
Ukuran Kapasitor biasanya dinyatakan dalam kapasitansi. Secara fisis kapasitansi C adalah seberapa banyak sebuah kapasitor dapat menampung/diisi oleh muatan. Dalam hal ini :

$$C = \frac{Q}{V_{AB}} = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

Satuan dari kapasitansi dalam MKS/SI adalah Farad (F).

## KAPASITOR BOLA

Kapasitor bola terdiri dari dua kulit bola bermuatan sepusat sebagai berikut :



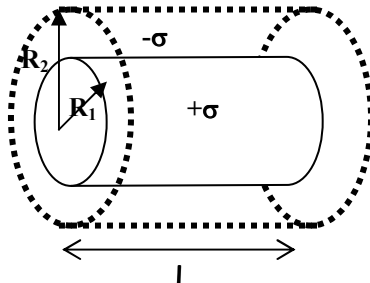
Melalui hukum Gauss (yang merupakan tugas anda pada bahasan listrik statis) didapatkan bahwa antara bola R1 dan R2 adalah :

$$V_{12} = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

Sehingga kapasitansinya adalah :

$$C = \frac{Q}{V_{12}} = \frac{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0}{\left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)} = 4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \frac{R_1 \cdot R_2}{R_2 - R_1}$$

### KAPASITOR TABUNG



$$V_{12} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \frac{Q}{l} \ln \frac{R_2}{R_1}$$

dengan demikian :

$$C = \frac{Q}{V_{12}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot l}{\ln \frac{R_2}{R_1}}$$

### RANGKAIAN KAPASITOR

Sebagaimana hambatan, rangkaian kapasitor dapat kita klasifikasikan menjadi dua jenis konfigurasi yakni, seri dan paralel, akan tetapi aturannya berbeda dan bahkan kebalikan dari aturan hambatan :

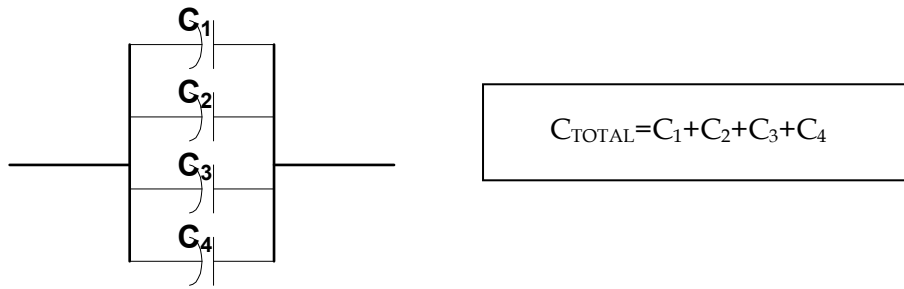
Rangkaian Seri :



$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} + \dots$$

$$C_s = \frac{C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4}{C_2 C_3 C_4 + C_1 C_3 C_4 + C_1 C_2 C_4 + C_1 C_2 C_3}$$

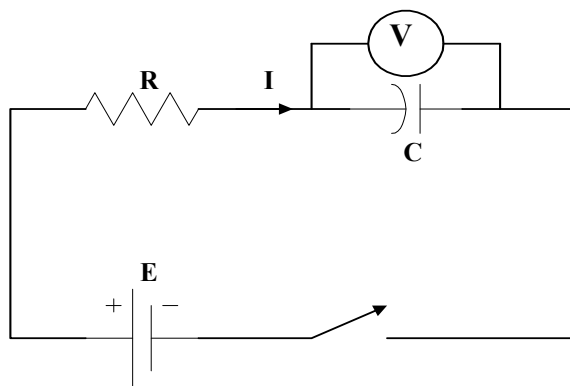
### Rangkaian Paralel



Tugas anda membuktikan aturan penjumlahan kapasitor di atas.

### RANGKAIAN RC & ARUS TRANSIEN DALAM KAPASITOR

Sampai saat ini kita belum mengetahui apa yang terjadi jika arus listrik dc dihubungkan dengan sebuah kapasitor. Jika kita buat rangkaian seperti di bawah, mari kita perhatikan apa yang terjadi dengan arus dalam rangkaian dan tegangan pada kapasitor :



$$-V_{\text{kapasitor}} = I \cdot R - E$$

$$-\frac{Q(t)}{C} = I \cdot R - E$$

Jika diturunkan terhadap waktu maka :

$$-\frac{1}{C} \frac{dQ}{dt} = R \frac{dI}{dt} - 0$$

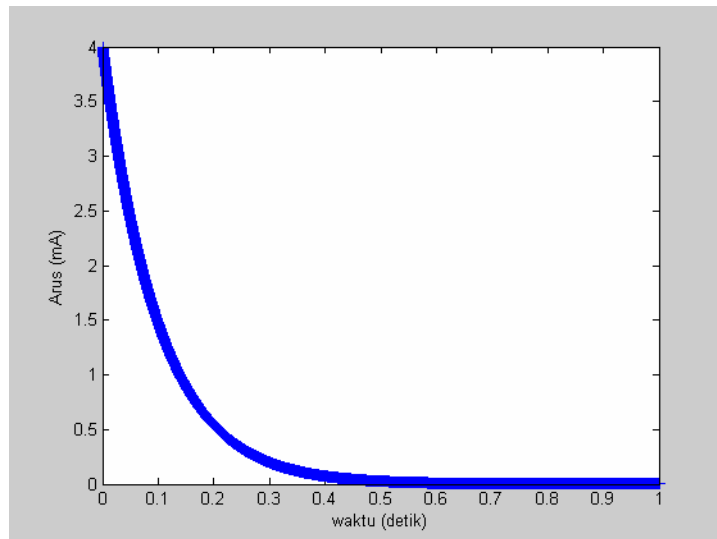
$$-\frac{1}{C} I = R \frac{dI}{dt}$$

$$\frac{dI}{I} = -\frac{1}{RC} dt$$

$$\ln I(t) = -\frac{t}{RC} + B$$

$I(t) = I_0 e^{-\frac{t}{RC}}$

- Persamaan terakhir ini menggambarkan bagaimana perilaku arus listrik jika dalam rangkaian terdapat kapasitor. Semakin lama arus akan semakin kecil. Akan lebih terlihat jika kita sketsa dalam kurva berikut ini :



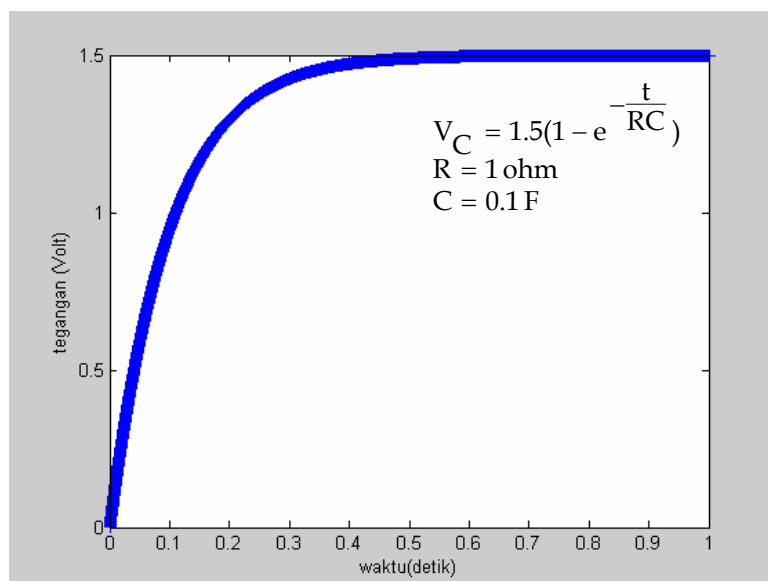
Dari fakta di atas pada umumnya jika terdapat kapasitor dalam rangkaian bersumber tegangan dc, maka arus yang melewatinya dianggap nol. Bagaimana halnya dengan perilaku tegangan pada kapasitor ? perhatikan penurunannya berikut ini :

$$\begin{aligned}
 V_C &= -\frac{Q(t)}{C} = -\frac{1}{C} \int I(t) dt \\
 &= -\frac{1}{C} \int \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{RC}} dt \\
 &= -\frac{E}{RC} \int e^{-\frac{t}{RC}} dt \\
 &= -E \cdot e^{-\frac{t}{RC}} + B
 \end{aligned}$$

Pada  $t=0$  maka  $V_C=0$  sehingga  $B = E$ , untuk itu persamaan lengkapnya :

$$V_C = E(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

Dari penurunan di atas bisa kita lihat bahwa pada  $t = 0$  tegangan pada kapasitor juga nol, akan tetapi makin lama makin membesar mendekati harga  $E$  (sumber tegangan)

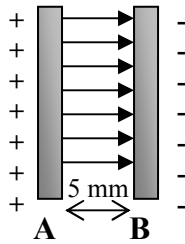


Kurva di atas menunjukkan bahwa kapasitor makin lama terisi oleh muatan sehingga suatu saat penuh.

Dari pengalaman sehari-hari, ketika anda mematikan sebuah alat listrik (apapun) yang mengandung kapasitor di dalamnya, kadang arus listrik tidak langsung mati, akan tetapi seringkali harus menunggu beberapa saat, ini terjadi karena seperti yang kita bahas di atas, bahwa arus dalam kapasitor memerlukan waktu untuk mengosongkan muatan sampai benar-benar kosong (arus sama dengan nol) . Hal ini harus menjadi kehati-hatian anda agar menunggu beberapa saat setelah kontak dengan sumber tegangan diputus.

## SOAL-SOAL

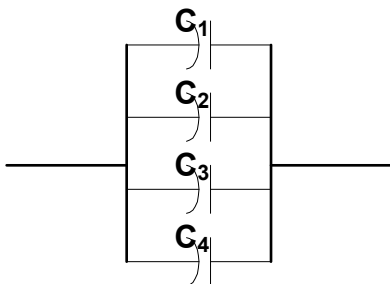
1. Pada gambar di bawah beda potensial antar pelat adalah 40 V.
  - a. Manakah yang memiliki potensial lebih tinggi ?
  - b. Berapakah usaha yang diperlukan untuk membawa suatu muatan  $+3C$  dari B ke A dan dari A ke B
  - c. Bila jarak antar pelat 5 mm, berapakah besarnya medan antar pelat ?



2. Kapasitor keping terdiri dari dua keping sejajar, masing-masing luasnya 200 cm<sup>2</sup>, berjarak 0,4 cm dalam udara.
  - a. Berapakah kapasitansinya ?
  - b. Jika kapasitor dihubungkan dengan sumber 500 V, berapakah muatan yang terhimpun di dalamnya
  - c. Berapa energi di dalamnya
  - d. Berapa medan listrik diantara pelat
3. Buktikan bahwa untuk kapasitor yang dirangkai seri, kapasitansi totalnya akan memenuhi :

$$- \text{C}_1 \text{ ) } | \text{---} \text{C}_2 \text{ ) } | \text{---} \text{C}_3 \text{ ) } | \text{---} \text{C}_4 \text{ ) } | \quad \frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} + \dots$$

4. Buktikan pula bahwa untuk rangkaian parallel :



$$C_P = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$$