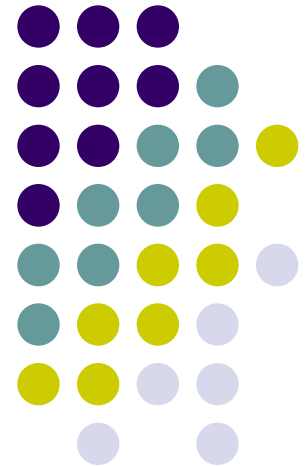


Rangkaian RC

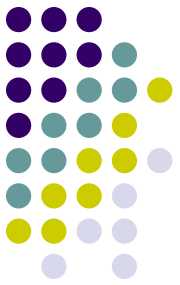
**Kuliah Fisika Dasar II
TIP, TP, UGM 2009**

Ikhsan Setiawan, M.Si.
Jurusan Fisika FMIPA UGM

ikhsan_s@ugm.ac.id

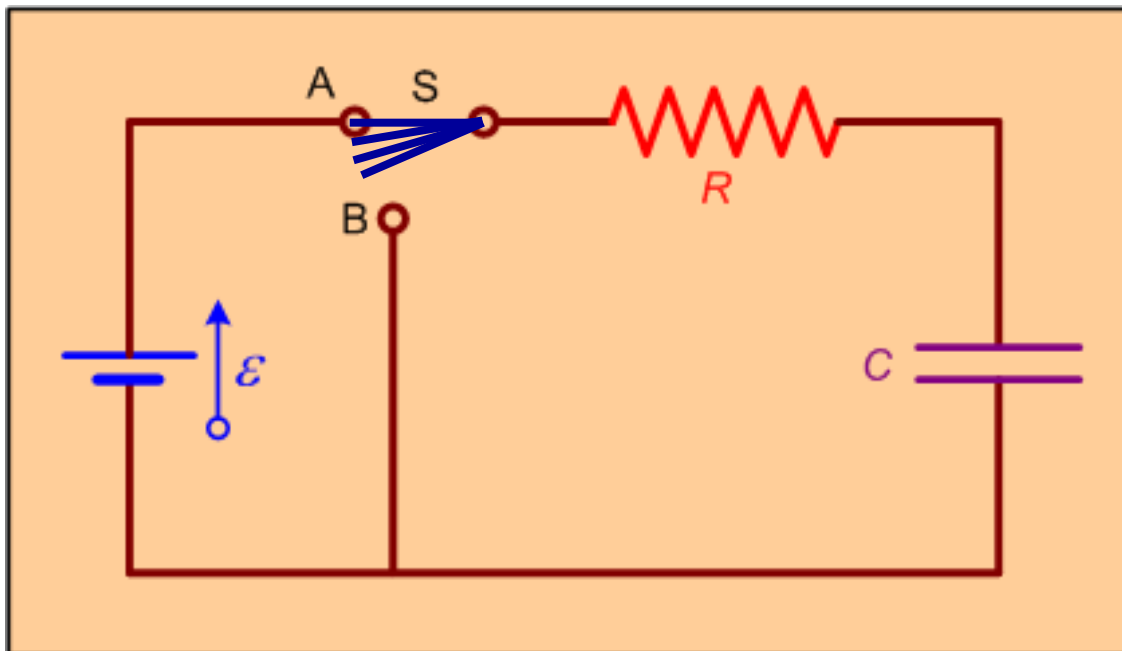


Rangkaian RC

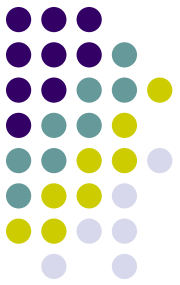


Rangkaian RC, terdiri dari resistor (resistansi = R) dan kapasitor (kapasitansi = C), selain ada TGL.

Mula-mula saklar S terbuka dan kapasitor kosong.

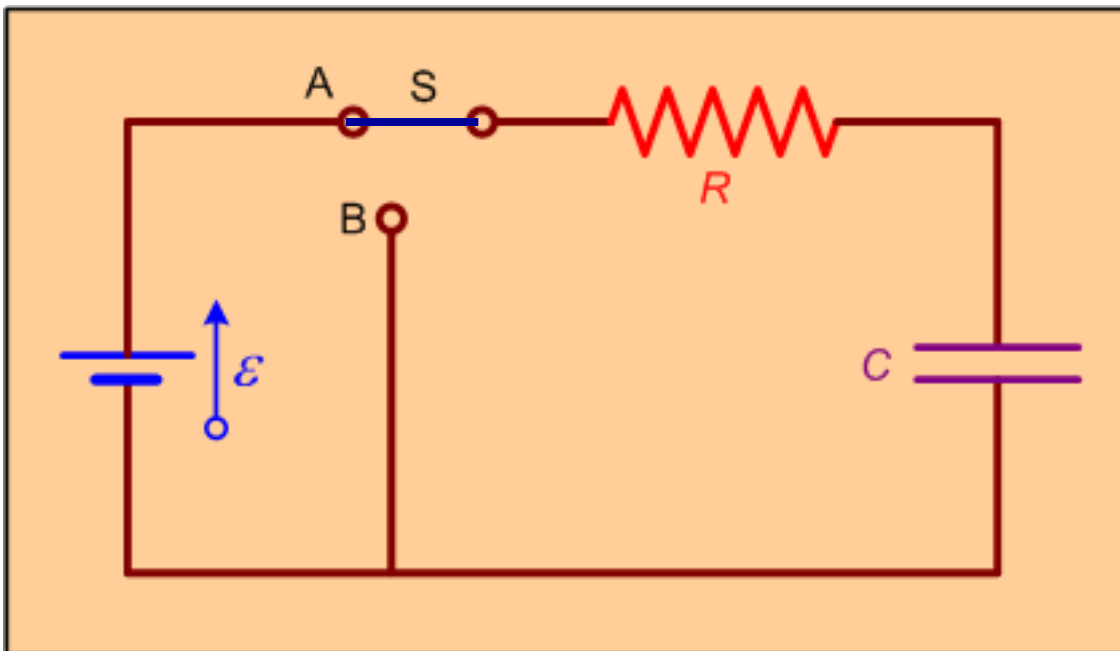


Jika saklar S dihubungkan ke terminal A, bagaimanakah sifat arus yang dihasilkan dalam rangkaian ini?



Dalam waktu dt , muatan $dq (= i dt)$ bergerak melalui setiap penampang rangkaian.

Tempat kedudukan TGL melakukan kerja sebesar $\mathcal{E} dq =$ energi kalor yang muncul dalam resistor selama $dt (= i^2 R dt)$ + pertambahan energi yang tersimpan dalam kapasitor $(= dU = d(q^2/2C))$.

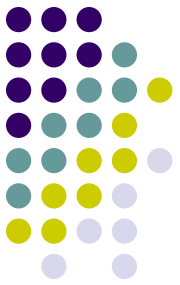


Jadi

$$\mathcal{E} dq = i^2 R dt + d\left(\frac{q^2}{2C}\right)$$

atau

$$\mathcal{E} dq = i^2 R dt + \frac{q}{C} dq$$



Kedua ruas persamaan tadi dibagi dengan dt :

$$\varepsilon \frac{dq}{dt} = i^2 R + \frac{q}{C} \frac{dq}{dt}$$

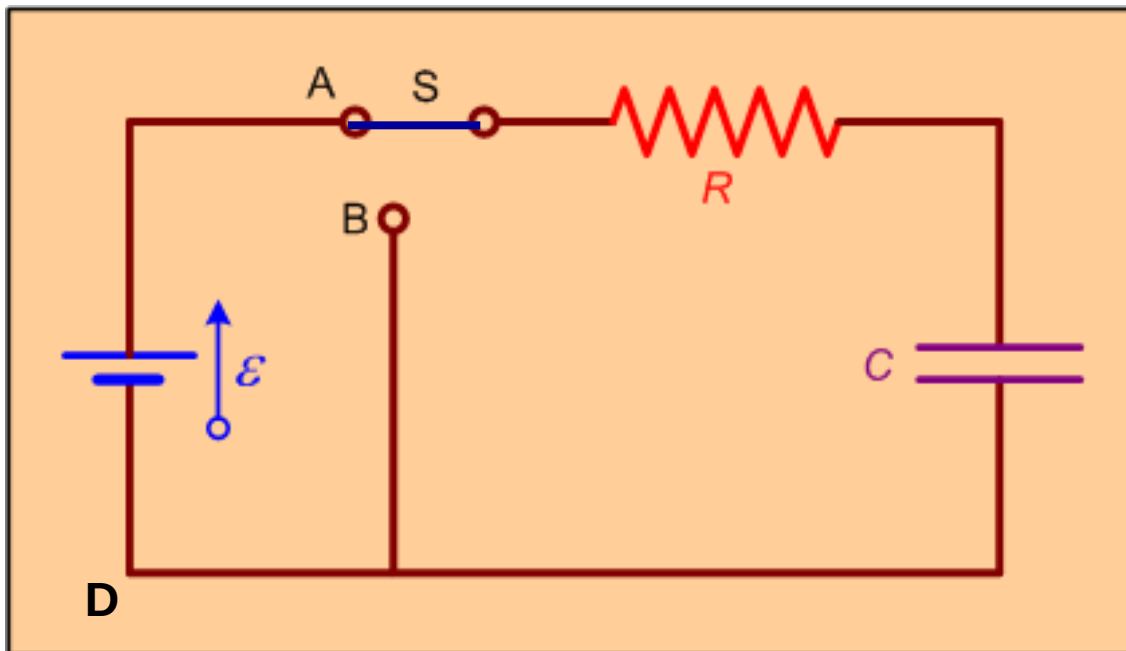
Karena $dq/dt = i$, maka persamaan ini dapat ditulis sebagai :

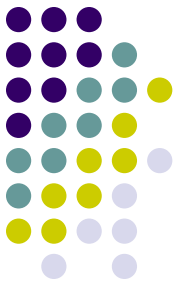
$$\varepsilon = iR + \frac{q}{C}$$

Persamaan ini dapat juga diperoleh dengan menerapkan

teorema simpal pada rangkaian ini yang dapat menghasilkan:

$$\varepsilon - iR - \frac{q}{C} = 0$$





Mengingat $i = dq/dt$, maka persamaan tadi dapat ditulis sebagai:

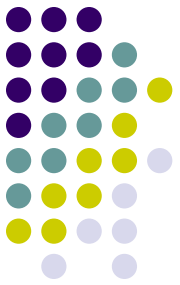
$$\frac{dq}{dt} + \frac{1}{RC} q = \varepsilon$$

yang merupakan sebuah persamaan diferensial yang memiliki penyelesaian berbentuk:

$$q(t) = C\varepsilon \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

yang menyatakan banyaknya muatan yang tersimpan ke dalam kapasitor sebagai fungsi waktu
→ **Proses Pemuatan (*Charging*)**

Besaran RC (berdimensi waktu) disebut **tetapan waktu kapasitif** (*capasitive time constant*).

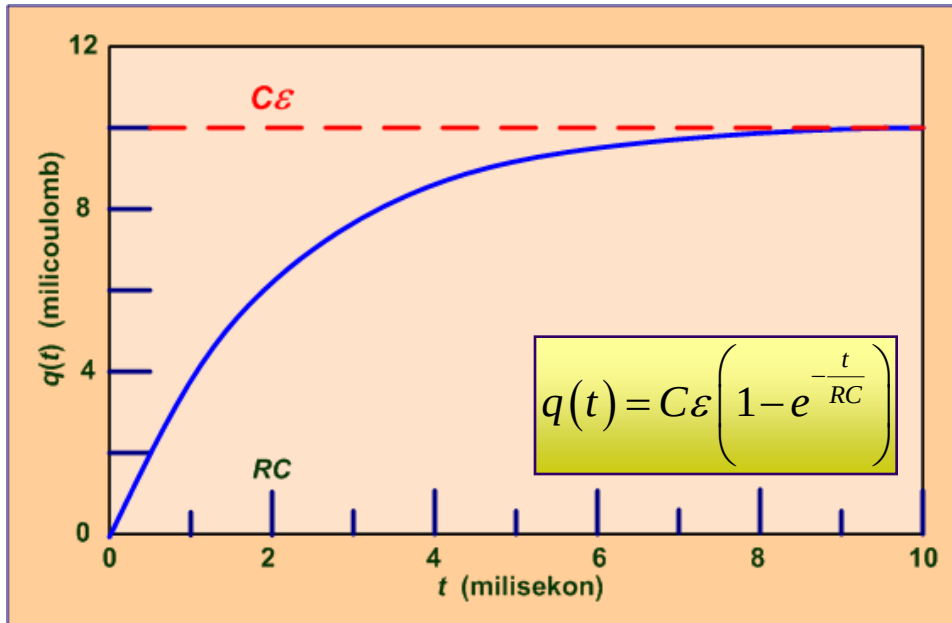


Ungkapan arus listrik yang mengalir dalam rangkaian dapat diperoleh dengan mendeferensialkan persamaan terakhir terhadap waktu ($i = dq/dt$), yaitu:

$$i(t) = \frac{\mathcal{E}}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$$

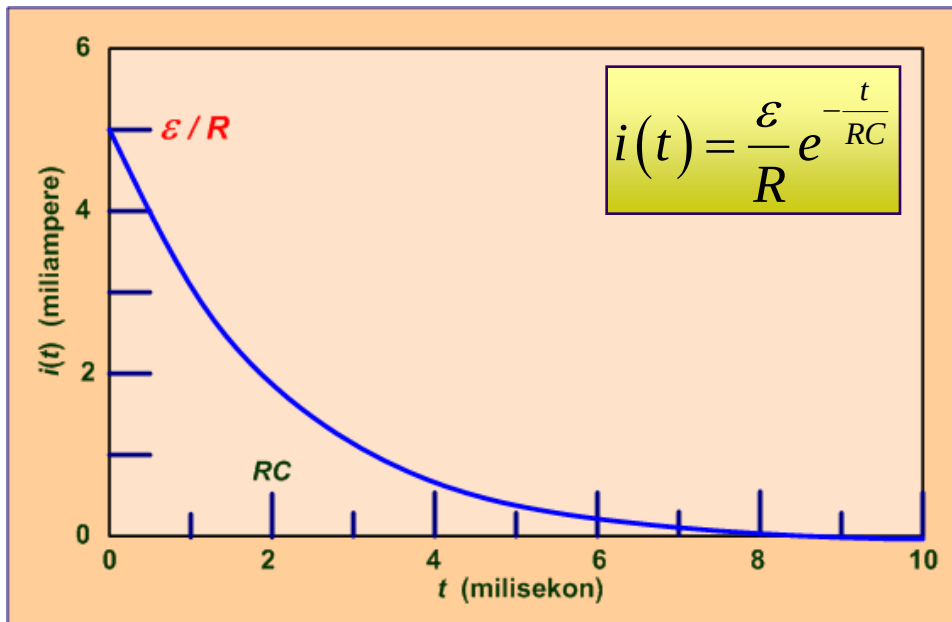
yang menyatakan besar arus listrik berkurang secara eksponensial dengan berjalannya waktu.

Untuk $R = 2 \text{ k}\Omega$ dan $C = 1 \text{ }\mu\text{F}$ ($RC = 2 \text{ ms}$), serta $\mathcal{E} = 10 \text{ V}$, grafik $q = q(t)$ dan $i = i(t)$ diperlihatkan pada gambar-gambar berikut.

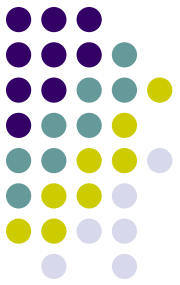


Muatan yang tersimpan dalam kapasitor bertambah secara eksponensial.

Dalam waktu $RC = 2$ ms, tersimpan muatan sekitar 63% dari muatan maksimumnya sebesar $C\varepsilon$.

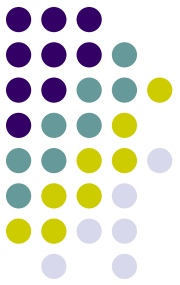


Arus listrik mula-mula maksimum sebesar ε/R , kemudian menurun secara eksponensial hingga akhirnya nol.



Contoh 1

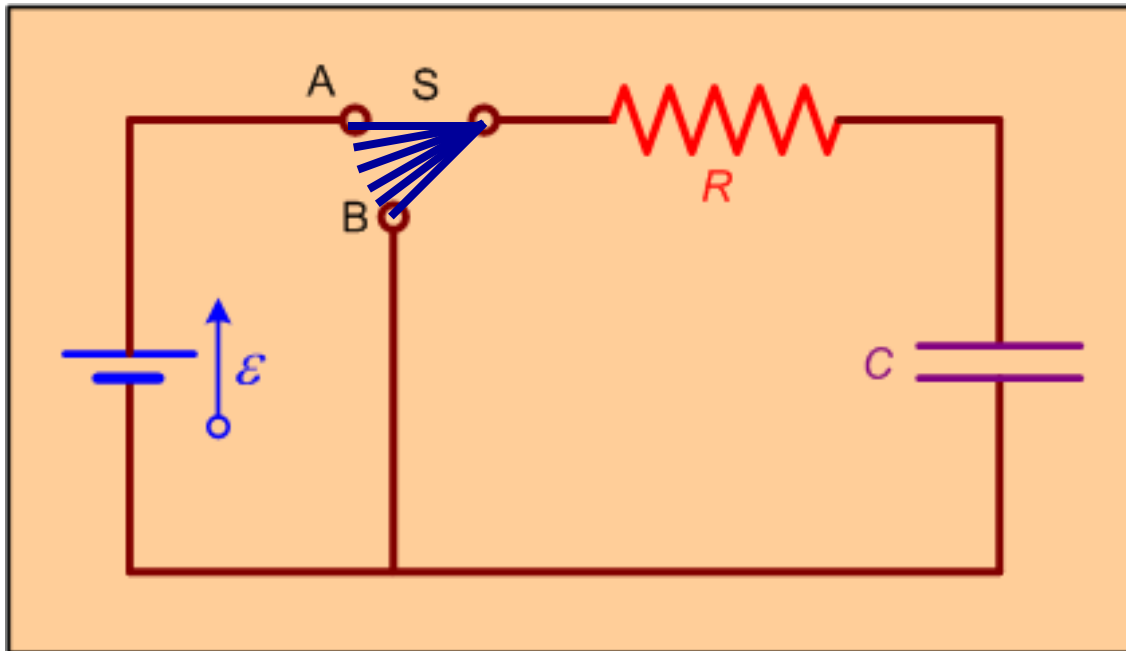
Berapakah waktu yang diperlukan suatu rangkaian RC (resistansi = R , kapasitansi = C) agar energi yang tersimpan dalam kapasitor akan mencapai setengah dari nilai setimbangnya (maksimum)?



Jika kemudian saklar S dihubungkan ke terminal B, bagaimanakah dengan arus listrik yang muncul dan muatan dalam kapasitor?

Dengan demikian, persamaan $\varepsilon = iR + \frac{q}{C}$

berlaku dengan $\varepsilon = 0$, sehingga menjadi : $iR + \frac{q}{C} = 0$

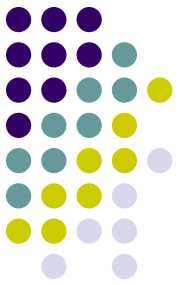


atau

$$\frac{dq}{dt} + \frac{1}{RC} q = 0$$

Penyelesaian persamaan ini adalah

$$q(t) = q_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$



Dalam persamaan $q(t) = q_0 e^{-\frac{t}{RC}}$ ini, q_0 adalah muatan kapasitor mula-mula, yaitu muatan maksimumnya: $q_0 = C\varepsilon$.

Persamaan ini menyatakan muatan kapasitor menurun secara eksponensial sebagai fungsi waktu
→ **Proses Pelucutan (*Discharging*)**

Dalam waktu $t = RC$, muatan kapasitor telah berkurang menjadi sekitar 37% dari muatan mula-mula (sekitar $q_0 e^{-1}$).

Arus lucutan diperoleh dari $i = dq/dt$, yaitu :

$$i(t) = -\frac{q_0}{RC} e^{-\frac{t}{RC}}$$

atau

$$i(t) = -\frac{\varepsilon}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$$

Jadi, arus juga menurun secara eksponensial terhadap waktu. 10



Jadi:

1. Pemuatan (*Charging*):

- Muatan : $q(t) = C\varepsilon \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$

- Arus : $i(t) = \frac{\varepsilon}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$

2. Pelucutan (*Discharging*):

- Muatan: $q(t) = C\varepsilon e^{-\frac{t}{RC}}$

- Arus : $i(t) = -\frac{\varepsilon}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$

Tegangan Kapasitor :

$$V_C = \left(\frac{1}{C} \right) q$$

Tegangan Resistor :

$$V_R = (R) i$$

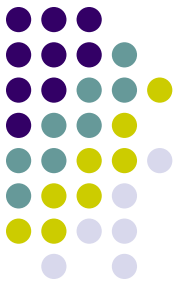
Selama pemuatan:

$$V_C + V_R = \varepsilon$$

Selama pelucutan:

$$V_C + V_R = 0$$

Soal



1. Hitunglah berapa kali tetapan waktu (kapasitif) yang harus dilalui sehingga sebuah kapasitor di dalam suatu rangkaian RC dimuati sebanyak 1% dari muatan setimbangnya?
2. Beda potensial antara plat-plat sebuah kapasitor (dengan kapasitansi $C = 2 \mu\text{F}$) yang bocor menurun dari V_0 menjadi $V = \frac{1}{4} V_0$ dalam waktu $t = 2 \text{ s}$. Hitunglah berapa resistansi ekuivalen di antara plat-plat kapasitor?