

MATA KULIAH : FISIKA DASAR II  
KODE MK : EL-122  
Dosen : Dr. Budi Mulyanti, MSi

Pertemuan ke-4

### **CAKUPAN MATERI**

1. KAPASITOR DAN DIELEKTRIK
  - a) Susunan Kapasitor
  - b) Energi Kapasitor
  - c) Bahan Dielektrik
2. ARUS LISTRIK

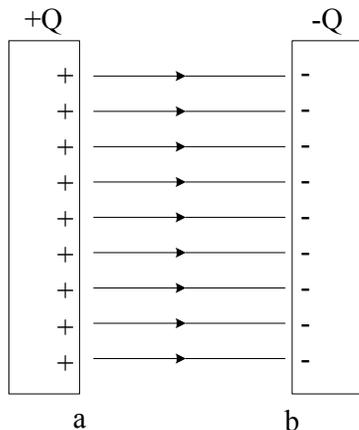
### **SUMBER-SUMBER:**

1. Frederick Bueche & David L. Wallach, Technical Physics, 1994, New York, John Wiley & Sons, Inc
2. Tipler, Fisika Untuk sains dan Teknik (terjemah oleh Bambang Soegijono), Jakarta, Penerbit Erlangga, 1991
3. Gancoli Douglas C, Fisika 2 (terjemah), 2001, Penerbit Erlangga, Edisi 5.
4. Sears & Zemansky, Fisika Untuk Universitas 3 (Optika & Fisika Modern), 1991, Jakarta-New York, Yayasan Dana Buku Indonesia
5. Frederick J. Bueche, Seri Buku Schaum Fisika, 1989, Jakarta, Penerbit Erlangga
6. Halliday & Resnick, Fisika 2, 1990, Jakarta, Penerbit Erlangga
7. Sutrisno, Seri Fisika Dasar (Fisika Modern), 1989, Bandung, Penerbit ITB

## **ELEMEN RANGKAIAN LISTRIK**

## 2. 1. KAPASITOR & DIELEKTRIK

Kapasitor adalah 2 pelat konduktor terisolasi yang dipisahkan oleh isolator. Untuk keperluan praktis : muatan masing-masing pelat sama besar dan berlawanan arah. Sehingga muatan netto = 0.

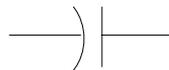


Setiap garis gaya berawal dari a dan berakhir di b, karena muatan sama besar dan berlawanan arah.

Gambar : Kapasitor pelat sejajar

- Untuk keperluan praktis, muatan masing-masing plat sama besar dan berlawanan arah sehingga muatan netto = 0

- Lambang kapasitor



- Kapasitor dicirikan oleh
  - $Q$  muatan pada setiap plat (bukan muatan netto)
  - $V$  beda potensial di antara kedua pelat (bukan potensial masing masing pelat)
- Cara memberikan muatan agar sama & berlawanan arah adalah dengan menghubungkan kedua pelat konduktor ke kutub-kutub yang berlawanan pada baterai beberapa saat sehingga muncul muatan pada masing-masing plat yaitu  $+Q$  dan  $-Q$ .
- Capacitansi kapasitor  $C$  didefinisikan sebagai perbandingan besar muatan  $Q$  pada salah satu pelatnya terhadap beda potensial di antara kedua konduktor tersebut, yaitu:

$$C = \frac{Q}{V} \text{ dengan satuan coulomb/volt = farad (F)}$$

- Dalam praktek satuan kapasitor biasanya lebih dikenal dengan  $\mu F$  dan  $pF$ .
- Manfaat kapasitor:
  - 1) Memahami fenomena alam berupa medan listrik
  - 2) Memahami fenomena alam berupa energi yaitu energi listrik yang tersimpan didalam medan listrik diantara pelat- pelat tersebut
  - 3) Mendorong kemajuan teknologi elektronika karena berfungsi:
    - mereduksi fluktuasi tegangan di dalam *power supply*
    - mereduksi sinyal- sinyal berbentuk pulsa
    - mendeteksi atau menghasilkan osilasi EM pada frekuensi radio
    - memberikan '*elektronic time delay*'
- Intensitas medan listrik di antara 2 pelat konduktor adalah:  $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ , sedangkan intensitas di sebelah kiri/kanan = 0.

### Menghitung Capasitansi

1. Mula-mula hitung  $\vec{E}$  dari suatu lempengan (pelat) dengan rapat muatan permukaan  $\sigma$  dengan menggunakan hukum Gauss.

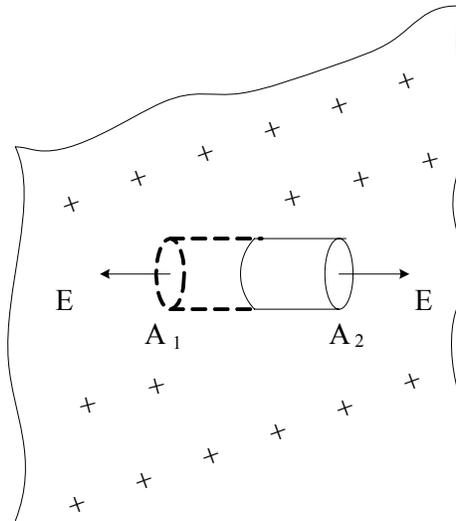
Pilih permukaan Gauss sebuah silinder tertutup dengan luas penampang A.

Dari hukum Gauss:  $\epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = Q$

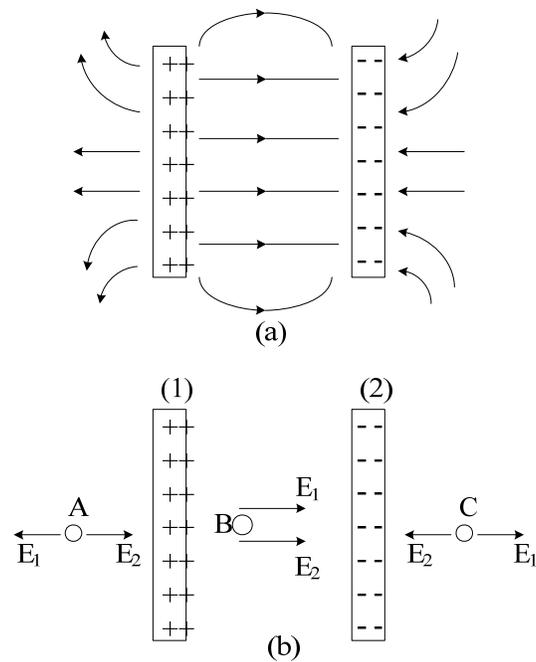
$$\epsilon_0(EA_1) + \epsilon_0(EA_2) = \sigma A$$

Karena  $A_1 = A_2 = A$

Maka :  $2\epsilon_0 E = \sigma$  sehingga  $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$  arah keluar



Gambar; Muatan yang tersebar dalam permukaan tak berhingga dan permukaan Gauss



Gambar (a) Arah medan listrik pada kaapsitor pelat sejajar dan (b) Intensitas medan listrik total di titik A, B dan C.

**Menghitung medan listrik diantara 2 pelat sejajar**

Kedua pelat muatannya sama besar hanya tandanya berlawanan. Untuk memudahkan anggap bahwa muatannya tersebar secara merata pada permukaan yang berhadapan.

Intensitas di a.

Oleh muatan positif  $+\sigma$  :  $E_1 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$  dan oleh muatan negatif  $-\sigma$  :  $E_2 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

E total di a  $\rightarrow E_a = 0$  karena arah  $E_1$  dan  $E_2$  berlawanan.

Intensitas di b.

Oleh muatan positif  $+\sigma$  :  $E_1 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$  dan oleh muatan negatif  $-\sigma$  :  $E_2 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

E total di b  $\rightarrow E_b = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$  karena arah  $E_1$  dan  $E_2$  saling menjumlahkan

Intensitas di c:  $E_c = 0$  (dengan cara yang sama dengan menghitung  $E_a$ )

Kesimpulan: intensitas medan listrik di antara 2 pelat konduktor  $E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$  sedangkan

intensitas di sebelah kiri / kanan sama dengan nol.

Dengan definisi  $C = \frac{Q}{V}$

Sedangkan  $Q = \sigma A$  ( $\sigma$  = muatan per satuan luas )

Dan  $V = El$  ( $l$  adalah jarak antara kedua pelat )

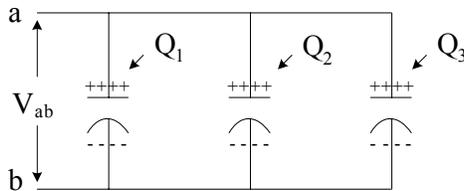
$$\text{Maka: } C = \frac{\sigma A}{El} = \frac{\sigma A}{\frac{\sigma}{\varepsilon_0} l} = \frac{\varepsilon_0 A}{l}$$

Nampak bahwa kapasitansi tidak bergantung muatan pada kapasitor, namun pada luas pelat dan jarak antar pelat.

## A. Susunan Kapasitor

### 1. Susunan paralel:

Karena semua pelat dihubungkan bersama-sama, sebelah atas dihubungkan dengan terminal a, dan sebelah bawah dihubungkan dengan terminal b, maka beda potensial melalui tiap kapasitor dalam susunan paralel adalah sama, yaitu :  $V_{ab}$ .



Gambar Susunan kapasitor sejajar

Dari gambar, maka:

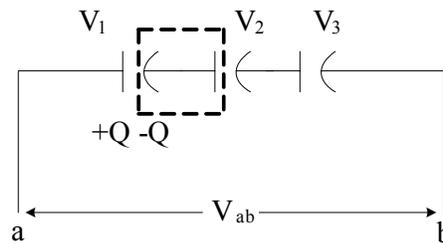
$$Q_1 = C_1 V_{ab}$$

$$Q_2 = C_2 V_{ab}$$

$$Q_3 = C_3 V_{ab} \text{ dan seterusnya}$$

$$\text{Sehingga muatan total: } Q = (C_1 + C_2 + C_3 + \dots) V_{ab} .$$

2. Susunan seri :



Gambar: Kapasitor susunan seri

- Besar muatan pada setiap pelat harus sama (karena muatan antara pelat negatif satu kapasitor harus sama dan berlawanan tanda dengan pelat positif pada kapasitor di sampingnya  $\rightarrow$  sehingga muatan netto keduanya haruslah nol).
- Jika sebelumnya muatan pada setiap pelat adalah nol. Namun kemudian dihubungkan dengan battery, hal ini hanya menghasilkan permissahan muatan sehingga

$$V_1 = \frac{Q}{C_1} \text{ dan } V_2 = \frac{Q}{C_2} \text{ dan } V_3 = \frac{Q}{C_3} \text{ dan seterusnya}$$

$$\text{Sehingga: } V_{ab} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots = \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots \right) Q$$

$$\text{Atau: } \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

## B. Energi Kapasitor

- Usaha untuk memindahkan muatan pada kapasitor, dimana muatan bergerak di lintasan sembarang, dari satu pelat ke pelat lainnya dengan beda potensial  $V$  adalah:

$$dW = Vdq = \frac{q}{C} dq$$

Jika proses ini terus dilanjutkan hingga muatan total sebesar  $Q$  telah dipindahkan, kerja totalnya adalah:

$$W = \int dW = \int_0^Q \frac{q}{C} dq = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

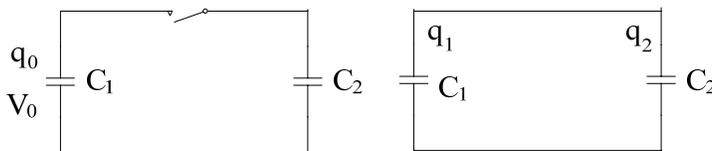
atau  $W = \frac{1}{2} CV^2 \rightarrow$  usaha ini sama dengan energi yang tersimpan dalam kapasitor.

- Energi yang tersimpan di dalam kapasitor, berdiam di dalam medan listrik. Jika  $Q$  atau  $V$  besar maka medan  $E$  besar, dan jika  $Q$  atau  $V$  nol maka medan  $E$  nol. Karena medan listrik dianggap uniform untuk semua titik diantara pelat, maka kerapatan energinyapun uniform.

Sehingga: 
$$u = \frac{U}{\text{volume}} = \frac{\frac{1}{2} CV^2}{Al} = \frac{1}{2} \left( \epsilon_0 \frac{A}{l} \right) V^2 = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

Contoh:

Sebuah kapasitor  $C_1$  dimuati sampai mempunyai beda potensial  $V_0$ . Baterai pemuat kemudian diputuskan dan kapasitor di hubungkan ke sebuah kapasitor  $C_2$  yang tak bermuatan.



Tentukan:

- a. beda potensial akhir  $V$  melalui kombinasi tersebut.
- b. energi yang tersimpan sebelum dan sesudah *switch* ditutup.

Jawab:

- a). muatan  $q_0$  dibagi kepada 2 kapasitor:  $q_1$  dan  $q_2$

$$q_0 = q_1 + q_2$$

$$C_1 V_0 = C_1 V + C_2 V$$

$$V = V_0 \frac{C_1}{C_1 + C_2}$$

b). energi mula-mula  $U_0 = \frac{1}{2} C_1 V_0^2$

$$\begin{aligned} \text{energi akhir } U &= \frac{1}{2} C_1 V^2 + \frac{1}{2} C_2 V^2 \\ &= \frac{1}{2} (C_1 + C_2) V^2 \\ &= \frac{1}{2} (C_1 + C_2) V_0^2 \frac{C_1^2}{(C_1 + C_2)^2} \\ &= \frac{C_1}{(C_1 + C_2)} U_0 \end{aligned}$$

Sehingga  $U < U_0$

Jika  $C_1 = C_2$  maka  $U = \frac{1}{2} U_0$

Energi yang hilang akan muncul sebagai energi thermal di dalam kawat atau diradiasikan sebagai radiasi EM. Selisih energi ini adalah usaha yang dilakukan oleh kapasitor (usaha positif).

### C. Bahan Dielektrik

- Jika diberi bahan dielektrik diantara kedua pelat maka untuk beda potensial yang sama, muatan kapasitor menjadi bertambah, sehingga kapasitasnya pun bertambah. Efek dielektrik adalah memperbesar kapasitansi dengan faktor  $\kappa$ .
- Dalam prakteknya lebih mudah mempertahankan muatan yang sama dari pada beda potensial.

Sehingga sekarang:  $V' = \frac{V}{\kappa}$

dan kapasitansi menjadi :  $C' = \kappa C = \frac{\kappa \epsilon_0 A}{d}$

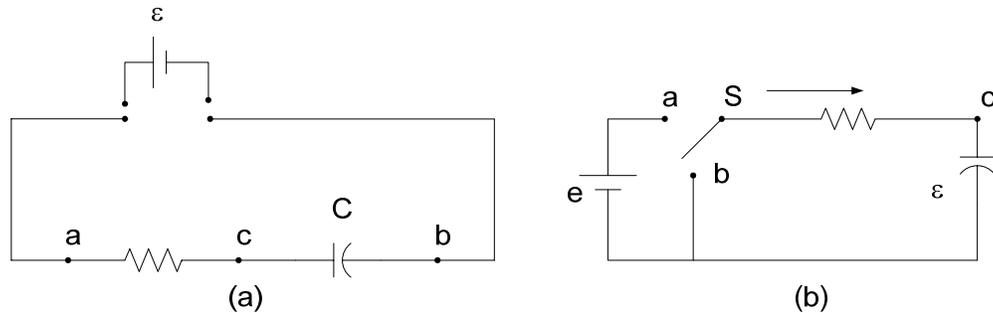
Energi sebelum disisipkan dielektrik  $U = \frac{1}{2} C V^2$

maka setelah ada dielektrik  $U' = \frac{1}{2} C' V'^2 = \frac{1}{2} \kappa C \left( \frac{V}{\kappa} \right)^2 = \frac{1}{2} \frac{C V^2}{\kappa}$

Nampak bahwa energi setelah disisipkan dielektrik menjadi lebih kecil, karena ada energi yang hilang yaitu berupa sentakan yang dirasakan oleh orang yang menyisipkannya,

dan orang tersebut harus menahan sentakan tersebut, jika ingin menyisipkan lempengan. Atau dengan kata lain kapasitor melakukan usaha positif.

Kapasitor C dapat dimuati/dikosongkan melalui resistor R kapasitor C dan resistor R dihubungkan ke terminal dengan sakelar kutub ganda *dpdt switch (double pole double throw)*. Kapasitor mula-mula tidak bermuatan. Jika kemudian terminal dihubungkan ke sebuah sumber  $\epsilon$ .



Lihat gambar (b) jika *switch S* dihubungkan ke **a**:

dalam waktu  $dt$ , sebuah muatan  $dq = i dt$  bergerak melalui setiap penampang rangkaian.

Maka beda potensial :

$$\epsilon = V_{ab} = V_{ac} + V_{cb}$$

$$\epsilon = iR + q/c$$

Untuk mencari persamaan energi, masing-masing dikalikan  $dq$

$$\epsilon dq = iR dq + q/c dq \rightarrow dq = i dt$$

$$\epsilon dq = i^2 R dt + q/c dq$$

dari persamaan  $\epsilon = iR + q/c$

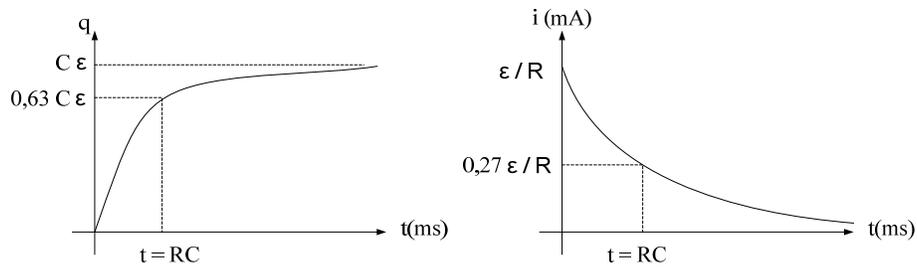
$$\epsilon = \frac{dq}{dt} R + \frac{q}{c}$$

$$C \epsilon = RC \frac{dq}{dt} + q$$

Penyelesaian  $q = C \epsilon (1 - e^{-t/RC})$

Sedangkan  $\frac{dq}{dt} = i = (C \epsilon) \frac{1}{RC} e^{-t/RC}$

$$\frac{dq}{dt} = i = \frac{\epsilon}{R} e^{-t/RC} \rightarrow e \approx 3.29$$



Dari grafik:

Pada  $t = 0 \rightarrow q = 0 \rightarrow i = \frac{\epsilon}{R}$

Pada  $t \rightarrow \infty \rightarrow q = C\epsilon \rightarrow i \rightarrow 0$

Artinya mula-mula ketika saklar dihubungkan arus  $i = \frac{\epsilon}{R}$  lama-lama menjadi nol.

Sedangkan muatan kapasitor mula-mula nol kemudian menjadi  $q = C\epsilon$ .

Kuantitas  $RC$  mempunyai dimensi waktu, dan disebut *capacitive time constant* (konstanta waktu kapasitif) yaitu waktu dimana muatan pada kapasitor telah bertambah sebesar:

$$q = C\epsilon(1 - e^{-t/RC}) \rightarrow \text{karena } t = RC$$

$$q = C\epsilon(1 - e^{-1})$$

$$q = C\epsilon(0,63)$$

dalam waktu  $t = RC$ , arus akan berkurang sebesar:

$$i = \frac{\epsilon}{R} e^{-1} \approx 0,27 \frac{\epsilon}{R}$$

**Waktu Paruh (Half Life)  $\rightarrow t_h$**

Adalah waktu dimana muatan pada kapasitor bertambah menjadi  $\frac{1}{2}$  kali muatan akhirnya, atau arus berkurang menjadi  $\frac{1}{2}$  harga awalnya.

$$i = \frac{i_0}{2} = \frac{\epsilon}{R} e^{-t/RC}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-t/RC}$$

$$\ln \frac{1}{2} = -t/RC$$

$$-\ln 2 = -t/RC$$

$$t = RC \ln 2$$

$$t = 0,693 RC$$

Contoh : diketahui rangkaian seri dengan  $R = 10 \text{ M}\Omega$  dan  $C = 1 \text{ }\mu\text{F}$ .

Maka:  $RC = 10 \text{ s}$

$$t_h = 6,9 \text{ s}$$

Jika sekarang kapasitor terisi penuh muatan sebesar  $Q_0$  dan saklar dihubungkan ke b, bagaimana muatan kapasitor dan arus sebagai fungsi dari waktu?

Karena tidak dihubungkan dengan  $\epsilon$ , maka  $\epsilon = 0$ .

Sehingga:

$$iR + \frac{q}{C} = 0$$

$$R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0 \rightarrow \frac{dq}{dt} = -\frac{1}{RC} q \rightarrow q = q_0 e^{-t/RC}$$

Jika  $t = RC \rightarrow q = \frac{q_0}{e} = 27\% q_0$

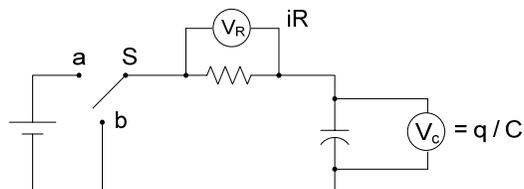
arus  $i = \frac{dq}{dt} = -\frac{q_0}{RC} e^{-t/RC} \rightarrow$  tanda negatif menandakan arah arus berlawanan, artinya terjadi pengosongan kapasitor.

Karena  $q_0 = C \epsilon$ , maka  $i = -\frac{\epsilon}{R} e^{-t/RC}$

pada saat  $t = RC \rightarrow i = 0,27 \left( \frac{\epsilon}{R} \right)$

### Osiloskop Sinar Katoda

Osiloskop ini adalah contoh rangkaian  $RC$ , yaitu terjadinya proses pengisian & pengosongan muatan.

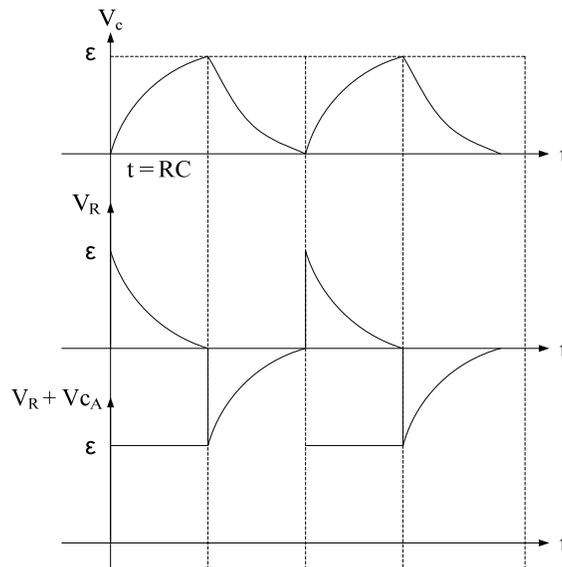


$V_C$  : beda potensial melalui kapasitor

$V_R$  : beda potensial melalui hambatan

$V_C = \frac{1}{C} q = \epsilon \left( 1 - e^{-t/RC} \right)$  jika saklar di titik a

$$V_C = \frac{1}{C}q = \frac{q_0}{C}e^{-t/RC} = \varepsilon e^{-t/RC} \quad \text{jika saklar di titik b}$$



$$V_R = iR = \varepsilon e^{-t/RC}$$

$$V_R = iR = \frac{q_0}{C}e^{-t/RC}$$

$$V_R = iR = -\varepsilon e^{-t/RC}$$

Jadi selama pemuatan,  $V_C + V_R = \varepsilon$

dan selama pengosongan,  $V_C + V_R = 0$

## 2.2 ARUS LISTRIK

Elektron-elektron di dalam konduktor merupakan muatan-muatan bebas yang tidak mempunyai gerakan terarah sepanjang konduktor. Banyaknya elektron persatuan waktu yang melalui suatu bidang permukaan dari kiri ke kanan sama dengan dari kanan ke kiri, sehingga jumlah netto elektron per satuan waktu yang melewati suatu bidang permukaan adalah nol.

Jika ujung-ujung konduktor diberi beda potensial, maka timbul medan listrik di tiap titik dalam konduktor. Dengan adanya medan listrik  $\vec{E}$  maka elektron-elektron akan bergerak (aliran netto elektron tidak sama dengan nol lagi) sehingga dikatakan ada arus listrik (*electric current*) yang dihasilkan yaitu :  $I = \frac{Q}{t}$ , dimana Q adalah muatan netto Q yang melewati penampang konduktor per satuan waktu.

Jika muatan  $Q$  tidak konstan maka :  $I = \frac{dQ}{dt}$

Arus adalah besaran skalar. Bukti :

Arus di dalam kawat tetap tidak berubah jika kawat dibelokkan, diikatkan kedalam simpul atau diubah bentuknya. Panah- panah yang menyatakan arah arus tidak menuruti hukum-hukum penjumlahan vektor. Arah panah hanya menyatakan aliran muatan.

Medan listrik  $\vec{E}$  memberikan gaya  $\vec{F} = q\vec{E}$  kepada elektron-elektron dalam konduktor tapi tidak menghasilkan percepatan netto karena elektron-elektron ini terus menerus bertumbukkan dengan atom-atom dalam konduktor. Efek dari tumbukan-tumbukan ini adalah perubahan energi kinetik elektron-elektron menjadi energi vibrasi. Elektron-elektron ini memperoleh laju drift (menyimpang) dalam arah  $\vec{E}$ .

Arus  $I$  adalah besaran makroskopik seperti halnya massa, volume dan seterusnya. Sedangkan rapat arus  $\vec{J}$  adalah besaran mikroskopik dan merupakan karakteristik sebuah titik di dalam konduktor, bukan karakteristik konduktor secara keseluruhan.

Jika arus terdistribusi uniform dalam konduktor dengan luas penampang  $\vec{A}$ , maka rapat arus listrik didefinisikan sebagai:

$\vec{J} = \frac{I}{A}$ , artinya vektor  $\vec{J}$  di setiap titik adalah dalam arah pergerakan muatan positif di titik itu (yaitu searah dengan medan listrik).

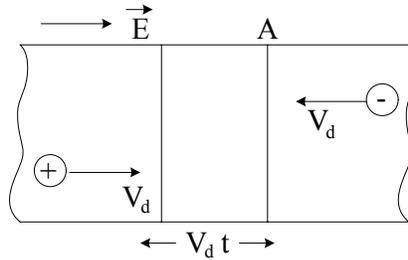
Atau secara umum :

$$I = \int \vec{J} \cdot d\vec{A}, \quad I \text{ adalah fluks } \vec{J} \text{ pada permukaan } \vec{A}.$$

Jika  $\vec{J} \perp$  penampang  $\vec{A}$ , maka:  $I = JA$

### **Kecepatan drift**

Elektron-elektron konduksi di dalam sebuah kawat konduktor bergerak menyimpang terhadap medan listrik yang diberikan dengan kecepatan penyimpangan (*drift*)  $v_d$ .



Gambar: Gerak elektron dan *hole* karena adanya medan listrik  $\vec{E}$

Jika banyaknya elektron per satuan volume adalah  $n$ , maka banyaknya elektron seluruhnya =  
 $n \times vol = n \times v_d t \times A$

Karena arus adalah  $I = \frac{\text{jumlah muatan keseluruhan}}{\text{waktu yang diperlukan}} = \frac{Q}{t}$

Maka arus sekarang menjadi  $\rightarrow I = \frac{nv_d t A}{t} q_e = nAq_e v_d$

Sehingga arus drift adalah:  $v_d = \frac{I}{nAq_e} = \frac{J}{nq_e}$

Secara umum jika sebuah konduktor mengandung sejumlah partikel yang berbeda, memiliki rapat muatan yang berbeda dan bergerak dengan kecepatan berbeda-beda, maka :

$$\vec{J} = \sum nq_e \vec{v}_d \text{ atau } I = A \sum nq_e \vec{v}_d$$

Untuk *hole* dimana  $\vec{v}_d$  adalah kecepatan pembawa muatan positif dengan arah sejajar  $\vec{E}$ .

Berdasarkan definisi maka terbukti bahwa arus adalah besaran skalar, sedangkan yang dimaksud dengan arah arus adalah arah rapat arus vektor  $\vec{J}$  dapat disimpulkan walaupun dalam suatu konduktor, pembawa muatan hanyalah elektron dan bergerak dalam arah berlawanan dengan arah  $\vec{E}$ . Namun rapat arus  $\vec{J}$  searah dengan  $\vec{E}$  jadi seolah-olah yang bergerak adalah pembawa muatan positif (*hole*).

## RESISTIVITAS

Rapat arus  $\vec{J}$  dalam konduktor bergantung intensitas  $\vec{E}$  dan karakteristik konduktor yang bersangkutan yang disebut resistivitas  $\rho$  didefinisikan sebagai:

$$\rho = \frac{\vec{E}}{\vec{J}} \text{ yaitu intensitas listrik persatuan arus dengan satuan } \Omega\text{m.}$$

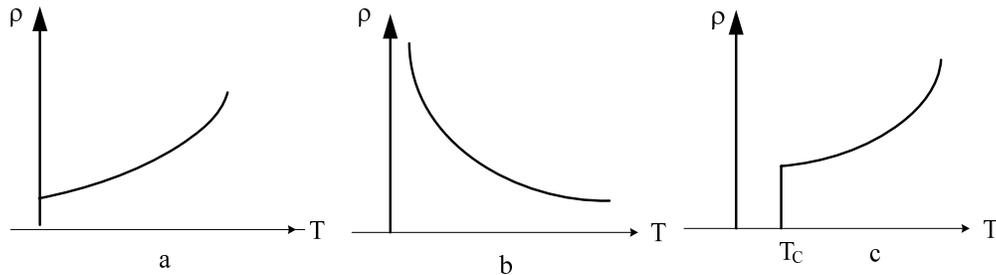
Harga resistivitas untuk:

- Konduktor :  $10^{-8} < \rho < 10^{-6}$
- Semi konduktor :  $10^{-5} < \rho < 10^7$
- Isolator :  $10^8 < \rho < 10^{16}$

Dalam semikonduktor nilai pentingnya bukan pada harga resistivitasnya, karena  $\rho$  disini dipengaruhi oleh :

- Temperatur
- Ketakmurnian (impuritas)

Sehingga  $\rho$  disini tidaklah konstan.



Gambar. Hubungan resistivitas terhadap temperatur pada bahan (a) konduktor (b) semikonduktor, dan (c) superkonduktor.

Resistivitas  $\rho$  konstan untuk  $T$  konstan. Hal ini ditemukan oleh GS Ohm. Setiap bahan yang memenuhi hukum ohm disebut konduktor/ linier. Jadi hukum ohm sebenarnya tidak untuk seluruh bahan konduktor.

Resistivitas menyatakan sifat khas yang dimiliki oleh bahan, yang didefinisikan sebagai:

$$R = \rho \frac{L}{A}, \text{ dengan } \rho = \text{resistivitas, hambatan jenis dengan satuan } \Omega \text{ m.}$$

### Resistivitas sebagai fungsi suhu

Hubungan resistivitas terhadap suhu yaitu:  $\rho = \rho_0 + \alpha \rho_0 (T - T_0)$ , dimana dengan  $\alpha$  = koefisien suhu resistansi bahan ( $K^{-1}$  atau  $^{\circ}C^{-1}$ ) harga tersebut konstan pada selang temperatur tertentu. Harga resistivitas suatu bahan disamping dipengaruhi oleh temperatur, juga oleh ketakmurnian (impuritas).

Tabel Penggolongan material berdasarkan resistivitas

Bahan	Resistivitas ( $\Omega m$ )
Konduktor	$10^{-8} - 10^{-6}$
Semikonduktor	$10^{-5} - 10^7$
Isolator	$10^8 - 10^{16}$

Tabel konduktivitas beberapa material

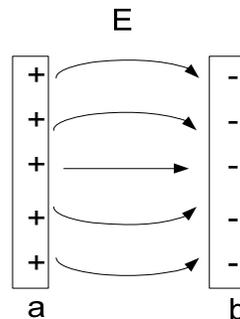
Material	Konduktivitas(S/m)	Keterangan
Perak, Ag	$6.17 \times 10^7$	konduktor
Tembaga,Cu	$5.8 \times 10^7$	konduktor
Aluminium,Al	$3.82 \times 10^7$	konduktor
Besi, Fe	$1.03 \times 10^7$	konduktor
Air laut	$\sim 4.0$	semikonduktor
Aquades,H <sub>2</sub> O	$\sim 1.0 \times 10^{-4}$	isolator

Tabel harga  $\rho_0$  dan  $\alpha_0$  untuk beberapa material pada 273 K

Material	$\rho_0$ n $\Omega m$	$\alpha$ (1/K)
Emas, Au	22.8	1/251
Perak, Ag	14.6	1/244
Tembaga, Cu	15.7	1/232
Aluminium, Al	25.0	1/233
Besi, Fe	84.0	1/152
Indium, In	$\sim 4.0$	1/196
Platinum, Pt	98.0	1/255
Nikel, Ni	59.0	1/125

### SOAL-SOAL

1. Suatu kawat mikrom (resistivitas  $10^{-6} \Omega m$ ) memiliki radius 0,65mm. Berapakah panjang kawat yang dibutuhkan agar memiliki resistansi 2,0  $\Omega$ .
2. Diketahui suatu pelat konduktor sebagai berikut:



Hitung :

a.  $V_{ab}$  dengan menggunakan rumus  $V_{ab} = - \int_b^a \vec{E} \cdot d\vec{\ell}$

- b. Energi yang diperlukan untuk memindahkan muatan sebesar  $Q = 5 \mu\text{C}$ , jika  $E = 4 \text{ V/m}$  dan jarak a & b sebesar 3 mm.
2. Sebuah kapasitor udara yang terdiri atas dua pelat sejajar yang terpasang berdekatan mempunyai kapasitansi 1000 pF. Muatan pada tiap pelat  $1 \mu\text{C}$ . (a) Berapakah beda potensial antara kedua pelat? (b) Jika muatan itu tetap konstan, berapakah seharusnya beda potensial antara pelat jika jarak pemisahannya menjadi 2 kali lipat? (c) Berapa banyak usaha yang diperlukan untuk melipatduakan jarak pemisah tersebut?
3. Pelat-pelat sebuah kapasitor pelat sejajar dalam ruang hampa mempunyai muatan  $+Q$  dan  $-Q$  dan jarak pemisahannya  $x$ . Pelat-pelat tersebut diputuskan hubungannya dari tegangan yang memuatinya dan ditambahkan pemisahannya sejauh  $dx$ . (a) Tentukan perubahan  $dC$  kapasitansi kapasitor tersebut, (b) Tentukan perubahan  $dW$  energinya (c) Rumuskan persamaan usaha  $Fdx$  terhadap energy  $dW$  dan tentukan gaya tarik  $F$  antara pelatnya, (d) Terangkan mengapa  $F$  tidak sama dengan  $QE$ ?
- 4.. Kapasitansi sebuah radio yang variabel dapat diubah dari 50 pF menjadi 950 pF dengan cara memutar tombolnya dari  $0^\circ$  ke  $180^\circ$ . Kapasitansinya kita set apada  $180^\circ$  lalu kapasitor dihubungkan pada sebuah batere 400V. Sesudah bermuatan, hubungannya dengan batere diputuskan dan kapasitansi dikembalikan ke  $0^\circ$ . (a) Tentukan muatan pada kapasitor tersebut, (b) Tentukan beda potensial pada kapsitor ketika kapasitansinya  $0^\circ$  (c) Tentukan energi kapasitor pada  $0^\circ$  tersebut, (d) Berapa banyak usaha yang diperlukan untuk memutra tombol? Gesekan diabaikan.