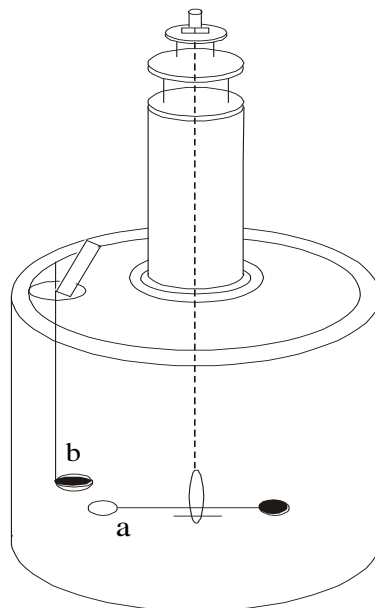


BAB I GAYA INTERAKSI COULOMB

2.1 Hukum Coulomb

Charles Augustin Coulomb (1736-1806) melakukan pengujian terhadap gaya interaksi antara dua muatan listrik yang ditempatkan pada neraca coulomb sbb :



Gambar 2.1 Neraca Coulomb

Jika bola a dan b bermuatan, batang yang tergantung piber akan berputar, untuk menghitung sudut putarnya coulomb memutar “suspension head (penahan)” ke arah berlawanan sehingga batang kembali ke kedudukan semula. Besarnya simpangan sebanding dengan gaya yang mengakibatkan bola pada batang berputar.

$$T = F \cdot r$$

$$T = K\theta$$

T = Momen Gaya (Nm)

F = Gaya (N)

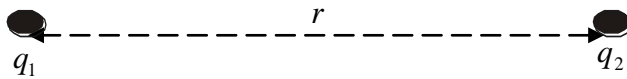
r = Jari-jari

K = Konstanta gaya putar ($\frac{Nm}{r\text{nd}}$)

θ = Sudut (rnd)

Skala yang terbaca pada penahan merupakan besar sudut putar itu.

Menurut coulomb gaya yang ditimbulkan oleh muatan-muatan ini sebanding dengan besar masing-masing muatan dan berbanding terbalik dengan jarak kedua muatan.

$$F \approx \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$


F = Gaya interaksi tarik-menarik atau tolak menolak

q1, q2 = Besarnya muatan

Dalam satuan internasional (SI Unit) agar gaya dalam satuan Newton maka ruas kanan dikalikan konstanta

$$F \approx k \frac{q_1 q_2}{r}$$

(Hk. Coulomb)

Untuk Vacuum / udara dari hasil eksperimen nilai K adalah

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \approx 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

ϵ_0 = Permittivitas listrik di udara atau hampa

$$= \frac{1}{4\pi k} = \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9} \text{ C}^2/\text{Nm}^2 \approx 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$$

Hukum ini berlaku untuk benda-benda bermuatan yang berukuran kecil (muatan titik) yang terpisahkan oleh jarak yang relatif jauh lebih besar dibanding ukuran benda. Untuk ruang atau medium yang bukan udara atau vacuum konstanta coulomb menjadi

$$k^1 = \frac{k}{\epsilon_r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r}$$

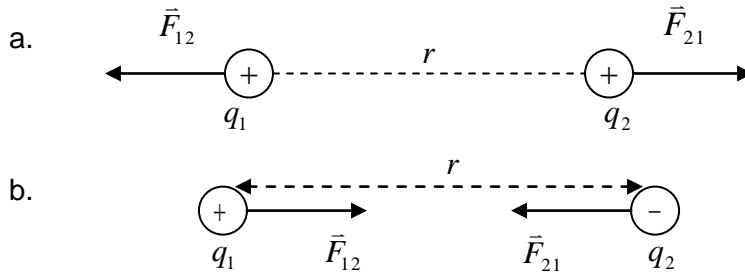
ϵ_r = permitivitas relative medium

Gaya interaksi yang terjadi untuk medium selain udara atau vacuum

$$F = k^1 \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$F = \frac{k q_1 q_2}{\epsilon_r r^2} = \frac{F_0}{\epsilon_r}$$

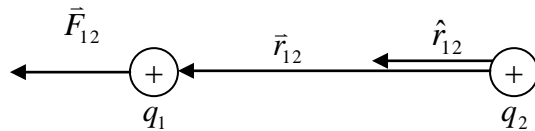
2.2 Gaya Coulomb Sama dengan Gaya Yang Lain merupakan besaran vektor yang mempunyai harga dan arah



Gambar 2.2

- a) Gaya interaksi antara muatan sejenis
- b) Gaya interaksi antara muatan yang tak sejenis

Dilihat dari q_1 untuk gambar a



\vec{F}_{12} Gaya di titik 1 akibat muatan 2

\vec{r}_{12} adalah vektor satuan jarak dari 2 ke 1

Vektor satuan untuk vektor di atas adalah $\hat{r}_{12} = \frac{\vec{r}_{12}}{r_{12}}$

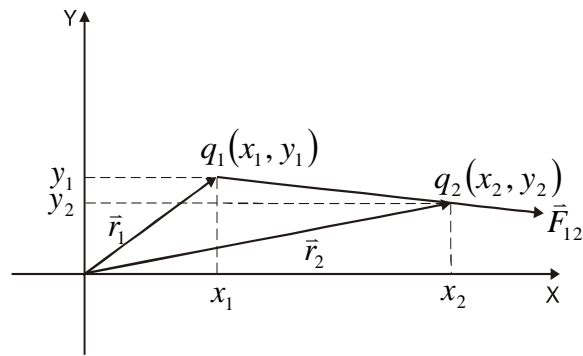
$$[F_{12}] = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}$$

$$\vec{F}_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \hat{r}_{12}$$

atau
$$\vec{F}_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \frac{\vec{r}_{12}}{r_{12}}$$

$$\vec{F}_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^3} \vec{r}_{12}$$

2. 3 Gaya coulomb untuk muatan dalam satu bidang



Gambar 2.3 Posisi dua muatan dalam satu bidang

Seperti terlihat pada gambar, muatan q_1 pada posisi $(x_1; y_1)$ dan q_2 pada posisi dilihat dari pusat koordinat.

$$\vec{r}_1 = \hat{a}_x x_1 + \hat{a}_y y_1$$

$$\vec{r}_2 = \hat{a}_x x_2 + \hat{a}_y y_2$$

dilihat dari titik q_2

$$\vec{r}_1 + \vec{r}_{21} = \vec{r}_2$$

$$\vec{r}_{21} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$

Nilai jarak dari \vec{q}_1 ke r_2

$$|\vec{r}_{21}| = |\vec{r}_2 - \vec{r}_1| = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

$$\text{atau } |r_2 - r_1| = \left[(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

dan

$$\vec{r}_{21} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{|r_2 - r_1|}$$

$$\vec{r}_{21} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = \frac{\hat{a}_x (x_2 - x_1) + \hat{a}_y (y_2 - y_1)}{\left[(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 \right]^{\frac{1}{2}}}$$

Contoh :

Dua muatan listrik masing-masing sebagai berikut :

$$q_1 = \frac{100}{9} \mu\text{c} \text{ pada posisi } (2;3)\text{m}$$

$$q_2 = 50\text{mc} \text{ pada posisi } (8;11)\text{m}$$

Tentukan \vec{F}_{12} dan \vec{F}_{21} juga $|F_{12}|$ dan $|F_{21}|$

Jawab :

$$\vec{r}_1 = 2\hat{x} + 3\hat{y}$$

$$\vec{r}_2 = 8\hat{x} + 11\hat{y}$$

Untuk mencari \vec{F}_{12} maka gunakan persamaan

$$\vec{F}_{12} = k \frac{q_1 q_2}{|r_1 - r_2|^2} \hat{r}_{12}$$

$$\begin{aligned} |r_1 - r_2|^2 &= [(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2]^{\frac{1}{2}} = [(2-8)^2 + (3-11)^2]^{\frac{1}{2}} \\ &= [36 + 64]^{\frac{1}{2}} = [100]^{\frac{1}{2}} = 10 \end{aligned}$$

$$\hat{r}_{12} = \frac{\bar{r}_1 - \bar{r}_2}{|r_1 - r_2|} = \frac{\hat{a}_x(x_1 - x_2) + \hat{a}_y(y_1 - y_2)}{10}$$

$$\hat{r}_{12} = \frac{\hat{a}_x(x_1 - x_2) + \hat{a}_y(y_1 - y_2)}{10} = -\hat{a}_x 0,6 - \hat{a}_y 0,8$$

$$\bar{F}_{12} = 9 \times 10^9 \frac{\frac{100}{9} \times 10^{-6} \cdot 50 \times 10^{-3} (-\hat{a}_x 0,6 - \hat{a}_y 0,8)}{10^2}$$

$$\bar{F}_{12} = -(30\hat{a}_x + 40\hat{a}_y)N$$

$$|F_{12}| = \sqrt{(-30)^2 + (-40)^2} = 50N$$

$$\bar{F}_{12} = k \frac{q_1 q_2}{|r_2 - r_1|^2} \hat{r}_{21}$$

$$\hat{r}_{21} = \frac{\bar{r}_2 - \bar{r}_1}{|r_2 - r_1|} = \frac{\hat{a}_x(x_2 - x_1) + \hat{a}_y(y_2 - y_1)}{\left[(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 \right]^{\frac{1}{2}}}$$

$$\hat{r}_{21} = \frac{\hat{a}_x(8-2) + \hat{a}_y(11-3)}{\left[(8-2)^2 + (11-3)^2 \right]^{\frac{1}{2}}} = \frac{6\hat{a}_x + 8\hat{a}_y}{10}$$

$$\hat{r}_{21} = 0,6\hat{a}_x + 0,8\hat{a}_y$$

$$|r_2 - r_1| = |r_1 - r_2| = 10 \text{ kenapa ?}$$

sehingga

$$\bar{F}_{21} = 9 \times 10^9 \frac{\frac{100}{9} \times 10^{-6} \cdot 50 \times 10^{-3}}{10^2} (0,6\hat{a}_x + 0,8\hat{a}_y)$$

$$\bar{F}_{21} = 30\hat{a}_x + 40\hat{a}_y$$

$$|F_{21}| = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50N$$

Perhatikan contoh di atas apa yang anda simpulkan dari interaksi dua muatan di atas.

2.4 Gaya interaksi antara dua muatan dilam ruang tiga dimensi Kartesian

Dua muatan titik q_1 pada posisi (x_1, y_1, z_1) ,

Dan muatan q_2 pada posisi (x_2, y_2, z_2) ,

Ingin dicari gaya interaksi di salah satu titik misal q_2

Secara sederhana dapat digambarkan sebagai berikut :

Seperti pada bidang dua dimensi pada ruang, pada ruangpun analog dilikat dari q_2 :

$$\vec{r}_1 + \vec{r}_{21} = \vec{r}_2$$

$$\vec{r}_{21} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$

Untuk mendapat harga jarak kedua titik berlaku pythagoras :

$$|\vec{r}_{21}| = |\vec{r}_2 - \vec{r}_1| = \left[(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\hat{r}_{21} = \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|} = \frac{ax[(x_2 - x_1) + (y_2 - y_1) + (z_2 - z_1)]}{\left[(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 \right]^{\frac{1}{2}}}$$

Persamaan yang berlaku :

Atau

Contoh :

Dua buah muatan listrik masing-masing sbb:

$$q_1 = \frac{100}{9} \mu\text{c pada posisi } (1;2;3)\text{m}$$

$$q_2 = 10\sqrt{2} \text{ mc pada posisi } (4;6;8)\text{m}$$

Tentukan gaya dititik q_2 ?

Penyelesaian :

Evaluasi :

Untuk mengetahui apakah saudara sudah memahami modul ini atau belum cobalah is pertanyaan-pertanyaan di bawah ini!

1. Apa yang dilakukan Coulumb untuk menentukan besar gaya interaksi antara dua muatan.
2. a. Tentukan jarak antara dua muatan q_1 dititik $(3;2;5)\text{m}$ dan q_2 di titik $(9;8;5)\text{m}$
b . Tentukan unit vektornya.
3. Jika q_1 sebesar $100\mu\text{c}/9$ dan $q_2=10\text{mc}$ pada medium pada medium yang permitivitas relatifnya 5 posisi seperti soal no.2 tentukan gaya di q_1 dan q_2 .

BAB II MEDAN LISTRIK STATIS

* MUATAN LISTRIK.

Suatu pengamatan dapat memperlihatkan bahwa bila sebatang gelas digosok dengan kain wool atau bulu domba; batang gelas tersebut mampu menarik sobekan-sobekan kertas. Ini menunjukkan bahwa gelas timbul muatan listrik.

Salah satu sifat muatan listrik adalah adanya dua macam muatan yang menurut konvensi disebut muatan positif dan negatif. Interaksi antara muatan-muatan dapat dinyatakan sebagai berikut :

“ Dua muatan yang sejenis (kedua-duanya positif atau kedua-duanya negatif) saling tolak menolak; sedangkan dua muatan yang tidak sejenis (yang satu positif dan yang lain negatif) akan saling tarik menarik ”.

Pengamatan lain yaitu : benda yang bermuatan listrik; muatannya tersebar pada permukaan luar dari benda dan menyebarnya muatan listrik pada permukaan luar benda tidak sama rata. Pada permukaan yang runcing makin rapat muatannya. Selain dengan cara menggosok kain wool pada batang kaca tersebut, maka salah satu cara untuk membuat benda dapat dijadikan listrik adalah dengan cara INDUKSI.

* HUKUM COULOMB.

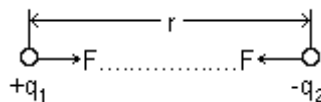
Bila dua buah muatan listrik dengan harga q_1 dan q_2 , saling didekatkan, dengan jarak pisah r , maka keduanya akan saling tarik-menarik atau tolak-menolak menurut hukum Coulomb adalah:

“Berbanding lurus dengan besar muatan-muatannya dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua muatan”.

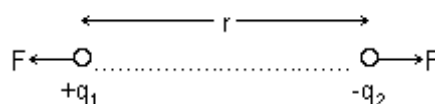
$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

Gambar.

Saling tarik menarik.



Saling tolak-menolak.



Konstanta pembanding (“k”) harganya tergantung pada tempat dimana muatan tersebut berada.

Bila pengamatan dilakukan diruang hampa/udara; besar “k” dalam sistem SI adalah:

$$k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{Coulomb}^2$$

$$\text{Harga pastinya : } k = \frac{1}{4\pi \epsilon_0}$$

ϵ_0 = permitivitas udara atau ruang hampa.

dalam satuan cgs ; $k=1 \text{ dyne cm}^2/\text{statcoulomb}^2$

	F	R	q	k
MKS - SI	newton	Meter	coulomb	$9 \cdot 10^9$
c g s	dyne	Centimeter	statcoulomb	1

Catatan :

- Untuk medium selain udara, maka harga k juga lain. Sebab tergantung dari (permitivitasnya).
- $1 \text{ Coulomb} = 3 \cdot 10^9 \text{ statcoulomb}$.
- Karena F adalah vektor, maka bila gaya resultan yang disebabkan oleh 3 titik muatan, penjumlahannya juga memenuhi aturan vektor.
- $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ Coulomb}^2 / \text{newton m}^2$

*** MEDAN LISTRIK.**

Medan listrik adalah daerah dimana pengaruh dari muatan listrik ada. Besarnya kuat medan listrik ("E") pada suatu titik di sekitar muatan listrik (Q) adalah :

Hasil bagi antara gaya yang dialami oleh muatan uji "q" dengan besarnya muatan uji tersebut.

Antara +Q dan -Q ada gaya tarik menarik sebesar :

$$F = k \frac{Qq}{r^2}$$

sehingga besarnya kuat medan listrik di titik p adalah

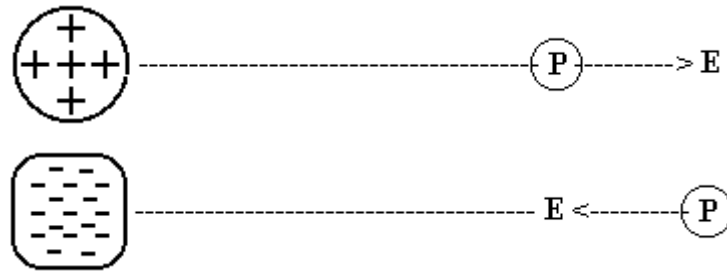
$$E = \frac{F}{q} = (k \frac{Qq}{r^2}) / q$$

$$E = k \frac{Q}{r^2}$$

Kuat medan listrik (E) adalah suatu besaran vector. Satuan dari kuat medan listrik adalah Newton/Coulomb atau dyne/statcoulomb.

Bila medan di sebuah titik disebabkan oleh beberapa sumber; maka besarnya kuat medan total dapat dijumlahkan dengan mempergunakan aturan vektor. Arah dari kuat medan listrik; bila muatan sumbernya positif maka meninggalkan dan bila negatif arahnya menuju.

Gambar



Contoh kuat medan listrik.

1. Kuat medan listrik yang disebabkan oleh bola berongga bermuatan.



- dititik R; yang berada didalam bola $E_R=0$. Sebab di dalam bola tidak ada muatan.

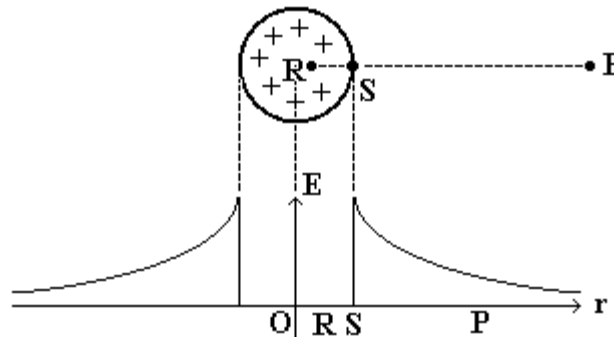
- dititik S; yang berada pada kulit bola;

$$E_s = k \frac{Q}{R^2} \quad Q = \text{muatan bola} ; R = \text{jari-jari bola}$$

- dititik P; yang berada sejauh r terhadap pusat bola.

$$E_p = k \frac{Q}{r^2}$$

Bila digambarkan secara diagram diperoleh.



$$* E_R = 0$$

$$* E_s = k \frac{Q}{R^2}$$

$$* E_p = k \frac{Q}{r^2}$$

2. Bila Bola pejal dan muatan tersebar merata di dalamnya dan dipermukaannya (Muatan total Q).



- Besarnya kuat medan listrik di titik P dan S sama seperti halnya bola berongga bermuatan; tetapi untuk titik R kuat medan listriknya tidak sama dengan nol. $E_R = 0$

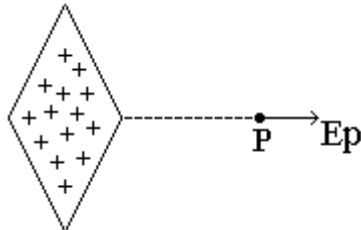
- Bila titik R berjarak r terhadap titik pusat bola, maka besarnya kuat medan listriknya :

$$E_R = k \frac{Q \cdot r}{R^3}$$

r = jarak titik R terhadap pusat bola

R = jari-jari bola.

3. Kuat medan disekitar pelat bermuatan.



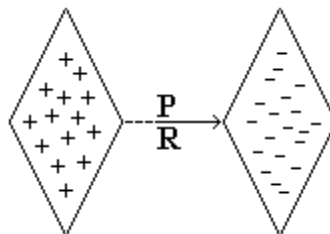
$$E_p = \frac{\sigma}{2 \epsilon_0}$$

- muatan-muatan persatuan luas pelat ($\sigma = \frac{Q}{A}$)

Bila 2 pelat sejajar; dengan muatan sama besar; tetapi berlawanan tanda.

$$\begin{aligned} E_p &= E_1 + E_2 \\ &= \frac{\sigma}{2 \epsilon_0} + \frac{\sigma}{2 \epsilon_0} \end{aligned}$$

$$E_p = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$



Untuk titik P yang tidak di antara kedua pelat. $E = 0$

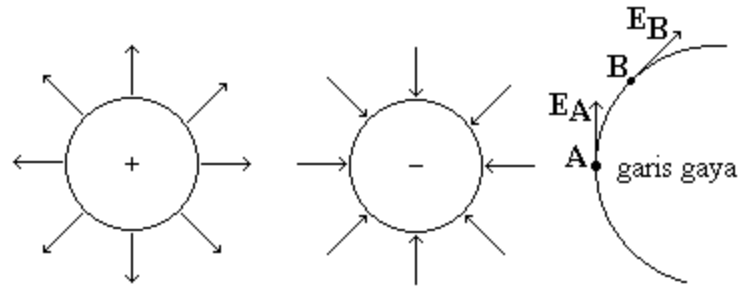
GARIS GAYA.

Suatu garis gaya (dalam suatu medan listrik) ialah:

Garis khayal yang ditarik sedemikian rupa sehingga arahnya pada setiap detik (yaitu arah garis singgungnya) sama dengan arah medan pada titik tersebut.

Beberapa sifat dari garis gaya adalah :

- Garis gaya berasal dari muatan positif dan berakhir pada muatan negatif.



- Garis gaya tidak mungkin perpotongan satu sama lain.
- Banyaknya garis gaya persatuan luas yang menembus suatu permukaan (yang tegak lurus arah medan) pada tiap-tiap titik, sebanding dengan kuat medan listriknya.

$$\frac{\Delta N}{\Delta A_n} = \epsilon_0 \cdot E$$

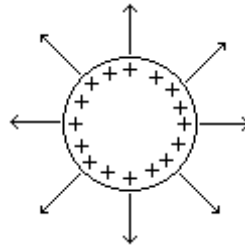
ΔN = Jumlah garis gaya.

ΔA_n = Luas permukaan tegak lurus arah medan yang ditembus oleh garis gaya.

ϵ_0 = Konstanta perbandingan.

E = Kuat medan listrik.

- Perbandingan garis gaya yang timbul dari suatu muatan q , tepat sama dengan q itu sendiri.



$$N = \epsilon_0 E n A = q$$

N = jumlah garis gaya yang keluar dari muatan q .

q = banyaknya muatan.

HUKUM GAUSS.

Jumlah garis gaya total/flux listrik (yang masuk dan keluar) dalam suatu permukaan bola sebanding dengan jumlah muatan total yang terdapat didalam bola tadi.

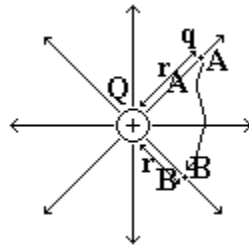
$$\epsilon_0 \sum (E \cdot \Delta A_n) = \sum q$$

ϵ_0 = permitivitas listrik.

$\sum (E \cdot \Delta A_n)$ = jumlah total garis gaya (flux listrik).

$\sum q$ = jumlah total muatan yang ada dalam bola.

* POTENSIAL LISTRIK



Besarnya usaha yang dipergunakan untuk memindahkan muatan q dari titik a dengan jarak r_A ke titik B dengan jarak r_B adalah :

$$W_{A \rightarrow B} = k \cdot Q \cdot q \cdot \left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right)$$

Bila $r_A = \infty$ maka $W_{\infty \rightarrow B} = k \cdot \frac{Q \cdot q}{r_B}$

Usaha untuk membawa muatan sebesar q dari ∞ ke titik B yang jaraknya r_B terhadap titik Q adalah energi potensial dari q yang terletak di r_B dari muatan Q.

$$E_p = k \frac{Q \cdot q}{r_B} = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \cdot \frac{Q \cdot q}{r_B}$$

* POTENSIAL LISTRIK

Potensial listrik disuatu titik P yang berjarak "r" terhadap muatan Q adalah :

Besarnya energi potensial listrik (E_p) di titik P persatuan muatan di titik P tersebut.

$$V = \frac{E_p}{q} = k \frac{Q \cdot q}{r_B \cdot q}$$

$$V = k \frac{Q}{r_B} = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r_B}$$

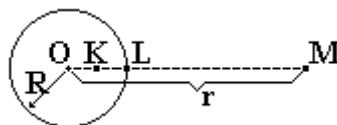
Sehingga usaha yang diperlukan untuk membawa muatan listrik sebesar q dari titik A ke titik B adalah:

$$W_{A \rightarrow B} = q \cdot (v_B - v_A)$$

Satuan dari potensial listrik adalah Joule/Coulomb = Volt atau dalam cgs dinyatakan dalam statVolt.

$$1 \text{ Volt} = 1/300 \text{ stat Volt.}$$

* POTENSIAL BOLA YANG BERMUATAN LISTRIK.



Bola A yang berjari-jari R meter bermuatan q Coulomb.

- Titik L yang berada di permukaan bola mempunyai potensial:

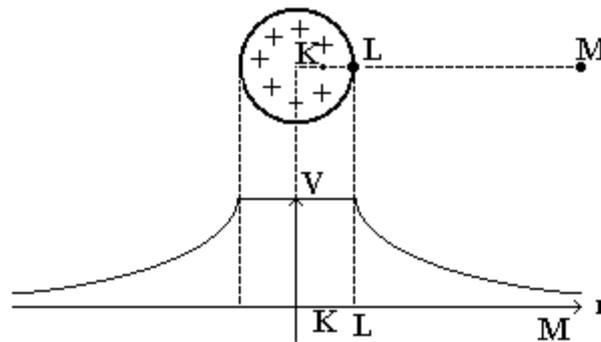
$$V_L = k \cdot \frac{q}{R}$$

- Titik M yang berada di luar bola (r meter dari pusat bola) mempunyai potensial :

$$V_M = k \cdot \frac{q}{r}$$

- Titik K yang berada di dalam bola mempunyai potensial yang sama dengan potensial di permukaan bola.

Secara ringkas dapat digambarkan dalam diagram berikut :



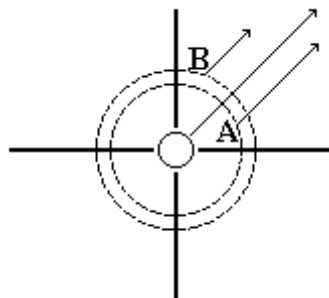
$$V_K = V_L = \text{potensial bola}$$

$$= k \cdot \frac{q}{R}$$

$$V_M = k \cdot \frac{q}{r}$$

* BIDANG POTENSIAL

Adalah tempat kedudukan titik-titik yang berpotensi sama. Bidang ini memotong garis-garis gaya secara tegak lurus; untuk memindahkan muatan q di dalam bidang potensial tak diperlukan usaha.



Karena A dan B dalam satu bidang ekipotensial.

$$V_A = V_B$$

$$W_{A \rightarrow B} = q (V_B - V_A) = 0$$

* HUKUM KEKALKAN ENERGI

Dalam hukum kekekalan energi dapat diketahui bahwa:

$$E_P + E_K = \text{konstan}$$

Jika E_P adalah energi potensial listrik, maka

$$qV + \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \text{konstan}$$

$$qV_1 + \frac{1}{2} m \cdot (v_1)^2 = qV_2 + \frac{1}{2} m \cdot (v_2)^2$$

$$(v_2)^2 = (v_1)^2 + \frac{2q}{m} (V_1 - V_2)$$

KAPASITOR

Kapasitor (kondensator) adalah : alat yang terdiri dari dua penghantar berdekatan yang dimaksudkan untuk diberi muatan sama besar dan berlawanan jenis.

Fungsi dari Kapasitor.

1. Untuk menghilangkan bunga api listrik pada rangkaian-rangkaian yang mengandung kumparan bila tiba-tiba diputuskan.
2. Pada rangkaian yang dipakai untuk menghidupkan mesin mobil.
3. Untuk memperbesar efisiensi daya transmisi (penyebaran) arus bolak-balik.
4. Untuk memilih panjang gelombang (tuning) pesawat penerima radio.

Setiap kapasitor mempunyai kapasitas (C), yaitu perbandingan antara besar muatan (Q) dari salah satu keping dengan beda potensial (V) antara kedua keping-kepingnya.

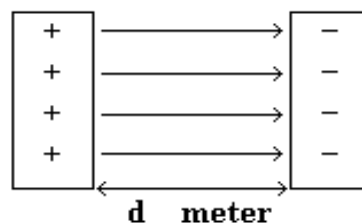
$$C = \frac{Q}{V}$$

C = kapasitor satuan = Coulomb/Volt

Q = muatan satuan = Coulomb

V = beda potensial satuan = Volt

* KAPASITOR KEPING SEJAJAR



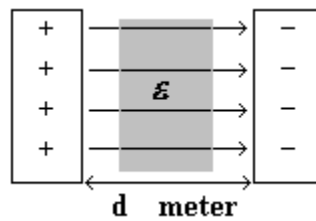
Kapasitor yang terdiri dari 2 buah keping sejajar yang masing-masing luasnya $A \text{ m}^2$ terpisah sejauh d meter satu sama lain, bila diantara keping-kepingnya hampa udara, kapasitasnya (C_0)

adalah :

$$C_0 = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

ϵ_0 = permitivitas ruang hampa

Bila di antara keping-keping kapasitor disisipi bahan dielektrik.



Besar kapasitasnya (C) menjadi :

$$C = \frac{\epsilon \cdot A}{d}$$

ϵ = permitivitas bahan dielektrik

perbandingan antara $\frac{C}{C_0}$ disebut :

KONSTANTA DIELEKTRIK (K).

$$K = \frac{C}{C_0} = \frac{\epsilon \cdot A}{d} \times \frac{d}{\epsilon_0 A} = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$$

Karena C selalu lebih besar dari C_0 , maka : K selalu >1

Jadi kapasitas kapasitor keping sejajar secara umum dapat dituliskan :

$$C = C_0 \cdot K = \frac{K \epsilon_0 A}{d}$$

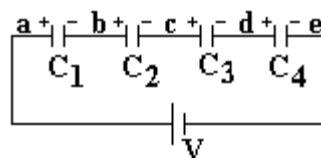
* ENERGI SUATU KAPASITOR BERMUATAN.

Energi yang tersimpan di dalam kapasitor, bila suatu kapasitor diberi muatan adalah :

$$W = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} \text{ atau } W = \frac{1}{2} CV^2$$

* KAPASITOR BANGUNAN

1. Bila beberapa kapasitor yang masing-masing kapasitasnya C_1, C_2, C_3, \dots disusun seri, maka :



$$- Q_s = Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots$$

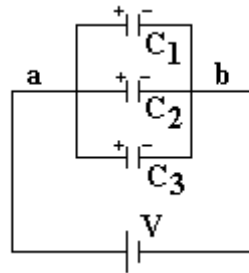
$$- V_s = V_{ab} + V_{bc} + V_{cd} + V_{de} + \dots$$

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

2. Kapasitor-kapasitor yang disusun paralel.

Bila beberapa kapasitor C_1, C_2, C_3, \dots disusun paralel,

maka :



- Beda potensial (V_{ab}) total sama dengan beda potensial masing-masing kapasitor.
- $Q_p = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots$
- $C_p = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$

MERUBAH BESARNYA KAPASITAS SUATU PENGHANTAR :

Sebuah penghantar bermuatan, **potensialnya** semakin **kecil** kalau didekati penghantar lain yang netral. Akan menjadi lebih kecil lagi bila penghantar netral itu dihubungkan dengan bumi.

Sebuah penghantar bermuatan, **kapasitasnya** semakin **besar** kalau didekati penghantar lain yang netral. Akan menjadi lebih besar lagi bila penghantar netral itu dihubungkan dengan bumi.

Besarnya Potensial Penghantar Gabungan:

Apabila dua penghantar baru yang bermuatan saling dihubungkan, terjadi sebuah penghantar baru yang kapasitasnya sama dengan jumlah kapasitas penghantar masing-masing.

Untuk dua penghantar yang belum dihubungkan berlaku :

$$Q_1 = C_1 V_1 \text{ atau } Q_2 = C_2 V_2$$

Setelah dihubungkan : (*Jumlah Muatan Tidak Berubah*)

$$Q_1 + Q_2 = C V$$

$$\text{atau : } C_1 V_1 + C_2 V_2 = C_1 V + C_2 V = (C_1 + C_2) V$$

$$V = \frac{C_1 V_1 + C_2 V_2}{C_1 + C_2}$$

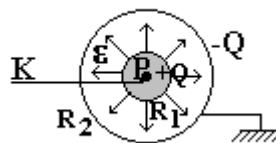
---oOo---

- * Penghantar yang dibentuk sedemikian rupa sehingga mempunyai kapasitas besar disebut kondensator (kapasitor).
(Merupakan susunan dua penghantar yang satu dihubungkan dengan bumi sedang yang lain diberi muatan dan diantaranya ada isolator.

MACAM-MACAM KONDENSATOR.

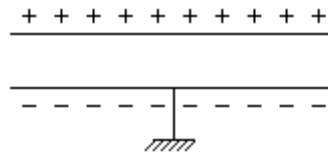
1. Kondensator Bola:

Terdiri dari dua bola penghantar konsentris A dan B, yang berjari-jari R_1 dan R_2 cm. Diantara kedua bola ada isolator dengan konstanta dielektrikum Bola luar dihubungkan dengan bumi, sedangkan bola dalam diberi muatan melalui kawat k. Di A akan terdapat muatan $+Q$ dan di B terdapat muatan $-Q$ (resultan=0)

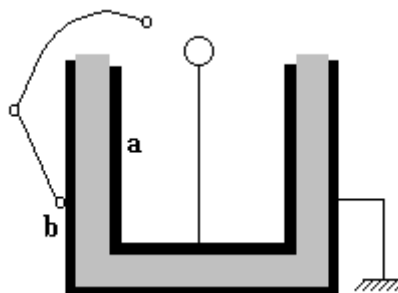


2. Kondensator pelat (keping sejajar)

Medan antara pelat-pelat kondensator homogen, bila jarak antara pelat kecil dan pelat besarnya selalu sama.

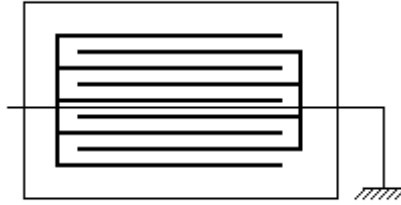


3. Bidang Franklin : Terdiri dari lempeng kaca yang kedua sisinya dilapisi dengan timah putih. Antara lempeng kaca dan timah putih diberi lapisan pernis. (Merupakan kondensator datar).



4. Botol Leiden : Botol gelas dengan lapisan dalam a dan lapisan luar b yang terbuat dari timah putih. Antara kedua lapisan itu dilapisi pernis tipis. Lapisan dalam dihubungkan dengan kepala c sedangkan lapisan luar di bumikan. Melalui kepala c lapisan dalam diberi muatan yang sangat amat besar.

Kondensator ini dapat menyimpan muatan yang cukup tinggi karena isolator gelas cukup besar.



5. Kondensator Balok : terdiri dari dua baris lapisan lempeng timah putih, yang satu sama lain saling menyisip. Maksudnya dengan volumeyang relatif kecil dapat menyimpan muatan yang relatif besar.

LATIHAN SOAL

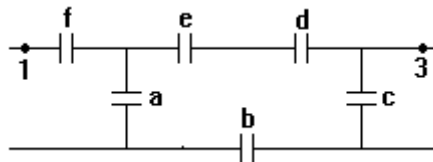
1. Berapa gaya yang dialami oleh muatan +10 mikro coulomb dan -2 mikro coulomb yang berjarak 30 cm.
2. Dua buah titik masing-masing bermuatan +140 dan +70 statcoulomb saling tolak menolak dengan gaya 98 dyne. Berapakah jarak anantara kedua titik tersebut.?
3. Dua bola A dan B yang sama besarnya, mula-mula bermuatan -5 dan +9 statcoulomb. Kedua bola itu kemudian saling disentuh dan setelah terdapat keseimbangan muatan, lalu dijatuhkan demikian sehingga yang bekerja antara kedua bola itu 0,25 dyne. Berapakah jarak antara pusat kedua bola ?
4. Dua bola A dan B masing-masing bermuatan +6 statcoulomb. Berapakah jarak antara pusat kedua bola itu bila di udara saling tolak-menolak dengan gaya 9 dyne?
Kemudian kedua bola dimasukkan dalam minyak tanah, sedangkan muatannya tak berubah. Pada jarak yang sama ternyata kini gaya tolak menolaknya menjadi 4 dyne. Berapa tetapan dielektrikum untuk minyak tanah menurut percobaan tersebut.
5. Tiga muatan masing-masing 10, 9 dan -9 (dalam μC) terletak sedemikian sehingga membentuk segitiga sama sisi dengan panjang sisi 30 cm. Berapa gaya yang dialami oleh titik bermuatan 10 μC . Gambarkan pula vector gayanya.
6. Dua buah bola kecil masing-masing bermuatan 10 μC dan 20 μC dan berjarak 2 meter. Berapa gaya tolak-menolak dalam medium dielektrikum dengan konstanta dielektrik $K=5$?
7. Ditentukan dua muatan $q_1=10$ statC dan $q_2=-5$ statC dan berjarak 3 cm. Muatan q_3 terletak pada garis jarak $q_1q_2=1\text{cm}$ dari q_1 . Maka q_3 mengalami gaya $F=2$ dyne yang arahnya ke q_2 . Tentukan besar muatan q_3 .
8. Diketahui muatan $q_1=5 \cdot 10^{-9}$ Coulomb

Ditanyakan :

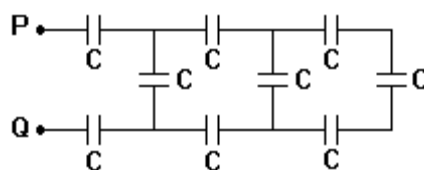
- a) Berapa kuat medan (E) pada jarak 30 cm dari muatan tersebut.
- b) Berapa gaya (F) pada muatan $4 \cdot 10^{-9}$ Coulomb pada kedudukan dalam soal a.
9. Dua muatan sama besar tetapi berlawanan jenisnya dari $2 \cdot 10^{-7}$ Coulomb dan berjarak 15 cm. Jika sebuah titik P ditengah-tengah jarak kedua muatan tersebut, maka tentukan :

- a) Kuat medan di titik P dan arahnya.
- b) Jika di titik tersebut diletakkan sebuah elektron yang bermuatan $-1,6 \cdot 10^{-19}$ C, tentukan besar dan arah gaya pada muatan tersebut.
10. Dua buah bola yang pusatnya M dan N, masing-masing berjari-jari 1 cm, berturut-turut mempunyai muatan +16 dan +36 statC. Jarak antara kedua pusat bola itu 20 cm. Sebuah titik P yang berada di dalam medan listrik yang ditimbulkan oleh kedua bola itu mempunyai kuat medan nol. Dimanakah letak titik itu?
11. Sebuah bola kecil yang pejal bermuatan $0,02 \mu\text{C}$. Titik A dan B masing-masing berjarak 10 cm dan 20 cm dari pusat bola. A, B dan bola kolinier (segaris), tentukan:
- a) Potensial di A dan potensial di B
- b) Usaha yang diperlukan untuk memindahkan muatan $-1,6 \cdot 10^{-19}$ C dari A ke B.
12. Ditentukan dua muatan A dan B yang berjarak 30 cm. Sebuah titik P berjarak sama dari A dan B, yaitu 30 cm. Jika $q_A = 9 \text{ nC}$ dan $q_B = -3 \text{ nC}$, maka tentukan :
- a) Potensial di titik P.
- b) Kuat medan di P.
13. Ditentukan bola berjari 30 cm dan diberi muatan listrik sebesar $0,03 \mu\text{C}$. Berapakah potensial di :
- a) Titik A yang berjarak 70 cm dari permukaan bola.
- b) Titik B pada permukaan bola.
- c) Titik M pada pusat bola.
14. Dua buah bola A dan B berada dalam minyak (tetapan dielektrikum = 2) masing-masing bola bermuatan 180 statC sedangkan jarak antara pusat-pusatnya 1 meter. Berapakah besarnya usaha yang diperlukan untuk saling mendekatkan kedua bola itu sejauh 10 cm.
15. Dua keping logam yang sejajar dan berjarak 0,5 cm satu dari yang lain. Diberi muatan listrik yang berlawanan hingga beda potensialnya 10^4 Volt. Bila muatan elektron adalah $1,6 \cdot 10^{-19}$ Coulomb, Berapa besar dan arah gaya coulomb pada sebuah elektron yang ada di antara kedua keping tersebut.
16. Sebuah elektron bermassa $9 \cdot 10^{-31}$ kg dan bermuatan $1,6 \cdot 10^{-19}$ C bergerak dari katode ke anode. Beda potensial antara kedua elektrode tersebut = 4500 Volt dan jika potensial di katode = 0, maka tentukan kecepatan elektron ketika sampai di anode.
17. Sebuah bola konduktor bermuatan listrik $0,3 \mu\text{C}$ dan mempunyai potensial 3000 Volt. Berapa μF kapasitor konduktor ?
18. Sebuah kapasitor dari dua lempeng sejajar berjarak 1 mm luas salah satu lempeng = $28,26 \text{ cm}^2$, berapa μF kapasitas kapasitor, apabila :
- a) Bahan dielektrikum udara.
- b) Bahan dielektrikunya mika ($K=7$)

19. Sebuah kapasitor dari dua lempeng sejajar di beri muatan listrik, sehingga potensialnya = 0,4 KV. Jarak antara kedua keping = 2 mm. Tetapan dielektrikum = $8,85 \cdot 10^{-12}$. Tentukan rapar energi kapasitor.
20. Sebuah kapasitor keping sejajar menggunakan bahan dielektrikum udara, kapasitannya 6 μF . Berapa energi yang tersimpan dalam kapasitor tersebut apabila :
- Menggunakann bahan dielektrikum silika yang konstanta dielektrikumnya adalah 4 dan diberi potensial 10 Volt.
 - Apabila jaraknya anantara dua keping dijauhkan 1,5 kalii jarak semula dan diberi beda potensial 10 Volt.
21. Sebuah kapasitor keping yang jaraknya antara keping-kepingnya adalah 5 milimeter, dengan bahan dielektrikum udara kapasitor diberi muatan listrik hingga potensialnya = 600 Volt. Jika jarak antara dua keping dijauhkan sehingga menjadi 1 cm dan diantara kedua keping sekarang disisipkan suatu bahan dielektrikum baru, sehingga potensial antara kedua keping menurun menjadi 400 Volt. Berapa konstanta bahan tersebut ?
22. Tiga kapasitor masing-masing 8 μF , 12 μF dan 24 μF kapasitannya.
- Baterai kapasitor disusun seri.
 - Baterai kapasitor disusun paralel.
 - Baterai kapasitornya disusun demikian :
dua kapasitor yang pertama disusun paralel, lalu disusun seri dengan kapasitor yang ketiga.
23. Dua buah kapasitor dengan kapsitas masing-masing $C_1 = 3\text{pF}$ dan $C_2 = 6\text{pF}$, dihubungkan seri dan beda tegangan antara ujung-ujung adalah 1000 Volt. Hitunglah:
- Kapasitas ekivalen C pada rangkaian tersebut.
 - Beda tegangan antara lempengan-lempengan pada masing-masing kapasitor.
 - Muatan total rangkaian dan muatan masing-masing kapasitor.
 - Energi yang tersimpan dalam kapasitor.
24. Rangkaian kapasitor seperti tertulis di bawah ini masing-masing berkapasitas 2 mF. Tentukan kapasitas pengganti antara titik 1 dan 3.



25. Kapasitas ekivalen dari rangkaian kapasitor berikut ini antara P dan Q adalah



26. Sebuah penghantar yang kapasitasnya 10^{-5} F dan potensialnya 24000 Volt oleh sepotong kawat penghantar kecil yang kapasitasnya boleh diabaikan. Berapakah potensial akhir ? dan berapa muatan masing-masing setelah dihubungkan ?
27. Tiga buah kapasitor masing-masing berkapasitas C farad. Dengan menghubungkan secara seri dan/atau paralel, carilah harga-harga kapasitas pengganti yang mungkin.

BAB III ARUS LISTRIK

Dalam konduktor logam terdapat elektron-elektron yang bebas dan mudah untuk bergerak sedangkan pada konduktor elektrolit, muatan bebasnya berupa ion-ion positif dan negatif yang juga mudah bergerak.

Bila dalam konduktor ada medan listrik; maka muatan muatan tersebut bergerak dan gerakan dari muatan-muatan ini yang dinamakan arus listrik.

Arah arus listrik diperjelaskan searah dengan gerakan muatan-muatan positif.

Bila medan yang menyebabkan gerakan-gerakan muatan tersebut arahnya tetap; akan dihasilkan arus bolak-balik secara harmonik, hasilkan arus bolak-balik (AC- Alternating Current).

* KUAT ARUS.

Kuat arus (i) di definisikan sebagai :

Jumlah muatan yang mengalir melalui suatu penampang persatuan waktu.

Karena arah arus adalah searah dengan arah muatan positif, maka jumlah muatan yang lewat adalah jumlah muatan positif.

$$i = \frac{dq}{dt}$$

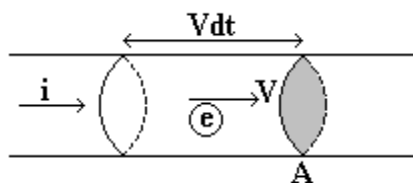
dq = jumlah muatan (Coulomb)

dt = selisih waktu (detik)

i = kuat arus

Satuan dari kuat arus adalah Coulomb/detik yang tidak lain adalah : Ampere.

Ditinjau dari dari suatu konduktor dengan luas penampang A dalam suatu interval dt ; maka jumlah muatan yang lewat penampang tersebut adalah jumlah muatan yang terdapat dalam suatu silinder dengan luas penampang A , yang panjangnya $V dt$.



Bila n adalah partikel persatuan volume dan e muatan tiap partikel.

$$dq = n.e.V.A.dt$$

sehingga diperoleh besarnya :

$$i = \frac{dq}{dt} = n.e.V.A \quad \text{Ampere}$$

Rapat arus J didefinisikan sebagai kuat arus persatuan luas.

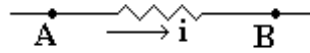
$$J = \frac{i}{A} = n.e.V \quad \text{Ampere/m}^2$$

* HUKUM OHM

Hubungan antara tegangan, kuat arus dan hambatan dari suatu konduktor dapat diterangkan berdasarkan hukum OHM.

Dalam suatu rantai aliran listrik, kuat arus berbanding lurus dengan beda potensial antara kedua ujung-ujungnya dan berbanding terbalik dengan besarnya hambatan kawat konduktor tersebut.

Hambatan kawat konduktor biasanya dituliskan sebagai “R”.



$$i = \frac{V_A - V_B}{R}$$

I = kuat arus

$V_A - V_B$ = beda potensial titik A dan titik B

R = hambatan

Besarnya hambatan dari suatu konduktor dinyatakan dalam

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A}$$

R = hambatan

satuan = ohm

L = panjang konduktor

satuan = meter

A = luas penampang

satuan = m^2

ρ = hambat jenis atau resistivitas

satuan = ohm meter

Dari hubungan diatas dapat disimpulkan bahwa :

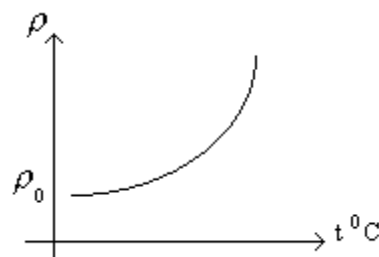
1. Hambatan berbanding lurus dengan panjang konduktor.
2. Hambatan berbanding terbalik dengan luas penampang konduktor.
3. Hambatan berbanding lurus dengan resistivitas atau hambat jenis dari konduktor tersebut.

Harga dari hambat jenis/resistivitas anantara nol sampai tak terhingga.

$\rho = 0$ disebut sebagai penghantar sempurna (konduktor ideal).

$\rho = \infty$ disebut penghantar jelek (isolator ideal).

Hambatan suatu konduktor selain tergantung pada karakteristik dan geometrik benda juga tergantung pada temperatur. Sebenarnya lebih tepat dikatakan harga resistivitas suatu konduktor adalah tergantung pada temperatur.



Grafik hambat jenis lawan temperatur untuk suatu konduktor memenuhi hubungan :

$$\rho(t) = \rho_0 + at + bt^2 + \dots$$

$\rho(t)$ = hambatan jenis pada suhu t °C

ρ_0 = hambatan jenis pada suhu 0 °C

a, b = konstanta.

Untuk suhu yang tidak terlalu tinggi, maka suku t^2 dan pangkat yang lebih tinggi dapat diabaikan sehingga diperoleh :

$$\rho_{(t)} = \rho_0 + a.t. = \rho_0 + \frac{a.t.\rho_0}{\rho_0}$$

$$\rho_{(t)} = \rho_0(1 + \alpha.t) \quad \alpha = \text{koef suhu hambatan jenis}$$

Karena hambatan berbanding lurus dengan hambatan jenis, maka diperoleh :

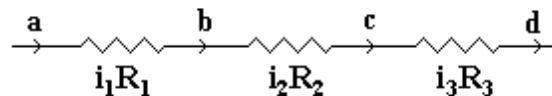
$$R_{(t)} = R_0 (1 + \alpha.t)$$

* SUSUNAN HAMBATAN (TAHANAN)

Beberapa tahanan dapat disusun secara :

- Seri
- Paralel
- Kombinasi seri dan paralel

SUSUNAN SERI



Bila tahanan-tahanan : R_1, R_2, R_3, \dots

disusun secara seri, maka :

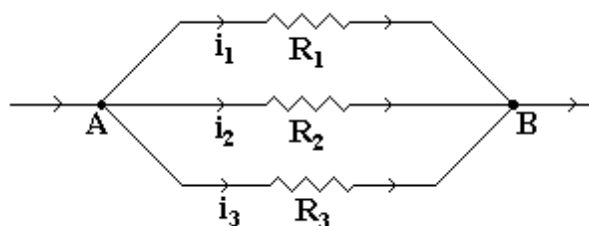
Kuat arus (I) yang lewat masing-masing tahanan sama besar :

$$\longrightarrow i = i_1 = i_2 = i_3 = \dots$$

$$\longrightarrow V_S = V_{ad} = V_{ab} + V_{bc} + V_{cd} + \dots$$

$$\longrightarrow R_S = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

SUSUNAN PARALEL



Bila disusun secara paralel, maka :

→ Beda potensial pada masing-masing ujung tahanan besar ($V_A = V_B$).

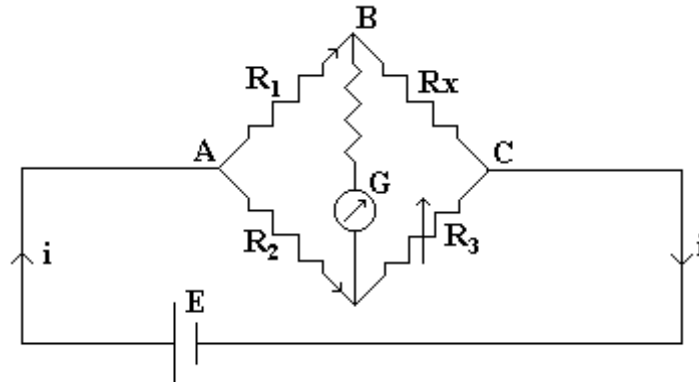
→ $i + i_1 + i_2 + i_3 + \dots$

→ $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$

ALAT UKUR KUAT ARUS, BEDA TEGANGAN DAN TAHANAN

* Jembatan wheatstone

Dipakai untuk mengukur besar tahanan suatu penghantar.



Jembatan wheatstone terdiri dari empat tahanan disusun segi empat dan Galvanometer.

- R_1 dan R_2 biasanya diketahui besarnya.
- R_3 tahanan yang dapat diatur besarnya sehingga tidak ada arus yang mengalir lewat rangkaian B-C-G (Galvanometer).
- R_x tahanan yang akan diukur besarnya.

Bila arus yang lewat $G = 0$, maka :

$$R_x \cdot R_2 = R_1 \cdot R_3$$

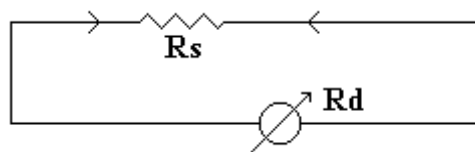
$$R_x = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_2}$$

* AMPEREMETER/GALVANOMETER.

Alat ini :

- Dipakai untuk mengukur kuat arus.
- Mempunyai hambatan yang sangat kecil.
- Dipasang seri dengan alat yang akan diukur.

Untuk mengukur kuat arus yang sangat besar (melebihi batas ukurnya) dipasang tahanan SHUNT paralel dengan Amperemeter (alat Amperemeter dengan tahanan Shunt disebut AMMETER)



Sebuah Amperemeter yang mempunyai batas ukur maksimum I Ampere dan tahanan dalam R_d Ohm, supaya dapat dipakai untuk mengukur arus yang kuat arusnya $n \times i$ Ampere harus dipasang Shunt sebesar :

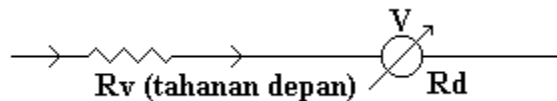
$$R_s = \frac{1}{n-1} R_d \text{ Ohm}$$

* VOLTMETER.

Alat ini :

- Dipakai untuk mengukur beda potensial.
- Mempunyai tahanan dalam yang sangat besar.
- Dipasang paralel dengan alat (kawat) yang hendak diukur potensialnya.

Untuk mengukur beda potensial yang melebihi batas ukurnya, dipasang tahanan depan seri dengan Voltmeter.



Untuk mengukur beda potensial $n \times$ batas ukur maksimumnya, harus dipasang tahanan depan (R_v):

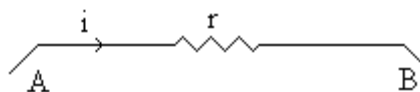
$$R_v = (n - 1) R_d \text{ Ohm}$$

ENERGI LISTRIK (HUKUM JOULE)

Karena gerakan muatan-muatan bebas yang menumbuk partikel yang tetap dalam penghantar, maka terjadi perpindahan energi kinetik menjadi energi kalor, sehingga penghantar menjadi panas.

Hubungan antara gerakan muatan yang disebabkan oleh kuat medan dengan panas yang ditimbulkan, berdasarkan JOULE :

1. Tahanan kawat penghantar.
2. Pangkat dua kuat arus dalam kawat penghantar.
3. Waktu selama arus mengalir.



$$W = i^2 \cdot r \cdot t = V \cdot i \cdot t \text{ Joule}$$

Dengan :

W = Jumlah Kalor (Joule).

i = Kuat arus yang mengalir (Ampere).

r = Tahanan kawat penghantar (Ohm).

t = Waktu (detik).

V = Beda potensial antara dua titik A dan B (Volt).

Karena : 1 kalori = 4,2 Joule dan 1 Joule = 0,24 Kalori

$$W = 0,24 i^2 \cdot r \cdot t = 0,24 V \cdot i \cdot t \quad \text{Kalori}$$

DAYA (EFEK ARUS LISTRIK)

Daya adalah banyaknya usaha listrik (energi listrik) yang dapat dihasilkan tiap detik.

$$DAYA = \frac{USAHA}{WAKTU}$$

$$DAYA (P) = \frac{V \cdot i \cdot t}{t} = V \cdot i \quad \text{joule/detik}$$

$$\text{atau } P = \frac{dw}{dt} = V \cdot i \quad (\text{Volt - Ampere} = \text{Watt})$$

RANGKAIAN ARUS SEARAH

Arus searah dapat diperoleh dari bermacam-macam sumber, antara lain :

1. Elemen Elektronika.
2. Thermo elemen.
3. Generator arus searah.

* *Elemen Elektrokimia*

Adalah elemen yang dapat menghasilkan energi listrik dari energi kimia selama reaksi kimia berlangsung. Elemen ini terdiri dari elektroda-elektroda positif (ANODA), elektroda negatif (KATODA) dan elektrolit.

Macam-macam elemen elektrokimia.

- a) Elemen PRIMER : elemen ini membutuhkan pergantian bahan pereaksi setelah sejumlah energi dibebaskan melalui rangkaian luar misalnya : Baterai.

Pada elemen ini sering terjadi peristiwa polarisasi yaitu tertutupnya elektroda-elektroda sebuah elemen karena hasil reaksi kimia yang mengendap pada elektroda-elektroda tersebut.

Untuk menghilangkan proses polarisasi itu ditambahkan suatu zat depolarisator.

Berdasarkan ada/tidaknya depolarisator, dibedakan dua macam elemen primer :

1. Elemen yang tidak tetap; elemen yang tidak mempunyai depolarisator, misalnya pada elemen Volta.
2. Elemen tetap; elemen yang mempunyai depolarisator.

misalnya : pada elemen Daniel, Leclanche, Weston, dll.

- b) Elemen SEKUNDER : Elemen ini dapat memperbaharui bahan pereaksinya setelah dialiri arus dari sumber lain, yang arahnya berlawanan dengan arus yang dihasilkan, misalnya : Accu.

Misalkan : Akumulator timbal asam sulfat. Pada elemen ini sebagai Katoda adalah Pb; sedangkan sebagai Anode dipakai PbO₂ dengan memakai elektrolit H₂SO₄.

- Banyaknya muatan yang dapat disimpan dalam akumulator dinyatakan dalam tenaga akumulator (kapasitas akumulator) yaitu : Jumlah maksimum muatan listrik yang dapat disimpan dalam akumulator.

Biasanya dinyatakan dalam :

Ampere - jam (Ah = Ampere hour)

1 Ah = 3600 Coulomb.

- Daya guna akumulator.

Tidak semua energi listrik yang dikeluarkan oleh akumulator dapat dipergunakan, sehingga dikenal istilah daya guna efisiensi rendeman = η , yaitu :

$$\eta = \frac{\text{tenaga..berguna}}{\text{tenaga..total}} \times 100\%$$

- b) Elemen BAHAN BAKAR : adalah elemen elektrokimia yang dapat mengubah energi kimia bahan bakar yang diberikan secara kontinue menjadi energi listrik.

Misalkan : pada elemen Hidrogen-Oksigen yang dipakai pada penerbangan angkasa.

* *Thermo Elemen*

Adalah elemen yang dapat menghasilkan energi listrik dari kalor dengan cara pemanasan pada pasangan-pasangan logam tertentu. Dasar dari termoelemen ini adalah penemuan dari :

- Seebeck : yaitu mengenai terjadinya arus listrik karena perbedaan suhu pada logam.
- Peltier : yang menemukan bahwa pada suhu yang sama, logam yang berlainan mempunyai kelincahan elektron bebas yang berbeda.

* *Generator Arus Searah*

Generator adalah alat untuk menghasilkan listrik dari energi mekanik.

BAB IV GAYA GERAK LISTRIK

* **GAYA GERAK LISTRIK**

Dalam rangkaian arah listrik terdapat perubahan energi listrik menjadi energi listrik menjadi energi dalam bentuk lain, (misal : panas, mekanik, kimia ... dan lain lain).

Perubahan tersebut dapat merupakan :

- Perubahan yang tidak dapat balik (irreversible).

Misalkan : pada perubahan energi listrik menjadi energi kalor pada penghantar yang dilalui arus listrik.

- Perubahan yang dapat balik (reversible)

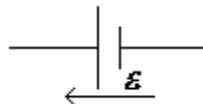
Misalkan : pada perubahan energi listrik menjadi energi mekanik/kimia pada elemen atau generator.

Alat yang dapat menyebabkan secara reversible (dapat balik) disebut sumber gaya gerak listrik (GGL) atau sumber arus.

- Gaya gerak listrik (GGL) adalah besarnya energi listrik yang berubah menjadi energi bukan listrik atau sebaliknya, jika satu satuan muatan melalui sumber itu, atau kerja yang dilakukan sumber arus persatuan muatan.

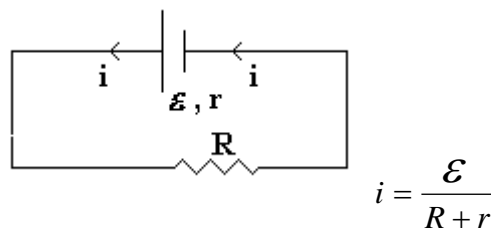
$$\mathcal{E} = \frac{dW}{dq} \quad (\text{Joule/Coulomb} = \text{Volt})$$

GGL bukan merupakan besaran vektor, tetapi GGL diberi arah dan di dalam sumber arus, arahnya dari kutub negatif ke kutub positif.

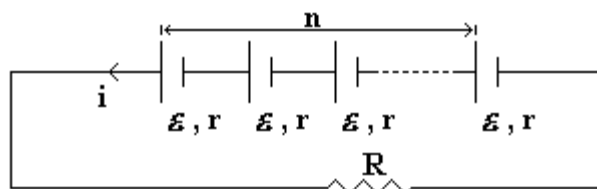


*** PERSAMAAN RANGKAIAN ARUS SEARAH**

Elemen yang mempunyai sumber arus Volt dan tahanan dalam (r) ditutup oleh kawat yang mempunyai tahanan luar R , akan menghasilkan kuat arus yang besarnya :

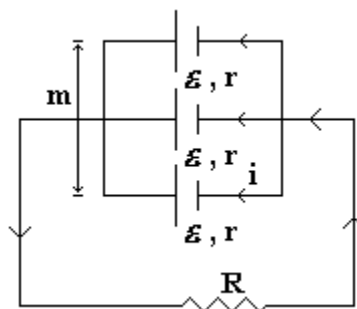


Bila beberapa elemen (n buah elemen) yang masing-masing mempunyai GGL \mathcal{E} Volt disusun secara seri, kuat arus yang timbul :



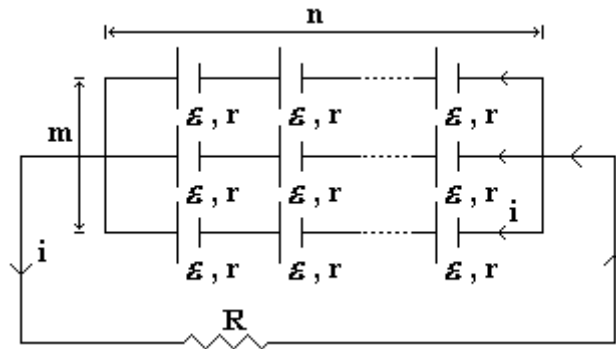
$$i = \frac{n \cdot \mathcal{E}}{n \cdot r + R}$$

Bila beberapa elemen (m buah elemen) yang masing-masing mempunyai GGL, Volt dan tahanan dalam r disusun secara paralel, kuat arus yang timbul :



$$i = \frac{\mathcal{E}}{\frac{r}{m} + R}$$

- Bila beberapa elemen (n buah elemen) yang masing-masing mempunyai GGL, Volt dan tahanan dalam r disusun secara seri, sedangkan berapa elemen (m buah elemen) yang terjadi karena hubungan seri tadi dihubungkan paralel lagi, maka kuat arus yang timbul :



$$i = \frac{n \cdot \mathcal{E}}{\frac{n}{m} \cdot r + R}$$

TEGANGAN JEPIT

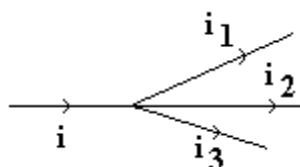
adalah beda potensial kutub-kutub sumber arus bila sumber itu dalam rangkaian tertutup. Jadi tegangan jepit sama dengan selisih potensial antara kedua ujung kawat penghubung yang dilekatkan pada kutub-kutub dengan jepitan.

$$\text{Tegangan jepit (K)} = i \cdot R$$

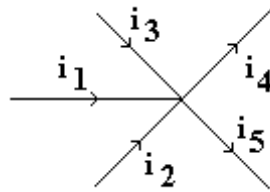
8 HUKUM KIRCHHOFF

1. Hukum Kirchhoff I (Hukum titik cabang)
 - a. Kuat arus dalam kawat yang tidak bercabang dimana-mana sama besarnya.
 - b. Pada kawat yang bercabang, jumlah dari kuat arus dalam masing-masing cabang dengan kuat arus induk dalam kawat yang tidak bercabang.

$$\sum i = 0$$



c. Jumlah arus yang menuju suatu titik cabang sama dengan jumlah arus yang meninggalkannya.



Bila P adalah cabangnya, maka :

$$I \text{ masuk} = I \text{ keluar}$$

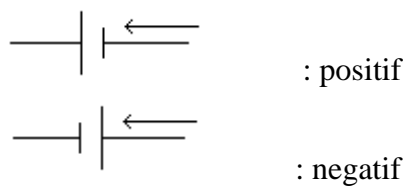
$$i_1 + i_2 + i_3 = i_4 + i_5$$

2. Hukum Kirchoff II (Hukum rangkaian tertutup itu)

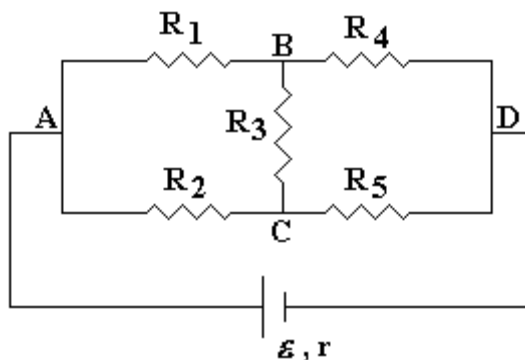
Jumlah aljabar gaya gerak listrik (GGL) dalam satu rangkaian tertutup (LOOP) sama dengan jumlah aljabar hasil kali $i \times R$ dalam rangkaian tertutup itu.

$$\sum \varepsilon = \sum i.R$$

Untuk menuliskan persamaan diatas, perlu diperhatikan tanda dari pada GGL, yaitu sebagai berikut :



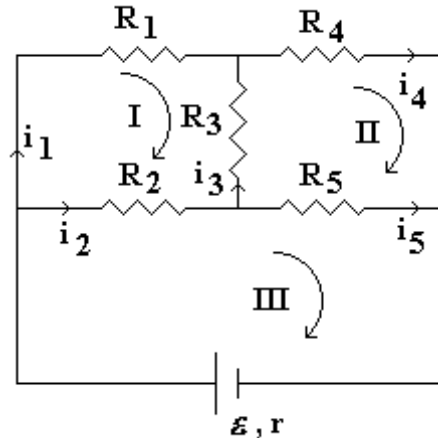
Dimana : arah i adalah arah acuan dalam loop itu Sebagai contoh daripada pemakaian Hukum Kirchoff misalnya dari rangkaian listrik di bawah ini :



Misalkan hendak menghitung besarnya arus yang mengalir pada masing-masing tahanan. cara *

- Tentukan masing-masing arus yang mengalir pada R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 dan R_d adalah i_1, i_2, i_3, i_4, i_5 dan I
- Arah referensi pada masing-masing I loop adalah : arah searah dengan jarum jam.

Hukum kirchoff II.



Pada lopp I : $i_1 R_1 + I_3 R_3 - I_2 R_2 = 0$(1)

Pada loop II : $i_4 R_4 - i_3 R_3 - i_5 R_5 = 0$(2)

Pada loop III ; $i_2 R_2 + i_5 R_5 + i.r_d = \epsilon$(3)

Hukum Kirchoff I .

Pada titik A : $I = I_1 + i_2$(4)

Pada titik D : $I_4 + I_5 = i$(5)

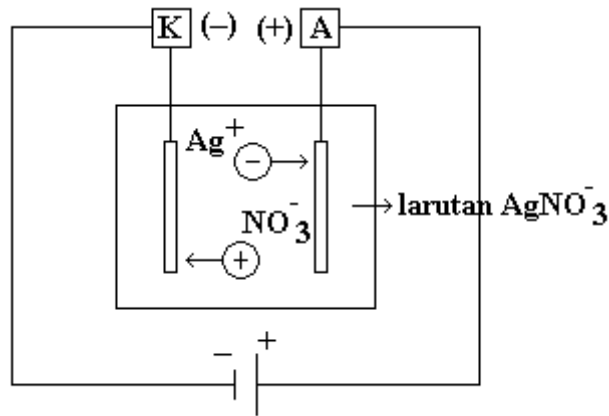
Pada titik C : $I_2 + I_3 = i_5$(6)

Dengan 6 buah persamaan di atas, dapat dihitung $i_1 ; i_2 ; i_3 ; i_4 ; i_5$ dan i .

*** ELEKTROLISA.**

Elektrolisa adalah peristiwa terurainya larutan elektrolit (larutan asam, basa dan garam) karena adanya arus listrik, larutan elektrolit adalah suatu penghantar listrik; karena didalamnya terdapat muatan-muatan bebas yang berupa ion-ion positif dan negatif yang mudah sekali bergerak bila dikenai medan listrik. Mudah terurainya zat elektrolit di dalam larutan, adalah karena didalam larutan gaya tarik-menarik (gaya coulomb) antara ion positif dan negatif menjadi sangat berkurang (= permitivitas air jauh lebih kecil daripada udara).

Pada elektrolisa larutan $AgNO_3$, ion Ag^+ yang telah terurai dari molekul $AgNO_3$ akan bergerak ke kutub negatif (katode = K) dan di sini akan memperoleh satu elektron sehingga atom Ag yang netral, dan demikian juga ion (NO_3)⁻ akan pergi ke kutub positif (Anoda = A) yang akan memberikan elektronnya sehingga menjadi gugusan sisa asam yang netral. Banyaknya zat yang diendapkan pada peristiwa elektrolisa telah dapat dihitung oleh FARADAY.



*** FARADAY**

1. HUKUM FARADAY I.

“Massa zat yang diendapkan selama proses elektrolisa sebanding dengan jumlah muatan listrik yang melalui larutan itu”

$$m = z \cdot q$$

atau

$$m = z \cdot I \cdot t$$

m = massa zat yang diendapkan.

q = I . t = jumlah muatan listrik yang melalui larutan.

z = tara Kimia listrik zat, yaitu massa zat yang dipisahkan oleh muatan 1 coulomb selama proses elektrolisa satuan kg/coulomb.

2. HUKUM FARADAY II.

“ Massa sebagai zat yang dipisahkan oleh suatu arus listrik pada proses elektrolisa berbanding lurus dengan tara kimia listrik masing-masing “ .

Misalkan zat A dan B bersama-sama dipisahkan oleh suatu arus listrik yang besarnya sama dan dalam waktu yang sama pula, maka :

$$m_A : m_B = z_A ; z_B$$

BA = berat atom ; v = valensi atom

BA/v = berat ekuivalen

$$z_A : z_B = \frac{BA_A}{V_A} : \frac{BA_B}{V_B}$$

Pelaksanaan praktis pada peristiwa elektolisa ialah pada voltmeter yang dapat digunakan untuk :

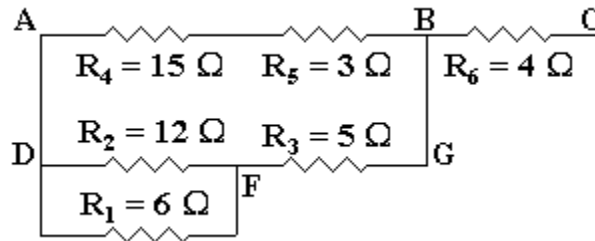
1. Mengukur kuat arus (I) dengan jalan elektrolisa suatu larutan garam.
2. Menentukan tara kimia listrik zat.
3. Menentukan muatan listrik terkecil (muatan elemeter)
4. Memperoleh logam murni dari garam-garam atau Hidroksida logam tersebut.
5. Menyepuh.

Macam-macam voltmeter yang sering dipergunakan adalah : Voltmeter perak, voltmeter tembaga, voltmeter Hoffman (voltmeter gas H_2)

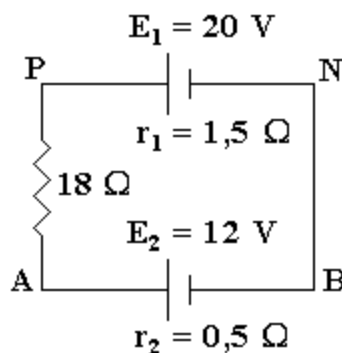
LATIHAN SOAL

1. Arus sebesar 5 Amper mengalir dalam penghantar metal, berapa coulomb besar muatan q yang berpindah selama 1 menit.
2. Berapa besar kuat arus listrik yang memindahkan muatan 30 coulomb melalui sebuah penghantar tiap menit.
3. Kuat arus sebesar 8 ampere mengalir melalui penghantar. Berapa jumlah elektron yang bergerak melalui penghantar tersebut tiap menit, jika muatan 1 elektron = $1,6 \cdot 10^{-19}$ C.
4. Di dalam penghantar kawat yang penampangnya 1 mm^2 terdapat $3 \cdot 10^{21}$ elektron bebas per m^3 . Berapa kecepatan elektron-elektron tersebut, jika dialiri listrik dengan kuat arus 12 ampere. Berapa kuat arusnya ?
5. Metode ampermeter-voltmeter dipasang sedemikian rupa untuk maksud mengetahui besar hambatan R. Ampermeter A dipasang seri terhadap R dan menunjukkan 0,3 A. Voltmeter V dipasang paralel terhadap R dan menunjukkan tegangan sebesar 1,5 volt. Hitung besar hambatan R.
6. Sebatang aluminium panjangnya 2,5 m, berpenampang = 5 cm^2 . Hambatan jenis aluminium = $2,63 \cdot 10^{-8}$ ohm.meter. Jika hambatan yang ditimbulkan oleh aluminium sama dengan hambatan yang ditimbulkan oleh sepotong kawat besi yang berdiameter 15 mm dan hambatan jenisnya = $10 \cdot 10^{-7}$ ohm.meter, maka berapakah panjang kawat besi tersebut ?
7. Sepotong penghantar yang panjangnya 10 meter berpenampang $0,5 \text{ mm}^2$ mempunyai hambatan 50 ohm. Hitung hambatan jenisnya.
8. Hambatan kawat pijar pada suhu 0°C adalah 6 ohm. Berapa hambatannya pada suhu 1000°C , jika koefisien suhu $\alpha = 0,004$.
9. Hitung hambatan pengganti untuk :
 - a. Rangkaian paralel dari hambatan 0,6 ohm dan 0,2 ohm
 - b. Rangkaian paralel dari 3 buah DC solenoide yang masing-masing.
10. Hambatan berapa ohm harus dihubungkan paralel dengan hambatan 12 ohm agar menghasilkan hambatan pengganti sebesar 4 ohm.
11. Berapa banyak hambatan 40 ohm harus dipasang paralel agar menghasilkan arus sebesar 15 ampere pada tegangan 120 volt.
12. Baterai 24 volt dengan hambatan dalam 0,7 ohm dihubungkan dengan rangkaian 3 kumparan secara paralel, masing-masing dengan hambatan 15 ohm dan kemudian diseri dengan hambatan 0,3 ohm. Tentukan :
 - a. Buatlah sketsa rangkaiannya.
 - b. Besar arus dalam rangkaian seluruhnya.
 - c. Beda potensial pada rangkaian kumparan dan antara hambatan 0,3 ohm.
 - d. Tegangan baterai pada rangkaian.

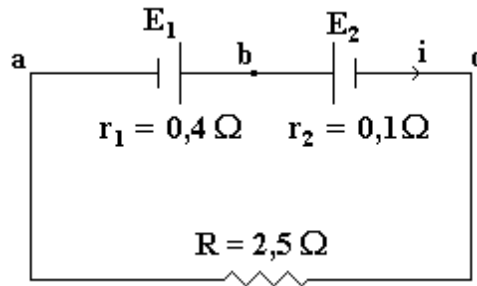
13. Hambatan yang disusun seperti pada gambar dibawah ini, dipasang tegangan 30 volt. Tentukanlah :
- Hambatan penggantinya.
 - Arus pada rangkaian.



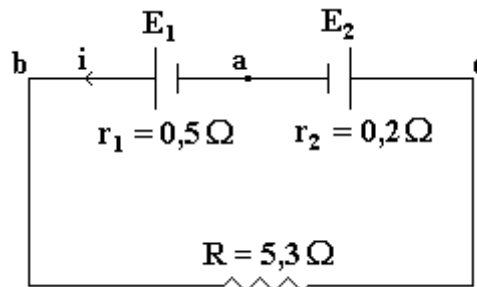
14. Pada suhu 0°C resistor-resistor tembaga, karbon dan wolfram masing-masing mempunyai hambatan 100 ohm. Kemudian suhu resistor serentak dinaikkan menjadi 100°C . Jika $\alpha_{\text{cu}} = 0,00393 / ^{\circ}\text{C}$, $\alpha_{\text{c}} = 0,005 / ^{\circ}\text{C}$, $\alpha_{\text{wo}} = 0,0045 / ^{\circ}\text{C}$. Maka tentukan hambatan penggantinya jika :
- Resistor-resistor tersebut disusun seri.
 - Resistor-resistor tersebut disusun paralel.
15. Suatu sumber listrik terdiri dari 120 elemen yang disusun gabungan. Masing-masing elemen mempunyai GGL = 4,125 volt dan hambatan dalam 0,5 ohm. Kutub-kutubnya dihubungkan dengan sebuah hambatan 30 ohm, sehingga kuat arus yang dihasilkan adalah 2 amper. Bagaimana susunan elemen ?
16. Ditentukan dua elemen masing-masing dengan GGL 20 volt dan 12 volt dan hambatan dalamnya 1,5 ohm dan 0,5 ohm di rangkai dengan hambatan 18 ohm seperti pada denah di bawah ini. Tentukanlah :
- Tegangan jepit antara P dan N
 - Tegangan jepit antara A dan B



17. Dua baterai mempunyai potensial masing-masing 25 volt dan 10 volt. Hambatan dalam masing-masing baterai adalah 0,4 ohm dan 1 ohm, kedua baterai tersebut dihubungkan seri dengan hambatan $R = 2,5$ ohm, seperti terlihat pada gambar dibawah ini. Tentukanlah :
- Arus I pada rangkaian.
 - Misalkan potensial di $a = 0$, cari potensial relatif di b dan c.
 - Hitung beda potensial antara titik-titik a dan b , b dan c, c dan a.

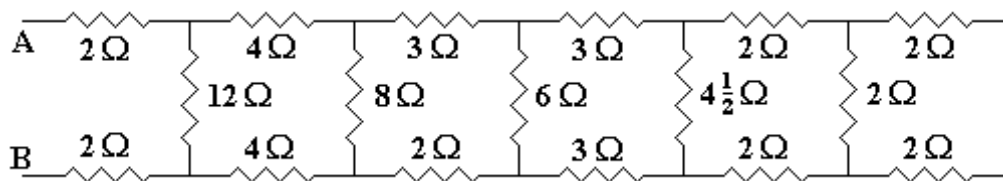


18. Dua baterai dengan Emf 20 volt dan 8 volt dan hambatan dalamnya 0,5 ohm dan 0,2 ohm dihubungkan seri dengan hambatan $R = 5,3$ ohm (lihat gambar !)
- Hitung arus pada rangkaian tersebut.
 - Misalkan potensial di $a = 0$ hitung potensial relatif di titik-titik b dan c .
 - Berapa beda potensial V_{ab} , V_{bc} dan V_{ca} ?

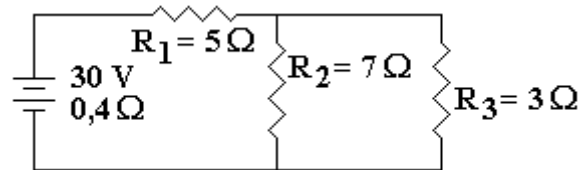


19. Dua buah hambatan dari 12 ohm dan 5 ohm dihubungkan seri terhadap baterai 18 volt yang hambatan dalamnya = 1 ohm. Hitunglah :
- Arus rangkaian.
 - Beda potensial antara kedua hambatan tersebut.
 - Beda potensial pada kutub baterai.
20. Hitung usaha dan daya rata-rata yang diperlukan untuk memindahkan muatan 96.000 coulomb dalam waktu 1 jam pada beda potensial 50 volt.
21. Kuat arus yang sebenarnya 5 ampere mengalir dalam konduktor yang mempunyai hambatan 20 ohm dalam waktu 1 menit. Tentukanlah :
- Besar energi listriknya.
 - Besar daya listriknya.
22. Sebuah tungku listrik yang mempunyai daya 300 watt hanya dapat dipasang pada beda tegangan 120 volt. Berapa waktu yang diperlukan untuk mendidihkan 500 gram air dari 28°C sampai pada titik didih normalnya. Kalor jenis air = 1 kalori per gram $^{\circ}\text{C}$.
23. Kawat penghantar dengan hambatan total 0,2 ohm menyalurkan daya 10 Kw pada tegangan 250 volt, menuju pada sebuah pabrik mini. Berapa efisiensi dari transmisi tersebut.
24. Sebuah Voltmeter yang mempunyai hambatan 1000 ohm dipergunakan untuk mengukur potensial sampai 120 volt. Jika daya ukur voltmeter = 6 volt, berapa besar hambatan multiplier agar pengukuran dapat dilakukan?

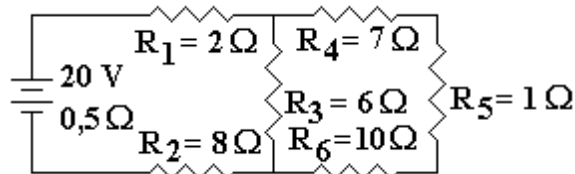
25. Sebuah galvanometer dengan hambatan 5 ohm dilengkapi shunt agar dapat digunakan untuk mengukur kuat arus sebesar 50 ampere. Pada 100 millivolt jarum menunjukkan skala maksimum. Berapa besar hambatan shunt tersebut.
26. Dalam larutan perak nitrat dialirkan arus 4 ampere. Jika tara kimia listrik $A_g = 1,12 \text{ mg/c}$, berapa mg perak yang dipisahkan dari larutan selama dialiri arus 50 detik.
27. Arus listrik 10 ampere dialirkan melalui larutan CuSO_4 . Berapa lama diperlukan untuk memperoleh 50 gram tembaga murni. massa atom Cu = 63,5 Cu bervalensi 2.
28. Arus tetap sebesar 5 ampere mengendapkan seng pada katoda yang massanya 3,048 gram pada aliran arus selam 30 menit. Tentukan massa atom seng bila valensi seng = 2.
29. Hitunglah hambatan pengganti dari rangkaian di bawah ini.



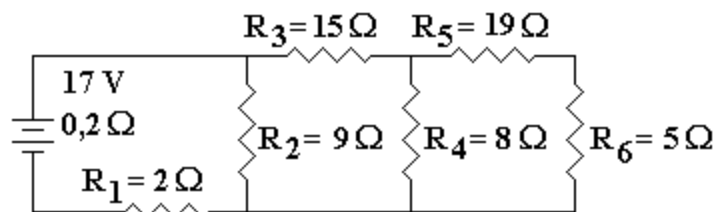
30. Dari rangkaian di bawah ini, maka tentukan arus yang dihasilkan Baterai.



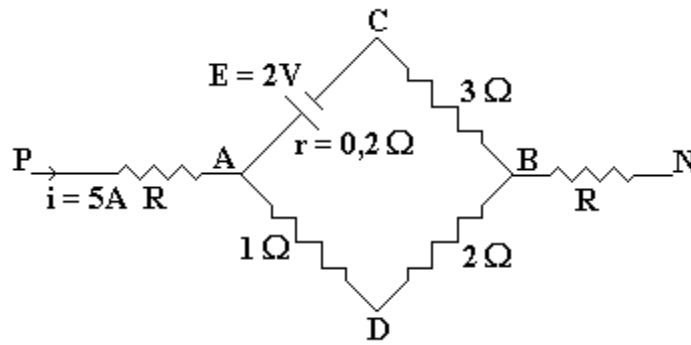
31. Hitunglah arus yang dihasilkan baterai pada rangkaian yang dibawah ini.



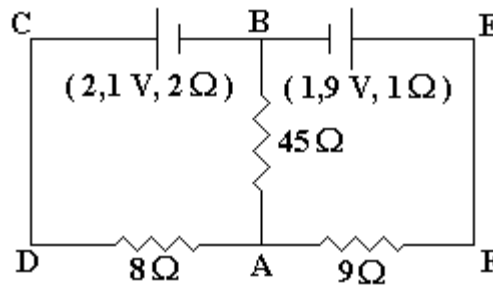
32. Tentukan arus yang dihasilkan baterai pada rangkaian di bawah ini.



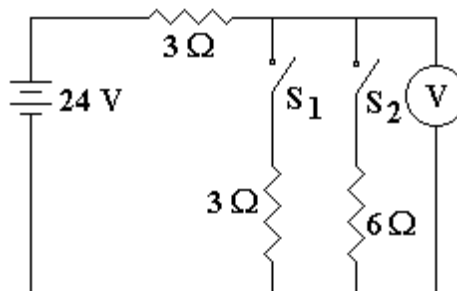
33. Tahanan $PA = BN = R$.
- Hitung arus yang melalui cabang ADB dan ACB.
 - Hitung beda potensial antara A dan B
 - Hitung berapakah tahanan PA.



34. Hitunglah V_{ab}

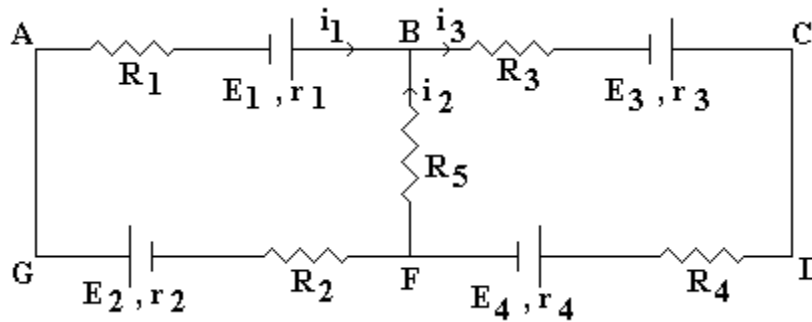


35. Untuk rangkaian di bawah ini jika S_1 dan S_2 ditutup, maka voltmeter (V) akan menunjukkan harga.....

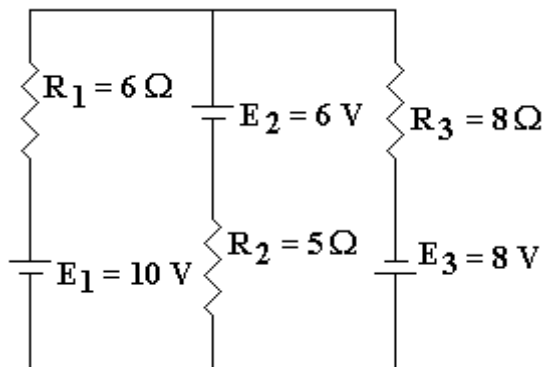


36. Dua batang kawat terbuat dari perak dan platina dihubungkan secara seri. Kawat perak panjangnya 2 meter, penampangnya $0,5 \text{ mm}^2$, hambatan jenisnya $1,6 \cdot 10^{-8} \text{ ohm meter}$. Sedangkan kawat platina panjang 0,48 m. Penampangnya $0,1 \text{ mm}^2$ dan hambatan jenisnya $4 \cdot 10^{-8} \text{ ohm meter}$. Hitung berapa kalori panas yang timbul pada kawat platina, jika ujung-ujung rangkaian tersebut diberi tegangan 12 volt selama 1 menit.

37. Jika di ketahui : $r_1 = 0,5 \text{ ohm}$; $R_1 = 1,5 \text{ ohm}$; $r_2 = 1 \text{ ohm}$; $R_2 = 2 \text{ ohm}$; $E_1 = 2 \text{ V}$; $E_2 = 1 \text{ V}$; $E_3 = 1,5 \text{ V}$; $E_4 = 2,5 \text{ V}$; $R_5 = 2 \text{ ohm}$; $r_3 = 0,5 \text{ ohm}$; $R_3 = 1 \text{ ohm}$; $r_4 = 1 \text{ ohm}$; $R_4 = 2 \text{ ohm}$. Hitunglah I_1 , I_2 dan I_3 .



38. Pada gambar di samping. Hitunglah besar tentukan arah dari I_1 , I_2 dan I_3 ?



39. Sebuah bujursangkar ABCD dibuat dari kawat yang berbeda-beda, tahanan $AB = 2$ ohm, tahanan $BC = 7$ ohm, tahanan $CD = 1$ ohm. Tahanan $DA = 10$ ohm sedangkan diagonal BD dihubungkan dengan tahanan dari 2 ohm. Titik A dihubungkan dengan Kutub $+$ dari elemen baterai yang tahanan dalamnya 1 ohm sedangkan titik C dihubungkan dengan kutub $-$ dari elemen tersebut. Kuat arus induk dari kutub $+$ elemen yang masuk ke titik A adalah 1 Ampere.

- Berapa besar dan arah arus yang melalui diagonal BD .
- Berapa besar dan arah arus yang lain pada setiap cabang.
- Berapakah GGL elemen tersebut.

40. Titik p , A , dan N terletak pada satu garis lurus. Tahanan $PA =$ tahanan BN . Beda potensial antara titik P dan $N = 12$ V. Antara A dan B terdapat 2 cabang yaitu ADB dan ACB kuat arus yang melalui $PA = 5$ ampere. Tahanan $AD = 1$ ohm tahanan $DB = 2$ ohm, tahanan $CB = 3$ ohm. Sedangkan antara A dan C terdapat sebuah elemen kutub $+$ dihubungkan titik A , Kutub $-$ dengan titik C . GGL elemen 2 V. Tahanan dalamnya $0,5$ ohm.

- Berapakah kuat arus dalam masing-masing cabang.
- Berapakah beda potensial antara titik A dan B .
- Berapakah tahanan PA .

BAB V MEDAN MAGNET DAN INDUKSI ELEKTROMAGNETIK

MEDAN MAGNET

1. Terjadinya medan magnet oleh arus listrik

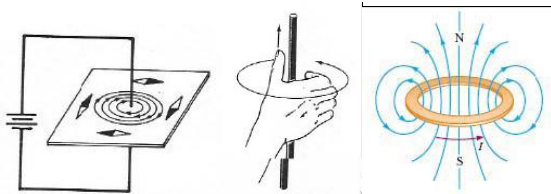
Daerah disekitar magnet dimana benda lain masih mengalami gaya magnet dinamakan dengan **medan magnet**.

Medan magnet dapat digambarkan dengan garis –garis gaya magnet yang keluar dari kutub utara dan masuk ke kutub selatan.

Terjadinya medan magnetic disekitar arus listrik ditunjukkan oleh *Hans Christian Oersted* melalui percobaan.

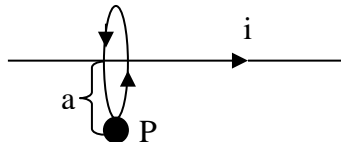
Arah induksi medan magnetik disekitar arus listrik bergantung pada arah arus listrik, dapat ditentukan dengan kaidah tangan kanan.

Perhatikan gambar berikut!



2. Induksi magnetic disekitar kawat berarus

a. untuk kawat lurus dan panjang



$$B = 2k \frac{I}{a} = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$$

Keterangan:

I = kuat arus listrik (ampere)

a = jarak tegak lurus titik yang diamati ke kawat (m)

$k = \mu_0 / 4\pi = 10^{-7}$ wb/A.m

μ_0 = permeabilitas ruang hampa

b. untuk kawat melingkar

kawat melingkar terbuka

- dititik P
- untuk sebuah lilitan

$$B = \frac{\mu_0 I \cdot r \cdot \ell}{4\pi a^3}$$

- untuk N buah lilitan

$$B = \frac{\mu_0 N I \cdot r \cdot \ell}{4\pi a^3}$$

Dititik M

- untuk sebuah lilitan

$$B = \frac{\mu_0 I \cdot \ell}{4\pi r^2}$$

- untuk N buah lilitan

$$B = \frac{\mu_0 N I \cdot \ell}{4\pi r^2}$$

Keterangan :

r = jari-jari lingkaran (m)

a = jarak dari lingkaran arus ke titik yang ditinjau

ℓ = panjang lingkaran arus (m)

kawat melingkar penuh

- dititik P

- untuk sebuah lilitan

$$B = \frac{\mu_0 I}{2 a} \sin^2 \varphi$$

- untuk N buah lilitan

$$B = \frac{\mu_0 N I}{2 a} \sin^2 \varphi$$

- dititik M, berarti $a = r$ dan $\varphi = \sin 90^\circ = 1$

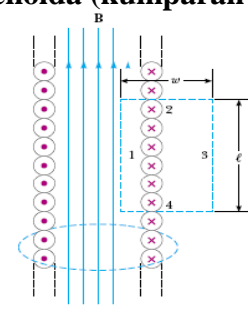
- untuk sebuah lilitan

$$B = \frac{\mu_0 I}{2 r}$$

- untuk N buah lilitan

$$B = \frac{\mu_0 N I}{2 r}$$

c. untuk solenoida (kumparan kawat yang rapat)



Tanda \otimes = arah menembus bidang kertas

Tanda ● = arah keluar bidang kertas

- induksi magnet pada ujung solenoida

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2\ell}$$

- induksi magnet ditengah solenoida

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{\ell} = \mu_0 \cdot i \cdot n$$

Keterangan:

ℓ = panjang solenoida (m)

i = arus pada solenoida (A)

N = banyaknya lilitan

n = banyaknya lilitan persatuan panjang (N/ℓ)

toroida adalah solenoida yang dilengkungkan

besar induksi magnet pada sumbunya:

$$B = \mu_0 \cdot i \cdot n \quad \ell = 2\pi R \text{ (keliling slingkaran)}$$

Contoh soal 1

Tentukan besarnya induksi magnet disuatu titik yang berjarak 2 cm dari kawat lurus panjang yang berarus listrik 30 A?

Penyelesaian:

Diketahui: $a = 2 \text{ cm} = 2 \times 10^{-2}$

$$I = 30 \text{ A}$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$$

ditanya : B ?

Jawab:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2\pi a} = \frac{(4\pi \times 10^{-7}) \cdot 30}{2\pi(2 \times 10^{-2})}$$

$$B = 30 \times 10^{-5} = 3 \times 10^{-4} \text{ wb/m}^2$$

Jadi induksi magnetnya **$3 \times 10^{-4} \text{ wb/m}^2$**

Contoh soal 2

Arus sebesar 2,5 A mengalir dalam kawat berupa lingkaran dengan jari-jari 3 cm. Berapa besar induksi magnet dititik P, bila:

- titik P berada disumbu lingkaran yang berjarak 4 cm dari pusat lingkaran
- titik P berada di pusat lingkaran

Penyelesaian:

- induksi magnet disumbu lingkaran.

$$i = 2,5 \text{ A}$$

$$r = 3 \text{ cm} = 3 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$x = 4 \text{ cm} = 4 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$a = \sqrt{r^2 + x^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = \sqrt{25} = 5 \text{ cm} = 5 \times 10^{-2} \text{ m} \sin \theta = r/a = 3/5, \text{ maka } \sin^2 \theta = (3/5)^2 = 9/25$$

$B =$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2a} \sin^2 \varphi$$

$$B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 2,5}{2 \times 5 \times 10^{-2}} \frac{9}{25}$$

$$B = \frac{10\pi \times 10^{-7}}{10 \times 10^{-2}} \frac{9}{25}$$

$$B = \pi \times 10^{-5} \times 0,36 = 3,6\pi \times 10^{-6} \text{ wb/m}^2$$

Jadi Induksi magnet di titik P sebesar **$3,6 \times 10^{-6} \text{ wb/m}^2$**

Induksi magnet di M (pusat lingkaran)

$$B = \frac{\mu_0 I}{2r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 2,5}{2 \times 3 \times 10^{-2}} = \frac{10\pi \times 10^{-5}}{6}$$

$$B = 1,7 \times 10^{-5} \text{ wb/m}^2$$

Contoh soal 3

Suatu solenoida terdiri dari 300 lilita berarus 2 A. panjang solenoida 30 cm. Tentukanlah:

a. induksi magnet di tengah-tengah solenoida

b. induksi magnet pada ujung solenoida

Penyelesaian:

$N = 300$ lilitan

$I = 2$ A

$l = 30 \text{ cm} = 0,3$

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ wb/A.m}$

$n = N/l = 300/0,3 = 1000$ lilitan/m

ditanya : a. B ditengan solenoida

b. B diujung solenoida

jawab: a. $B = \mu_0 \cdot n \cdot I$
 $= 4\pi \times 10^{-7} \times 2 \times 1000$
 $= \mathbf{8\pi \times 10^{-4} \text{ wb/m}^2}$

b. $B = \frac{\mu_0 \cdot n \cdot I}{2}$
 $= \frac{8\pi \times 10^{-4}}{2} = \mathbf{4\pi \times 10^{-4} \text{ wb/m}^2}$

Contoh soal 4

Sebuah toroida memiliki jari-jari 50 cm dialiri arus sebesar 1 A. Jika toroida tersebut memiliki 60 lilitan, hitunglah besar induksi magnetic pada sumbunya.

Penyelesaian

Diketahui: $r = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$, $N = 60$, $I = 1 \text{ A}$

Ditanya : B pada sumbu toroida?

Dijawab : $B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 60 \times 1}{2\pi \times 0,5} = 2,4 \times 10^{-5} \text{ Tesla}$

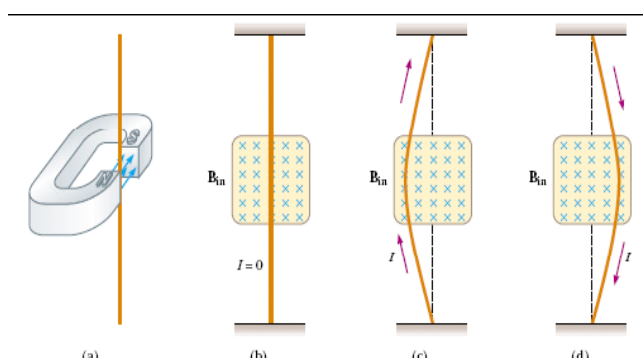
GAYA MAGNETIK (GAYA LORENTZ)

Kawat yang berarus listrik atau muatan listrik yang bergerak dalam medan magnet homogen, akan mendapatkan suatu gaya karena pengaruh medan magnet tersebut (gaya Lorentz)

Arah gaya magnetic atau gaya lorentz bergantung pada arah arus dan arah medan magnet, dapat ditunjukkan dengan kaidah tangan kanan.

- a. Kawat bermuatan listrik yang bergerak dalam medan magnet.

$F = B I \ell \sin \theta$
Dimana: F = gaya Lorentz (N) B = Induksi magnetic (Wb) I = kuat arus listrik (A) ℓ = panjang kawat (m) θ = sudut antara kawat dengan medan magnet



- b. Muatan listrik yang bergerak dalam medan magnet

$$F = q v B \sin \theta$$

Dimana θ = sudut antara v dan B .

Bila tidak ada gaya lain yang mempengaruhi gerakan partikel, maka berlaku:

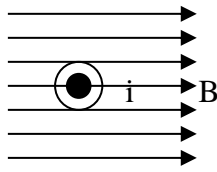
$F_{\text{gaya Lorentz}} = F_{\text{gaya sentripetal}}$
$F = m \frac{v^2}{R} = qvB$
$R = \frac{mv}{qB}$

- c. untuk dua kawat yang bermuatan listrik yang bergerak sejajar;

$F = \frac{\mu_0 \ell}{2\pi a} I_1 \cdot I_2$

contoh soal 5

Sebuah kawat penghantar berarus listrik 5 A arahnya keluar bidang gambar, memotong tegak lurus garis-garis gaya magnet dengan besar induksi magnet $B = 2 \times 10^{-4}$ tesla



Bila panjang kawat yang terpengaruh B adalah 4 cm, tentukan besar dan arah gaya magnetic yang timbul pada kawat!

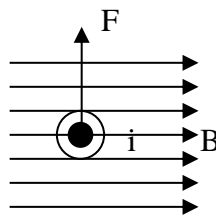
Penyelesaian:

Diketahui: $i = 5$ A
 $B = 2 \times 10^{-4}$ tesla
 $l = 4$ cm = 4×10^{-2} m
 $\sin 90^\circ = 1$

$$F = BI l \sin 90^\circ$$

$$= (2 \times 10^{-4})(5)(4 \times 10^{-2})$$

$$= \underline{4 \times 10^{-5} \text{ Newton}}$$



Contoh soal 6

Sebuah electron berkecepatan 2×10^7 m/s masuk dalam medan magnet yang induksi magnetnya $1,5$ wb/m² dengan sudut 60° terhadap garis medan. Hitung gaya magnetic yang dialami electron. ($q = 1,6 \times 10^{-19}$ C)

Penyelesaian:

Diketahui: $v = 2 \times 10^7$ m/s
 $B = 1,5$ wb/m²
 $q = 1,6 \times 10^{-19}$ C
 $\theta = 60^\circ$

Ditanya: F ?

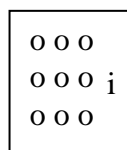
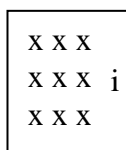
Diawab: $F = B q v \sin \theta$

$$= 1,5 \times 1,6 \times 10^{-19} \times 2 \times 10^7 \times \sin 60^\circ$$

$$= \underline{4,8 \times 10^{-12}}$$

TUGAS 1

1. Tentukan arah medan magnet dari gambar-gambar di bawah ini!



2. Tentukan besarnya induksi magnet disuatu titik yang berjarak 3 cm dari kawat lurus panjang yang berarus listrik 15 A?
3. Arus sebesar 2,5 A mengalir dalam kawat berupa lingkaran dengan jari-jari 5 cm. Berapa besar induksi magnet dititik P, bila:
 - c. titik P berada disumbu lingkaran yang berjarak 5 cm dari pusat lingkaran
 - d. titik P berada di pusat lingkaran
4. Suatu solenoida terdiri dari 500 lilitan berarus 2,5 A. panjang solenoida 50 cm. Tentukanlah:
 - c. induksi magnet di tengah-tengah solenoida
 - d. induksi magnet pada ujung solenoida
5. Sebuah toroida memiliki jari-jari 50 cm dialiri arus sebesar 2,5 A. Jika toroida tersebut memiliki 100 lilitan, hitunglah besar induksi magnetic pada sumbunya.
6. Seutas kawat penghantar panjangnya 200 cm, berarus listrik 10 A, berada dalam medan magnet homogen dengan induksi magnet 0,02 tesla, dan membentuk sudut 30° terhadap arus listrik. Hitung besar gaya loretz yang ditimbulkan pada kawat tsb.
7. Sebuah penghantar berarus listrik berada di dalam medan magnetik. Bilakah penghantar itu mengalami gaya magnetic dan bilakah penghantar itu tidak mngalami gaya?

SIFAT KEMAGNETAN SUATU BAHAN

Bahan-bahan di alam ini dapat digolongkan menjadi tiga golongan, yaitu:

1. *Bahan ferromagnetic*, mempunyai sifat:
 - ✓ Ditarik sangat kuat oleh medan magnetic
 - ✓ Mudah ditembus oleh medan magnetic
 Contoh: besi, baja, nikel, kobal, gadolinium, ferit dan paduan bahan tsb.
2. *Bahan paramagnetic*, mempunyai sifat:
 - ✓ Ditarik dengan lemah oleh medan magnetic
 - ✓ Dapat ditembus oleh medan magnetic
 Contoh: mangaan, platina aluminium, magnesium, timah, wolfram oksigen dan udara.
3. *Bahan diamagnetic*, mempunyai sifat:
 - ✓ ditolak dengan lemah oleh medan magnetic
 - ✓ sukar bahkan tidak dapat ditembus oleh medan magnetic.
 Contoh : bismuth, timbel, antimony, air raksa, perak, emas, air, posfor, dan tembaga.

Sifat bahan ferromagnetic dimiliki oleh bahan pada *fase padat*. Pada fase padat inipun sifat ferromagnetic bias hilang bila suhunya melebihi **suhu Curie**.

Kuat medan Magnetik

1. Permeabilitas relative suatu bahan

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$$

μ_r = permeabilitas relatif
 μ_0 = permeabilitas vakum
 μ = permeabilitas bahan

Harga permeabilitas relative (μ_r) untuk bahan:

- Ferromagnetic ; $\mu_r \gg \gg 1$
- Paramagnetic; $\mu_r \approx 1$ (sedikit diatas 1)
- Diamagnetic; $\mu_r < 1$

2. Kuat medan magnetic dalam kumparan dapat diperkuat dengan pemasangan inti ferromagnetic

$$B = \mu_r B_0$$

B = kuat medan magnet dengan inti besi (ferromagnetic)

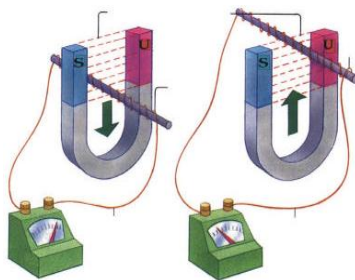
B_0 = kuat medan magnet tanpa inti besi (udara)

INDUKSI ELEKTROMAGNETIK

Induksi elektromagneti ialah gejala terjadinya arus listrik dalam suatu penghantar akibat adanya perubahan medan magnet di sekitar kawat penghantar tsb.

Arus listrik yang terjadi disebut *arus induksi* atau *arus imbas*

1. Gaya gerak listrik induksi



a. (Percobaan Faraday)

Sebuah kumparan yang kedua ujungnya dihubungkan dgn galvanometer digerakkan dalam medan magnet U. Selama kumparan tsb bergerak dalam medan magnet jarum galvanometer menyimpang dari kedudukan seimbangannya, ini berarti pada kumparan terjadi arus listrik.

Ketika kumparan digerakkan keluar medan magnet jarum juga menyimpang, ini berarti bahwa arus kedua berlawanan arah dengan gerakan pertama..

Pada percobaan diatas dapat dikatakan bahwa pada ujung-ujung kumparan timbul gaya gerak listrik induksi (ggl = beda potensial

Gaya gerak listrik (GGL) induksi adalah energi (usaha) untuk memindahkan satu satuan muatan listrik yang dinyatakan sebagai berikut:

$$\epsilon_{ind} = - B \ell v$$

dimana

ϵ_{ind} = gaya gerak listrik induksi (volt)

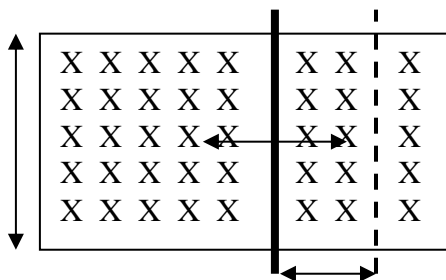
ℓ = panjang kawat konduktor (m)

v = kecepatan gerak konduktor (m/dt)
 B = kuat medan magnet sekitar penghantar (Wb/m²)

b) Hukum Faraday

Berdasarkan percobaan Faraday diketahui bahwa tegangan listrik yang diinduksikan oleh medan magnet bergantung pada tiga hal berikut:

1. *Jumlah lilitan.* Semakin banyak lilitan pada kumparan, semakin besar tegangan yang diinduksikan.
2. *Kecepatan gerakan medan magnet.* Semakin cepat garis gaya magnet yang mengenai konduktor, semakin besar tegangan induksi.
3. *Jumlah garis gaya magnet.* Semakin besar jumlah garis gaya magnet yang mengenai konduktor, semakin besar tegangan induksi.



Banyaknya garis gaya magnet (B) yang dilingkupi oleh daerah abRQ disebut *fluks magnetic* (Φ)

$$\Phi = B \cdot A$$

Bila perubahan fluks magnetik yang dilingkungi $\Delta\Phi$ dalam waktu Δt , maka ggl induksi rata-rata selama selang waktu itu.

$$\varepsilon = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Bila kawat penghantar berupa kumparan dengan N lilitan, maka ggl induksi yang terjadi:

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Dengan:

ε = ggl induksi (volt)

N = jumlah lilitan

$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ = cepat perubahan fluks (wb/s)

Contoh Soal 1

Seotong kawat bergerak dengan kecepatan 1 m/s memotong tegak lurus medan magnet homogen 0,5 wb/m². Bila panjang kawat 10 cm, berapa ggl induksi yang terjadi pada kawat?

Penyelesaian:

$v = 1$ m/s

$B = 0,5$ wb/m²

$\ell = 10$ cm = 0,1 m

ditanya: ε

dijawab: $\varepsilon_{ind} = -B \ell v$
 $= -0,5 \times 0,1 \times 1$
 $= -0,05$ volt

Jadi ggl induksi yang terjadi besarnya 0,05 volt (dinyatakan positif)

Contoh soal 2

Sebuah kumparan mempunyai 600 lilitan. Fluks magnetic yang dikurungnya mengalami perubahan 5×10^{-5} selama 2×10^{-2} detik. Berapa ggl induksi yang terjadi pada kumparan?

Penyelesaian :

$N = 600$ lilitan

$\Delta\phi = 5 \times 10^{-5}$ weber

$\Delta t = 2 \times 10^{-2}$ detik

Ditanya: ϵ

dijawab:

$$\begin{aligned}\epsilon &= -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \\ \epsilon &= -600 \frac{5 \times 10^{-5}}{2 \times 10^{-2}} \\ \epsilon &= -300 \times 5 \times 10^{-3} \\ \epsilon &= -1,5 \text{ volt}\end{aligned}$$

b. Penerapan Induksi Elektromagnetik

1. Relai
2. Generator arus bolak-balik (AC)
3. generaotor arus searah (AC)
4. Arus Pular (tungku induksi dan rem magnetic)
5. Transformator (trafo)

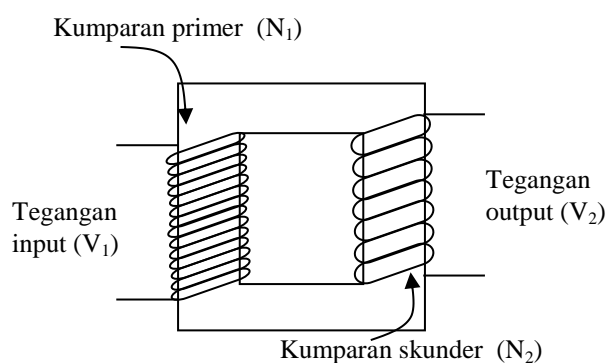
Transformator

Adalah alat untuk memperbesar atau memperkecil tegangan listrik arus bolak-balik yang berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik.

Trafo penurun tegangan = trafo step down

Transformator penaik tegangan = trafo step up

Dasar kerja transformator



Symbol transformator

Perhatikan gb diatas!

Jika kumparan primer N_1 mengalirkan arus bolak-balik maka timbul medan magnet yang berubah-ubah pada seluruh inti besi (teras).

Medan magnet yang berubah-ubah pada teras ini menimbulkan ggl yang berubah-ubah (arus bolak-balik) pada kumparan sekunder N_2 .

Besarnya tegangan input:

$$V_1 = -N_1 \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

Pers 1...

Besarnya tegangan input:

$$V_2 = -N_2 \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

Pers 2...

Bagi pers 1 dengan pers 2, maka diperoleh:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Pada tranformator ideal daya input (P_{in}) sama dengan daya output (P_{out})

$$P_{in} = P_{out} \Rightarrow V_1 \cdot i_1 = V_2 \cdot i_2$$

Keterangan :

V_1 = tegangan primer atau tegangan input

V_2 = tegangan skunder atau tegangan output

N_1 = jumlah lilitan primer

N_2 = jumlah lilitan skunder

P_{in} = daya yang masuk (watta)

P_{out} = daya yang keluar (watt)

I_{in} = arus yang masuk (A)

I_{out} = daya yang keluar (A)

Efisiensi Transformator (η)

$$\eta = \frac{P_1}{P_2} \times 100\%$$

Atau

$$\eta = \frac{V_2 \cdot i_1}{V_1 \cdot i_1} \times 100\%$$

atau

$$V_2 \cdot i_2 = \eta \cdot V_1 \cdot i_1$$

dengan:

η = efisiensi transformator ($0 < \eta < 1$)

V_1 = tegangan primer (volt)

V_2 = tegangan skunder (volt)

I_1 = arus primer (ampere)

I_2 = arus skunder (ampere)

N_1 = banyaknya lilitan primer

N_2 = banyaknya lilitan skunder

Contoh soal 3

Sebuah kawat berbentuk persegi panjang dengan luas 20 cm^2 diletakkan didalam medan magnet $B = 10^{-2} \text{ tesla}$. Hitung fluks magnet pada kawat tersebut jika :

a. B tegak lurus bidang kawat!

b. B membentuk sudut 30° dengan bidang kawat!

Penyelesaian:

$$A = 20 \text{ cm}^2 = 20 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$B = 10^{-2} \text{ tesla}$$

Ditanya: a. ϕ jika B tegak lurus

b. ϕ jika B membentuk sudut

dijawab:

$\begin{aligned} a. \phi &= B \times A \sin 90^\circ \\ &= 10^{-2} \times 20 \times 10^{-4} \times 1 \\ &= 2 \times 10^{-5} \text{ weber} \end{aligned}$	$\begin{aligned} b. \phi &= B \times A \sin \theta \\ &= 10^{-2} \times 20 \times 10^{-4} \sin 30^\circ \\ &= 2 \times 10^{-5} \times 0,5 \\ &= 10^{-5} \text{ weber} \end{aligned}$
--	--

Contoh soal 4

Sebuah transformator step down digunakan untuk mengubah tegangan dari 220 volt menjadi 24 volt. Bila jumlah lilitan primernya 275 lilitan, berapa jumlah lilitan skundernya?

Penyelesaian:

$$V_1 = 220 \text{ volt}$$

$$V_2 = 24 \text{ volt}$$

$$N_1 = 275 \text{ lilitan}$$

Ditanya: N_2 ?

Dijawab:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$
$$N_2 = \frac{275 \times 24}{220} = 30 \text{ lilitan}$$

Contoh soal 5:

Sebuah transformator step down dengan efisiensi 80% mengubah tegangan 1000 volt menjadi 220 volt. Transformator tsb digunakan untuk menyalakan lampu 220; 40 watt. Berapa besar arus pada bagian primer?

Penyelesaian:

$$P_{out} = 40 \text{ watt}$$

$$V_{in} = 1000 \text{ volt}$$

$$V_{out} = 220 \text{ volt}$$

$$\eta = 80\%$$

Ditanya: P_{in} ?

Dijawab:

$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \\ P_{in} &= \frac{P_{out}}{\eta} \times 100\% \\ &= \frac{40}{80\%} \times 100\% \\ &= 50 \text{ watt} \end{aligned}$	$\begin{aligned} I_p &= \frac{P_{in}}{V_p} \\ &= \frac{50}{1000} \\ &= 0,05 \text{ Ampere} \end{aligned}$
---	---

BAB VI GELOMBANG

Pengertian Gelombang.

Gelombang dapat diartikan sebagai gejala merambatnya suatu getaran di dalam suatu medium. Medium adalah sekumpulan benda yang saling berinteraksi dimana gangguan itu menjalar. Rambatan dari usikan itu merupakan rambatan energi. Rambatan energi ini tidak disertai perpindahan yang permanen dari materi-materi medium.

Berdasarkan arah getarannya, gelombang dibagi dua:

- a. Gelombang transversal
Gelombang yang arah getarannya tegak lurus arah rambat usikan.
Cirinya adalah tampak adanya bukit dan lembah. Gelombang ini timbul karena menentang perubahan bentuk dan terjadi pada benda padat.
Satu bukit – satu lembah = satu panjang gelombang
Simpul ke simpul = setengah panjang gelombang
Perut ke perut = setengah panjang gelombang
Simpul ke perut = seperempat panjang gelombang
- b. Gelombang longitudinal
Gelombang yang arah getarnya searah dengan arah usikan atau rambatannya
Cirinya adalah tampak adanya rapatan dan renggangan. Gelombang ini timbul karena menentang perubahan volume dan terjadi pada gas atau udara.
Rapatan ke rapatan = satu panjang gelombang
Renggangan ke renggangan = satu panjang gelombang
Renggangan ke rapatan = setengah panjang gelombang

Untuk semua jenis gelombang berlaku persamaan dasar yang menunjukkan hubungan antara cepat rambat (v) frekuensi dan panjang gelombang yaitu : $v = \lambda \cdot f$ atau $\lambda = \frac{v}{f} = v \cdot T$.

Persamaan Gelombang berjalan

Jika ujung suatu tali digetarkan dengan arah ke atas dan ke bawah terus menerus maka akan terjadi gelombang yang merambat sepanjang tali ke kanan. Untuk menentukan besar simpangan (y) adalah :

$$\begin{aligned}y_p &= A \sin \omega(t \pm \frac{x}{v}) \\ &= A \sin(2\pi ft \pm \frac{2\pi}{\lambda} x) \\ &= A \sin(2\pi ft \pm kx)\end{aligned}$$

Tanda akan positif jika gelombang berjalan dari kanan ke kiri dan bertanda negative jika gelombang berjalan dari kiri ke kanan.

Persamaan kecepatannya $v_p = \frac{2\pi A}{T} \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$

Persamaan percepatannya $a_p = -\frac{4\pi A}{T^2} \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$

Tanda (-) arahnya berlawanan dengan arah gerak gelombang.

Fase dititik P adalah :

$$\varphi = \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}$$

Gelombang Stasioner.

Gelombang stasioner (berdiri/ tegak/ diam) adalah gelombang sebagai hasil super posisi dari dua gelombang yang menjalar pada suatu medium yang sama tetapi arahnya berlawanan, bias terjadi pada gelombang transversal dan longitudinal.

Pemantulan pada ujung bebas.

Jika ujung bebas, maka gelombang pantulnya tidak mengalami perubahan fase

Pada ujung bebas terjadi perut

Persamaannya.

$$y_p = 2A \cos \frac{2\pi x}{\lambda} \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{l}{\lambda} \right)$$

Persamaan di atas merupakan persamaan getaran selaras dengan amplitude

$$A_p = 2A \cos \frac{2\pi x}{\lambda}$$

Letak simpul jika $A_p = 0$, maka $x = (2n + 1) \cdot \frac{1}{4} \lambda$

Letak perut jika $A_p = 1$, maka $x = (2n) \cdot \frac{1}{4} \lambda$. Dengan $n = 0, 1, 2, 3 \dots$

Pemantulan pada ujung tetap.

Jika ujung tali terikat, maka gelombang pantulnya akan mengalami perubahan sebesar $\frac{1}{2}$

Pada ujung terikat selalu terjadi simpul.

Persamaan.

$$y_p = 2A \sin \frac{2\pi x}{\lambda} \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{l}{\lambda} \right)$$

Dengan amplitude sebesar $A_p = 2A \sin \frac{2\pi x}{\lambda}$

Cepat rambat gelombang

Cepat rambat gelombang transversal pada dawai.

Orang yang pertama kali menyelidikinya adalah Melde.

Percobaan Melde

Kecepatan merambat gelombang transversal pada dawai berbanding :

- lurus dengan akar gaya tegangan dawai
- lurus dengan akar panjang dawai
- terbalik dengan akar massa dawai

$$v = \sqrt{\frac{F l}{m}} \text{ atau } v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \text{ dengan } \mu = \frac{m}{l}$$

Cepat rambat gelombang longitudinal pada gas.

Menurut Laplace cepat rambat bunyhi dalam gas dirumuskan :

$$v = \sqrt{\gamma \frac{P}{\rho}}$$

Dimana, P = tekanan

ρ = massa jenis gas

γ = konstanta Laplace

Bila diingat $\rho = \frac{m}{V}$ atau $\rho = \frac{nM}{V}$ dan mengingat persamaan gas ideal

$PV = nRT$ atau $P = \frac{nRT}{V}$, bila disubstitusikan dalam persamaan diatas maka akan didapatkan :

$$v = \sqrt{\gamma \frac{RT}{M}}$$

Jadi kecepatan rambat gelombang bunyi pada gas tergantung dari suhu gas dan jenis gas, tidak tergantung pada tekanan dan massa jenis gas.

Cepat rambat gelombang longitudinal dalam zat padat.

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$
 dengan E = modulus young dan ρ = massa jenis zat padat

Cepat rambat gelombang longitudinal dalam air.

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$$
 dengan B = modulus Bulk (N/m²)

Bunyi

Sumber bunyi adalah sesuatu yang bergetar

Nada : sumber bunyi yang teratur frekuensinya

Desah : sumber bunyi yang tidak teratur frekuensinya

Amplitude : mempengaruhi keras lemahnya bunyi

Frekuensi : mempengaruhi tinggi rendahnya bunyi

Timbre : dua suara atau lebih yang frekuensinya sama tetapi kedengarannya berbeda

Gaung ; pantulan bunyi yang datangnya sebelum bunyi asal diucapkan sehingga kedengarannya tidak jelas

Gema : pantulan bunyi yang datangnya sesudah selesai bunyi asal diucapkan.

Hukum Mersene

Frekuensi nada dari seutas dawai:

- berbanding terbalik dengan panjang dawai
- berbanding terbalik dengan akar massa dawai tiap satuan panjang
- sebanding dengan akar tegangan dawai

$$f_o = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

Getaran Dawai

Nada dasar pada dawai akan terbentuk setengah panjang gelombang.

$$f = \frac{nv}{2l}$$
 dimana n = m1, 2, 3 dst dengan nilai perbandingan

$f_o : f_1 : f_3 : \dots = 1 : 2 : 3 : \dots$ dengan n = 1 adalah nada dasar

Getaran pada kolom udara (pipa organa)

- *pipa organa terbuka*

Pada pipa organa terbuka pada ujungnya selalu terjadi perut.

Nada dasarnya akan terbentuk setengah panjang gelombang

Persamaannya sama dengan getaran pada dawai

Hukum Bernoulli : pada pipa organa terbuka perbandingan nada dasar terhadap nada-nada di atasnya merupakan bilangan asli.

- *pipa organa tertutup*

Pada pipa organa tertutup pada ujung yang tertutup selalu terjadi simpul.

Nada dasarnya akan terbentuk seperempat panjang gelombang

$$f = \frac{nv}{4l} \text{ dengan } n = 1, 3, 5 \dots \text{ dengan } n = 1 \text{ adalah nada dasar.}$$

Resonansi.

Resonansi adalah ikut bergetarnya suatu benda karena benda lain yang bergetar.

Syaratnya adalah frekuensi kedua benda yang bergetar harus sama

Untuk mengukur cepat rambat bunyi di udara dapat digunakan dengan percobaan resonansi.

Saat terjadi resonansi pertama, panjang kolom udaranya $L_1 = \frac{1}{4} \lambda$

Saat terjadi resonansi ke dua, panjang kolom udaranya $L_2 = \frac{3}{4} \lambda$

Maka $L_2 - L_1 = \frac{1}{2} \lambda$

$$v_{ud} = 2(L_2 - L_1) \cdot f_g$$

Saat resonansi I ke resonansi II air yang dikeluarkan adalah :

$$V = (L_2 - L_1) \cdot A \text{ dengan } A \text{ luas penampang.}$$

Layangan

Layangan adalah interferensi 2 getaran tunggal yang mempunyai perbedaan frekuensi sedikit.

Jumlah layangan tiap detik (Δf)

$$\Delta f = f_2 - f_1$$

Effek Doppler

- Bila frekuensi sumber bunyi yang terdengar sama dengan frekuensi sumber bunyinya bila tidak ada gerakan relative pendengar atau sumber bunyinya.
- Bila gerakan relative itu ada, frekuensi bunyi yang terdengar berbeda dengan frekuensi sumber bunyi. Efek ini dinamakan efek Doppler

$$f_p = \frac{v \pm v_p}{v \pm v_s} \cdot f_s$$

Dimana :
 f_p = frekuensi pendengar
 f_s = frekuensi sumber
 v = kecepatan bunyi udara
 v_p = kecepatan pendengar

v_s = kecepatan sumber

Perjanjian tanda.

1. P di kiri dan S di kanan
 - bila P dan S bergerak ke kanan maka v_p dan v_s bertanda positif (+)
 - bila P dan S bergerak ke kiri maka v_p dan v_s bertanda negative (-)
2. P di kanan dan S di kiri
 - bila P dan S bergerak ke kanan maka v_p dan v_s bertanda negative (-)
 - bila P dan S bergerak ke kiri maka v_p dan v_s bertanda positif (+)

Energi Bunyi

Energi pada gelombang

Dipandang dari sudut geometri bahwa yang merambat itu adalah bentuk gelombang, tetapi dipandang dari sudut fisis yang drambatkan gelombang adalah energi.

Cirri khas penjalaran energi melalui gelombang adalah penjalaran energi tidak disertai adanya perpindahan medium

Menghitung energi yang dipindahkan oleh gelombang dalam satuan waktu berarti menghitung daya yang dibawa oleh gelombang karena energi tiap satuan waktu adalah daya.

Besarnya energi total adalah : $E = \frac{1}{2} m\omega^2 A^2 = 2\pi^2 m f^2 A^2$

Dengan

E = energi gelombang (J)

A = amplitude (m)

ω = frekuensi sudut (rad/s)

F = frekuensi (Hz)

Intensitas bunyi.

Intensitas bunyi adalah jumlah energi bunyi yang tiap detiknya menembus tegak lurus suatu bidang persatuan bidang tersebut.

$$I = \frac{P}{A}$$

Intensitas gelombang sferis (bola)

- gelombang sferis mempunyai permukaan gelombang berupa permukaan bola
- pada waktu permukaan gelombang mengembang dari titik 1 ke titik 2 maka luas permukaan bola berubah dari $4\pi r_1^2$ menjadi $4\pi r_2^2$.
- Jika diasumsikan tidak ada kehilangan energi selama penjalaran, maka daya yang dipindahkan juga tetap besarnya, maka :

$$P_1 = P_2$$

$$I_1 : I_2 = \frac{1}{r_1^2} : \frac{1}{r_2^2}$$

Batas Pendengaran.

Intensitas terkecil yang masih dapat menimbulkan rangsangan pendengaran pada telinga umumnya sebesar 10^{-16} watt/cm² atau 10^{-12} watt/m² pada frekuensi 1000 Hz. Harga ini dinamakan ambang pendengaran.

Intensitas terbesar yang masih dapat diterima telinga normal manusia tanpa rasa sakit sebesar 10^{-4} /cm².

Taraf intensitas bunyi (TI)

Taraf intensitas bunyi adalah perbedaan dalam taraf intensitas bunyi dari dua bunyi, yang logaritma-logaritma dari intensitas bunyinya berbeda satu satuan.

$$TI = \log \frac{I}{I_0} \quad \text{sat bell (B) atau}$$

$$TI = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad \text{sat desibell (dB)}$$

$$1\text{B} = 10 \text{ dB.}$$

Kalau ada n buah benda berbunyi bareng maka TI nya adalah

$$TI_n = TI_1 + 10 \log n$$

OPTIKA GEOMETRI

Teori melihat benda

- Plato dan Euclides : adanya sinar-sinar penglihat.
- Aristoteles : Menentang sinar-sinar penglihat.
- Al Hasan : Pancaran atau pantulan benda

TEORI CAHAYA

- Sir Isaac Newton : Teori Emisi “Sumber cahaya menyalurkan Partikel yang kecil dan ringan berkecepatan tinggi.
- Christian Huygens : Teori Eter alam : cahaya pada dasarnya Sama dengan bunyi, merambat memerlukan medium.
- Thomas Young dan Augustine Fresnell : Cahaya dapat Melentur dan berinterferensi
- Jean Leon Foucault : Cepat rambat cahaya di zat cair Lebih kecil daripada di udara.
- James Clerk Maxwell : Cahaya gelombang elektromagnetik.
- Heinrich Rudolph Hertz : Cahaya gelombang transversal karena Mengalami polarisasi.
- Pieter Zeeman : Cahaya dapat dipengaruhi medan magnet yang kuat.
- Johannes Stark : Cahaya dapat dipengaruhi medan listrik yang kuat.
- Michelson dan Morley : Eter alam tidak ada.
- Max Karl Ernest Ludwig Planck : Teori kuantum cahaya.
- **Albert Einstein : Teori dualisme cahaya. Cahaya sebagai partikel dan bersifat gelombang**

SIFAT CAHAYA

- Merupakan gelombang elektromagnetik.
- Tidak memerlukan medium dalam perambatannya
- **Merambat dalam garis lurus**
- Kecepatan terbesar di dalam vakum $3 \cdot 10^8$ m/s
- Kecepatan dalam medium lebih kecil dari kecepatan di vakum.
- Kecepatan di dalam vakum adalah absolut tidak tergantung pada pengamat.

PEMANTULAN CAHAYA.

01. $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$

02. $M = -\frac{s'}{s} = \frac{h'}{h}$

03. Cermin datar : $R = \infty$ → sifat bayangan : maya, sama besar, tegak

$$n = \frac{360}{\alpha} - 1$$

04. cermin gabungan $\rightarrow d = s_1' + s_2$
 $\rightarrow M_{total} = M_1 \cdot M_2$

Cermin cekung : $\rightarrow R = \text{positif} \rightarrow$ Mengenal 4 ruang
 \rightarrow Sifat bayangan : benda di Ruang I : Maya, tegak, diperbesar
 Benda di Ruang II : Nyata, terbalik, diperbesar
 Benda di Ruang III: Nyata, terbalik, diperkecil

Cermin cembung : $\rightarrow R = \text{negatif} \rightarrow$ sifat bayangan : Maya, tegak, diperkecil

PEMBIASAN/REFRAKSI.

01. Indeks bias $\rightarrow n_{benda} = \frac{c}{v_m} = \frac{\lambda_u}{\lambda_m} \rightarrow n_{benda} > 1$
 $\rightarrow n \text{ relatif medium 1 thdp medium 2} \rightarrow n_{12} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$

02. benda bening datar $\rightarrow n \sin i = n' \sin r$

03. kaca plan paralel \rightarrow (1) $n \sin i = n' \sin r$ (cari r)
 \rightarrow (2) $t = \frac{d}{\cos r} \sin(i - r)$

04. Prisma $\rightarrow \delta$ (deviasi) \rightarrow umum \rightarrow (1) $n \sin i_1 = n' \sin r_1$ (cari r_1)
 \rightarrow (2) $\beta = r_1 + i_2$ (cari i_2)
 \rightarrow (3) $n' \sin i_2 = n \sin r_2$ (cari r_2)
 \rightarrow (4) $\delta = i_1 + r_2 - \beta$
 \rightarrow minimum \rightarrow syarat : $i_1 = r_2$
 $\rightarrow \beta > 10^\circ \rightarrow \sin \frac{1}{2} (\delta_{min} + \beta) = \frac{n'}{n} \sin \frac{1}{2} \beta$
 $\rightarrow \beta \geq 10^\circ \rightarrow \delta_{min} = \left(\frac{n'}{n} - 1\right) \beta$

05. Permukaan lengkung. $\rightarrow \frac{n}{s} + \frac{n'}{s'} = \frac{n' - n}{R}$

06. Lensa tebal \rightarrow (1) $\frac{n}{s_1} + \frac{n'}{s_1'} = \frac{n' - n}{R_1}$
 \rightarrow (2) $d = s_1' + s_2$

$$(3) \frac{n'}{s_2} + \frac{n}{s_2'} = \frac{n-n'}{R_2}$$

07. Lensa tipis

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n'}{n} - 1\right) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

$$\frac{1}{f_{gab}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

Cembung-cembung (bikonveks) $R_1 + , R_2 -$

Datar – cembung $R_1 = \text{tak hingga} , R_2 -$

Cekung – cembung $R_1 - , R_2 -$

Cekung-cekung (bikonkaaf) $R_1 - , R_2 +$

Datar – cekung $R_1 = \text{tak hingga} , R_2 +$

Cembung – cekung $R_1 + , R_2 +$

9. Lensa

Konvergen (positif)

divergen (negatif)

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

$$M = -\frac{s'}{s} = \frac{h'}{h}$$

10. Kekuatan lensa (P)

$$P = \frac{1}{f} \longrightarrow f \text{ dalam meter}$$

$$P = \frac{100}{f} \longrightarrow f \text{ dalam cm}$$

====o0o=====