

SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2016

MATA PELAJARAN IPA

BAB X

LISTRIK DAN KEMAGNETAN



Dr. RAMLAWATI, M.Si.

SITTI RAHMA YUNUS, S.Pd., M.Pd.

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2016**

BAB X LISTRIK



Kompetensi Guru Mata Pelajaran (KD)

- Mendeskripsikan karakteristik rangkaian listrik, transmisi energi listrik, sumber-sumber energi listrik alternatif (termasuk bioenergi), berbagai upaya dalam menghemat energi listrik, serta penggunaan teknologi listrik di lingkungan sekitar
- Memahami konsep listrik statis, muatan listrik, potensial listrik, hantaran listrik, kelistrikan pada sistem syaraf dan contohnya pada hewan-hewan yang mengandung listrik
- Mendeskripsikan konsep medan magnet, induksi elektro magnetik, dan penggunaannya dalam produk teknologi, serta pemanfaatan medan magnet dalam pergerakan/navigasi hewan untuk mencari makanan dan migrasi
- Mendeskripsikan konsep medan magnet, induksi elektro magnetik, dan penggunaannya dalam produk teknologi, serta pemanfaatan medan magnet dalam pergerakan/navigasi hewan untuk mencari makanan dan migrasi

A. LISTRIK

Listrik menjadi bagian yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Coba bayangkan bagaimana kehidupan manusia sebelum adanya listrik. Lampu dan peralatan elektronik tidak bisa digunakan. Dunia akan gelap gulita di malam hari. Tidak ada TV, atau Hp yang bisa dilihat atau digunakan. Sebagai manusia tentu kita pantas bersyukur dengan ditemukannya listrik dengan segala manfaat yang mengiringinya. Hal yang juga menakjubkan adalah ternyata dalam tubuh manusia juga terdapat listrik. Sistem saraf manusia merupakan salah satu

aplikasi dari listrik. Dalam bab ini akan dibahas secara lengkap dua jenis listrik yaitu listrik statis dan listrik dinamis dalam kaitannya dengan kehidupan manusia.

1. Listrik statis

a. Muatan listrik

Listrik (*electricity*) berasal dari kata Yunani elektron, yang berarti “amber”. Amber adalah pohon damar yang membatu, dan orang dulu mengetahui bahwa jika batang ambar digosok dengan kain, maka batang ambar itu akan menarik daun-daun kecil atau debu. Anda juga dapat membuat hal yang sama dengan batang ambar dengan menggunakan mistar atau batang kaca. Mistar digosok-gosok pada rambut kering kemudian didekatkan dengan serpihan kertas dan potongan-potongan kertas tersebut tertarik pada mistar. Efek tersebut disebut dengan listrik statis. Listrik sendiri didefinisikan sebagai aliran atau pergerakan elektron, yakni suatu partikel bermuatan negatif yang ditemukan pada setiap atom. Terkait dengan tertariknya serpihan kertas pada mistar yang sudah digosok dengan rambut disebabkan oleh adanya perbedaan muatan listrik.



Gambar 10.1 Mistar menarik kertas
Sumber: Giancoli, 2005

Muatan listrik ada dua yaitu muatan listrik positif dan muatan listrik negatif. Nama tersebut diberikan oleh negarawan, filsuf, dan ilmuwan Amerika Benjamin Franklin (1706-1790). Jika dua benda saling bergesekan, maka elektron akan ditarik dari satu benda dan dilemparkan ke benda lain. Hal tersebut akan menyebabkan tumpukan elektron sehingga

terjadi muatan negatif pada salah satu benda. Hilangnya elektron pada benda yang lain menyebabkan terjadinya muatan positif. Sebagai contoh penggaris plastik yang digosok dengan rambut atau handuk akan bermuatan negatif dan handuk bermuatan positif. Muatan yang sama jika didekatkan akan tolak menolak dan muatan yang berbeda jika didekatkan akan tarik menarik.

b. Hukum Coulomb

Ilmuwan yang mengkaji gaya interaksi partikel-partikel bermuatan secara rinci pada tahun 1784 adalah Charles Augustin de Coulomb (1736-1806). Coulomb menggunakan neraca penter seperti yang digunakan oleh Cavendish (menyelidiki interaksi antara benda-benda dan menemukan nilai konstanta Gravitasi). Dia menggunakan benda bermuatan yang dipisahkan dengan jarak r . dari hasil penyelidikan tersebut, dia menemukan bahwa gaya listrik yang terjadi sebanding dengan $1/r^2$. Gaya listrik yang dihasilkan bergantung pada kuantitas muatan pada setiap benda yang dinyatakan dengan q atau Q .

Untuk menyelidiki hubungan antara gaya listrik dengan kuantitas muatan, Coulomb membagi sebuah muatan ke dalam dua bagian yang sama dengan menempatkan sebuah konduktor bola kecil yang bermuatan, bersentuhan dengan sebuah bola identik tetapi tidak bermuatan. Dia mengamati bahwa gaya yang dikerahkan oleh kedua muatan titik q_1 dan q_2 pada satu sama lain adalah sebanding dengan setiap muatan dan karena itu akan sebanding dengan hasil kali q_1q_2 dari muatan tersebut. Hasil penyelidikan Coulomb inilah yang menghasilkan sebuah hukum yang dikenal dengan Hukum Coulomb yaitu:

Besarnya gaya listrik di antara dua muatan titik bebanding langsung dengan hasil kali muatan-muatan itu dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak diantara muatan-muatan itu.

$$F = k \frac{q_1q_2}{r^2} \dots\dots\dots (10-1)$$

Arah gaya yang dikerahkan oleh kedua muatan itu selalu berada disepanjang garis yang menghubungkan kedua muatan tersebut. Jika kedua muatan memiliki tanda yang sama misalnya positif dengan positif, maka gaya pada muatan akan menjauhi satu sama lain (saling

tolak). Begitu juga sebaliknya jika kedua muatan memiliki tanda yang berlawanan maka gaya akan mengarah ke muatan yang lainnya (saling tarik). Gambaran interaksi masing-masing muatan dapat dilihat pada Gambar 10.2.



Gambar 15.2 Interaksi antar partikel bermuatan. (a) muatan sejenis, (b) muatan tidak sejenis

Dalam sistem satuan SI, satuan untuk muatan adalah coulomb (C). Untuk muatan elementer disimbolkan dengan e dengan nilai sebesar $1,6022 \times 10^{-19}$ C. Nilai untuk satuan SI pada konstanta k adalah sebagai berikut.

$$k = 8,988 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$$

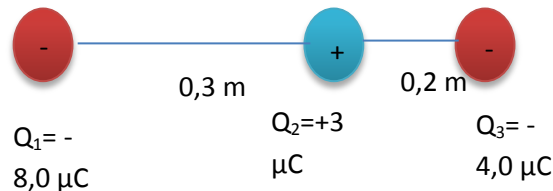
Konstanta k sering ditulis dengan konstanta lain ϵ_0 yang disebut dengan permitivitas ruang hampa. Nilai k diperoleh dari persamaan berikut ini.

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

dimana $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$.

CONTOH SOAL 1

Tiga partikel bermuatan disusun dalam satu garis seperti pada gambar berikut. Hitunglah gaya neto pada partikel ketiga yang disebabkan oleh dua muatan lainnya.



Penyelesaian

Gaya neto partikel 3 merupakan jumlah vector F_{31} dan F_{32} .

$$F = -F_{32} + F_{31} = -\frac{(9 \times 10^9)(8 \times 10^{-6})(4 \times 10^{-6})}{0,5^2} + \frac{(9 \times 10^9)(3 \times 10^{-6})(4 \times 10^{-6})}{0,2^2} = -2,7 \text{ N} + 1,2 \text{ N} = -1,5 \text{ N}$$

Besar gaya 1,5 N dengan arah gaya ke kiri.

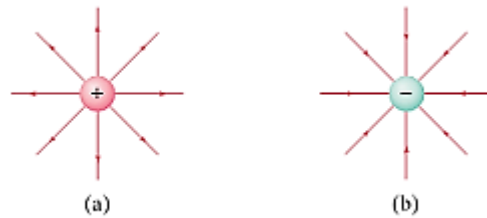
c. **Medan listrik**

Adanya gaya antara dua benda bermuatan yang berada pada jarak tertentu memunculkan gagasan adanya *medan* di sekitar muatan tersebut. Ide *medan* pertama kali dicetuskan oleh Michael Faraday (1791-1867). Menurut Faraday suatu medan listrik keluar dari setiap muatan. Ketika muatan kedua di tempatkan di sekitar muatan pertama, maka muatan kedua akan mengalami gaya yang disebabkan oleh adanya medan listrik di area tersebut.

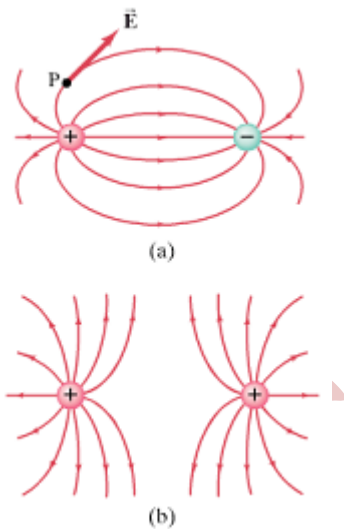
Gaya listrik pada sebuah benda bermuatan dikerahkan oleh medan listrik yang diciptakan oleh benda bermuatan lainnya. Gaya adalah sebuah besaran vector, sehingga medan listrik juga adalah besaran vector. Kita mendefinisikan medan listrik \vec{E} disebuah titik sebagai gaya listrik \vec{F} yang dialami oleh sebuah muatan uji di titik tersebut, dibagi dengan muatan uji q . dengan kata lain bahwa medan listrik sama dengan gaya listrik per satuan muatan yang dialami oleh sebuah muatan di titik tersebut.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \dots\dots\dots (10-2)$$

Oleh karena medan listrik adalah besaran vector, maka medan listrik sering disebut juga dengan medan vektor. Medan listrik divisualisasikan dengan garis-garis medan atau garis-garis gaya. Untuk suatu muatan positif, garis-garis gaya secara radial mengarah ke luar dari muatan sedangkan untuk muatan negatif garis-garis gaya secara radial mengarah ke dalam muatan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 10.3. Kita selalu dapat menggambarkan garis-garis sehingga jumlah garis yang berawal dari muatan positif, atau berakhir di muatan negatif, sebanding dengan besar muatan. Daerah yang memiliki medan listrik yang besar memiliki jumlah garis-garis gaya yang rapat. Berdasarkan hal tersebut dapat dikatakan bahwa sifat umum dari garis medan listrik adalah *semakin rapat garis-garis tersebut, semakin kuat medan listriknya* (Lihat Gambar 10.4)



Gambar 15.3 Garis-garis medan listrik satu muatan positif (a) dan satu muatan negatif (b)



Gambar 15.4. (a) Garis-garis medan listrik pada dua muatan yang berbeda jenis, (b) Garis-garis medan listrik pada dua muatan yang sejenis

d. **Potensial listrik**

Potensial listrik merupakan energi potensial per satuan muatan. Potensial listrik disimbolkan dengan V. Jika muatan uji positif Q dalam sebuah medan listrik memiliki energi potensial (EP) pada titik a (relatif terhadap energi potensial nol), maka potensial listrik V_a adalah

$$V_a = \frac{EP_a}{q} \dots\dots\dots(10-3)$$

Yang dapat diukur dari potensial listrik adalah perbedaan potensial listrik atau dikenal dengan beda potensial (tegangan). Untuk mencari beda potensial di antar dua titik A dan B di

dalam sebuah medan listrik, maka kita menggerakkan muatan q dari A ke B dan selalu mempertahankannya dalam keadaan setimbang. Beda potensial didefinisikan dengan Persamaan (10-4).

$$V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q} \dots\dots\dots(10-4)$$

Satuan SI dari beda potensial yang didapatkan dari persamaan (10-4) adalah joule/coulomb. Kombinasi ini terjadi begitu sering sehingga digunakan sebuah satuan khusus. Volt (disingkat V), untuk menyatakan satuan tersebut; yakni

$$1 \text{ volt} = 1 \text{ joule/coulomb}$$

Biasanya titik A dipilih pada suatu jarak jauh dari semua muatan (tepatnya tak berhingga), dan potensial listrik V_A pada jarak yang tak terhingga ini diambil dengan cara sebarang sebagai nol. W yang mewakili W_{AB} adalah kerja yang harus dilakukan oleh pengaruh luar untuk menggerakkan muatan uji q dari tak berhingga ke titik yang ditinjau.

Gaya listrik (F) pada muatan q adalah qE . Kerja W yang dilakukan oleh pengaruh gaya ini adalah seperti Persamaan (10-5).

$$W_{AB} = Fd = qEd \dots\dots\dots(10-5)$$

Dengan mensubstitusi persamaan (10-5) ke dalam persamaan (10-4) maka diperoleh seperti pada Persamaan (10-6).

$$V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q} = Ed \dots\dots\dots(10-6)$$

Persamaan (10-6) menunjukkan hubungan antara perbedaan potensial dan kekuatan medan untuk sebuah kasus khusus sederhana. Satuan SI untuk E adalah volt/meter (V/m).

Jika pengaruh gaya luar tersebut menyebabkan benda uji bergerak melalui pergeseran dl sepanjang jalan dari A ke B, maka elemen kerja yang dilakukan oleh pengaruh gaya luar adalah $F \cdot dl$ sehingga persamaan beda potensial terlihat pada Persamaan (10-7)

$$V_B - V_A = - \int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} \dots\dots\dots(10-7)$$

Jika titik A diambil sejauh tak berhingga dan potensial V_A di tak berhingga diambil sebesar nol, maka V pada titik B, sebesar pada Persamaan (10-8) berikut.

$$V = - \int_{\infty}^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} \dots \dots \dots (10-8)$$

2. Listrik Dinamis

a. Besaran-Besaran pada Listrik dinamis

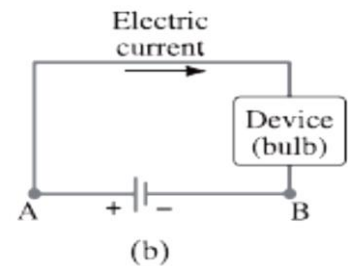
1) Tegangan

Tegangan listrik dikenal juga dengan istilah beda potensial listrik (seperti yang dibahas sebelumnya) dan gaya gerak listrik. Beda potensial (V) menghasilkan muatan berasal dari energi yang hilang/terpakai. Sedangkan gaya gerak listrik (ϵ) menghasilkan muatan berasal dari energi yang diperoleh dari sumber tegangan.

Penggunaan baterai bertujuan untuk menghasilkan beda potensial yang kemudian dapat menyebabkan muatan bergerak. Ketika penghantar dihubungkan dengan terminal baterai (seperti Gambar 10.5a) maka dihasilkan rangkaian listrik. Skema rangkaian listrik terlihat pada Gambar 10.5b dengan simbol $\begin{matrix} + \\ | \\ - \end{matrix}$.



(a)

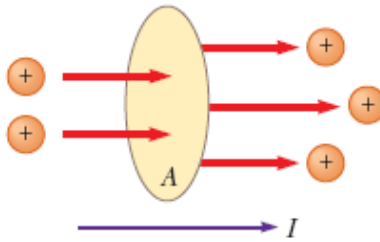


(b)

Gambar 15.5 (a) Rangkaian listrik sederhana, (b) Penggambaran skema rangkaian yang sama. Sumber: Giancoli, D. 2009.

2) Arus Listrik

Pada Gambar 10.6, muatan mengalir pada arah yang tegak lurus terhadap permukaan luasan A. (luasan yang dimaksud adalah area persilangan dari kawat).



Gambar 10.6 Arus listrik

(Sumber: Resnick and Halliday, 2008)

Anggap q adalah jumlah muatan yang mengalir melalui luasan A dalam interval waktu t dan arah arus tegak lurus terhadap luasan. Maka arus I adalah sama dengan jumlah muatan dibagi dengan interval waktu (lihat Persamaan (10-9)).

$$i = \frac{dq}{dt} \dots \dots \dots (10-9)$$

Satuan-satuan SI yang sesuai adalah ampere (disingkat A) untuk i , coulomb untuk muatan q , dan detik untuk t .

Kita dapat menyatakan arus dalam kecepatan menyimpang dari muatan yang bergerak. Misalnya terdapat n partikel bermuatan persatuan volum. n adalah konsentrasi partikel dengan satuan SI m^{-3} . Anggap bahwa semua partikel bergerak dengan kecepatan menyimpang yang sama dengan besar v_d . partikel-partikel yang mengalir keluar ujung silinder yang dinaungi dengan panjang $v_d dt$ selama dt adalah partikel yang di dalam silinder selama selang waktu dt . Volume silinder tersebut adalah $Av_d dt$, dan banyaknya partikel di dalamnya adalah $nAv_d dt$. Jika setiap partikel mempunyai muatan q , muatan dQ yang mengalir keluar dari ujung silinder itu selama waktu dt terlihat pada persamaan (10-10).

$$dQ = q(nAv_d dt) = nqv_d dt, \dots \dots \dots (10-10)$$

dan arus menjadi,

$$I = \frac{dQ}{dt} = nqv_d A \dots \dots \dots (10-11)$$

Arus persatuan luas penampang dinamakan kerapatan arus (*current density*) J seperti terlihat pada Persamaan (10-12).

$$J = \frac{I}{A} = nqv_d \dots \dots \dots (10-12)$$

Satuan kerapatan arus adalah ampere per meter kuadrat (A/m^2).

3) Hambatan

Jika kita memakaikan perbedaan potensial yang sama di ujung-ujung tongkat tembaga dan tongkat kayu yang mempunyai geometri yang serupa, maka dihasilkan arus-arus yang sangat berbeda. Karakteristik penghantar yang menyebabkan hal ini adalah hambatan (*resistance*). Hambatan didefinisikan dari sebuah penghantar (yang sering dinamakan tahanan = resistor dengan simbol R) di antara dua titik dengan menggunakan sebuah beda potensial V di antara titik-titik tersebut, dan dengan mengukur arus I , dan kemudian melakukan pembagian seperti terlihat pada Persamaan (10-13)

$$R = \frac{V}{I} \dots \dots \dots (10-13)$$

V dinyatakan dalam volt dan i dinyatakan dalam ampere, maka hambatan dinyatakan dalam ohm (Ω) dapat dinyatakan dengan Persamaan (10-14) dan (10-15).

$$R = \frac{V_{ab}}{i} = \frac{-\int_a^b \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}}{\int j \cdot dS} \dots \dots \dots (10-14)$$

$$R = \frac{E \cdot l}{j \cdot A} \dots \dots \dots (10-15)$$

$$\rho = \frac{E}{j} \dots \dots \dots (10-16)$$

ρ adalah resistivitas atau hambat jenis merupakan karakteristik dari suatu bahan (Lihat Persamaan (10-16). Sedangkan konduktivitas (σ) adalah kebalikan dari resistivitas seperti Persamaan (10-17).

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \dots \dots \dots (10-17)$$

Satuan SI dari resistivitas adalah $\Omega \cdot m$. Sedangkan hambatan (Ω) dapat dilihat pada Persamaan (10-18).

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} \dots \dots \dots (10-18)$$

Hambat jenis bahan kabel penghantar (ρ) dipengaruhi suhu. Dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\rho = \rho_{20} [1 + \alpha(t_c - 20^\circ C)]$$

Keterangan:

ρ_{20} = hambat jenis bahan kabel penghantar pada suhu $20^\circ C$

α = koefisien

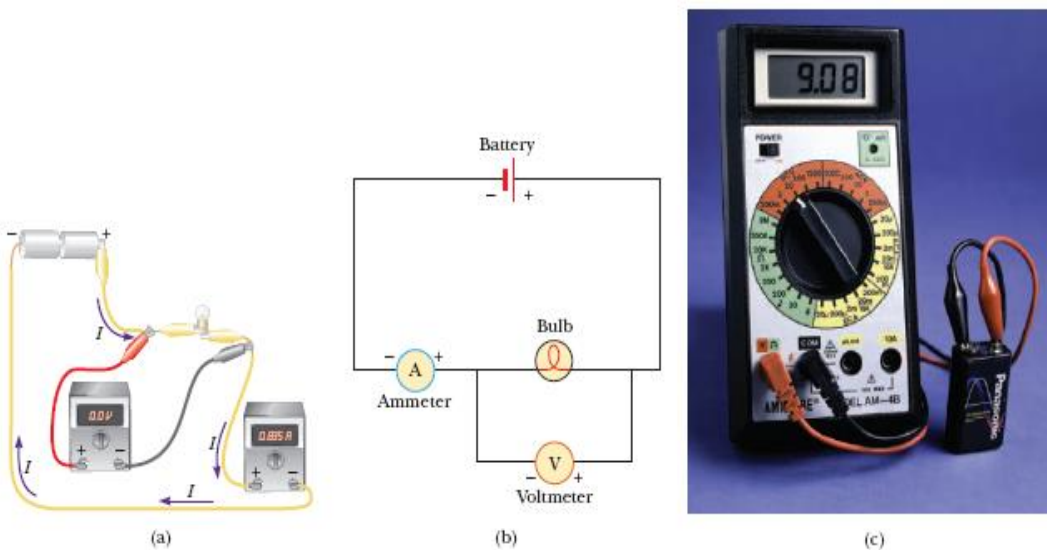
Karena resistivitas sebuah material berubah dengan suhu, maka hambatan sebuah konduktor spesifik juga berubah dengan suhu. Untuk jangkauan suhu yang tidak terlalu besar, perubahan ini secara aproksimasi adalah sebuah hubungan linear yang ditunjukkan sebagai berikut.

$$R(T) = R_0[1 + \alpha(T - T_0)]$$

$R(T)$ adalah hambatan pada suhu T dan R_0 adalah pada suhu T_0 , seringkali diambil 0°C atau 20°C .

b. Alat Ukur Listrik

Untuk mempelajari arus dalam rangkaian, diperlukan pemahaman untuk mengukur arus dan tegangan. Rangkaian yang ditunjukkan Gambar 2.4 adalah gambar rangkaian yang sebenarnya yang diperlukan untuk mengukur arus listrik, contoh Gambar 2.4a. Gambar 2.4b menunjukkan diagram rangkaian yang mewakili gambar rangkaian yang sebenarnya. Rangkaian ini hanya terdiri dari materai dan bola lampu. Kata “rangkain” bermakna rangkaian tertutup dari sirkulasi arus yang mengalir. Alat untuk mengukur arus listrik adalah Amperemeter.



Gambar 10.7 (a) sketsa rangkaian sebenarnya yang digunakan untuk mengukur arus yang mengalir pada lampu dan beda potensial yang melewatinya. (b) diagram skematik dari rangkaian pada bagian

- (a). (c) Multimeter digital yang digunakan untuk mengukur beda potensial.
(Sumber: Serwett & Jerwey. 2007)

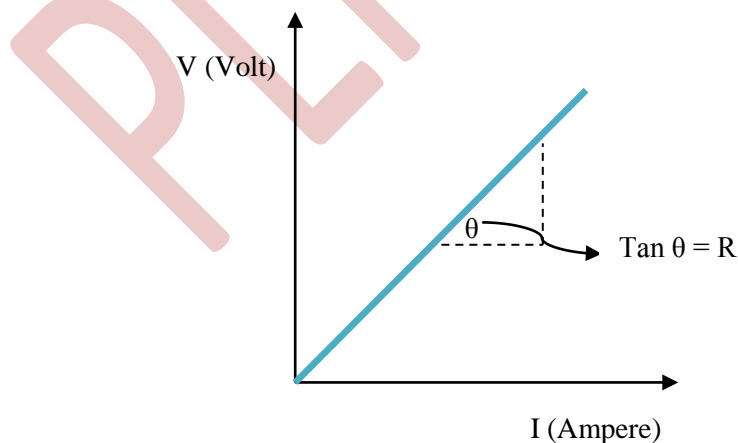
Voltmeter mengukur beda potensial, atau tegangan, antara dua ujung filamen lampu. Jika kita menggunakan dua alat ukur secara bersamaan seperti Gambar (10.7a), kita dapat memindahkan voltmeter dan melihat keberadaannya mempengaruhi hasil pengukuran arus. Voltmeter dipasang paralel dengan lampu sehingga tidak mempengaruhi pengukuran arus listrik. Gambar 10.7c menunjukkan multimeter digital yang dapat mengukur tegangan, arus, ataupun tahanan.

c. Hukum-Hukum Listrik

1) Hukum Ohm

Perbedaan potensial dengan simbol V digunakan seperti Gambar 10.8, garis lurus yang dihasilkan berarti bahwa hambatan penghantar ini adalah sama sekali tidak peduli berapapun tegangan yang dipakaikan yang kita gunakan untuk mengukur arus tersebut. Hasil penting ini dikenal dengan *hukum Ohm*.

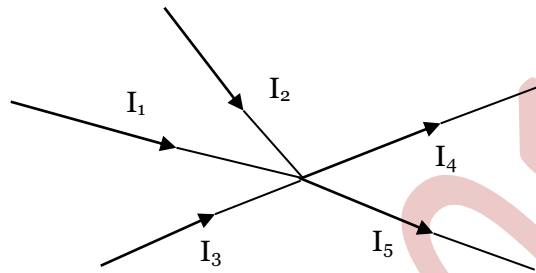
Hubungan $V = IR$ bukanlah merupakan sebuah pernyataan hukum Ohm. Sebuah penghantar mengikuti hukum ini hanya jika kurva $V-I$ nya linear, yakni R tak tergantung dari V dan I . Hubungan $R = V/I$ tetap sebagai definisi umum hukum Ohm dari hambatan sebuah penghantar tak peduli apakah penghantar tersebut mengikuti hukum Ohm atau tidak.



Gambar 10.8 Grafik Hubungan antara tegangan dengan kuat arus

2) Hukum I Kirchhoff

Hukum I Kirchhoff dikenal sebagai hukum rangkaian bercabang, menyatakan bahwa jumlah kuat arus listrik yang menuju titik percabangan sama dengan jumlah kuat arus listrik yang meninggalkan titik percabangan itu seperti terlihat pada Gambar 10.9.



Gambar 10.9 Arus listrik yang masuk ke titik percabangan

Gambar 10.9 menunjukkan beberapa arus listrik yang masuk ke sebuah titik percabangan dan kemudian keluar dari titik percabangan tersebut. Sesuai dengan hukum I Kirchhoff maka berlaku Persamaan (10-19) atau Persamaan (10-20).

$$\sum \text{Arus pada satu titik percabangan} = 0$$

.....(10-19)

dan

$$\sum i \text{ masuk} = \sum i \text{ keluar}$$

.....(10-20)

Sehingga dari persamaan tersebut maka Gambar 10.9, dapat dituliskan secara matematis sebagai berikut:

$$\sum i = 0$$

$$i_1 + i_2 + i_3 - i_4 - i_5 = 0$$

$$\sum i \text{ masuk} = \sum i \text{ keluar}$$

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

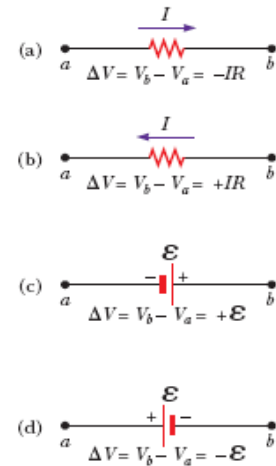
3) Hukum II Kirchhoff

Kaidah hukum kedua Kirchhoff dikenal juga dengan teorema simpal (*loop theorem*) yang menyatakan bahwa “jumlah aljabar dari perubahan-perubahan potensial yang ditemukan di dalam ssebuah lintasan lengkap dari satu titik ke titik yang sama (*complete transversal*) dari rangkaian tersebut haruslah sama dengan nol. Dalam rumusan matematis terlihat pada Persamaan (10-21) berikut:

$$\boxed{\Sigma \varepsilon + \Sigma IR = 0} \quad \text{.....(10-21)}$$

Untuk memahami teorema simpal ini terlebih untuk rangkaian kompleks diperlukan beberapa aturan sebagai berikut:

- (1) Jika sebuah hambatan dilintasi di dalam arah arus, maka perubahan potensial adalah $-iR$ (Gambar 10.10a); jika hambatan tersebut dilintasi di dalam arah yang berlawanan dengan arah arus maka perubahan potensial adalah $+iR$ (Gambar 10.10).
- (2) Jika sebuah tempat kedudukan gaya gerak listrik (ε) dilintasi dalam arah ε maka perubahan potensial adalah $+\varepsilon$ (Gambar 10.10c); jika tempat kedudukan ε tersebut dilintasi di dalam arah yang berlawanan dengan arah ε maka perubahan potensial adalah $-\varepsilon$ (Gambar 10.10d).



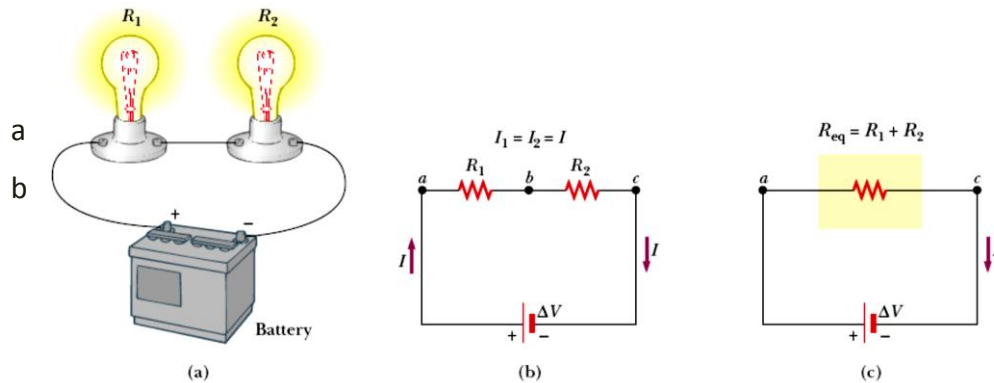
Gambar 15.10 Aturan dalam menentukan beda potensial.
 Sumber: Serwett & Jerwey. 2007

d. Rangkaian Listrik

1) Rangkaian Listrik Seri

Rangkaian seri juga disebut rangkaian berderet. Sebuah rangkaian listrik disebut rangkaian seri jika dalam rangkaian tersebut hanya ada satu ringkasan yang dilalui arus listrik seri seperti Gambar 10.11 muatan listrik yang masuk pada lampu satu sebagai resistor

pertama sama dengan muatan yang keluar dari resistor tersebut kemudian muatan yang sama masuk lagi ke resistor berikutnya.



Gambar 10.11 (a) Susunan seri dari bola lampu dengan resistansi R_1 dan R_2 . (b) Diagram rangkaian untuk rangkaian dua hambatan. (c) hambatan diganti dengan satu hambatan ekuivalen. (Sumber: Serwett & Jerweay, 2007)

Muatan listrik yang melalui R_1 juga akan melalui R_2 dan R_3 . Dengan demikian, arus I yang sama melewati setiap resistor. Jika V menyatakan tegangan pada ketiga resistor, maka V sama dengan tegangan sumber (baterai). V_1 dan V_3 adalah beda potensial pada masing-masing resistor R_1 dan R_2 . Berdasarkan Hukum Ohm.

$$V_1 = I.R_1 \text{ dan } V_2 = I.R_2$$

Karena resistor-resistor tersebut dihubungkan secara seri, kekekalan energi menyatakan bahwa tegangan total V sama dengan jumlah semua tegangan dari masing-masing resistor (Lihat Persamaan (10-22)).

$$V = V_1 + V_2 = I.R_1 + I.R_2 \dots\dots\dots (10-22)$$

Hambatan total pengganti susunan seri resistor (R_s) yang terhubung dengan sumber tegangan (V) dirumuskan pada Persamaan (10-23).

$$V = I.R_s \dots\dots\dots(10-23)$$

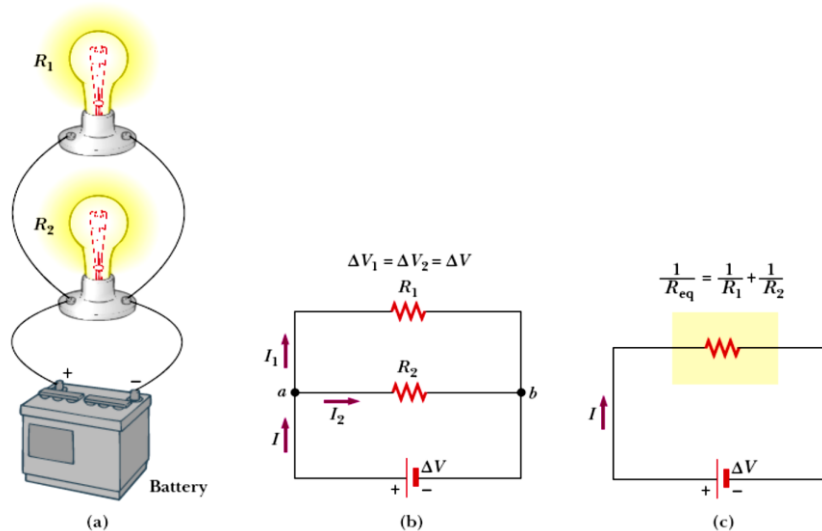
Persamaan disubstitusikan ke persamaan (10-22) dan (10-23) didapatkan Persamaan (10-24) berikut.

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \dots\dots(10-24)$$

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa hambatan total pengganti untuk rangkaian hambatan seri adalah jumlah keseluruhan hambatan yang terlibat dalam rangkaian tersebut.

2) Rangkaian Listrik Paralel

Rangkaian Paralel adalah salah satu rangkaian listrik yang disusun secara berderet (paralel) seperti pada Gambar 10.12. Lampu yang dipasang di rumah umumnya merupakan rangkaian paralel. Rangkaian listrik paralel adalah suatu rangkaian listrik, di mana semua input komponen berasal dari sumber yang sama. Semua komponen satu sama lain tersusun paralel. Karena susunan yang demikian memerlukan jumlah kabel yang cukup banyak sehingga membutuhkan biaya yang cukup mahal. Selain kelemahan tersebut susunan paralel memiliki kelebihan tertentu dibandingkan susunan seri. Adapun kelebihanannya adalah jika salah satu komponen dicabut atau rusak, maka komponen yang lain tetap berfungsi sebagaimana mestinya.



Gambar 10.12 (a) Rangkaian paralel dari dua bola lampu dengan resistansi R_1 dan R_2 . (b) Diagram rangkaian untuk rangkaian dua hambatan. (c) hambatan diganti dengan satu hambatan ekuivalen. (Sumber: Serwett & Jerweay, 2007)

Bagaimana dengan sifat kuat arus yang lewat ke semua cabang? (hukum 1 Kirchhoff). Aliran muatan dapat diibaratkan dengan aliran air dari tempat tinggi ke tempat yang lebih rendah. Jika ada percabangan pada suatu titik maka aliran air itu akan terbagi. Besar aliran itu akan disesuaikan dengan hambatan yang ada pada setiap cabang. Yang terpenting pada pembagian itu adalah jumlah air yang terbagi harus sama dengan jumlah bagian-bagiannya.

Sifat aliran air ini dapat menjelaskan bahwa kuat arus yang terbagi pada percabangan I harus sama dengan jumlah kuat arus setiap cabang seperti pada Persamaan 10-25).

$$I = I_1 + I_2 \dots \dots \dots (10-25)$$

Sesuai hukum Ohm maka kuat arus setiap cabang berbanding terbalik dengan hambatannya dengan nilai tegangan yang sama untuk tiap-tiap hambatan.

$$I_1 = \frac{V}{R_1}, \text{ dan } I_2 = \frac{V}{R_2} \dots \dots \dots (10-26)$$

Hambatan pengganti susunan paralel (R_p) akan menarik arus (I) dari sumber yang besarnya sama dengan arus total ketiga hambatan paralel tersebut. Arus yang mengalir pada hambatan pengganti harus memenuhi:

$$I = \frac{V}{R_p} \dots \dots \dots (10-27)$$

Substitusi persamaan (10-25) dan (10-26) ke dalam persamaan (10-27) akan diperoleh:

$$\begin{aligned} I &= I_1 + I_2 + I_3 \\ \frac{V}{R_p} &= \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} \end{aligned}$$

Jika kita bagi setiap ruas dengan V , didapatkan nilai hambatan pengganti (R_p) rangkaian paralel pada Persamaan (10-28).

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots \dots \dots (10-28)$$

e. Energi dan Daya Listrik

1) Usaha/energi listrik

Jika kita membahas tentang listrik maka tidak bisa lepas dari sumber arus. Misalnya baterai, akumulator atau generator (PLN). Sumber arus itu sering juga disebut sumber tegangan dan sebenarnya merupakan sumber energi. Energinya adalah energi listrik. Energi listrik adalah energi yang mampu menggerakkan muatan-muatan listrik pada suatu beda potensial tertentu.

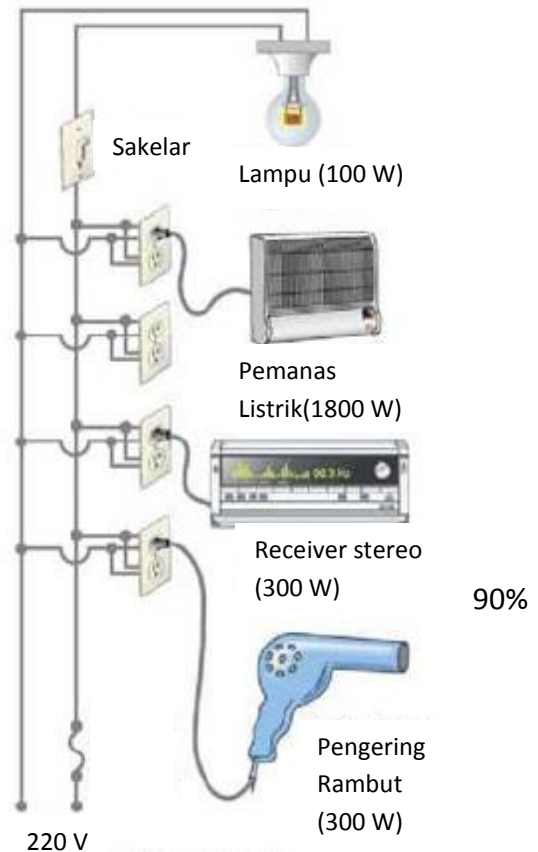
Energi listrik berguna untuk kita karena dapat diubah menjadi bentuk energi lain. (Lihat Gambar 10.13) Pada alat-alat listrik seperti pemanas listrik, kompor listrik, dan pengering rambut, energi listrik diubah menjadi energi panas pada hambatan kawat yang dikenal dengan nama “elemen pemanas”. Kemudian, pada banyak lampu, filamen kawat yang kecil menjadi sedemikian panas sehingga bersinar. Hanya beberapa persen energi listrik yang diubah menjadi cahaya tampak, dan sisanya lebih dari menjadi energi panas.

Energi listrik dapat diubah menjadi energi panas atau cahaya pada alat-alat listrik tersebut, karena arus biasanya agak besar, dan terjadi banyak tumbukan antara elektron dan atom pada kawat. Pada setiap tumbukan, terjadi transfer energi dari elektron ke atom yang ditumbuknya, sehingga energi kinetik atom bertambah dan menyebabkan suhu elemen kawat semakin tinggi.

Usaha listrik (dalam joule) yang dibutuhkan untuk mengalirkan suatu muatan q (dalam coulomb) melewati suatu penghantar beda potensial V (dalam volt) ditentukan melalui Persamaan (10-29).

$$W = qV \dots\dots\dots(10-29)$$

Jika q dan V diberi tanda yang sesuai (sebagai contoh, potensial naik sebagai positif, dan potensial turun sebagai negatif), usaha akan memiliki tanda yang tepat. Jadi untuk mengalirkan muatan positif melewati kenaikan potensial, sejumlah usaha positif harus dilakukan terhadap muatan tersebut.



Gambar 10.13 Peralatan listrik (Sumber: Giancoli, 2009)

Pada persamaan (10-9) kalian dapat mengetahui hubungan q dengan kuat arus I yaitu $q = I t$. Dengan substitusi nilai q ini diperoleh persamaan energi listrik seperti Persamaan (10.30).

$$W = V I t \quad \dots\dots\dots(10.30)$$

dengan : W = energi listrik yang diserap hambatan (joule)
 V = beda potensial ujung-ujung hambatan (volt)
 I = kuat arus yang mengalir pada hambatan (A)
 t = waktu aliran (s)

Persamaan tersebut dikaitkan dengan hukum Ohm substitusikan $V = IR$ pada persamaan (10-30) atau substitusikan $I = V/R$, Hasilnya dapat dituliskan seperti Persamaan (10-31).

$$W = I^2 R t$$

$$W = \frac{V^2}{R} t \quad \dots\dots\dots(10-31)$$

2) Daya listrik (P)

Daya listrik dalam watt, yang dihasilkan oleh sebuah sumber energi saat mengalirkan muatan q (dalam coulomb) melewati kenaikan potensial V (dalam volt) dalam waktu t (dalam detik) adalah sebagai berikut.

$$\text{Daya yang diselesaikan} = \frac{\text{kerja}}{\text{waktu}}$$

$$P = \frac{Vq}{t}$$

Karena $q/t = I$, persamaan ini dapat ditulis kembali sebagai sesuai Persamaan (10-32).

$$P = VI \quad \dots\dots\dots(10-32)$$

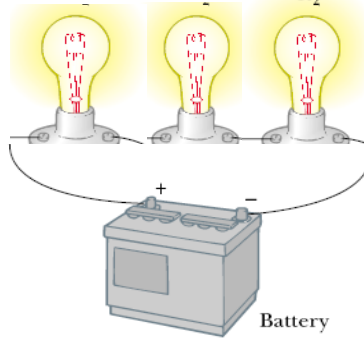
Dimana I dalam Ampere.

Daya yang hilang dalam resistor ditentukan dengan mengganti V pada VI dengan IR , atau mengganti I pada VI dengan V/R , untuk memperoleh Persamaan (10-33).

$$P = VI = \frac{V^2}{R} = I^2 R \quad \dots\dots\dots(10-33)$$

Contoh Soal

Tiga hambatan $R_1 = 20 \Omega$, $R_2 = 30 \Omega$ dan $R_3 = 50 \Omega$ dirangkai seri dan dihubungkan pada beda potensial 4,5 volt seperti pada *Gambar berikut*. Tentukan (a) hambatan pengganti dan (b) beda potensial ujung-ujung hambatan R_2 !

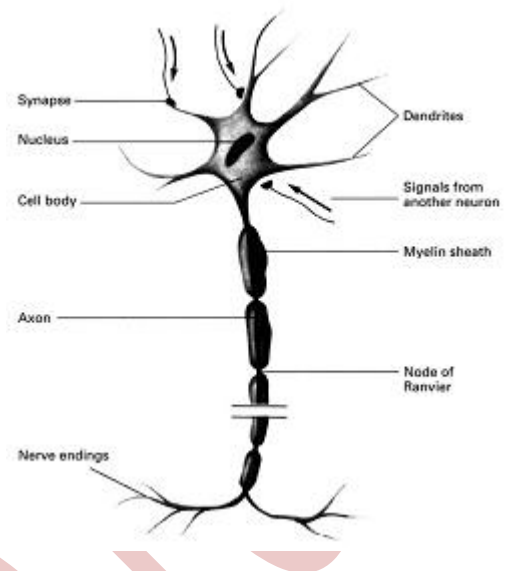


3. Listrik dan Tubuh

a. Mekanisme impuls saraf

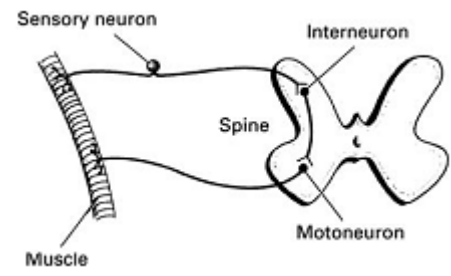
Hal yang luar biasa terkait dengan fenomena listrik dalam kehidupan makhluk hidup ditemui pada sistem saraf. Sel khusus yang disebut neuron membentuk jaringan yang kompleks dalam tubuh yang menerima, memproses, dan menghantarkan informasi dari satu bagian tubuh ke bagian tubuh yang lain. Pusat dari jaringan ini berlokasi di otak yang memiliki kemampuan menyimpan dan menganalisis informasi. Neuron menghantarkan pesan dengan sangat cepat melalui serangkaian perubahan listrik yang disebut impuls saraf atau potensial aksi akibat adanya beda potensial di dalam dan di luar membran sel. Pesan adalah pulsa listrik yang disampaikan oleh neuron. Ketika neuron menerima stimulus, maka akan menghasilkan pulsa listrik yang menyebar sepanjang neuron tersebut seperti kabel. Kekuatan dari stimulus tergantung pada jumlah pulsa yang dihasilkan. Ketika pulsa mencapai ujung "kabel," maka pulsa tersebut mengaktifkan neuron yang lain atau sel otot.

Neuron dibagi menjadi tiga yaitu neuron sensorik, neuron mototrik, dan neuron interneuron. Neuron sensorik menerima stimulus(rangsangan) dari organ sensorik yang memonitor lingkungan dalam dan luar tubuh. Bergantung pada fungsi khususnya, neuron sensorik menyampaikan pesan tentang factor-faktor seperti, panas, cahaya, tekanan, tekanan otot, bau sampai pada pusat saraf untuk diproses. Neuron motoric membawa pesan yang mengontrol sel otot. Pesan-pesan iini didasarkan pada informasi yang disediakan oleh neuron sensorik dan oleh pusat sistem saraf berlokasi di otak. Interneuron menyampaikan informasi antara neuron.



Gambar 10.14 Neuron.
Sumber: Davidovits, Paul, 2008

Neuron terdiri dari dendrit yang menerima rangsangan dan ekor panjang yang disebut akson yang menyebarkan signal (Lihat Gambar 10.14). Rangkaian neuron sensorik-motorik dapat dilihat pada Gambar 10.15 rangsangan dari otot memproduksi impuls saraf yang berjalan menuju tulang belakang. Di sini signal disampaikan menuju neuron motorik, yang mengirimkan impuls menuju kontrol otot. Akson yang merupakan perpanjangan dari sel neuron menghasilkan impuls listrik yang meninggalkan badan sel.



Gambar 10.15 Rangkaian sederhana dari neuron
Sumber: Davidovits, Paul, 2008

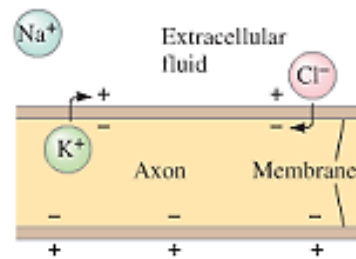
b. Potensial membran istirahat

Neuron dalam keadaan ‘istirahat’ berarti neuron sedang tidak mengantarkan impuls saraf. Akan tetapi pada keadaan ini tetap ada beda potensial. Perbedaan potensial ini ada karena adanya perbedaan muatan positif pada permukaan luar membran sel dan muatan negatif pada permukaan dalam (lapisan dipol). Ketika neuron tidak mengantarkan impuls/signal, potensial diam dinyatakan sebagai

$$V_{\text{dalam}} - V_{\text{luar}}$$

Yang bernilai -60 mV sampai -90mV (tanda negatif menandakan bahwa bagian dalam membran relative negatif dibandingkan bagian luar membran) bergantung pada jenis organismenya. Jenis ion yang umumnya terdapat dalam sel adalah K^+ , Na^+ , dan Cl^- . Terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara konsentrasi ion di dalam dan di luar sel. Karena perbedaan konsentrasi ini menyebabkan terjadi difusi. Normalnya fluida ekstraseluler mengandung 10 ion natrium untuk setiap ion kalium (lihat Tabel 10.1). Di dalam sel, perbandingan ion tersebut terbalik, ion kalium lebih banyak.

Membran sel neuron relative tidak permeable terhadap natrium tetapi lebih permeable terhadap kalium. Jadi terjadi aliran natrium ke dalam sel yang lambat dan aliran kalium ke luar sel secara difusi. Pompa natrium/kalium mentranspor



tiga ion natrium ke luar sel dan dua ion kalium ke dalam sel yang membutuhkan energi dalam bentuk ATP. Akan tetapi ion kalium yang dipompa akan berdifusi kembali keluar. Ion

Gambar 10.16 Keadaan ion-ion dalam sel membran.
Sumber: Giancoli, 2009

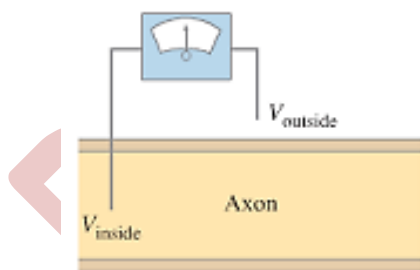
Cl^- cenderung berdifusi ke dalam sel karena konsentrasinya di luar sel lebih besar (lihat Gambar 10.16). Efek resultan dari proses-proses ini adalah bagian luar membran akson menjadi lebih positif dan bagian dalam akson menjadi negatif. Keseimbangan dicapai ketika kecenderungan berdifusi karena perbedaan konsentrasi diimbangi oleh beda potensial melintasi membran. Semakin besar perbedaan konsentrasi, semakin besar beda potensial yang melintasi membran.

Tabel 10.1 Konsentrasi Ion di dalam dan di luar Akson yang Umum.

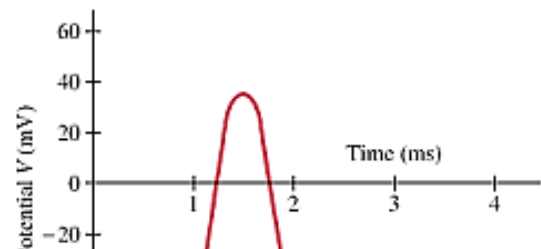
Jenis Ion	Konsentrasi di dalam akson (mol/m^3)	Konsentrasi di luar akson (mol/m^3)
K^+	140	5
Na^+	15	140
Cl^-	9	125

c. Potensial aksi

Aspek penting dari neuron bukan potensial diam yang ia miliki tetapi kemampuan bereaksi menghadapi stimulus/rangsangan dan menghantar signal listrik sepanjang badannya. Sebuah saraf dapat dirangsang dengan berbagai cara misalnya rangsangan thermal ketika Anda menyentuh kompor/benda panas, ransangan kimiawi misalnya cita rasa pada makanan, rangsangan berupa tekanan misalnya sakit pada gendang telinga ketika berada pada ketinggian, atau rangsangan berupa cahaya yang dialami oleh mata akibat melihat cahaya yang menyilaukan, dan banyak rangsangan lainnya. Jika rangsangan melampaui nilai ambang tertentu, suatu impuls/pulsa voltase akan merambat sepanjang akson. Hal tersebut dapat dideteksi dengan menggunakan voltmeter untuk mengukur besar potensial dan osiloskop untuk melihat grafik potensial yang terbentuk (lihat Gambar 10.17). Akibat adanya rangsangan, nilai potensial istirahat yang awalnya berkisar antara -60mV sampai -90mV akan berubah menjadi positif dengan nilai berkisar $+40\text{mV}$ dengan singkat seperti ditunjukkan pada Gambar 10.18 potensial aksi akan bertahan sampai 1 ms dan merambat sepanjang akson dengan laju 30 m/s sampai 150 m/s . Pembalikan potensial membran ini disebut potensial aksi dan akan menghasilkan transmisi impuls.



Gambar 10.17 Mengukur Perbedaan potensial di antara bagian dalam dan luar sel saraf/neuron



Gambar 10.18 Propagasi potensial aksi di sepanjang membran aksi.
Sumber: Giancoli, 2009

Kunci perubahan polaritas adalah

perubahan permeabilitas membran saat diberikan rangsangan. Potensial aksi dipicu oleh terbukanya kanal ion natrium secara singkat. Ion-ion Na^+ berhambur ke dalam sel dan

permukaan dalam dinding menjadi positif dan beda potensial secara cepat berubah menjadi positif.

Segera setelah depolarisasi, kanal natrium menutup dan kanal kalium/klorin terbuka. Difusi ion Cl^- dan K^+ kembali menonjol dan pada saat yang sama pompa natrium/kalium mengeluarkan ion natrium dari neuron. Hal ini mengakibatkan bagian sel menjadi relative kurang positif atau lebih negatif atau kembali ke potensial istirahat. Jadi potensial istirahat ditentukan oleh ion kalium tetapi potensial aksi ditentukan terutama oleh ion natrium.

CONTOH SOAL

Berapa besar medan listrik yang melewati membran axon dengan ketebalan $1,0 \times 10^{-8}$ m jika potensial istirahat adalah -70 mV?

B. KEMAGNETAN

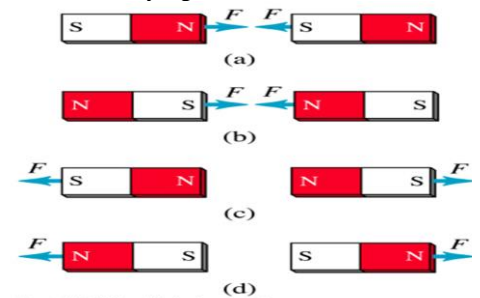
Anda mungkin telah mengamati magnet menarik klip kertas, paku dan benda-benda lainnya yang terbuat dari besi, seperti pada Gambar 10.19 Setiap magnet, baik dalam bentuk batang maupun bentuk lain, memiliki dua ujung kutub, dimana efek magnetiknya paling kuat. Jika magnet diikat pada sebuah tali dan digantungkan maka akan terlihat satu kutub selalu menunjuk ke arah ke utara. Kutub magnet yang tergantung bebas yang mengarah utara geografis disebut kutub utara magnet, kutub lainnya mengarah menuju selatan dan disebut kutub utara selatan.

Ketika dua magnet didekatkan satu sama lain seperti pada Gambar 10.20, masing-masing akan memberikan gaya kepada yang lain, gaya ini dapat berupa gaya menarik atau



www.informart.com

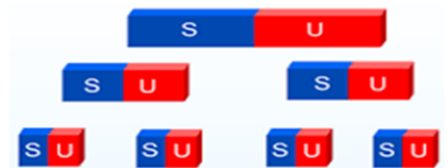
Gambar 10.19: sebuah magnet menarik bola-bola yang terbuat dari besi



Copyright © Addison Wesley Longman, Inc.

www.tinanantsou.blogspot.com

Gambar 10.20: kutub berbeda dari dua magnet saling menarik; kutub sejenis saling menolak.

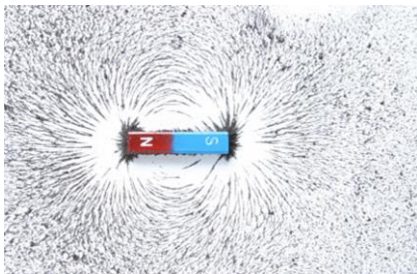


www.rahmayantinabila.wordpress.com

Gambar 10.21: jika anda membagi sebuah magnet, anda tidak akan mendapatkan kutub utara dan kutub selatan yang terisolasi; melainkan dua buah magnet baru yang dihasilkan, masing-masing dengan sebuah kutub utara dan kutub selatan

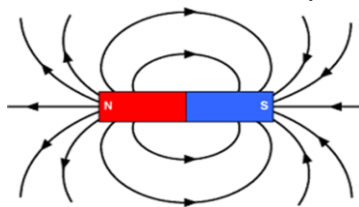
gaya menolak dan dapat dirasakan ketika magnet tidak bersentuhan. Jika kutub yang sejenis didekatkan maka dapat dirasakan bahwa magnet tersebut sangat susah untuk di satukan, sehingga semakin besar gaya yang diberikan untuk menyatuhkan kedua magnet maka kedua magnet akan memberikan gaya yang lebih besar untuk memisahkan diri. Namun jika kutub-kutub yang tidak sejenis didekatkan maka kita dapat rasakan kedua magnet tersebut memberikan gaya tarik menarik satu sama lain, sehingga kita tidak membutuhkan gaya yang besar untuk menyatuhkan kedua magnet tersebut.

Sementara jika sebuah magnet dipotong, maka setiap potongan tersebut akan tetap memiliki dua kutub dan menjadi sebuah magnet yang baru, seperti pada gambar 3, keadaan sebuah kutub yang terisolasi atau monopoli magnetik (kutub-kutub selalu muncul berpasangan), telah lama fisikawan berusaha mencari satu kutub magnet terisolasi (monopole), tetapi tidak pernah ada magnet monopoli yang diamati.



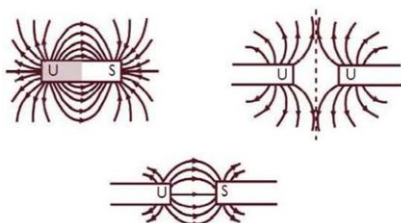
<http://physicsworld.com>

Gambar 10.22 : Batang magnet menarik serbuk besi di sekitarnya



www.modulfisika.blogspot.co.id/

Gambar 10.23: pola garis gaya magnetik yang selalu mengarah keluar dari utara ke selatan.



www.berpendidikan.com

Gambar 10.24: pola garis gaya magnetik oleh satu dan dua buah

Magnet dapat menarik benda-benda yang berbahan magnetik atau bahan yang secara mudah untuk di magnetkan memiliki permeabilitas yang tinggi. Ukuran permeabilitas untuk bahan yang berbeda dibandingkan dengan permeabilitas udara/vakum disebut permeabilitas relatif.

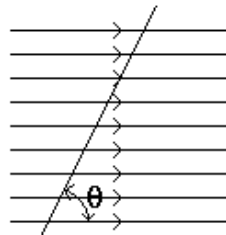
Benda yang tergolong benda magnetik yang memiliki permeabilitas relatif (μ) tinggi dan sangat mudah untuk ditarik oleh magnet diantaranya adalah besi, nikel dan kobalt, biasa dikatakan sebagai bahan *feromagnetik*. Untuk bahan yang tidak dapat ditarik kuat oleh magnet (tarikannya sangat lemah) atau memiliki permeabilitas lebih besar dibandingkan dengan feromagnetik, disebut juga dengan bahan *paramagnetik*. Sedangkan bahan yang tidak dapat sama sekali ditarik oleh magnet atau memiliki

pereabilitas yang lebih rendah dibandingkan kedua bahan diatas, disebut bahan *diamagnetik*. Nilai permeabilitas udara atau vakum ialah $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m (Henry/meter), sehingga untuk nilai permeabilitas bahan-bahan magnetik sama dengan $\mu = \mu_r \mu_0$.

Ruang disekitar suatu magnet dimana benda lain yang mudah dipengaruhi magnet akan mengalami gaya magnetik jika diletakkan dalam ruang tersebut didefinisikan sebagai **medan magnet** atau dapat dikatakan juga sebagai **fluks magnetik**. Hal ini dapat dibuktikan dengan menaburi serbuk besi pada magnet, maka serbuk besi akan ditarik oleh kutub magnet dan membentuk pola garis, disebut garis gaya magnet, seperti terlihat pada Gambar 10.22, Simbol untuk fluks magnetik ialah huruf Yunani, phi (Φ) dengan satuannya adalah weber per meter persegi (Wb/m^2) atau tesla (T) atau 10^4 Gauss (G). Persamaan untuk fluks magnetik yaitu: $\phi = B \cdot A$ (dimana A adalah luas permukaan dalam m^2 , dan B adalah kuat medan magnet). Kuat medan magnet (H), di suatu titik sebanding dengan rapat garis-garis gaya dan berbanding terbalik dengan permeabilitasnya.

$$H = \frac{B}{\mu}$$

$$B = \mu H = \mu_r \mu_0 \cdot H$$



Bila rapat garis-garis gaya dalam medan yang serba sama B, maka banyaknya garis-garis gaya/ fluks magnetik (ϕ) yang menembus bidang seluar A m^2 dan mengapit sudut θ dengan kuat medan adalah :

$$\phi = B.A \sin \theta$$

Ada tiga aturan dalam garis-garis medan magnet, yaitu: (1) garis-garis medan magnet tidak pernah saling berpotongan (bersilangan), seperti pada gambar 10.23; (2) garis-garis medan magnet selalu keluar dari kutub utara dan masuk ke kutub selatan serta membentuk kurva tertutup, seperti pada Gambar 10.24; (3) jika garis-garis medan magnet pada suatu

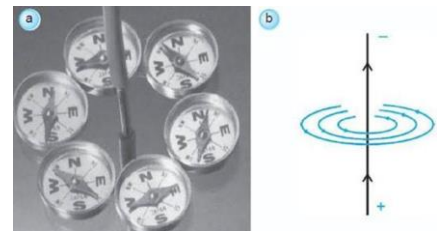
tempat rapat, maka medan magnet pada tempat tersebut kuat, sebaliknya jika garis-garis medan magnet pada suatu tempat renggang, maka medan magnet pada tempat tersebut lemah.

Bumi sendiri adalah sebuah magnet. Kutub geografis utaranya dekat ke kutub selatan magnet, dan inilah yang menyebabkan mengapa kutub utara sebuah jarum kompas menunjuk ke utara.

Sumbu magnet bumi tidak persis paralel dengan sumbu geografisnya (sumbu rotasi), sehingga sebuah pembacaan kompas agak menyimpang dari arah utara geografis. Penyimpangan ini, yang berubah dengan tempat, dinamakan *deklinasi magnetik (magnetic declination)* atau *variasi magnetik (magnetic variation)*. Di Amerika hal ini bervariasi dari 0° sampai 20° , tergantung lokasi. Sedangkan sudut yang dibentuk medan magnetik bumi dengan horizontal pada setiap titik disebut sebagai *inklinasi*. Besarnya adalah 67° di New York dan 55° di Miami.

1. Induksi Elektromagnetik

Arus listrik merupakan sumber lain untuk medan magnet, fenomena ini pertama kali ditemukan oleh Hans Christian Oersted (1777-1851), sebuah penemuan penting yang menyatakan bahwa arus listrik menghasilkan efek magnetik atau medan magnet, seperti pada Gambar 10.25, menunjukkan kompas yang menyimpang menandakan adanya medan magnet disekitar arus. Magnet yang dihasilkan oleh arus listrik disebut dengan elektromagnetik. Medan magnetik yang dihasilkan oleh elektromagnetik mempunyai arah. Untuk menentukan arah medan magnetik maka dapat digunakan aturan tangan kanan seperti pada Gambar 10.26, yaitu ibu jari menunjukkan arah arus listrik (I),



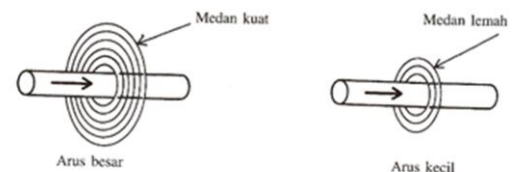
artikelmagnet.blogspot.com

Gambar 10.25: arah jarum kompas pada sebuah kawat berarus



artikelmagnet.blogspot.com

Gambar 10.26: aturan tangan kanan pada arus dan medan magnet



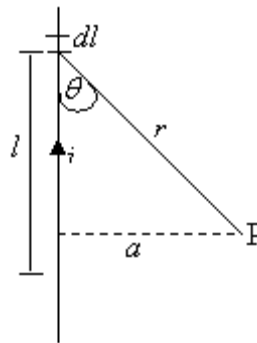
artikelmagnet.blogspot.com

Gambar 10.27: kekuatan medan magnet tergantung pada kekuatan magnet

sedangkan arah lipatan jari menunjukkan arah medan magnet (B).

Arus yang mengalir melalui potongan kawat yang menghasilkan cincin-cincin kosentris (lingkaran tertutup) yang berupa garis-garis gaya magnet yang mengelilingi kawat, dan kekuatan medan magnet sebanding dengan kuat arus yang diberikan, seperti pada Gambar 10.27. Lintasan lingkaran tersebut dibagi menjadi elemen panjang Δl .

Untuk menentukan besar induksi magnetik yang ditimbulkan oleh kawat berarus listrik, kita misalkan sebuah kawat konduktor dialiri arus I . Perhatikan Gambar 10.28 Pilih elemen kecil kawat t yang memiliki panjang dl . Arah dl sama dengan arah arus.



Gambar 10.28 Sepotong kawat dialiri arus

Elemen kawat dapat dinyatakan dalam notasi vector \vec{dl} . Misalkan anda ingin menentukan medan magnet pada posisi P dengan vector posisi \vec{r} terhadap elemen kawat.

Secara vektor, induksi magnetik B yang diakibatkan oleh elemen

Kuat medan magnet di titik P yang dihasilkan oleh elemen \vec{dl} saja diberikan oleh hukum Biot-Savart.

$$\vec{dB} = \frac{\mu_0}{4\pi} I \frac{\vec{dl} \times \vec{r}}{r^2}$$

dengan μ_0 = permeabilitas magnetik ruang hampa = $4\pi \times 10^{-7}$ T m/A

Kuat medan magnet total di titik P yang dihasilkan oleh kawat diperoleh dengan mengintegrasikan rumus di atas.

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} I \int \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^2}$$

Penyelesaian integral persamaan di atas sangat bergantung pada bentuk kawat. Besar perkalian silang vektor menghasilkan sinus ϑ . Dengan demikian, persamaan besar induksi magnetic di sekitar kawat berarus adalah:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{I dl \sin \theta}{r^2}$$

dengan ϑ sudut apit antara elemen arus $i dl$ dengan vektor posisi r .

Untuk kawat yang sangat panjang, nilai batasnya ditentukan yaitu: batas bawah adalah $l \rightarrow -\infty$ dan batas atas adalah $l \rightarrow +\infty$. Batas-batas $\vartheta \rightarrow \pi$ dan $\vartheta \rightarrow 0$, Berdasarkan

Gambar 4.2.5, $\sin \vartheta = a/r$, $r = \frac{a}{\sin \vartheta} = a \operatorname{cosec} \vartheta$, $\cot \vartheta = l/a$, $l = a \cot \vartheta$, $dl = -a \operatorname{cosec}^2 \vartheta d\vartheta$.

Dengan demikian, persamaan 4.2.5, dapat dituliskan:

$$B = -\frac{\mu_0 I}{4\pi a} \int_{\pi}^0 \sin \vartheta d\vartheta = -\frac{\mu_0 I}{4\pi a} [-\cos \vartheta]_{\pi}^0 = -\frac{\mu_0 I}{4\pi a} [-1 + (-1)]$$

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

Dengan B = induksi magnetik di titik yang diamati.

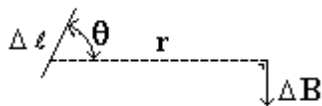
I = kuat arus listrik

a = jarak titik dari kawat

2. Hukum Biot Savart

Definisi : Besar induksi magnetik di satu titik di sekitar elemen arus, sebanding dengan panjang elemen arus, besar kuat arus, sinus sudut yang diapit arah arus dengan jaraknya sampai titik tersebut dan berbanding terbalik dengan kwadrat jaraknya.

$$\Delta B = k \cdot \frac{I \cdot \Delta l \cdot \sin \theta}{r^2}$$



k adalah tetapan, di dalam sistem Internasional

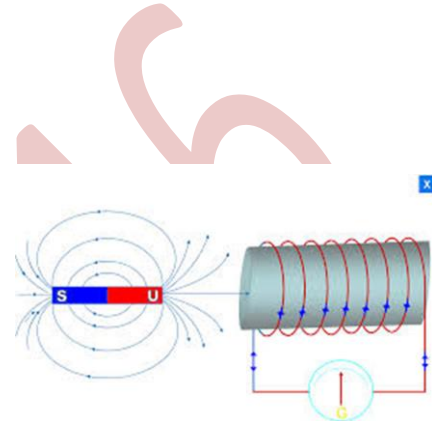
$$k = \frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7} \frac{\text{Weber}}{\text{A.m}}$$

Vektor B tegak lurus pada I dan r, arahnya dapat ditentukan dengan tangan kanan. Jika I sangat kecil, dapat diganti dengan dl.

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I \cdot \Delta \ell \sin \theta}{r^2} \quad (\text{Persamaan ini disebut } \textit{Hukum Ampere}).$$

3. Induksi Magnetik Di Pusat dan di Ujung Solenoida

Magnet yang bergerak melewati kumparan, akan menimbulkan arus listrik, jika magnet timbul disekitar arus listrik maka sebaliknya arus listrik dapat ditimbulkan oleh gaya magnet. Michael Faraday menunjukkan bahwa dengan mengerak-gerakan magnet dalam kumparan maka akan menghasilkan arus listrik. Arus listrik yang timbul dari hasil gerakan magnet ini disebut arus induksi. Arah arus induksi adalah bolak balik.



www.wekasyah88.blogspot.com

Gambar 10.29: magnet akan bergerak masuk kumparan

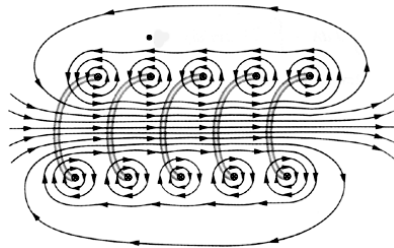
Percobaan Faraday menunjukkan bila jumlah garis gaya magnet yang masuk dalam kumparan berubah, maka pada ujung-ujung kumparan timbul gaya gerak listrik (GGL). Gaya gerak listrik tersebut disebut GGL induksi. Gaya gerak listrik induksi adalah timbulnya gaya gerak listrik di dalam kumparan yang mencakup sejumlah fluks garis gaya medan magnetik, bilamana banyaknya fluks garis gaya itu divariasasi.

Makin cepat perubahan garis gaya magnet masuk dalam kumparan, makin besar GGL induksi yang timbul. Makin banyak lilitan kawat pada kumparan, makin besar GGL induksi yang timbul. Jumlah garis gaya magnet yang masuk dalam kumparan dapat berubah dengan cara sebagai berikut.

1. Mengerakkan magnet batang keluar masuk kumparan.
2. Memutar magnet dekat kumparan.

3. Mendekatkan kumparan pada kutub magnet.
4. Memutus-mutus arus primer untuk menginduksi arus sekunder pada kumparan lain.

Gejala timbulnya gaya gerak listrik di dalam suatu kumparan/konduktor bila terdapat perubahan fluks magnetik pada konduktor tersebut atau bila konduktor bergerak relatif melintasi medan magnetik disebut **Induksi Elektromagnetik**.



www.unitedscience.wordpress.com

Gambar 10.30 pola garis gaya magnetik yang terjadi pada kumparan berarus listrik

Solenoida adalah suatu lilitan kawat penghantar yang panjang atau kumparan rapat yang menyerupai lilitan pegas, seperti yang ditunjukkan pada di atas. Kumparan penghantar yang berarus listrik akan menghasilkan garis medan magnetik dengan pola sama dengan yang dihasilkan oleh magnet batang. Jika panjang solenoida (ℓ) dan terdiri atas N buah lilitan, jumlah lilitan untuk setiap satuan panjang me

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)

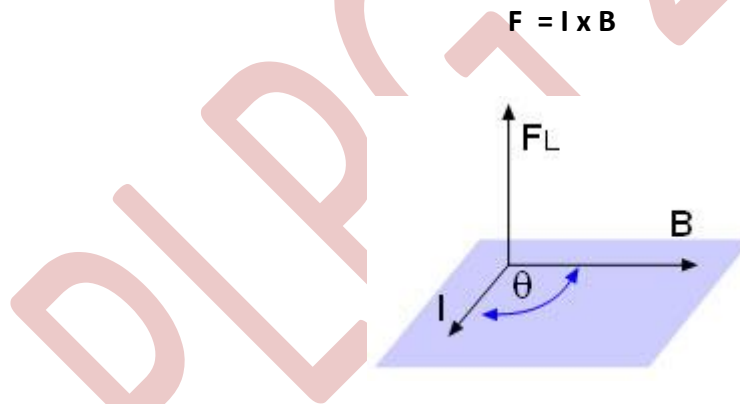
N = banyaknya lilitan

n = banyaknya lilitan persatuan panjang (N/l)

GAYA LORENTZ

Jika arus listrik mengalir dari A ke B ternyata pita dari aluminium foil melengkung ke atas, ini berarti ada sesuatu gaya yang berarah keatas akibat adanya medan magnet homogen dari utara ke selatan. Gaya ini selanjutnya disebut sebagai gaya magnetic atau *gaya Lorentz*. Jika arus listrik dibalik sehingga mengalir dari B ke A, ternyata pita dari aluminium foil melengkung ke bawah. Jika arus listrik diperbesar maka aluminium foil akan melengkung lebih besar. Ini berarti besar dan arah gaya Lorentz tergantung besar dan arah arus listrik.

Karena gaya Lorentz (F_L), arus listrik (I) dan medan magnet (B) adalah besaran vector maka peninjauan secara matematik besar dan arah gaya Lorentz ini hasil perkalian vector (cross-product) dari I dan B .



Besarnya gaya Lorentz dapat dihitung dengan rumus:

$$F_L = I \cdot B \sin \theta \text{ (berlaku untuk panjang kawat 1 meter)}$$

Perhitungan diatas adalah gaya Lorentz yang mempengaruhi kawat tiap satuan panjang. Jadi jika panjang kawat = l , maka besar gaya Lorentz dapat dihitung dengan rumus :

$$F = I \cdot l \cdot B \cdot \sin \theta$$

Keterangan:

F = gaya Lorentz dalam newton (N)

I = kuat arus listrik dalam ampere (A)

l = panjang kawat dalam meter (m)

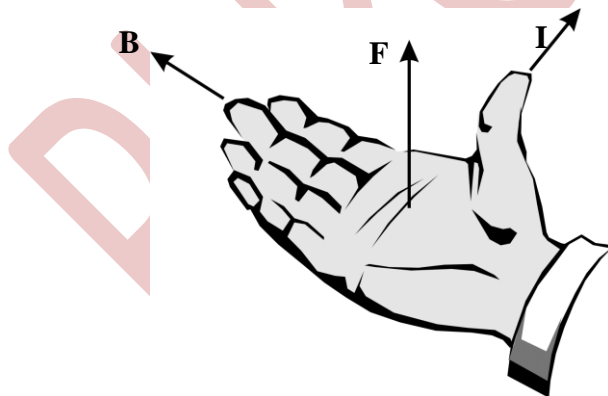
B = kuat medan magnet dalam Wb/m^2 atau tesla (T)

θ = sudut antara arah I dan B

Dari rumus di atas ternyata jika besar sudut θ adalah :

- $\theta = 90^\circ$, arah arus listrik dan medan magnet (I dan B) saling tegak lurus maka F mencapai maksimum
- $\theta = 0^\circ$, arah arus listrik dan medan magnet (I dan B) saling sejajar maka $F = 0$ atau kawat tidak dipengaruhi gaya Lorentz

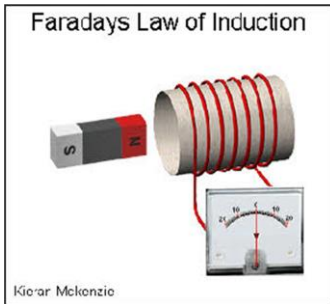
Dalam menentukan arah gaya magnetik yang dialami kawat berarus listrik di dalam medan magnetik dapat digunakan kaidah tangan kanan berikut ini. *Jika telapak tangan kanan dibuka sedemikian sehingga keempat jari yang dirapatkan menunjuk arah medan magnetik B dan ibu jari menunjuk ke arah arus listrik, arah dorong telapak tangan menunjukkan arah gaya magnetik F yang dialami oleh kawat berarus* (perhatikan **Gambar dibawah ini**).



Jadi, arah gaya magnetik dengan kaidah tangan kanan menunjukkan:

- a. ibu jari sebagai arah arus (I);
- b. arah gaya magnetik keluar dari telapak tangan (F);
- c. sudut ! adalah sudut yang dibentuk oleh ibu jari (I) dengan jari yang lain

4. Hukum Faraday



www.semi-yanto.blogspot.com

Gambar 10.31: sebuah magnet yang akan bergerak masuk pada suatu kumparan yang telah disambungkan dengan galvanometer

Konsep gaya gerak listrik pertama kali dikemukakan oleh Michael Faraday, yang melakukan penelitian untuk menentukan faktor yang memengaruhi besarnya ggl yang diinduksi. Dia menemukan bahwa induksi sangat bergantung pada waktu, yaitu semakin cepat terjadinya perubahan medan magnetik, ggl yang diinduksi semakin besar. Di sisi lain, ggl tidak sebanding dengan laju perubahan medan magnetik B , tetapi sebanding dengan laju perubahan fluks magnetik, Φ_B , seperti pada tampak pada gambar

- Pada saat magnet digerakkan (keluar- masuk) dalam kumparan jarum pada galvanometer menyimpang.
- Penyimpangan jarum galvanometer menunjukkan bahwa di dalam kumparan mengalir arus listrik. Arus listrik seperti ini disebut arus induksi.
- Arus listrik timbul karena pada ujung-ujung kumparan timbul beda potensial. Beda potensial ini disebut gaya gerak listrik induksi (ggl induksi).
- Timbulnya ggl induksi pada ujung-ujung kumparan disebabkan karena adanya perubahan garis gaya magnetik yang memotong kumparan.

sehingga Faraday menyatakan bahwa :

"Apabila terjadi perubahan fluks dalam suatu solenoida maka akan dihasilkan gaya gerak listrik yang sebanding dengan laju perubahan fluks". dan dinyatakan dengan persamaan:

$$\epsilon_{ind} = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

dengan;

N = jumlah lilitan

$\frac{\Delta \phi}{\Delta t}$ = laju perubahan fluks magnetik (wb/s)

dengan:

ϵ = ggl induksi (volt)

N = banyaknya lilitan kumparan

$\Delta\Phi_B$ = perubahan fluks magnetik (weber)

Δt = selang waktu (s)

Tanda negatif pada persamaan diatas sesuai dengan *Hukum Lenz*. Dengan bahasa yang sederhana hukum Lenz dirumuskan: *Ggl Induksi selalu membangkitkan arus yang medan magnetiknya berlawanan dengan sumber perubahan fluks magnetik.*

5. Hukum Lenz

Hukum Faraday hanya menunjukkan besarnya GGL induksi pada kumparan, dan belum dapat menunjukkan arah arus induksi dalam kumparan.

Hukum Lenz berbunyi : *“Arus induksi mengalir pada penghantar atau kumparan dengan arah berlawanan dengan gerakan yang menghasilkannya” atau “medan magnet yang ditimbulkannya melawan perubahan fluks magnet yang menimbulkannya”.*

- Jika kutub U magnet batang di dekatkan kumparan AB, maka akan terjadi penambahan garis gaya magnet arah BA yang dilingkupi kumparan.
- Sesuai dengan hukum Lenz, maka akan timbul garis gaya magnet baru arah AB untuk menentang penambahan garis gaya magnet tersebut.
- Garis gaya magnet baru arah AB ditimbulkan oleh arus induksi pada kumparan.
- Jika kutub U magnet batang dijauhkan, maka akan terjadi kebalikannya.

sehingga didapat persamaan sebagai berikut :

dengan;

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{Blv}{R}$$

i = kuat arus listrik (A)

B = kuat medan magnetik (Tesla)

l = panjang kawat (m)

v = kecepatan gerak kawat (m/s)

R = Hambatan Listrik (Ω)

Penyebab utama timbulnya ggl induksi adalah terjadinya perubahan fluks magnetik yang dilingkupi oleh suatu loop kawat. Besarnya fluks magnetik telah dinyatakan pada

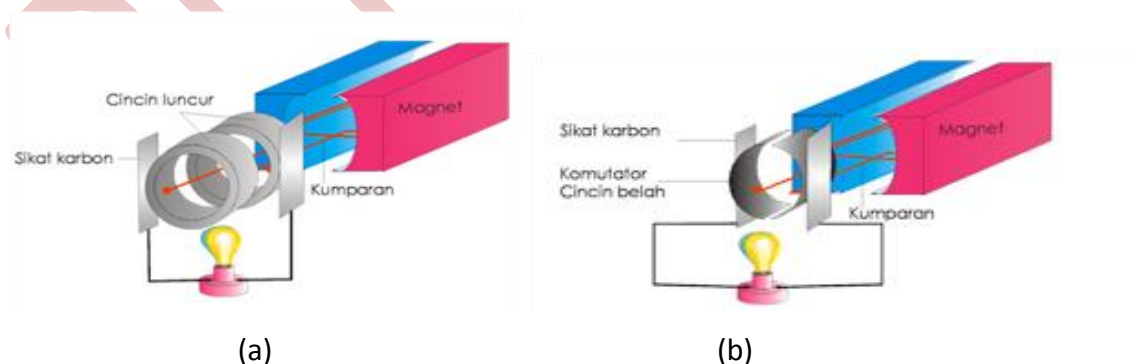
persamaan sebelumnya. Dengan demikian, ada tiga faktor penyebab timbulnya ggl pada suatu kumparan, yaitu; (a) perubahan luas bidang kumparan (A), (b) perubahan orientasi sudut kumparan θ terhadap medan, (c) perubahan induksi magnetik.

6. Aplikasi Induksi Elektromagnetik

Pada induksi elektromagnetik terjadi perubahan bentuk energi gerak menjadi energi listrik. Induksi elektromagnetik digunakan pada pembangkit energi listrik. Pembangkit energi listrik yang menerapkan induksi elektromagnetik adalah generator dan dinamo. Di dalam generator dan dinamo terdapat kumparan dan magnet. Kumparan atau magnet yang berputar menyebabkan terjadinya perubahan jumlah garis-garis gaya magnet dalam kumparan perubahan tersebut menyebabkan terjadinya GGL induksi pada kumparan. Energi mekanik yang diberikan generator dan dinamo diubah ke dalam bentuk energi gerak rotasi. Hal itu menyebabkan GGL induksi dihasilkan secara terus-menerus dengan pola yang berulang secara periodik.

Di dalam perkembangan teknologi, hukum faraday banyak digunakan untuk membuat teknologi tersebut, sehingga berguna untuk menunjang aktifitas kita. Dibawah ini beberapa aplikasi hukum faraday di dunia nyata dalam berbagai teknologi.

1. Generator
 - a. Generator AC
 - b. Generator DC



www.wekasyah88.blogspot.com

Gambar 10.33 : (a) generator AC (b) generator DC

Perbedaan antara generator arus bolak-balik dengan arus searah hanya terletak pada bentuk cincin luncur yang berhubungan dengan kedua ujung kumparan. Pada generator arus bolak-balik terdapat dua buah cincin luncur, sedangkan pada generator arus searah terdapat sebuah cincin yang terbelah di tengahnya (cincin belah atau komutator) dan arus induksinya tidak berubah.

Ggl atau arus induksi pada alternator dapat diperbesar dengan empat cara :

- 1) memakai kumparan dengan lilitan lebih banyak
- 2) memakai magnet yang lebih kuat
- 3) melilit kumparan pada inti besi lunak
- 4) memutar kumparan lebih cepat

Contoh generator arus bolak-balik :

- dinamo sepeda
- generator AC pembangkit listrik

2. Transformator

Transformator atau trafo adalah alat yang digunakan untuk merubah besar arus tegangan listrik AC. Pada prinsipnya kumparan primer di hubungkan dengan arus AC sehingga arus yang mengalir pada kumparan primer selalu berubah sehingga kutub magnet juga berubah dan selalu menginduksi kumparan sekunder, sehingga kumparan sekunder selalu mengalami perubahan garis gaya magnet dan menghasilkan listrik secara terus menerus (arus listrik sekunder).

Ada dua transformator, yaitu:

- a. Transformator step-up (transformator penaik tegangan). Dengan ciri-ciri;
 - Jumlah lilitan kumparan primer selalu lebih kecil dari jumlah lilitan kumparan sekunder, ($N_p < N_s$)
 - Tegangan primer selalu lebih kecil dari tegangan sekunder, ($V_p < V_s$)



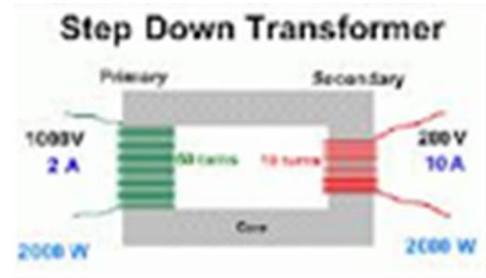
www.wekasyah88.blogspot.com

Gambar10.35 : Trafo step up

- Kuat arus primer selalu lebih besar dari kuat arus sekunder, ($I_p > I_s$)

b. Transformator step-down (transformator penurun tegangan). Dengan ciri-ciri:

- Jumlah lilitan kumparan primer selalu lebih besar dari jumlah lilitan kumparan sekunder, ($I_p > I_s$)
- Tegangan primer selalu lebih besar dari tegangan sekunder ($V_p > V_s$)
- Kuat arus primer selalu lebih kecil dari kuat arus sekunder, ($I_p < I_s$)



www.wekasyah88.blogspot.com

Gambar 10.36 : Trafo step down

Secara matematis perbandingan transformator dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

Secara teori daya primer sama dengan daya sekunder ($P_p = P_s$). Apabila tegangan primer bernilai lebih besar daripada tegangan sekunder, maka arus listrik akan bernilai lebih kecil daripada arus sekunder. Namun pada kenyataannya akan ada daya listrik yang akan hilang per waktunya. Pada setiap trafo memiliki efisiensi untuk memperkecil daya yang hilang. Semakin besar efisiensi sebuah trafo, maka semakin kecil daya yang hilang, jadi secara matematis dituliskan:

$$P_p = P_s + P_{hilang}$$

$$\eta = \frac{P_s}{P_p} \times 100\%$$

Salah satu contoh penggunaan transformator adalah pada pesawat penerima radio jenis “tabung”.

Contoh Soal

Sebuah kawat yang panjangnya 10 cm berada tegak lurus di dalam medan magnet. Jika rapat fluks magnetnya 0,2 Tesla dan arus listrik yang mengalir di dalam kawat itu 45 A, tentukan besar gaya yang dialami kawat itu.

7. Gelombang Elektromagnetik

Keberadaan gelombang elektromagnetik didasarkan pada hipotesis Maxwell “James Clark Maxwell ” dengan mengacu pada 3 fakta relasi antara listrik dan magnet yang sudah ditemukan :

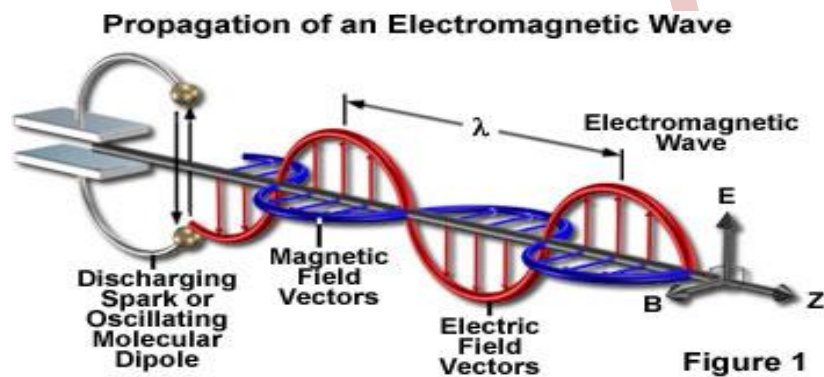
- a. Percobaan Oersted yang berhasil membuktikan : arus listrik dalam konduktor menghasilkan medan magnet disekitarnya (jarum kompas menyimpang bila di dekatkan pada kawat yang dialiri arus listrik)
- b. Percobaan Faraday yang berhasil membuktikan batang konduktor yang menghasilkan GGL induksi pada kedua ujungnya bila memotong medan magnet
- c. Percobaan Faraday yang menunjukkan perubahan fluks magnetik pada kumparan menghasilkan arus induksi dalam kumparan tersebut

Didasarkan pada penemuan Faraday “Perubahan Fluks magnetik dapat menimbulkan medan listrik” dan arus pergeseran yang sudah dihipotesakan Maxwell sebelumnya, maka Maxwell mengajukan suatu hipotesa baru : “Jika perubahan fluks magnet dapat menimbulkan medan listrik maka perubahan Fluks listrik juga harus dapat menimbulkan medan magnet” Hipotesa ini dikenal dengan sifat simetri medan listrik dengan medan magnet.

Bila Hipotesa Maxwell benar, konsekuensinya perubahan medan listrik akan mengakibatkan medan magnet yang juga berubah serta sebaliknya dan keadaan ini akan terus berulang. Medan magnet atau medan listrik yang muncul akibat perubahan medan listrik atau medan magnet sebelumnya akan bergerak (merambat) menjauhi tempat awal

kejadian. Perambatan medan listrik dan medan magnet inilah yang disebut sebagai gelombang elektromagnetik. Kebenaran Hipotesa Maxwell tentang adanya gelombang elektromagnetik pada akhirnya dibuktikan oleh “Heinrich Hertz”

Maxwell menyatakan bahwa gangguan pada gelombang elektromagnetik berupa medan listrik dan medan magnet yang selalu saling tegak lurus, dan keduanya tegak lurus terhadap arah rambatan gelombang.



<http://mardiannisa.files.wordpress.com/2015/05/skema-gelombang.jpg>

Gambar 10.37: Perambatan Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

1. Gelombang elektromagnetik dapat merambat dalam ruang tanpa medium atau dalam ruang hampa udara.
2. Gelombang Elektromagnetik merupakan gelombang transversal.
3. Gelombang Elektromagnetik tidak memiliki muatan listrik sehingga bergerak lurus dalam medan magnet maupun medan listrik.
4. Gelombang elektromagnetik dapat mengalami pemantulan (refleksi), pembiasan (refraksi), perpaduan (interferensi), pelenturan (difraksi), pengutuban (polarisasi).
5. Perubahan medan listrik dan medan magnet terjadi secara bersamaan, sehingga medan listrik dan medan magnet sefase dan berbanding lurus.

Rumus cepat rambat gelombang elektromagnetik Maxwell:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$$

Keterangan:

c = cepat rambat gelombang elektromagnetik = $2,99792 \times 10^8$ m/s = 3×10^8 m/s

μ_0 = permeabilitas vakum = $4\pi \times 10^{-7}$ Wb A⁻¹ m⁻¹

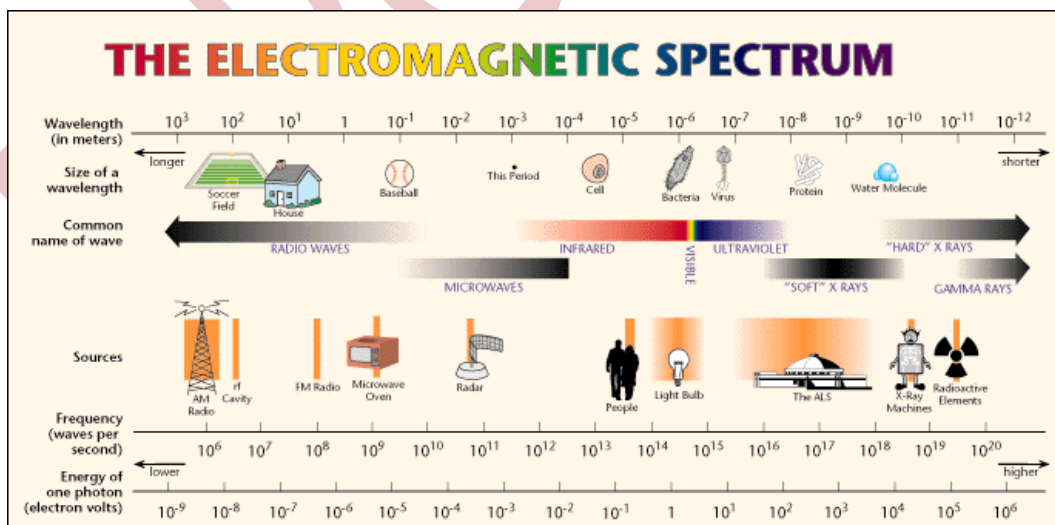
ϵ_0 = permitivitas vakum = $8,85418 \times 10^{-12}$ C²N⁻¹m⁻²

Sebagai ciri suatu gelombang, gelombang elektromagnetik juga memiliki panjang gelombang (λ), kecepatan perambatan gelombang (c) dan frekuensi (f), secara matematis dituliskan

$$c = f \cdot \lambda$$

Dimana, f adalah frekuensi dengan satuan herzt (Hz) dan λ adalah panjang gelombang dengan satuan meter (m). Karena cepat rampat gelombang elektromagnetik tidak bergantung pada medium rambat dan mempunyai nilai tetap c , maka yang berbeda pada gelombang elektromagnetik adalah f dan λ .

8. Spektrum Gelombang Elektromagnetik



www2. lbl.gov

Gambar 10.38: Spektrum Gelombang Elektromagnetik

Susunan semua bentuk gelombang elektromagnetik berdasarkan panjang gelombang dan frekuensinya disebut spektrum elektromagnetik. Gambar spektrum elektromagnetik di bawah disusun berdasarkan panjang gelombang (diukur dalam satuan μm) mencakup kisaran energi yang sangat rendah, dengan panjang gelombang tinggi dan frekuensi rendah, seperti gelombang radio sampai ke energi yang sangat tinggi, dengan panjang gelombang rendah dan frekuensi tinggi seperti radiasi X-ray dan Gamma Ray.

1. Gelombang Radio

Gelombang radio dikelompokkan menurut panjang gelombang atau frekuensinya. Jika panjang gelombang tinggi, maka pasti frekuensinya rendah atau sebaliknya. Frekuensi gelombang radio mulai dari 30 kHz ke atas dan dikelompokkan berdasarkan lebar frekuensinya. Gelombang radio dihasilkan oleh muatan-muatan listrik yang dipercepat melalui kawat-kawat penghantar. Muatan-muatan ini dibangkitkan oleh rangkaian elektronika yang disebut osilator. Gelombang radio ini dipancarkan dari antena dan diterima oleh antena pula. Kamu tidak dapat mendengar radio secara langsung, tetapi penerima radio akan mengubah terlebih dahulu energi gelombang menjadi energi bunyi.

2. Gelombang mikro

Gelombang mikro (mikrowaves) adalah gelombang radio dengan frekuensi paling tinggi yaitu diatas 3 GHz. Jika gelombang mikro diserap oleh sebuah benda, maka akan muncul efek pemanasan pada benda itu. Jika makanan menyerap radiasi gelombang mikro, maka makanan menjadi panas dalam selang waktu yang sangat singkat. Proses inilah yang dimanfaatkan dalam microwave oven untuk memasak makanan dengan cepat dan ekonomis.

Gelombang mikro juga dimanfaatkan pada pesawat RADAR (Radio Detection and Ranging) RADAR berarti mencari dan menentukan jejak sebuah benda dengan menggunakan gelombang mikro. Pesawat radar memanfaatkan sifat pemantulan gelombang mikro. Karena cepat rambat gelombang elektromagnetik $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$, maka dengan mengamati selang waktu antara pemancaran dengan penerimaan.

3. Sinar Inframerah

Sinar inframerah meliputi daerah frekuensi 10^{11} Hz sampai 10^{14} Hz atau daerah panjang gelombang 10^{-4} cm sampai 10^{-1} cm. jika kamu memeriksa spektrum yang dihasilkan oleh sebuah lampu pijar dengan detektor yang dihubungkan pada miliampermeter, maka jarum ampermeter sedikit diatas ujung spektrum merah. Sinar yang tidak dilihat tetapi dapat dideteksi di atas spektrum merah itu disebut radiasi inframerah.

Sinar infamerah dihasilkan oleh elektron dalam molekul-molekul yang bergetar karena benda dipanaskan. Jadi setiap benda panas pasti memancarkan sinar inframerah. Jumlah sinar inframerah yang dipancarkan bergantung pada suhu dan warna benda.

4. Cahaya tampak

Cahaya tampak sebagai radiasi elektromagnetik yang paling dikenal oleh kita dapat didefinisikan sebagai bagian dari spektrum gelombang elektromagnetik yang dapat dideteksi oleh mata manusia. Panjang gelombang tampak bervariasi tergantung warnanya mulai dari panjang gelombang kira-kira 4×10^{-7} m untuk cahaya violet (ungu) sampai 7×10^{-7} m untuk cahaya merah. Kegunaan cahaya salah satunya adalah penggunaan laser dalam serat optik pada bidang telekomunikasi dan kedokteran.

5. Sinar Ultraviolet

Sinar ultraviolet mempunyai frekuensi dalam daerah 10^{15} Hz sampai 10^{16} Hz atau dalam daerah panjang gelombang 10^{-8} m 10^{-7} m. gelombang ini dihasilkan oleh atom dan molekul dalam nyala listrik. Matahari adalah sumber utama yang memancarkan sinar ultraviolet dipermukaan bumi, lapisan ozon yang ada dalam lapisan atas atmosferlah yang berfungsi menyerap sinar ultraviolet dan meneruskan sinar ultraviolet yang tidak membahayakan kehidupan makhluk hidup di bumi.

6. Sinar X

Sinar X mempunyai frekuensi yang besar, dan panjang gelombangnya sangat pendek. meskipun seperti itu tapi sinar X mempunyai daya tembus kuat, dapat menembus buku tebal, kayu tebal beberapa sentimeter dan pelat aluminium setebal 1 cm.

7. Sinar Gamma

Sinar gamma mempunyai frekuensi antara yang paling besar dan panjang gelombang terkecil. Sinar Gama memiliki daya tembus paling besar, yang menyebabkan efek yang serius jika diserap oleh jaringan tubuh.

REFERENSI

Giancoli, D. 2009. *Physics for Scientists and Engineers with modern physics*. Pearson Prentice Hall. USA

Giancoli, D. 2014. *FISIKA (Prinsip dan aplikasi) Edisi ke 7 Jilid 2*. Erlangga. Jakarta

James J., Baker, C., dan Swain H. 2002. *Prinsip-Prinsip Sains untuk Keperawatan*. Erlangga. Jakarta

Davidovits, Paul. 2008. *Physics in biology and medicine – 3rd ed*. Elseiver. USA

Resnick and Halliday, 2008. *Physics*. John Willey & Sons. USA

Serwett & Jerwey. 2004. *Physics for Scientists and Engineers*. Thomson Brooks/Cole. USA

Young, Freedman dkk. 2003. *Fisika Universita Edisi Kesepuluh Jilid 2*. Erlangga. Jakarta.

REFERENSI

Andes, Bori putra. 2012. *Makalah Mata Kuliah Gelombang II “Gelombang Elektromagnetik Teori dan Aplikasinya”*. Universitas padjadjaran. Sumedang

Anonim. 2016. *3 Inbound Marketing Strategies Worth Your Attention Informart*. www.infortmant.com. Diakses pada hari sabtu tanggal 2/06/2016. Makassar.

- . 2016. *Pengertian magnet, medan magnet, kemagnetan, dan cara membuat magnet serta sifat-sifat garis gaya magnet magnet.* www.bukupedia.net. Diakses pada hari sabtu tanggal 2/06/2016. Makassar.
- . 2016. *Teori kemagnetan dan medan magnet.* <http://artikelmagnet.blogspot.co.id/2015/09/teori-kemagnetan-dan-medan-magnet.html?m=1#.v3e10ct8rqA>. Diakses pada hari sabtu tanggal 1/06/2016. Makassar.
- . 2016. *medan magnet disekitar kawat berarus listrik.* www.pustakafisika.wordpress.com. Diakses pada hari sabtu tanggal 1/06/2016. Makassar.
- . 2016. *IPA 3 Bab 12 Kemagnetan.* <http://unitedscience.wordpress.com/ipa-3/bab-12-kemagnetan/>. Diakses pada hari sabtu tanggal 2/06/2016. Makassar.
- . 2016. *Kelas IX "kutub Magnet".* <http://modulfisika.blogspot.co.id/2013/02/kelas-ix-kutub-magnet.html?m=1>. Diakses pada hari sabtu tanggal 2/06/2016. Makassar.
- . 2016. *Induksi Elektromagnetik.* <http://wekasyah88.blogspot.co.id/2014/02/induksi-elektromagnetik.html?m=1>. Diakses pada hari sabtu tanggal 2/06/2016. Makassar.
- . 2016. www.tinanantsou.blogspot.com. Diakses pada hari sabtu tanggal 2/06/2016. Makassar.
- . 2016. *Medan Magnet Bumi terus Melemah .* <http://kanalsatu.com/id/post/26255/medan-magnet-bumi-terus-melemah>. Diakses pada hari sabtu tanggal 2/06/2016. Makassar.
- . 2016. *Eletroctromagnetic spectrum.* <http://www2.lbl.gov/Microwolds/ALSTool/EMSpec2.html>
- Hristova, Tsetsa. 2016. Marhntho none. Vishub.org. www.tinanantsou.blogspot.com. . Diakses pada hari sabtu tanggal 2/06/2016. Makassar.

Giancoli. 2014. *Fisika “prinsip dan aplikasi”*. Erlangga. Jakarta.

Kartikasari, Dievy. 2014. *Bahan ajar medan magnet*. PPG SM3T UNESA. Surabaya.

Nabila, Rahmayanti. 2015. Rangkuman Materi Kemagnetan kelas 9. <http://rahmayantinabila.wordpress.com/2015/15/25/rangkuman-materi-kemagnetan-kelas-9/> . diakses pada hari sabtu tanggal 2/06/2016. Makassar.

Mardiannisaf. 2015. *Gelombang Elektromagnetik*. <http://mardiannisaf.wordpress.com/2015/05/05/gelombang-elektromagnetik/>. Diakses pada hari sabtu tanggal 2/06/2016. Makassar.

Suwandi. 2015. *Bahan ajar induksi magnetik*. PPG SM3T UNESA. Surabaya.

Woollard, Barry. 2006. *Elektronika Praktis*. Pradnya Paramita. Jakarta.

Young, Freedman dkk. 2003. *Fisika Universitas Edisi Kesepuluh Jilid 2*. Erlangga. Jakarta