

BAB 6

LISTRIK

Capaian Pembelajaran

Peserta didik dapat membuat rangkaian listrik sederhana, memahami gejala kemagnetan dan kelistrikan untuk menyelesaikan tantangan atau masalah yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari.



Sumber: shutterstock.com

Tujuan Pembelajaran

1. Menjelaskan bahwa benda dapat bermuatan listrik jika diperlakukan dengan cara tertentu.
2. Melakukan percobaan sederhana untuk menunjukkan sifat muatan listrik dan interaksi antar benda bermuatan listrik.
3. Menjelaskan secara kuantitatif antara gaya listrik, muatan listrik dan jarak antara benda bermuatan listrik.
4. Menunjukkan proses impuls saraf sebagai aliran listrik, proses kelistrikan pada jantung dan hewan-hewan yang menghasilkan listrik.
5. Menerapkan konsep arus listrik dalam kehidupan sehari-hari

6. Menyelidiki hubungan antara kuat arus, beda potensial dan hambatan listrik.
7. Menerapkan konsep hubungan antara kuat arus, tegangan dan energi listrik dalam kehidupan sehari-hari.
8. Menentukan hubungan antara energi, daya listrik dan perhitungan penggunaan listrik di rumah tangga berdasarkan angka yang tertera pada KWh-meter.
9. Menunjukkan sumber-sumber energi listrik dan sumber energi listrik alternatif dalam kehidupan sehari-hari.
10. Melakukan penghematan energi listrik dalam kehidupan sehari-hari dan mengemukakan alasannya.

Profil Pelajar Pancasila

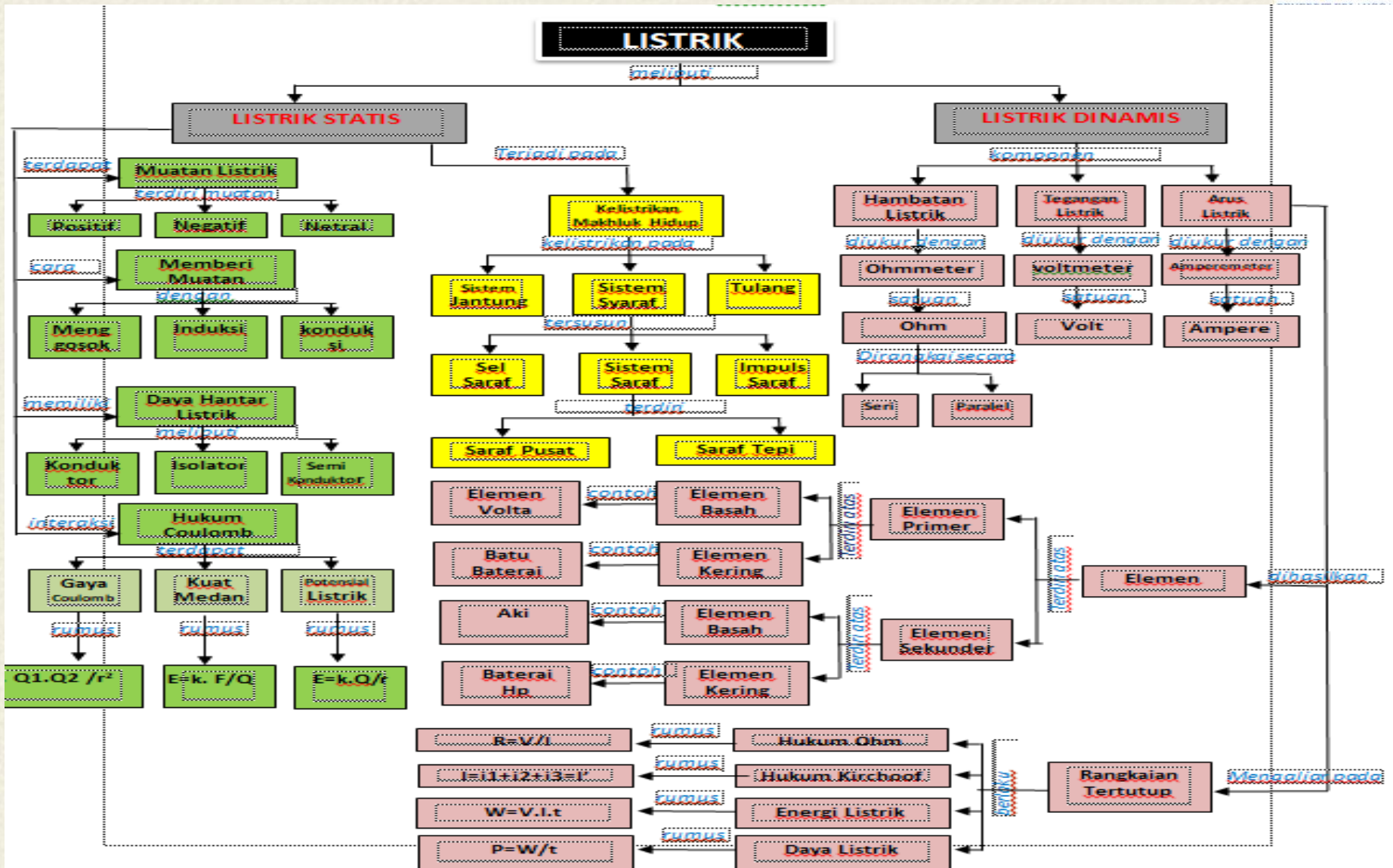
Bernalar Kritis

Kreatif

Mandiri

Bergotong royong

Peta Konsep



A. Benda Bermuatan Listrik

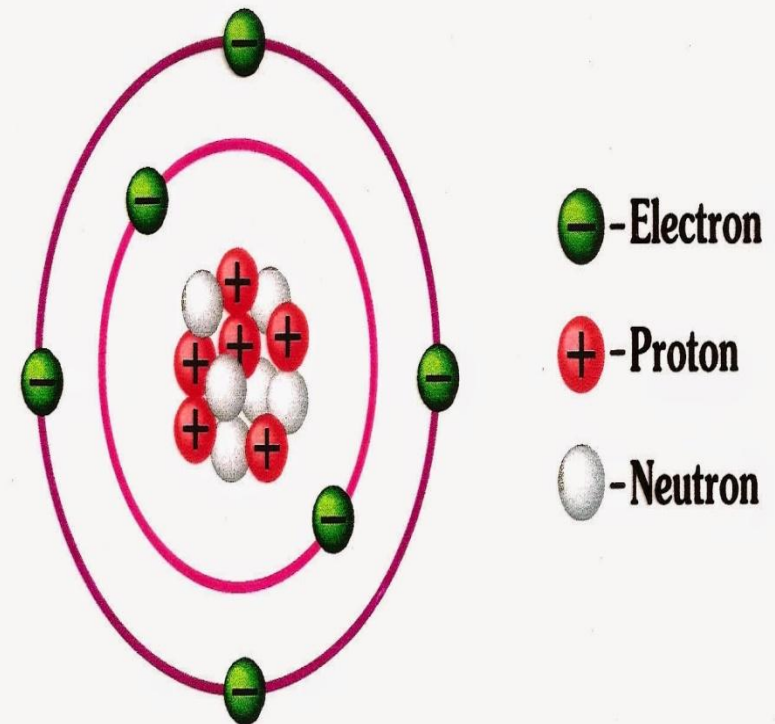
1. Muatan Listrik

Kata listrik dalam bahasa Inggris adalah **electric**, yang berasal dari bahasa Yunani yaitu elektron,

Gejala kelistrikan pertama kali diselidiki oleh Thales dari Yunani pada tahun 640–546 SM

Atom terdiri atas bagian inti atom dan elektron yang mengelilinginya.

Inti atom terdiri atas **proton** yang bermuatan listrik positif (+) dan **neutron** yang tidak bermuatan listrik (netral).

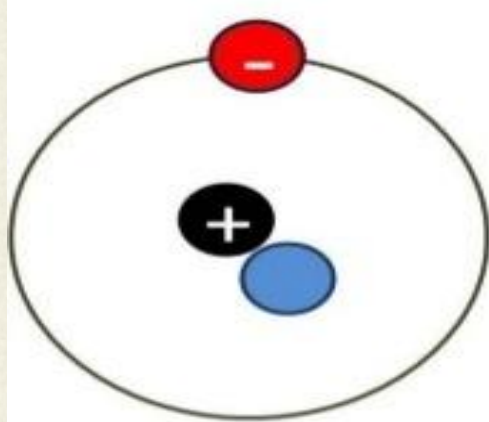


Sumber: shutterstock.com

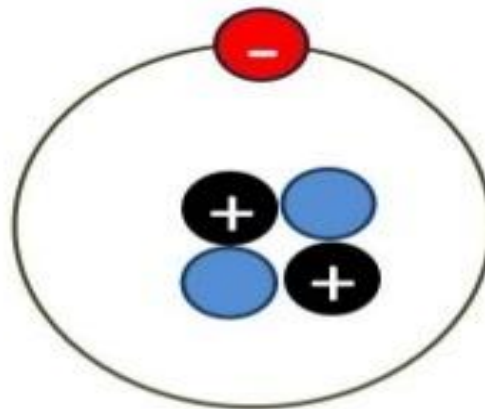
Atom dikatakan netral apabila jumlah muatan positif pada inti atom sama dengan jumlah muatan seluruh elektron yang mengelilinginya

Atom dikatakan bermuatan positif apabila jumlah elektron lebih sedikit dari pada jumlah proton di dalam inti atom

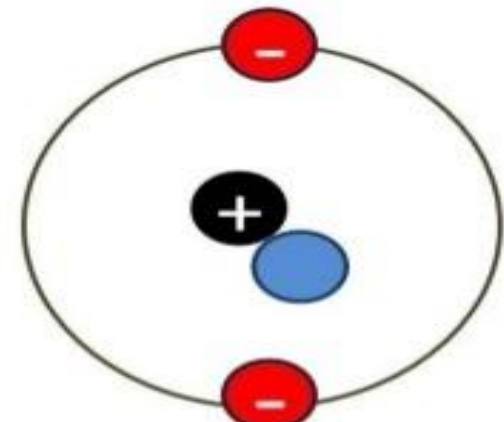
Atom dikatakan bermuatan negatif apabila jumlah elektron lebih banyak daripada jumlah proton yang berada di dalam inti atom



Atom Netral



Atom Positif



Atom Negatif

Jml Elektron = Jml Proton

Jml Elektron < Jml Proton

Jml Elektron > Jml Proton

Sumber: shutterstock.com

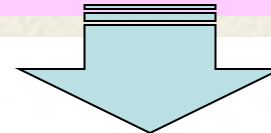
Proses Terjadinya Muatan



Sisir/batang plastik yang digosok dengan kain wol menjadi bermuatan negatif, akibat ada elektron yang berpindah dari wol ke sisir / batang plastik. Kain wol menjadi bermuatan positif karena kehilangan sebagian elektron.

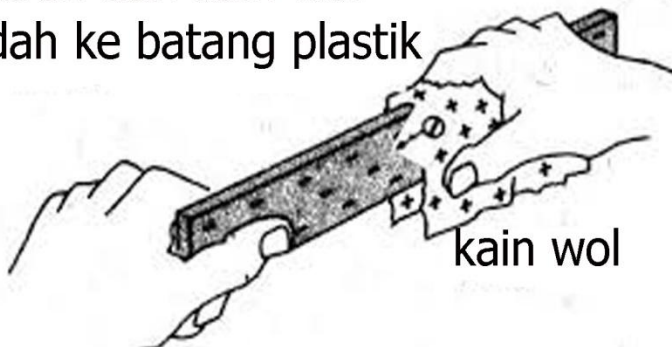


Kaca yang digosok menggunakan kain sutra, kaca menjadi bermuatan positif karena sebagian elektron dari kaca berpindah ke kain sutra. Kain sutra menjadi bermuatan negatif karena menerima elektron dari kaca.



elektron dari kain wol
pindah ke batang plastik

batang plastik



kain wol

elektron batang kaca
pindah ke kain sutra

batang kaca



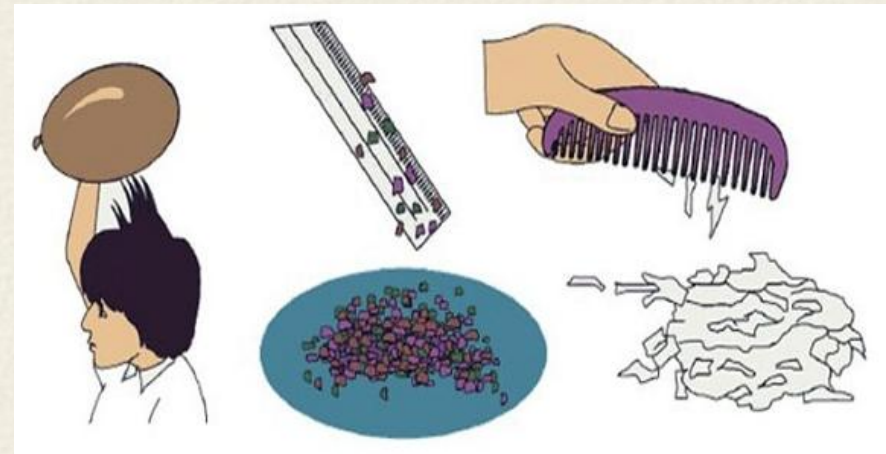
kain sutra
kering

Sumber: [shutterstock.com](https://www.shutterstock.com)

Sifat Muatan Listrik

Muatan listrik dapat terjadi dengan cara menggosok, seperti

No	Benda	Digosok Dengan	Jenis Muatan
1	Plastik	Kain wool	Negatif
2	Ebonit	Kain wool	Negatif
3	Kaca	Sutera	Positif
4	Sisir	Rambut	Negatif



Dua benda bermuatan listrik apabila saling didekatkan akan terjadi interaksi:

1. Tarik-menarik, jika muatan sejenis.
2. Tolak-menolak, jika muatan tak sejenis

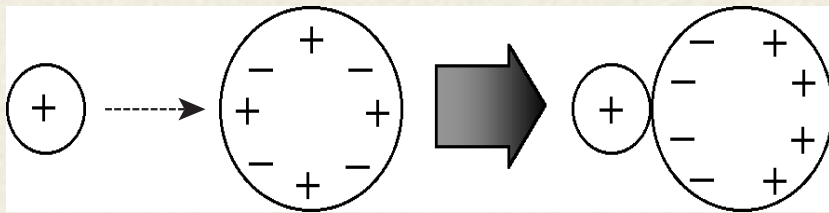


Sumber: [shutterstock.com](https://www.shutterstock.com)

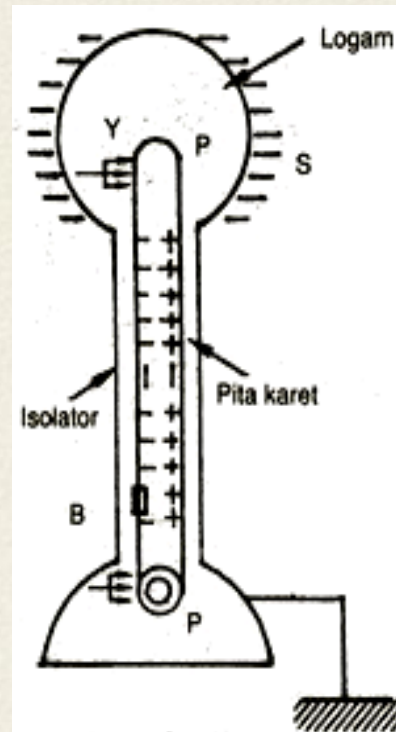
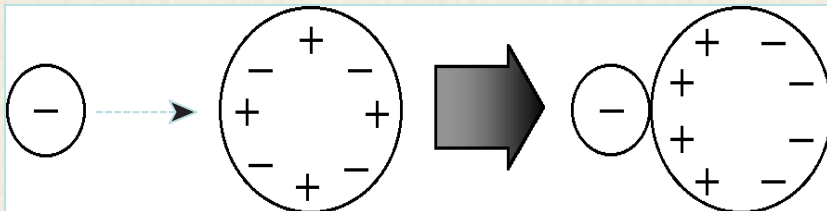
Induksi Muatan Listrik

Induksi listrik adalah peristiwa pemisahan muatan listrik dalam suatu benda karena didekatkan benda lain yang bermuatan listrik

Benda netral didekati benda yang bermuatan (+) akan terjadi induksi seperti gambar berikut



Benda netral didekati benda yang bermuatan (-) akan terjadi induksi seperti gambar berikut



Generator Van de Graff

Alat untuk menimbulkan muatan listrik yang sangat besar

Hukum Coulomb

Charles Augustin de Coulomb berhasil menemukan hubungan antara besarnya gaya tarik atau tolak dengan muatan.

Hukum Coulomb berbunyi:

Besarnya gaya tarik-menarik atau tolak menolak antara dua benda yang bermuatan listrik sebanding dengan besar muatan benda masing-masing dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua benda itu.

Dirumuskan:

$$F = k \frac{Q_1 \times Q_2}{r^2}$$

dengan

K = konstanta = $9 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$,

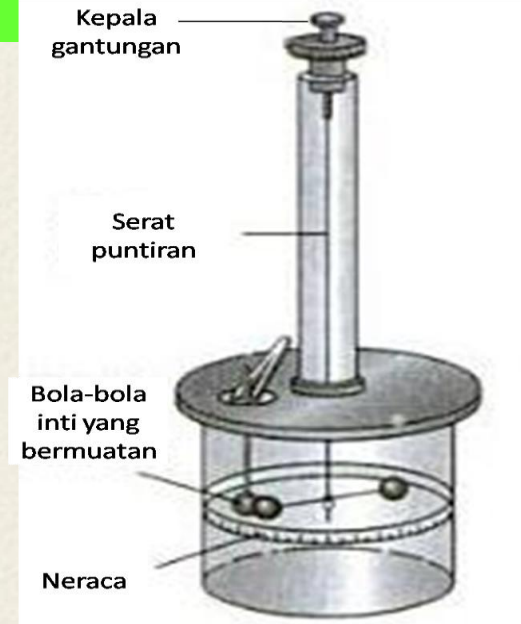
q = muatan listrik (C),

R = jarak pisah antara q_1 dan q_2 (m)

Alat untuk mengetahui hubungan antara muatan dan jarak kedua muatan

Latihan Soal

Suatu benda P bermuatan listrik $+4 \times 10^{-9} \text{ C}$ dan Q bermuatan $-8 \times 10^{-9} \text{ C}$. Jika jarak P dan Q sejauh 0,4 meter, berapakah gaya antara tarik-menarik antara kedua benda tersebut? dengan $k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}^2$



Neraca Puntir

Medan Listrik

Medan listrik adalah ruangan di sekitar benda bermuatan yang masih dipengaruhi gaya tarik atau tolak menolak.

Medan listrik dapat dinyatakan sebagai garis-garis gaya listrik dengan arah dari muatan positif ke muatan negatif.

Medan listrik dapat pula dinyatakan dengan kerapatan garis-garis gaya listrik

Dirumuskan:

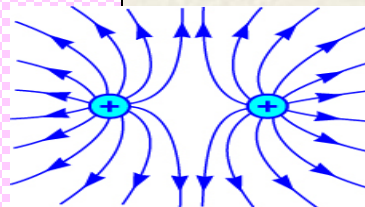
$$E = \frac{F}{Q}$$

Keterangan :

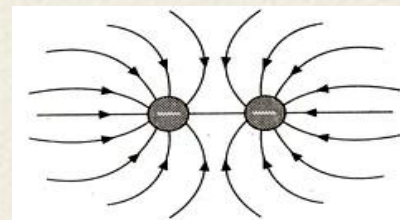
E = kuat medan listrik (N/C)

F = gaya coulumb (N)

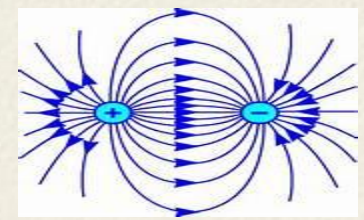
Q = muatan (C)



(a)



(b)

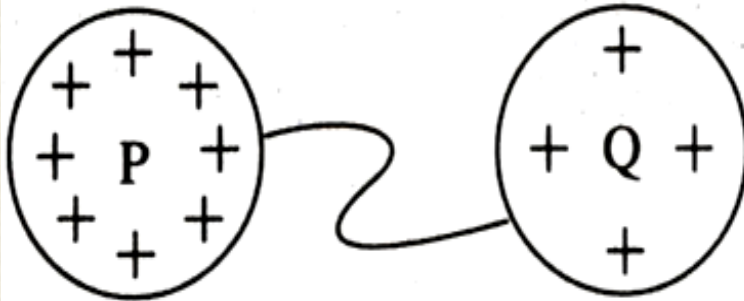


(c)

- (a) Garis gaya antara dua muatan positif
- (b) Garis gaya antara dua muatan negatif
- (c) Garis gaya antara muatan positif dan negatif

Potensial Listrik

Besarnya usaha yang digunakan untuk memindahkan muatan dari B ke A per satuan muatan disebut potensial listrik



Dua buah benda bermuatan positif

Jika P dan Q saling dihubungkan dengan penghantar, maka muatan negatif mengalir dari Q ke P, sedangkan muatan positif (arus listrik) akan mengalir dari P ke Q)

Dirumuskan:

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

Keterangan:

V = potensial listrik (Volt)

Q = muatan (coulomb)

W = usaha (joule)

Latihan Soal

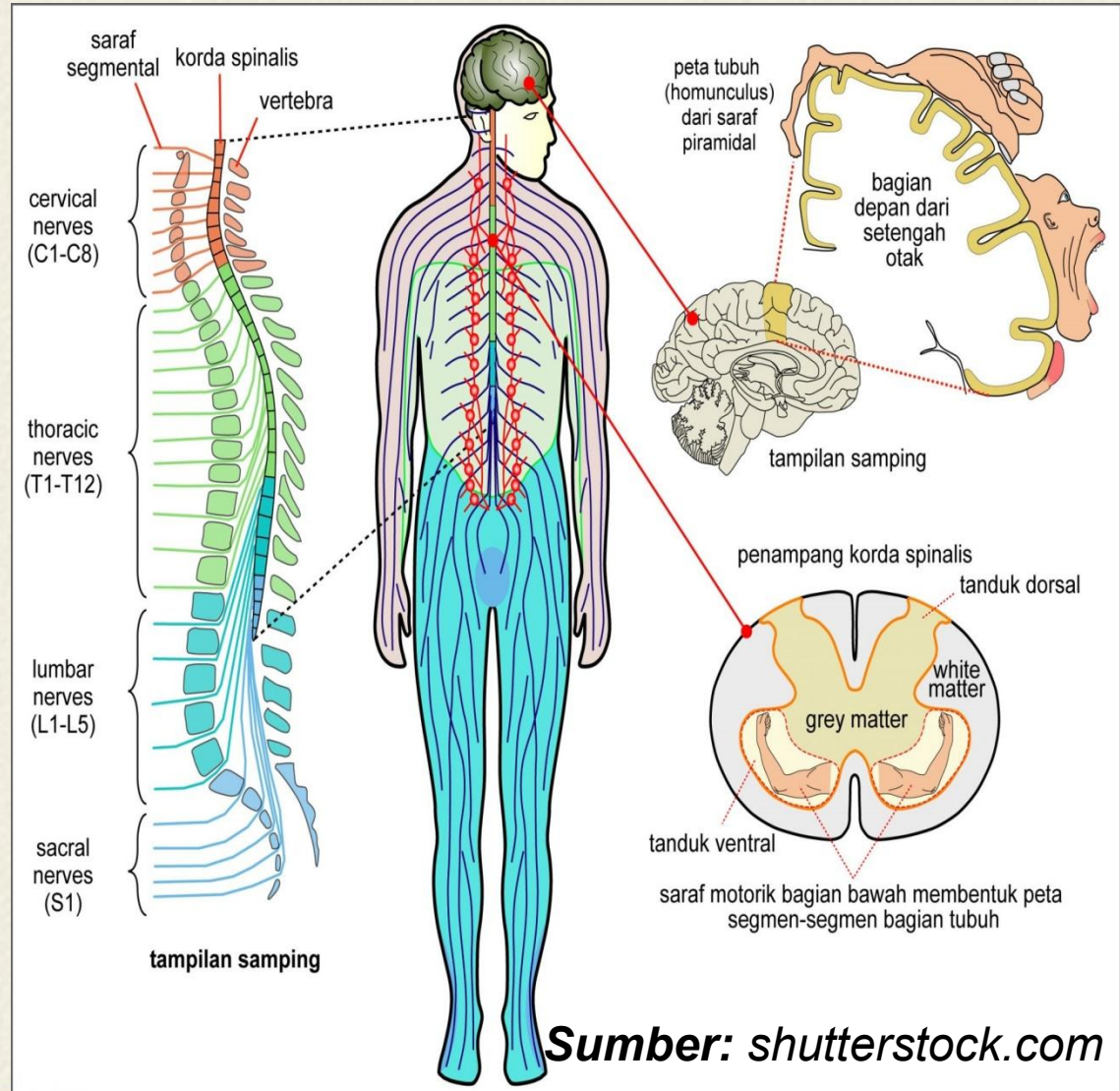
Beda potensial antara titik P dan Q adalah 6 volt. Jika energi yang diperlukan 48 joule, Berapakah coulomb besarnya muatan?

Berapakah kuat medan listrik jika besarnya gaya 200 newton?

2. Kelistrikan pada Makhluk Hidup

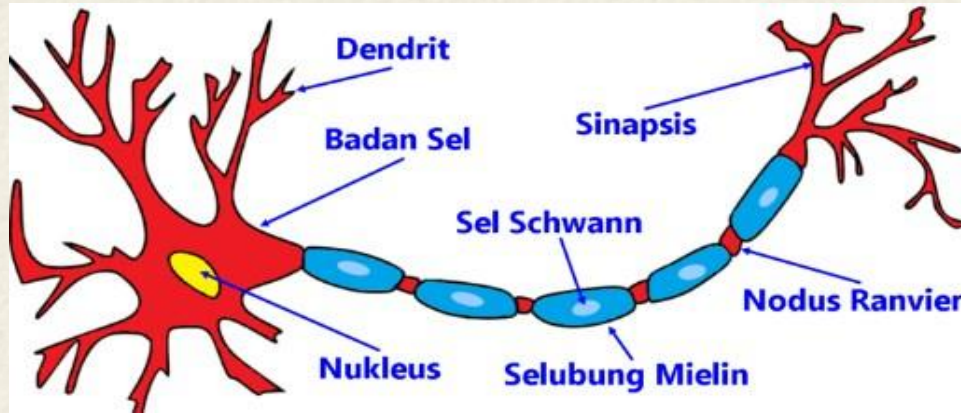
Tubuh manusia mengandung listrik, mulai dari organ otak, jantung, ginjal, paru-paru, sistem pencernaan, sistem saraf, otot-otot, dan jaringan lainnya.

Setiap sel di tubuh kamu memiliki tegangan antara -90 mV pada saat rileks sampai 40 mV pada saat beraktivitas.



Kelistrikan pada Sistem Saraf

Manusia memiliki sistem saraf yang mengendalikan gerakan otot. Jika saraf tidak berfungsi maka otot tidak dapat berfungsi



Kerja sistem saraf memanfaatkan sistem kelistrikan, yaitu sinyal-sinyal saraf dari reseptor sampai kepada efektor melalui aliran partikel-partikel bermuatan listrik positif yang searah dengan aliran impuls

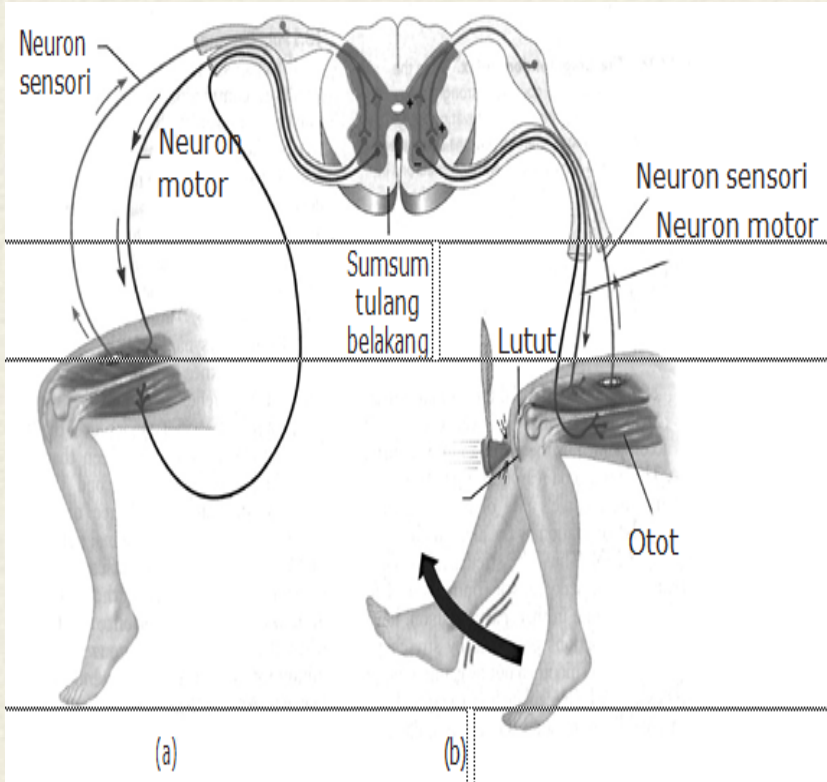
Dendrit berfungsi untuk menerima rangsangan (impuls) yang datang dari ujung akson neuron lain. Kemudian, impuls dibawa menuju ke badan sel saraf.

Akson / Neurit berfungsi untuk meneruskan impuls yang berasal dari badan sel saraf ke neuron lainnya

Selubung mielin tersusun dari rangkaian **sel Schwann** dan berfungsi untuk mempercepat jalannya impuls.

Nodus Ranvier pertemuan antara selubung mielin yang satu dengan lainnya terdapat bagian akson yang tidak terselubungi.

Kerja Sistem Saraf



Gerak Sadar

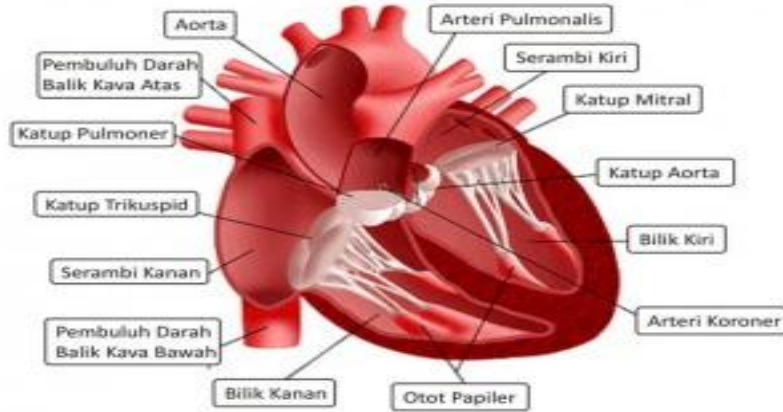
reseptor → saraf sensori → otak
→ saraf motor → efektor

Jalannya Impuls pada Gerak Reflek

reseptor → saraf sensori → sumsum tulang belakang → saraf motor → efektor

Kelistrikan pada Jantung

Gerak denyut jantung dipengaruhi oleh aktivitas listrik pada jantung.



Peredaran darah melintasi bagian-bagian atrium kanan – ventrikel kanan – paru paru – atrium kiri – ventrikel kiri – tubuh – atrium kanan terjadi karena gerak otot jantung

Jantung mempunyai aktivitas listrik pada nodus sinoatrial (SA), nodus atrioventrikular (AV), berkas His, dan serabut Purkinje. Inilah bagian penting dalam pembacaan EKG (elektrokardiogram). Listrik jantung dihasilkan oleh adanya reaksi sel jantung dengan ion Na^+ .

Gerakan ritmis jantung dikendalikan oleh sebuah sinyal listrik yang dipicu oleh rangsangan spontan dari sel-sel otot khusus yang terletak di atrium kanan. Sel-sel ini membentuk nodus sinoatrial (SA) atau alat pacu jantung alami.

Kelistrikan pada Tulang



Gerak denyut jantung dipengaruhi oleh aktivitas listrik pada jantung.

*Peredaran darah melintasi bagian-bagian
atrium kanan – ventrikel kanan – paru paru
– atrium kiri – ventrikel kiri – tubuh
– atrium kanan terjadi karena gerak otot
jantung*

Jantung mempunyai aktivitas listrik pada nodus sinoatrial (SA), nodus atrioventrikular (AV), berkas His, dan serabut Purkinje. Inilah bagian penting dalam pembacaan EKG (elektrokardiogram). Listrik jantung dihasilkan oleh adanya reaksi sel jantung dengan ion Na^+ .

Gerakan ritmis jantung dikendalikan oleh sebuah sinyal listrik yang dipicu oleh rangsangan spontan dari sel-sel otot khusus yang terletak di atrium kanan. Sel-sel ini membentuk nodus sinoatrial (SA) atau alat pacu jantung alami.

Hewan Yang Mengandung Listrik

Pari Listrik (Ray Fish)

Hewan memancarkan muatan listrik pada saat kontraksi otot. Namun, hanya beberapa kelompok hewan yang hidup di air yang dapat menghasilkan listrik



Peters Ikan Belalai Gajah (Peters Elephantnose Fish)



Pari Listrik (Ray Fish)



Belut Listrik (Electric Eel)

Kemampuan ini digunakan untuk mencari mangsa, melawan serangan musuh, dan navigasi.

B. Rangkaian Listrik

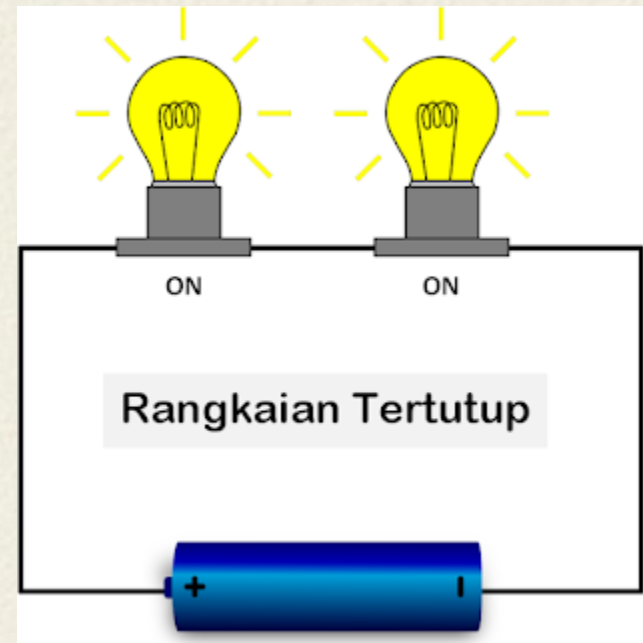
Arus Listrik

Listrik secara visual tidak dapat terlihat, tetapi hampir semua orang mengenal adanya listrik, yaitu dengan mengetahui dari gejala-gejalanya.

Arus listrik adalah aliran muatan positif dari kutub positif ke kutub negatif pada sebuah rangkaian listrik tertutup (ujung-ujung rangkaian dalam keadaan tertutup)



Gejala Kelistrikan lampu menyala



Sumber: [shutterstock.com](https://www.shutterstock.com)

Kuat Arus Listrik

Kuat arus listrik menunjukkan banyaknya muatan listrik yang mengalir tiap sekond

Andre Marie Ampere. Ampere berhasil menemukan hubungan antara kuat arus listrik (I), banyaknya muatan listrik (Q), dan selang waktu (t) untuk perpindahan muatan yang dinyatakan dengan persamaan berikut.

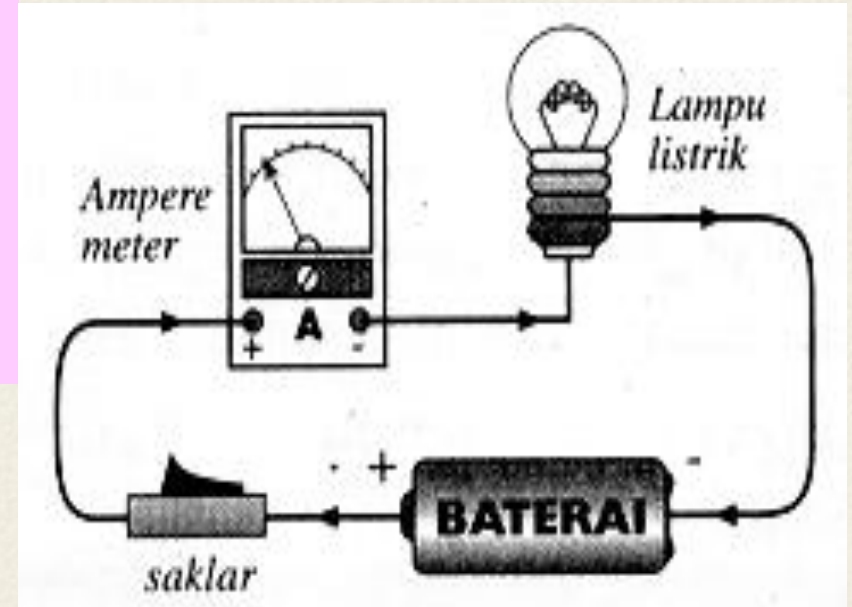
$$i = \frac{Q}{t}$$

Keterangan:

I = kuat arus, satuan ampere (A)

Q = muatan listrik, satuan coulomb (C)

T = waktu satuan sekond (s)



Mengukur Kuat Arus Listrik dengan Amperemeter

Beda Potensial Listrik

Arus listrik mengalir dari daerah yang mempunyai potensial listrik lebih tinggi (kutub positif) ke daerah yang potensial lebih rendah (kutub negatif).

Beda potensial listrik mempunyai satuan volt (V) yang diambil dari nama seorang ilmuwan berkebangsaan Italia bernama Alessandro Volta (1775–1827).

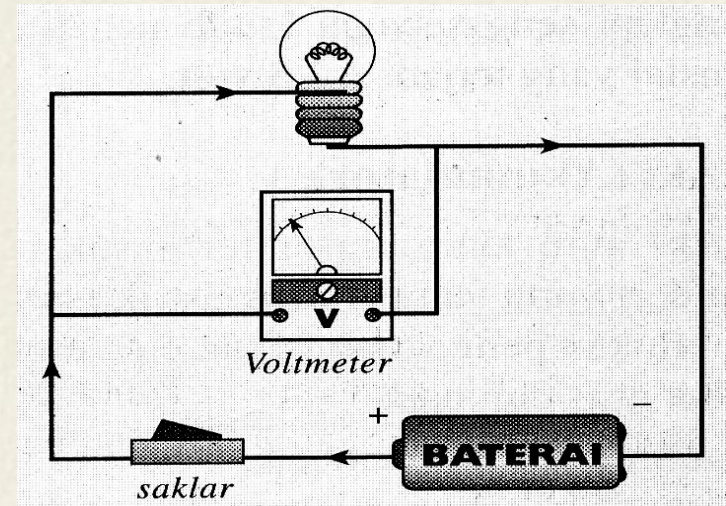
$$V = \frac{W}{Q}$$

Keterangan:

w = Energi (Joule)

V = Beda Potensial (Volt)

Q = Muatan listrik (Coulomb)



Mengukur potensial Listrik dengan voltmeter

Hambatan Listrik

Resistansi (*Resistance*) atau lebih tepatnya disebut dengan Resistansi Listrik (*Electrical Resistance*)

Hubungan antara Hambatan Listrik dengan Tegangan (*Voltage*) dan Arus Listrik (*Current*) dapat dijelaskan dengan Hukum Ohm yang dikemukakan oleh seorang fisikawan Jerman yang bernama Georg Simon Ohm (1789-1854) pada tahun 1825.

$$R = \frac{V}{I}$$

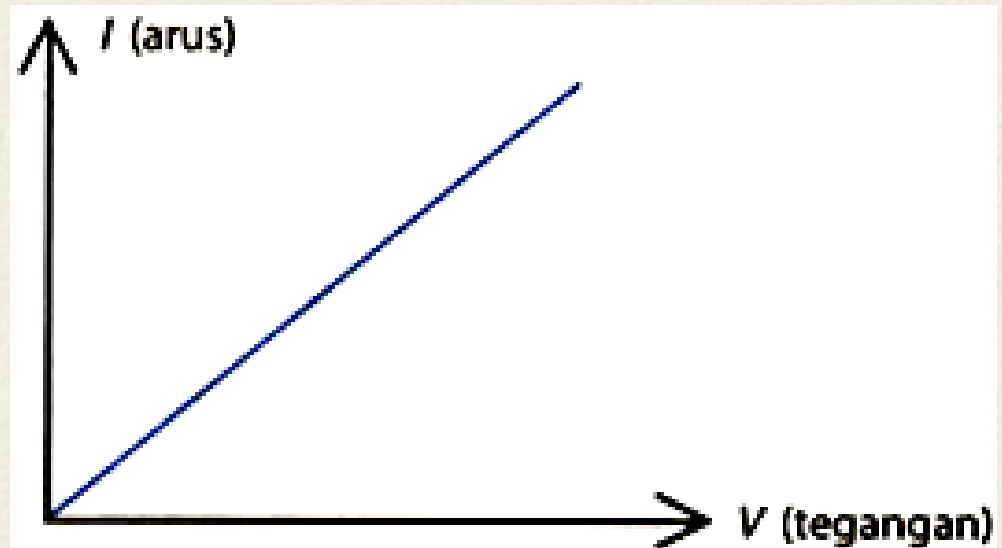
Keterangan:

I = Kuat arus, satuan ampere (A)

V = Beda potensial (Volt)

R = Hambatan listrik (Ohm)

Resistor adalah kemampuan suatu bahan benda untuk menghambat atau mencegah aliran arus listrik.

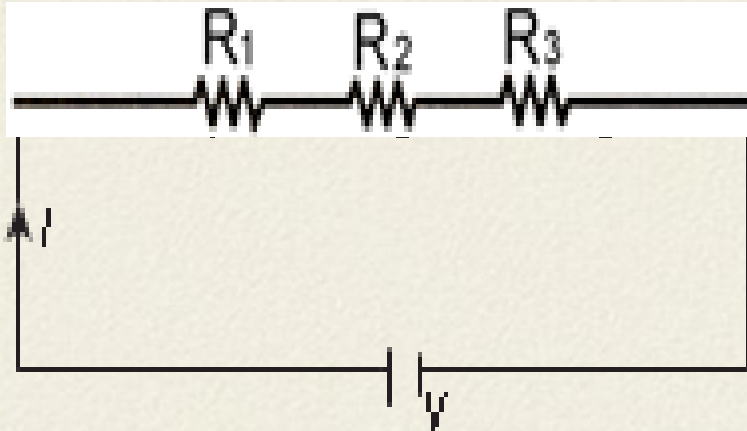


Grafik hubungan I (kuat arus) dan V (beda potensial)

Rangkaian Hambatan Listrik

1. Rangkaian Seri

Untuk mencari nilai hambatan pengganti pada beberapa resistor yang dirangkai seri, dapat digunakan persamaan berikut



$$R_s = R_1 + R_2 + R_3$$

Arus yang mengalir pada tiap hambatan dalam rangkaian seri adalah sama sehingga dapat disimpulkan menjadi persamaan berikut.

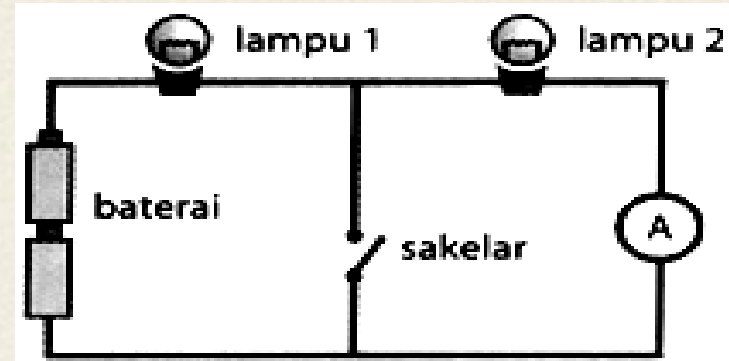
$$I_1 = I_2 = I_3$$
$$V_{\text{total}} = V_1 + V_2 + V_3$$

Keterangan:

I = Kuat arus, satuan ampere (A)

V_1 = Beda potensial pada R_1 (Volt)

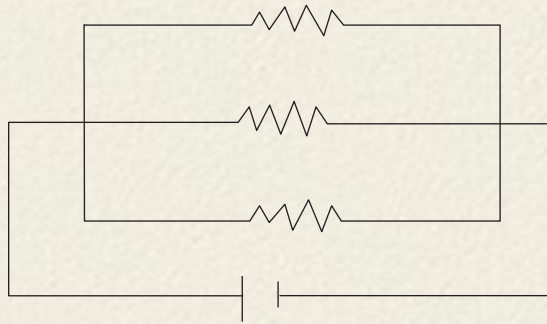
R_1 = Hambatan listrik (Ohm)



Lampu disusun Seri

2. Rangkaian Hambatan Paralel

Untuk mencari nilai hambatan pengganti pada beberapa resistor yang dirangkai seri, dapat digunakan persamaan berikut



Penjumlahan arus yang mengalir pada tiap percabangan dalam rangkaian paralel sama dengan arus yang keluar sehingga dapat disimpulkan menjadi persamaan berikut.

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$V_{\text{total}} = V_1 = V_2 = V_3$$

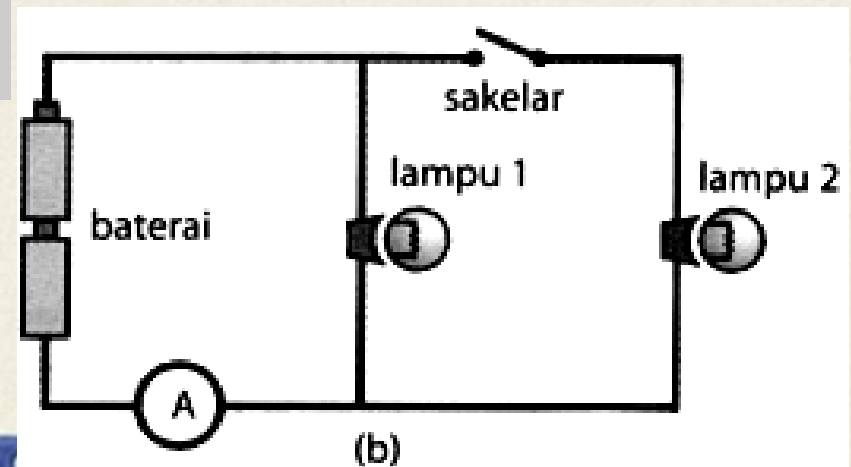
$$1/R_s = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

Keterangan:

I = Kuat arus, satuan ampere (A)

V_1 = Beda potensial pada R_1 (Volt)

R_1 = Hambatan listrik (Ohm)



Lampu disusun Paralel

Hambatan Jenis Penghantar

Hambatan jenis adalah kecenderungan suatu bahan untuk melawan aliran arus listrik, di lambangkan dengan ρ (rho). Faktor penentu besar kecilnya nilai hambatan jenis suatu penghantar adalah bahan kawat penghantar

Hambatan R kawat kawat penghantar berbanding lurus dengan panjang l , berbanding terbalik dengan luas penampang lintang kawat A , dan bergantung kepada jenis bahan tersebut. Secara matematis rumus hambatan jenis suatu penghantar dituliskan seperti:

Faktor yang mempengaruhi besarnya nilai resistan suatu kawat penghantar tergantung panjang kawat, diameter, dan bahan jenis kawat penghantar.

$$R = \frac{\rho \times l}{A}$$

Keterangan:

ρ = hambatan jenis ($\Omega \text{ m}$),
 R = hambatan (Ω),
 A = luas penampang kawat (m^2), dan
 l = panjang kawat (m).

*Bahan yang dapat menghantarkan arus listrik dengan baik yang disebut **konduktor**. Bahan yang daya hantarnya buruk disebut **isolator**. Bahan yang daya hantarnya berada di antara konduktor dan isolator disebut **semikonduktor**.*

Hukum Kirchhoff

Hambatan jenis adalah kecenderungan suatu bahan untuk melawan aliran arus listrik, di lambangkan dengan ρ (rho). Faktor penentu besar kecilnya nilai hambatan jenis suatu penghantar adalah bahan kawat penghantar

Hukum I Kirchhoff menyatakan bahwa” pada setiap titik persambungan, jumlah seluruh arus yang masuk persambungan sama dengan jumlah seluruh arus yang meninggalkan persambungan.” Hukum I Kirchhoff dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

Muatan-muatan yang masuk persambungan harus sama dengan yang meninggalkan persambungan (tidak ada muatan yang hilang).

$$\sum I = i_1 + i_2 + i_3 + \dots = \sum I'$$

dengan

$\sum I$ = jumlah kuat arus yang menuju titik persambungan (A),

$\sum I'$ = jumlah kuat arus yang meninggalkan titik persambungan (A).

C. Energi dan Daya Listrik

Energi Listrik

Di era sekarang ini energi listrik menjadi kebutuhan pokok dalam kehidupan sehari-hari. Hampir seluruh keperluan rumah tangga menggunakan energi listrik untuk dapat berfungsi

Energi listrik merupakan energi yang berasal dari muatan listrik yang mengalir dalam suatu penghantar disebabkan adanya perbedaan potensial.

Peralatan rumah tangga yang menggunakan energi listrik.



Rumus Menghitung Energi Listrik

$$W = V \times Q$$

$$= I \times R \times Q$$

$$= V \times I \times t$$

$$= I^2 \times R \times t$$

$$= \frac{V^2}{R} \times t$$

Keterangan

W = energi listrik (joule)

I = kuat arus listrik (ampere)

V = beda potensial (volt)

R = hambatan listrik (ohm)

Q = muatan listrik (coulomb)

t = waktu (detik atau s)

$$1 \text{ Joule} = 0,24 \text{ Kalori}$$

(a) Terjadi perubahan energi listrik menjadi energi kinetik, (b) Terjadi perubahan energi listrik menjadi kalor, dan (c) Terjadi perubahan energi menjadi cahaya.

Daya Listrik



Alat yang digunakan untuk mengukur banyaknya energi listrik yang digunakan tiap satuan waktu sebagai dasar pembayaran rekening listrik di rumah.

Daya listrik adalah besarnya usaha untuk memindahkan muatan per satuan waktu.

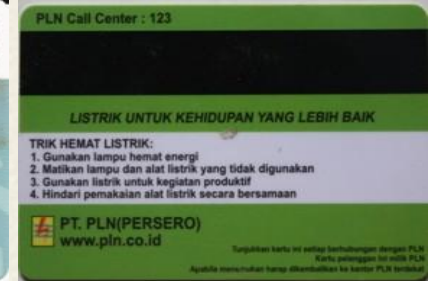
Rumus Menghitung Daya Listrik

$$\begin{aligned} P &= V \times I \\ &= I^2 \times R \\ &= \frac{V^2}{R} \end{aligned}$$

Keterangan

P = Daya (Watt)
 I = kuat arus listrik (ampere)
 V = beda potensial (volt)
 R = hambatan listrik (ohm)
 t = waktu (detik atau s)

$$\begin{aligned} 1 \text{ KWh} &= 1000 \times 3.600 \text{ sekon} \\ &= 3.600.000 \text{ joule} \end{aligned}$$



Layanan listrik prabayar yaitu pelanggan terlebih dahulu membeli pulsa (voucher/token) listrik isi ulang melalui gerai ATM sejumlah bank atau melalui loket-loket pembayaran tagihan listrik online.

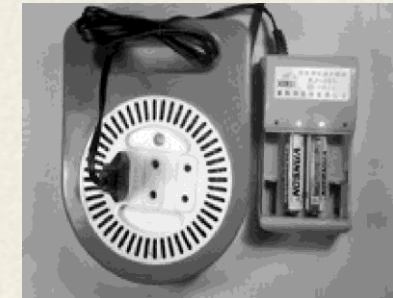
D. Sumber Energi Listrik

Sumber Arus Listrik

Gaya gerak listrik adalah beda potensial antara kedua ujung atau kutub sumber arus listrik. Beda potensial inilah yang menyebabkan elektron mengalir. Elektron mengalir dari kutub negatif ke kutub positif sumber arus listrik.

Sumber GGL paling umum ada dua macam, yaitu sebagai berikut.

1. Sumber arus searah (DC = Direct Current), misalnya baterai (elemen kering), aki (akumulator), elemen Volta, dan dinamo arus searah.
2. Sumber arus bolak-balik (AC = Alternating Current), misalnya generator dan dinamo arus bolak-balik.



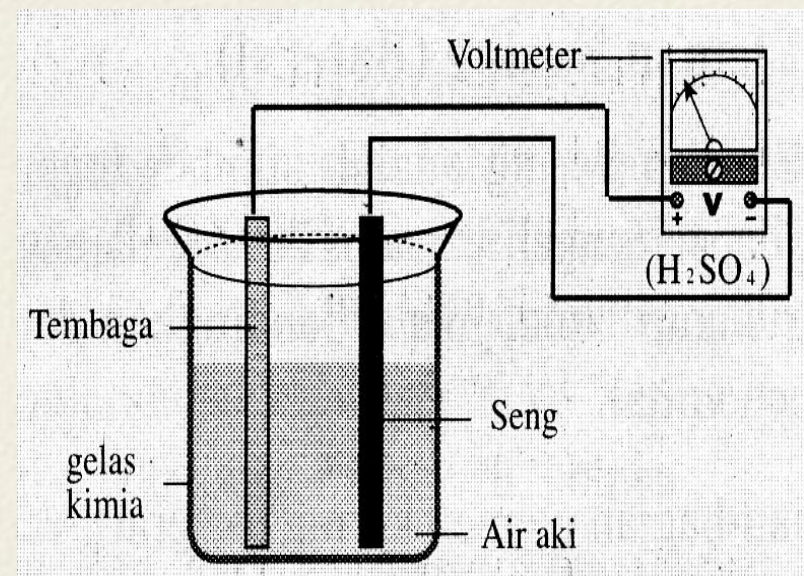
Sumber arus Sekunder

1. Elemen Volta

Alessandro Volta (1745–1827), dalam percobaannya menyimpulkan bahwa pasangan logam tembaga dan zink membangkitkan GGL yang lebih besar daripada pasangan logam lainnya.

Sumber GGL paling umum ada dua macam, yaitu sebagai berikut.

1. *Elemen primer* yaitu sumber arus listrik yang tidak dapat diperbaharui lagi. Elemen primer terdapat dua jenis, yaitu: elemen basah dan elemen kering.
2. *Elemen sekunder* yaitu sumber arus listrik yang dapat diperbaharui lagi. Elemen sekunder terdapat dua jenis, yaitu: elemen basah dan elemen kering.



Sumber arus primer basah

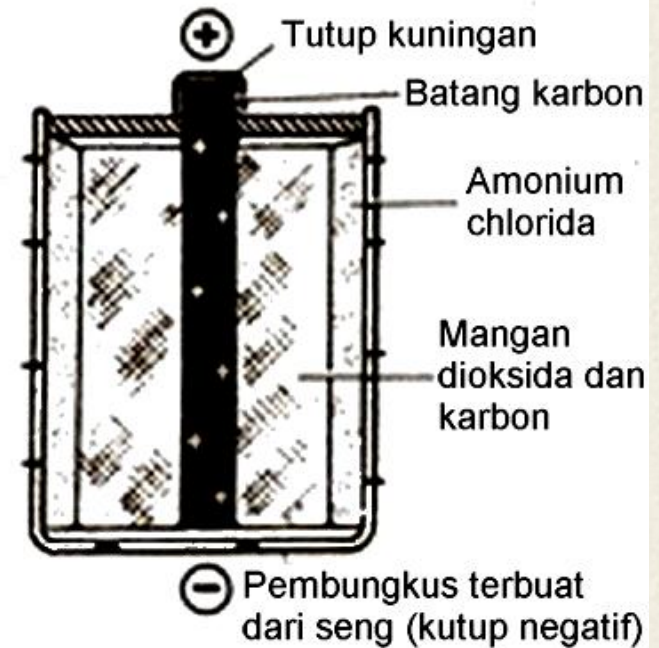
2. Batu Baterai

Elemen kering pertama kali dibuat oleh Leclance dan elemen kering buatannya disebut elemen Leaclance.

Bagian-bagian elemen kering (baterai) yaitu:

1. batang karbon (C)
2. mangan dioksida (MnO_2) serbuk C
3. kain berisi depolarisator
4. amonium klorida (NH_4Cl) berupa pasta sebagai elektrolit
5. karbon penyekat terhadap seng
6. bejana seng (Zn)

Batang karbon sebagai kutub positif, sedangkan zink sebagai kutub negatif. Beda potensial yang terjadi misalnya sebesar +1,5 volt.



Elemen Kering Baterai

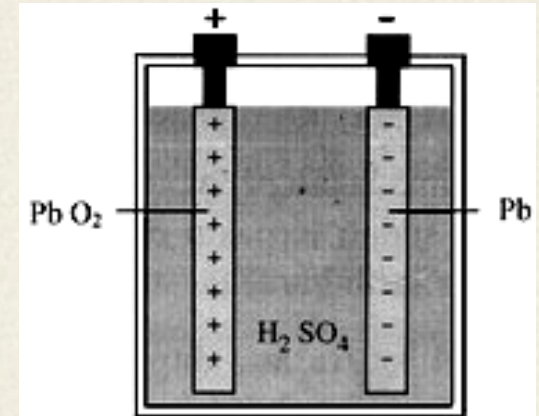
3. Acumulator (Aki)

Aki merupakan sumber arus searah dan basah karena menggunakan larutan yang berupa larutan.

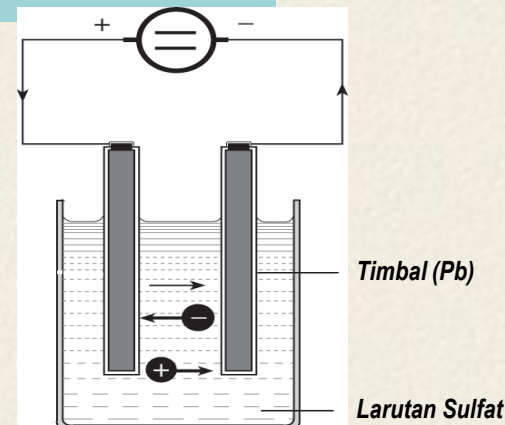
Bagian-bagian aki

- 1. sebuah bak (bejana) yang terbuat dari karet keras atau kaca**
- 2. larutan asam sulfat (H_2SO_4)**
- 3. dua kerangka timbal yang berlubang-lubang merupakan kutub positif (+) dan kutub negatif (-)**

Proses pengisian, aki akan mengalami perubahan energi dari energi listrik menjadi energi kimia, dan sebaliknya dalam pemakaian akan terjadi perubahan energi kimia menjadi energi listrik.



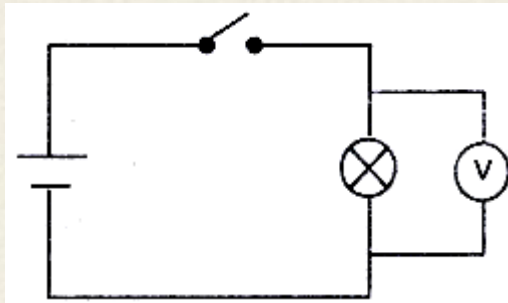
Larutan akumulator



Lampu disusun Paralel

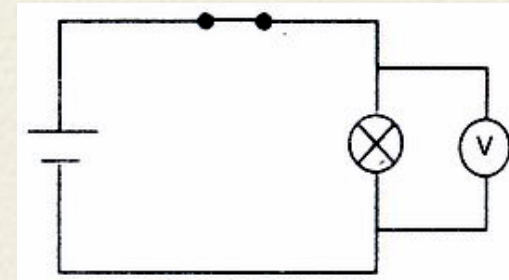
Tegangan Jepit

Nilai yang ditunjukkan oleh jarum voltmeter ketika elemen/sumber arus tidak mengalirkan arus listrik inilah yang disebut dengan gaya gerak listrik (GGL) dan dinyatakan dengan E .



Rangkaian terbuka (kondisi *off*)

Nilai yang ditunjukkan oleh jarum voltmeter saat elemen memberikan arus listrik disebut dengan tegangan jepit dan dinyatakan dengan V .



Rangkaian terbuka (kondisi *on*)

Sumber Energi Alternatif

Energi alternatif adalah istilah semua energi yang dapat digunakan untuk menggantikan bahan bakar konvensional minyak bumi yang dapat merusak lingkungan



Pembangkit Listrik Tenaga Surya



Pembangkit Listrik Tenaga Pasang surut

Energi alternatif yang dihasilkan dari sumber alami, seperti cahaya matahari, Uap, angin, hujan, arus pasang surut, panas bumi, biogas dan bioenergi



Pembangkit Listrik Tenaga Air



Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi



Pembangkit Listrik Tenaga Angin

TERIMA KASIH