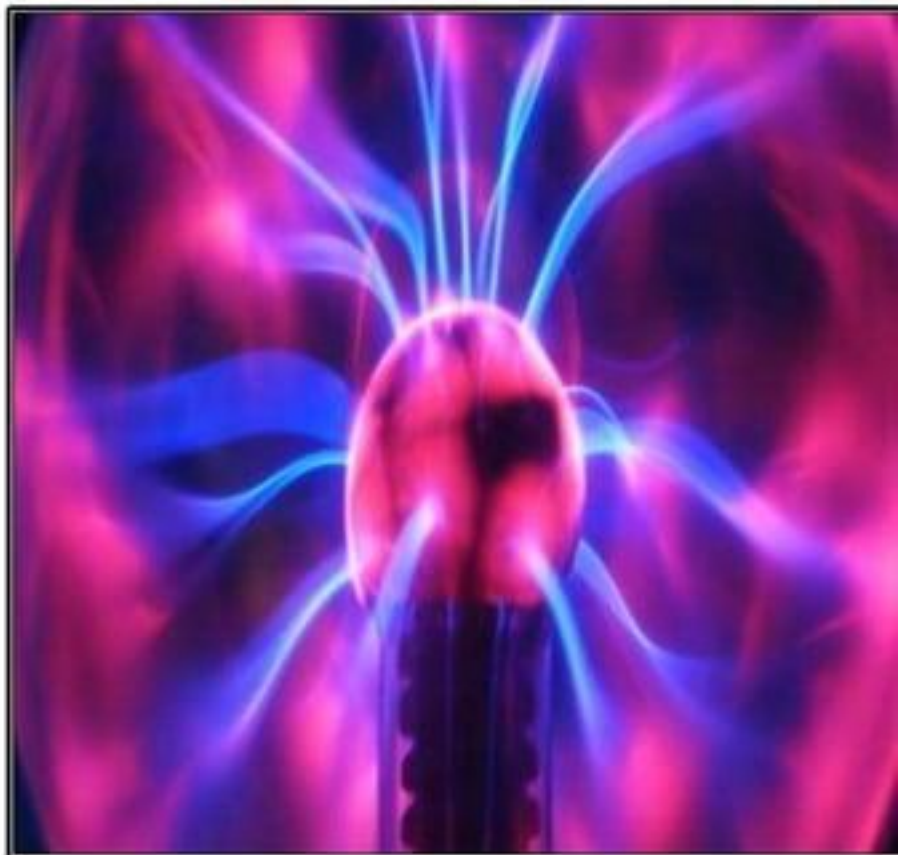


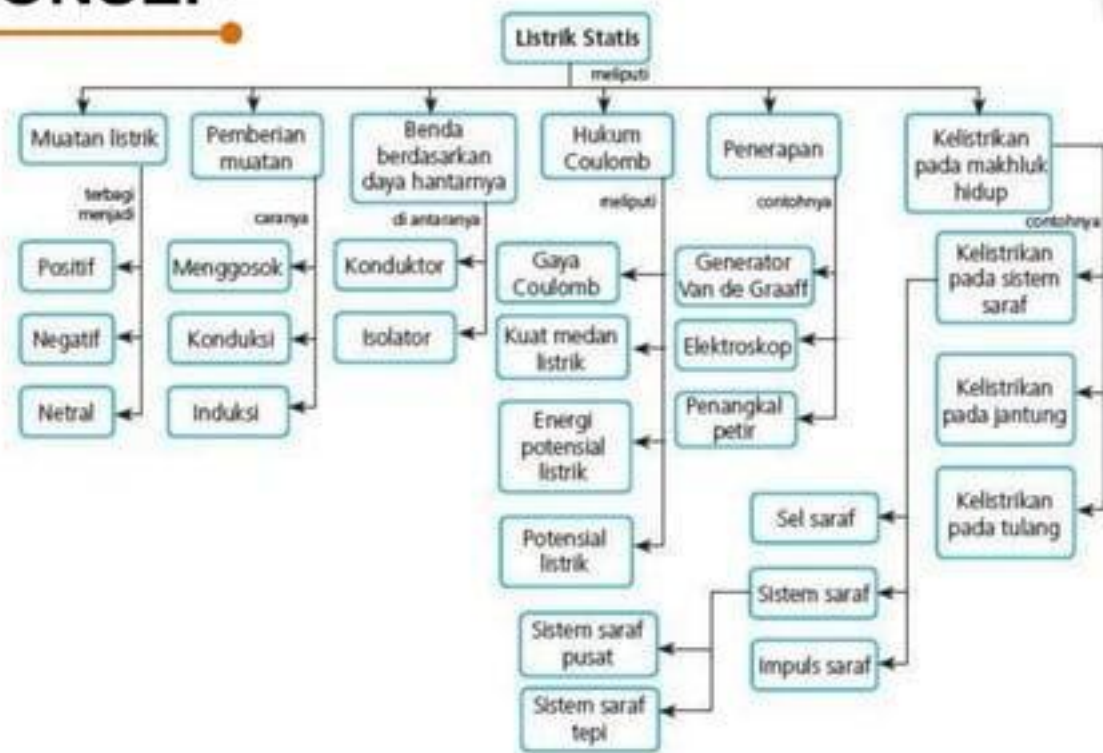
**BAB**

**4**

**LISTRIK STATIS DAN  
PENERAPANNYA  
DALAM SISTEM  
SARAF**



# PETA KONSEP



## **LISTRIK STATIS DAN PENERAPANNYA DALAM SISTEM SARAF**

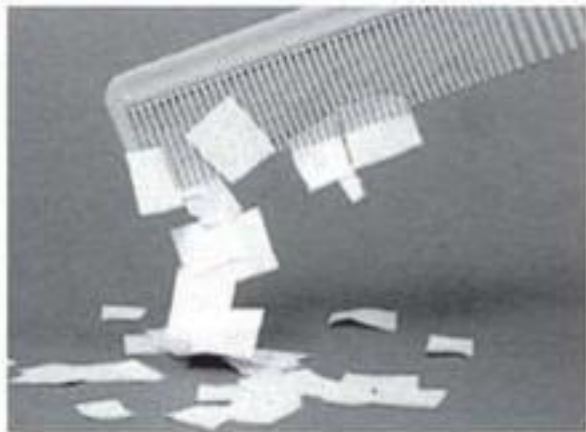
Pernahkah kamu mengalami ketika menyisir rambutmu yang kering dan tanpa disengaja sisirmu berdekatan dengan lengan tangan, maka bulu pada tanganmu tertarik oleh sisir. Peristiwa tersebut merupakan contoh listrik statis.

**Sistem kelistrikan dialirkan melalui serabut saraf yang disebut impuls saraf. Impuls saraf yang melaju melalui sistem saraf akan dapat melompat dari satu sel saraf ke sel saraf berikutnya. Di dalam serabut saraf, impuls melaju seperti suatu sinyal listrik.**

## BENDA BERMUATAN LISTRIK

- Kata listrik dalam bahasa Inggris adalah **electric**, yang berasal dari bahasa Yunani yaitu elektron, yang berarti **amber**.
- Amber adalah pohon damar yang membatu.
- Gejala kelistrikan pertama kali diselidiki oleh **Thales** dari Yunani pada tahun 640–546 SM.
- Mereka menemukan bahwa dengan menggosokkan batu amber dan mendekatkannya ke benda-benda yang ringan, seperti potongan-potongan kecil daun, bulu ayam ataupun debu, ternyata batu amber dapat menarik benda-benda tersebut.
- Peristiwa ini disebut juga dengan **gejala kelistrikan**.

## PERISTIWA YANG MENGHASILKAN MUATAN LISTRIK SERTA PROSES TERJADINYA



Sumber: dokumen penerbit

(a)



Sumber: dokumen penerbit

(b)

**Gambar 4.2** Benda bermuatan listrik: (a) sisir plastik dapat menarik potongan kertas setelah digosok kain wol dan (b) kaca dapat menarik potongan kertas setelah digosok kain sutra.

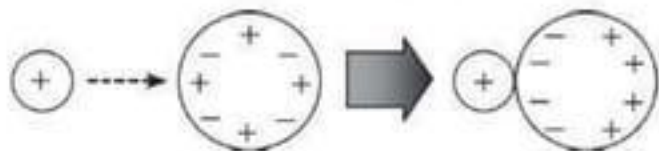
## SIFAT MUATAN LISTRIK

- Benda bermuatan sejenis akan **tolak-menolak** dan benda bermuatan tak sejenis akan **tarik-menarik**.
  - Berdasarkan sifat muatan listrik, dapat pula diartikan bahwa muatan listrik dapat berpindah dari satu benda ke benda lain apabila mendapat perlakuan tertentu.
  - Berdasarkan daya hantar listrik, benda dapat dibedakan menjadi dua, yaitu **konduktor dan isolator**.
- 1) **Konduktor (penghantar)** adalah benda yang dapat menghantarkan arus listrik, misalnya logam, badan manusia, kayu basah, dan tanah.
  - 2) **Isolator (penyekat)** adalah benda-benda yang tidak dapat menghantarkan arus listrik, misalnya karet, porselen, dan udara.

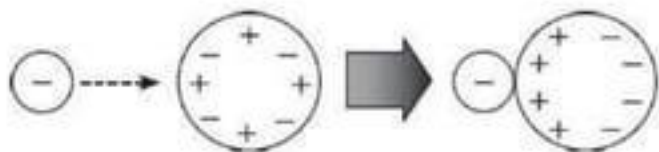
## • Induksi Muatan Listrik

Suatu benda netral jika didekatkan dengan benda ber muatan listrik, akan terjadi beberapa hal berikut.

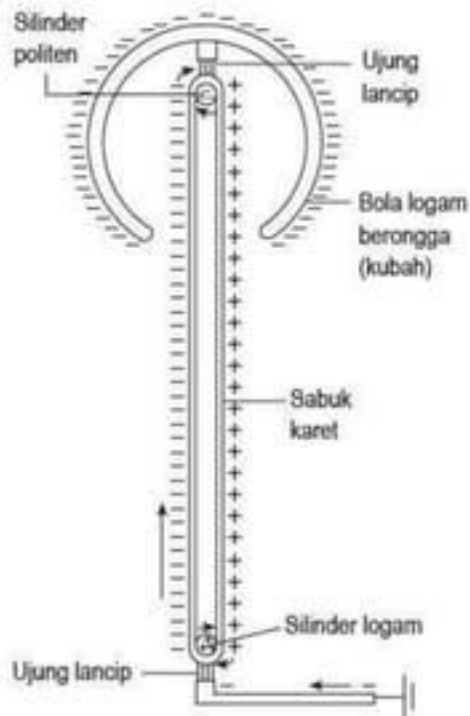
1. Benda netral didekati benda yang bermuatan (+) akan terjadi induksi sebagai berikut



2. Benda netral didekati benda yang bermuatan (-) akan terjadi induksi sebagai berikut



**Induksi listrik** adalah peristiwa pemisahan muatan listrik dalam suatu benda karena benda tersebut didekati benda lain yang bermuatan. Untuk menimbulkan muatan listrik yang sangat besar, digunakan generator listrik. Salah satu generator yang terkenal adalah generator **Van de Graaff**.



Gambar 4.3 Diagram generator Van de Graaff.

Alat untuk menyelidiki atau mengetahui ada tidaknya muatan listrik pada suatu benda dinamakan **elektroskop**. Bagian-bagian elektroskop adalah sebagai berikut.

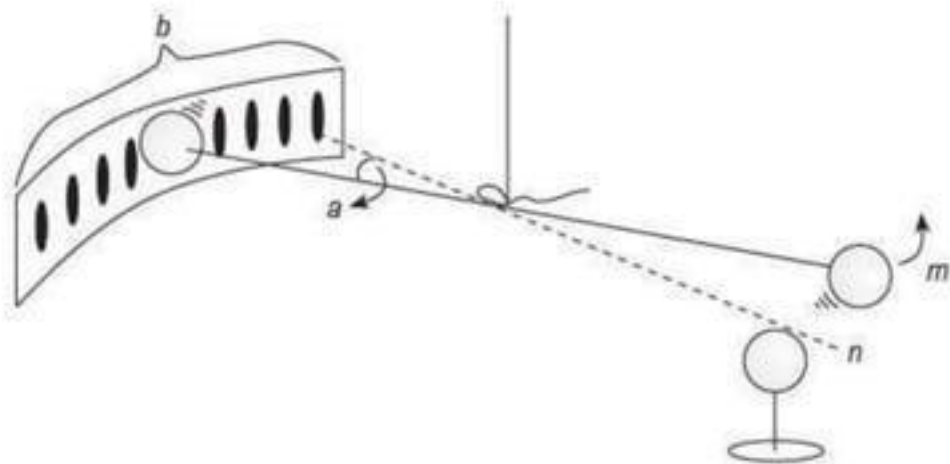
1. Bagian atas berbentuk lempeng atau bola.
2. Pada bagian bawah terdapat dua helai foil (lembaran tipis) logam (perak atau emas).
3. Tangkai logam dan perlengkapannya dibungkus bahan isolator (terletak dalam kotak berdinding kaca).



Sumber: dokumen penerbit

**Gambar 4.4** Elektroskop.

## HUKUM COULOMB



Gambar 4.5 Percobaan Coulomb.

Percobaan Coulomb menunjukkan bahwa gaya listrik antara dua benda bermuatan sebanding dengan muatan masing masing benda dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak dua benda tersebut. Pernyataan tersebut dikenal sebagai hukum Coulomb.

**Gaya Coulomb** berlaku pada partikel-partikel bermuatan listrik. Besarnya gaya listrik yang bekerja antara dua partikel bermuatan dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

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

dengan

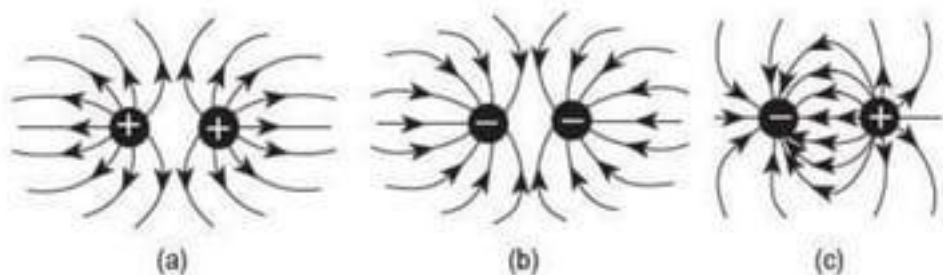
$k$  = konstanta =  $9 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$ ,

$q_1$  dan  $q_2$  = muatan listrik (C), dan

$r$  = jarak pisah antara muatan  $q_1$  dan  $q_2$  (m).

## MEDAN LISTRIK

**Medan listrik** adalah ruang di sekitar benda bermuatan listrik yang masih dipengaruhi gaya listrik. Medan listrik dapat dinyatakan sebagai garis-garis gaya dengan arah dari muatan positif ke muatan negatif. Garis gaya listrik pada muatan positif berarah ke luar dan pada muatan negatif menuju ke pusat. Berikut adalah garis-garis gaya antara dua jenis muatan.



**Gambar 4.6** (a) Garis gaya antara dua muatan positif, (b) garis gaya antara dua muatan negatif, dan (c) garis gaya antara muatan positif dan negatif.

Kuat medan listrik muatan  $q_1$  yang dirasakan muatan  $q_2$  ( $q_2$  juga dapat disebut muatan uji dan bermuatan positif) adalah sebagai berikut.

$$E = \frac{F}{q_2}$$

dengan

$E$  = kuat medan listrik muatan  $q_1$  (N/C),

$F$  = gaya Coulomb yang bekerja pada  $q_1$  dan  $q_2$  (N), dan

$q_2$  = muatan listrik kedua (C).

Kuat medan listrik  $q_1$  adalah sebagai berikut.

$$E = k \frac{q_1}{r^2}$$

dengan

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

$r$  = jarak  $q_1$  ke  $q_2$ , dan

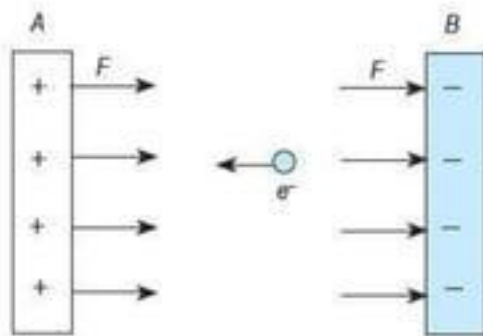
$q_1$  = muatan listrik pertama (C).

**Kuat medan listrik** dapat dinyatakan dengan kerapatan garis-garis gaya listrik. Semakin besar kuat medan listrik, garis-garis gaya yang digambarkan akan semakin rapat.

Energi atau usaha yang diperlukan untuk memindahkan muatan listrik dari suatu titik ke titik lainnya disebut **energi potensial listrik**.

## POTENSIAL LISTRIK

Elektron bergerak dari pelat B ke pelat A seperti dilukiskan pada gambar berikut. Arah gerak elektron berlawanan dengan arah garis gaya listrik.



**Gambar 4.7** Dua buah pelat A dan B yang berbeda potensial listriknya. Elektron bergerak dari pelat B ke pelat A.

Untuk memindahkan elektron diperlukan usaha. Besarnya usaha yang digunakan untuk memindahkan muatan dari B ke A per satuan muatan disebut **potensial listrik**. Potensial listrik dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$V = k \frac{q}{r}$$

dengan

- $V$  = potensial listrik (V),
- $q$  = muatan (C), dan
- $r$  = perpindahan muatan (m).

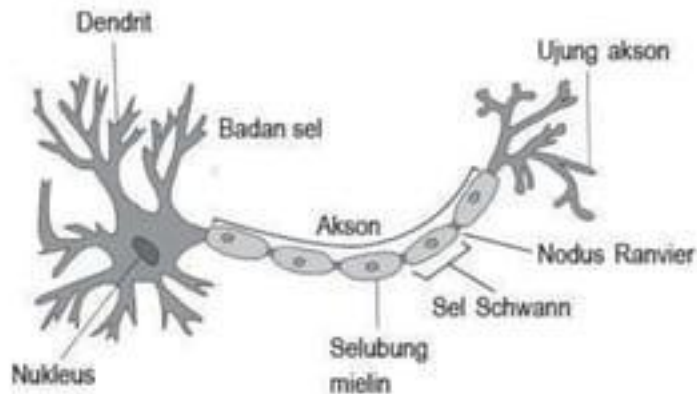
Satuan untuk potensial listrik adalah **volt (V)**.

Potensial listrik antara dua titik sebesar 1 volt didefinisikan sebagai usaha sebesar 1 joule untuk memindahkan muatan 1 coulomb antara dua titik tersebut.

## KELISTRIKAN PADA SISTEM SARAF

- **Sel Saraf**

Unit terkecil penyusun sistem saraf adalah **sel saraf (neuron)**. Satu neuron terdiri atas **badan sel saraf, dendrit, dan akson**.

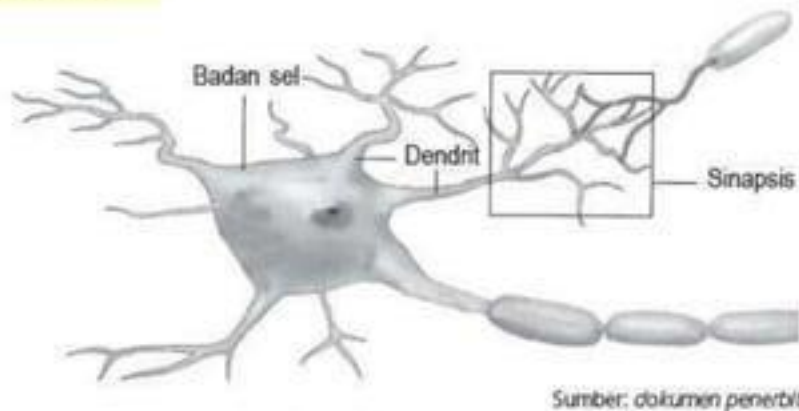


Sumber: dokumen penerbit

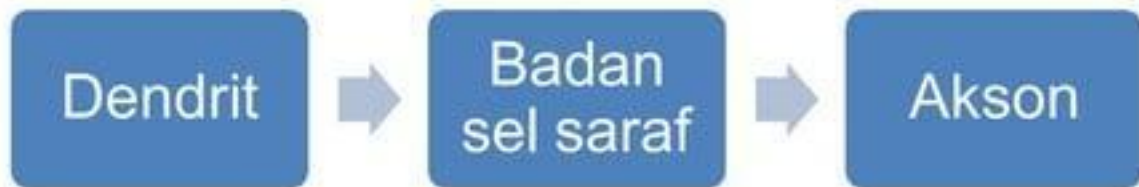
**Gambar 4.8** Struktur sel saraf.

- **Akson (neurit)** merupakan serabut yang panjang dan umumnya tidak bercabang.
- Akson berfungsi untuk meneruskan impuls yang berasal dari badan sel saraf ke neuron lainnya.
- Akson mengandung benang-benang halus yang disebut **neurofibril**.
- Neurofibril dibungkus oleh selaput berwarna putih kekuningan yang disebut **selubung mielin**.
- **Selubung mielin** tersusun dari rangkaian **sel Schwann** dan berfungsi untuk mempercepat jalannya impuls.
- **Sel Schwann** membentuk jaringan yang berfungsi untuk menyediakan nutrisi bagi akson dan membantu regenerasi akson.
- Pada pertemuan antara selubung mielin yang satu dengan lainnya terdapat bagian akson yang tidak terselubungi.
- Bagian ini disebut **nodus Ranvier** yang berfungsi mempercepat pengiriman impuls saraf.

- Cara Kerja Saraf



Gambar 4.9 Sinapsis.



- Dua faktor utama yang memengaruhi kecepatan perambatan potensial aksi adalah hambatan dalam membran inti dan kapasitansi pada membran.
- Penurunan potensial aksi akan meningkatkan kecepatan perambatan.
- Hambatan internal sebuah akson menurun dengan semakin meningkatnya diameter sehingga sebuah akson dengan diameter besar akan memiliki kecepatan perambatan yang lebih tinggi daripada akson dengan diameter kecil.

## • Tipe Sel Saraf

### Sel saraf sensori

- Sel saraf sensori (neuron aferen) merupakan neuron yang berfungsi menghantarkan rangsangan dari reseptor ke saraf pusat.

### Sel saraf motor

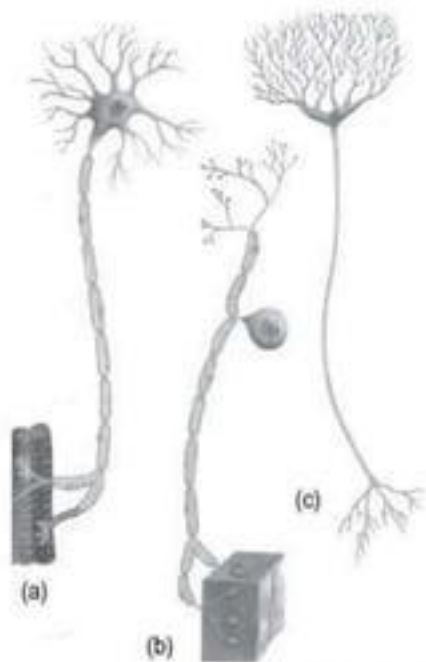
- Sel saraf motor (neuron eferen) berfungsi untuk menghantarkan rangsangan dari saraf pusat ke efektor (otot dan kelenjar).

### Sel saraf penghubung (konektor)

- Sel saraf penghubung (neuron konektor) merupakan penghubung antara neuron yang satu dengan yang lain.

### Sel saraf ajustor

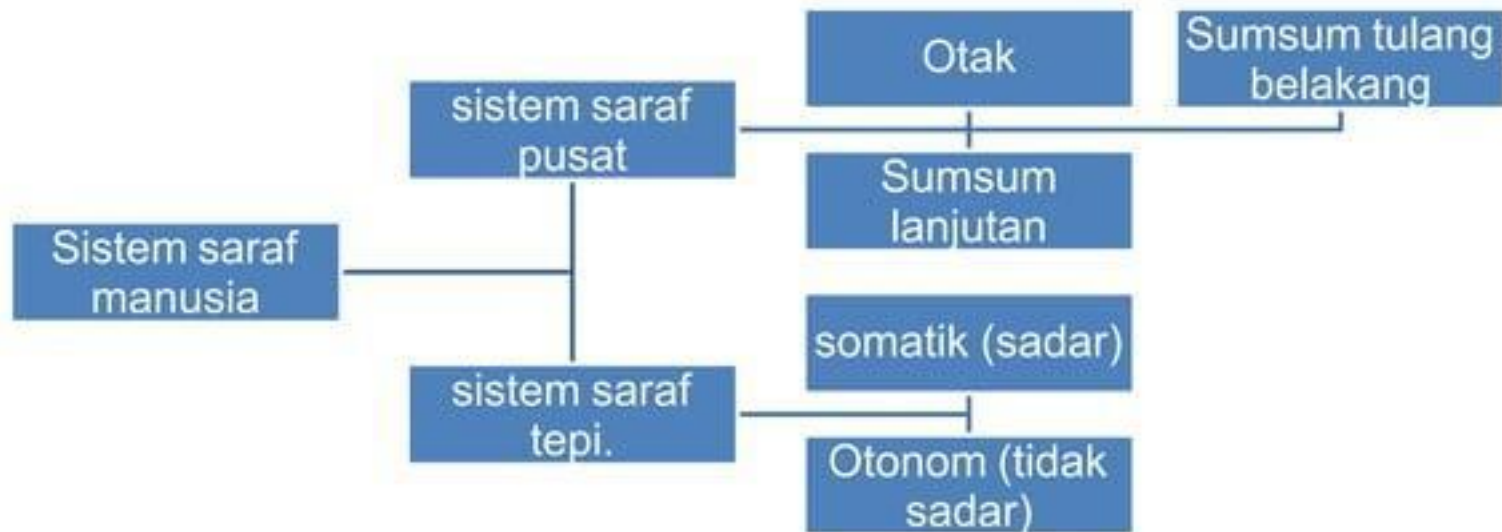
- Sel saraf ajustor (neuron ajustor) merupakan neuron yang menghubungkan neuron sensori dan neuron motor di sumsum tulang belakang.



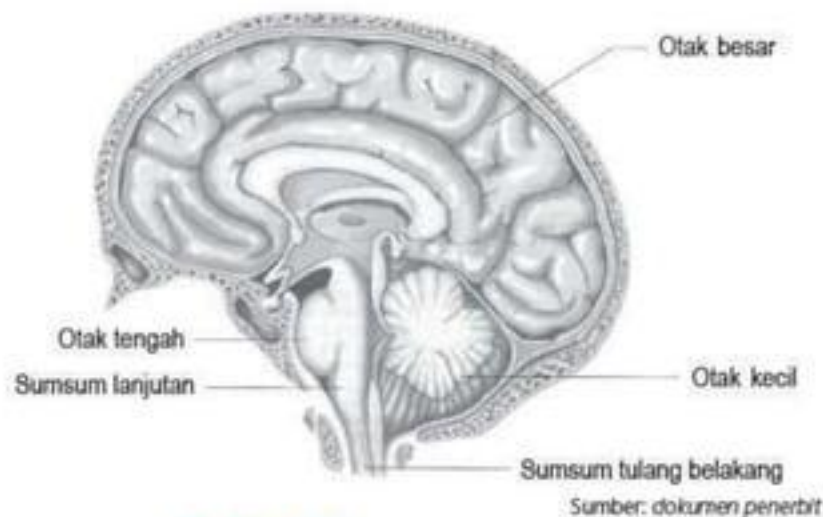
Sumber: dokumen penerbit

**Gambar 4.10** Jenis-jenis sel saraf, yaitu (a) sel saraf motor, (b) sel saraf sensori, dan (c) sel saraf penghubung.

## SUSUNAN SISTEM SARAF



- **Sistem saraf pusat**



**Gambar 4.11** Otak dilihat dari samping.

Sistem saraf pusat berfungsi sebagai pusat koordinasi. **Sistem saraf pusat tersusun dari otak, sumsum lanjutan, dan sumsum tulang belakang.** Otak terbagi atas otak besar, otak tengah, dan otak kecil. Antara otak dan sumsum tulang belakang terdapat sumsum lanjutan (medula oblongata).

## Otak besar (serebrum)

- Otak besar berfungsi sebagai pusat pengendali berbagai aktivitas tubuh yang disadari, yaitu berpikir, kemauan, ingatan, mendengar, membau, bergerak, dan melihat.

## Otak tengah (mesensefalon)

- penghubung antara otak depan dan otak belakang

## Otak kecil (serebelum)

- sebagai pusat keseimbangan tubuh dan koordinasi gerak tubuh.

## Sumsum lanjutan (medula oblongata)

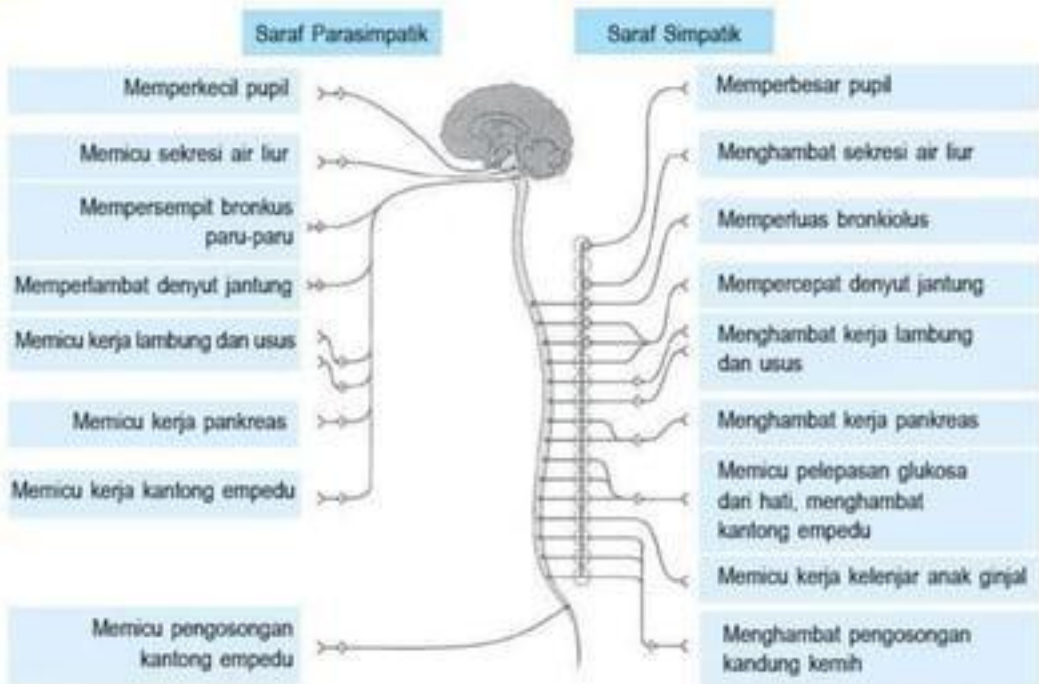
- sebagai pusat pengatur denyut jantung dan tekanan darah, gerak pernapasan, pelebaran dan penyempitan pembuluh darah, refleks menelan, muntah, batuk, dan bersin.

## Sumsum tulang belakang (medula spinalis)

- untuk meneruskan jalannya impuls dari dan menuju otak serta pusat gerak refleks.

## • Sistem saraf tepi

Sistem saraf tepi merupakan saraf penghubung antara saraf pusat dengan organ-organ tubuh. Sistem saraf tepi terdiri atas **saraf sadar (somatik)** dan **saraf tidak sadar (otonom)**.



Sumber: dokumen penerbit

Gambar 4.13 Saraf simpatik dan parasimpatis beserta fungsinya.

## • Impuls Saraf

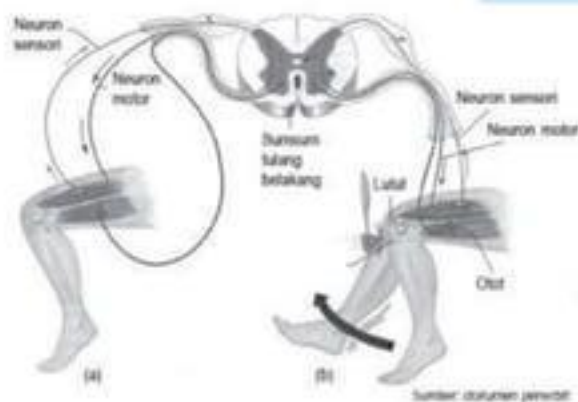
Ada dua macam cara yang dilalui impuls, yaitu **jalan panjang dan pendek**. Jalan panjang merupakan jalan impuls yang dikendalikan oleh otak, berupa kegiatan-kegiatan yang kita sadari. Jalan pendek ini terjadi pada gerak refleks.

### a. Gerak yang disadari

reseptor → saraf sensori → otak → saraf motor → efektor

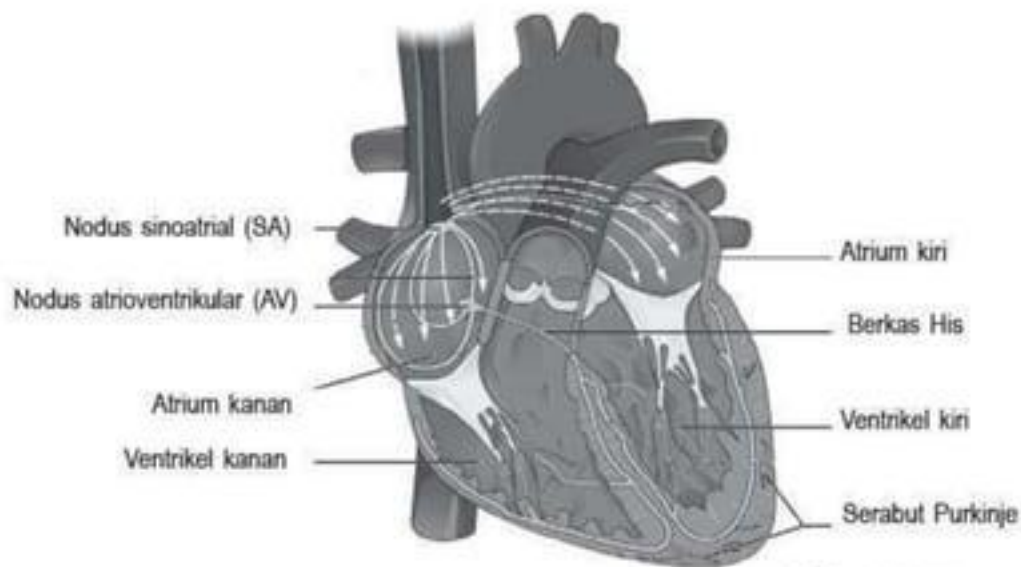
### b. Gerak refleks

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



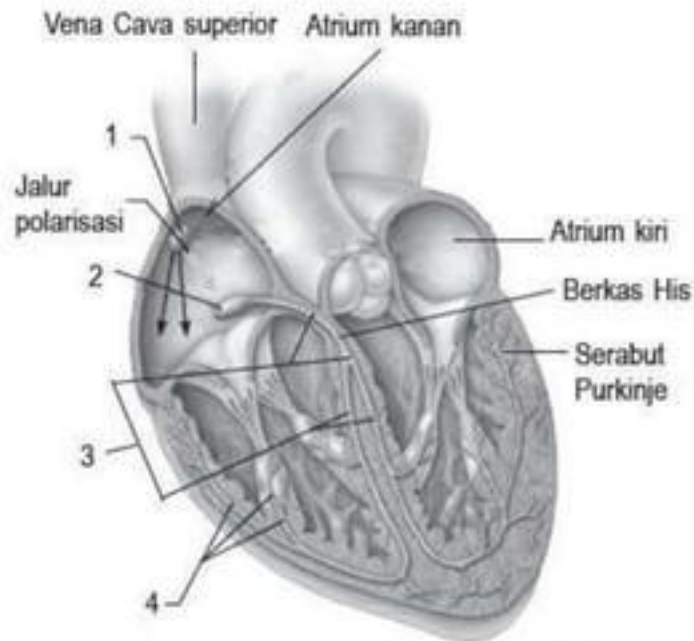
**Gambar 4.14** Jalur yang dilalui oleh rangsangan ketika terjadi gerak refleks, yaitu (a) paha yang tersentuh benda tajam dan (b) lutut dipukul dengan palu.

## KELISTRIKAN PADA JANTUNG



Sumber: [cfx.org](http://cfx.org)

**Gambar 4.15** Pusat kelistrikan pada jantung.



Sumber: [austincc.edu](http://austincc.edu)

**Gambar 4.16** Penjalaran depolarisasi.

#### **Keterangan:**

1. Nodus SA memulai gelombang depolarisasi dari atrium kanan ke atrium kiri dalam 70 sekon → terjadi kontraksi atrium.
2. Gelombang depolarisasi berlanjut ke nodus AV → nodus AV mengalami depolarisasi.
3. Gelombang dari nodus AV melalui berkas His (BH) dan diteruskan ke berkas cabang (BB) → BB mengalami depolarisasi.
4. Diteruskan ke jaringan Purkinje → endokardium → berakhir di epikardium → terjadi kontraksi otot jantung. Setelah repolarisasi, miokardium mengalami relaksasi.

## KELISTRIKAN PADA TULANG

### Tulang mengandung kolagen dan apatit.

- Kolagen merupakan suatu bahan piezoelektrik, yaitu apabila diberikan suatu gaya kepada kolagen, akan terbentuk potensial arus listrik searah kecil.
- Kolagen menghantarkan arus listrik dengan muatan negatif, sedangkan kristal mineral tulang (apatit) yang terletak dekat dengan kolagen menghantarkan arus listrik dengan muatan positif.
- Pada sambungan antara kedua jenis semikonduktor ini, arus akan mengalir ke satu arah yang menginduksi dan mengendalikan pertumbuhan dan regenerasi tulang.

## HEWAN YANG MENGANDUNG LISTRIK

### Ikan Belalai Gajah

- Ikan ini memiliki tonjolan seperti belalai dari kepala.
- Organ ini diselimuti oleh elektroreseptor, yang berfungsi untuk pertahanan diri, komunikasi dan navigasi, serta mencari mangsa.
- Di bagian ekor dilengkapi dengan organ yang menghasilkan listrik khusus yang terdiri atas ribuan electroplax.



Sumber: [pl.wikipedia.org](http://pl.wikipedia.org)

**Gambar 4.17** Ikan belalai gajah.

## HEWAN YANG MENGANDUNG LISTRIK

### Pari listrik

- Ikan bertulang rawan ini memiliki organ penghasil listrik di kedua sisi kepalanya.
- Kejutannya digunakan untuk mengusir predator dan menyetrum mangsanya.



Sumber: [en.wikipedia.org](https://en.wikipedia.org)

**Gambar 4.18** Ikan pari listrik.

## HEWAN YANG MENGANDUNG LISTRIK

### Belut listrik

- Belut listrik memiliki 5.000–6.000 electroplax , yang menghasilkan listrik hingga 600 volt dan arus listrik 1 ampere (600 watt) selama dua milidetik.
- Jika diganggu, mereka dapat menghasilkan sengatan sebentar-sebentar selama satu jam.



Sumber: *en.wikipedia.org*

**Gambar 4.19** Belut listrik.

## HEWAN YANG MENGANDUNG LISTRIK

### Hiu Kepala Martil

- Hiu ini memiliki ratusan ribu elektroreseptor (ampula Lorenzini) sehingga dapat mendeteksi sinyal listrik yang lemah sekalipun dari mangsanya.
- Ampula mendeteksi medan listrik yang dihasilkan oleh hewan lain di bawah air sehingga memungkinkan martil untuk memindai mangsa dari dasar laut.
- Ampula Lorenzini juga dapat mendeteksi medan magnet bumi yang digunakan untuk mendeteksi arus laut yang bergerak dalam medan magnet bumi.



Sumber: [wikispaces.com](http://wikispaces.com)

**Gambar 4.20** Hiu kepala martil.

## HEWAN YANG MENGANDUNG LISTRIK

### Echidna

- Hewan ini memiliki tubuh berduri dan moncong memanjang yang berfungsi baik sebagai mulut dan hidung.
- Bagian moncong juga mengirim sinyal-sinyal listrik yang membantu menemukan mangsa seperti serangga sebagai makanannya.
- Sistem elektroreseptor di moncong
- Echidna memiliki 400 electroplax.



Sumber: [en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org)

Gambar 4.21 Echidna.