

BAB IX

SISTEM SYARAF DAN INDERA PADA MANUSIA

APA YANG AKAN DIPELAJARI DALAM BAB INI?

- Membandingkan macam organ penyusun sistem syaraf pada manusia
- Menjelaskan fungsi otak, sumsum tulang belakang dan sel syaraf dalam sistem koordinasi
- Menunjukkan bagian alat indera dan fungsinya
- Mendata contoh kelainan dan penyakit pada alat indera yang biasa dijumpai dalam kehidupan sehari-hari



Gb. Seorang anak yang bergerak secara refleks karena merasa geli, pinggangnya digaruk oleh temannya

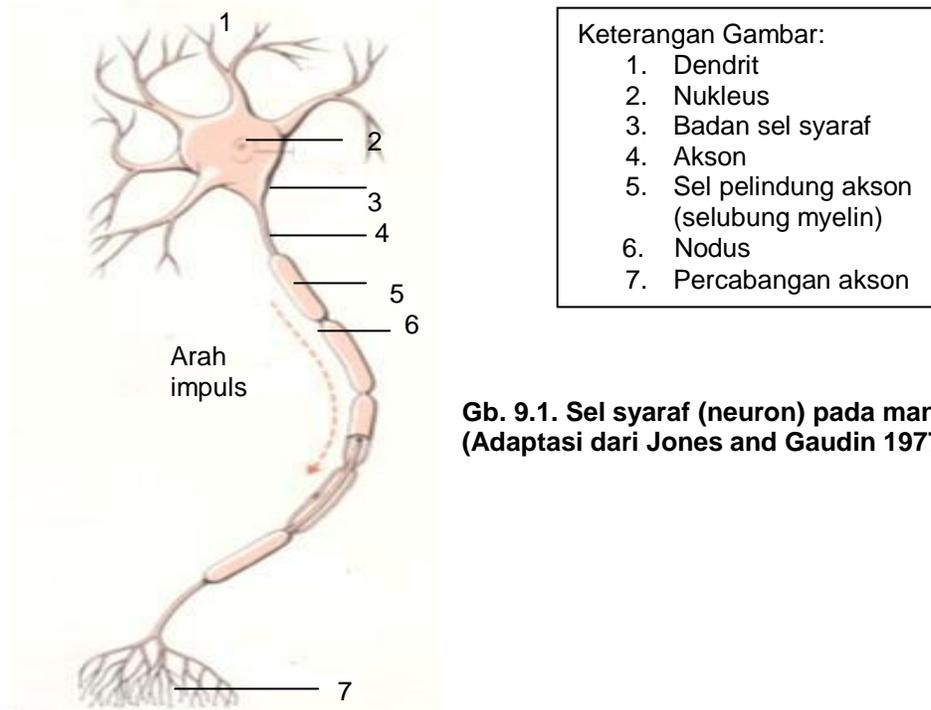
Kamu telah mempelajari tentang konsep sistem gerak, sistem pernafasan, sistem pencernaan, sistem peredaran darah, dan sistem ekskresi. Nah apa yang dapat kamu simpulkan dari konsep-konsep tersebut? Cobalah

kita telusuri kembali. Ketika kamu berjalan, bergerak, bekerja ataupun berlari, ada satu pendorongnya yaitu kemauan sadar yang kerjanya dikendalikan oleh sistem syaraf. Kamu dapat bernafas dengan teratur tanpa disadari. Jantungmu berdenyut tanpa diperintah. Ketika kamu makan maka sistem pencernaan akan bekerja tanpa disadari. Sari-sari makanan akan diangkut oleh sistem peredaran darah. Zat sisa metabolisme akan dikeluarkan melalui sistem ekskresi. Zat ampas padatan akan dikeluarkan melalui anus. Bila kepanasan kamu berkeringat, bila kedinginan, menggigil. Nah semuanya itu terjadi juga melalui kendali dan koordinasi dari sistem syaraf. Sebab sistem syaraf akan memberikan sinyal-sinyal khusus saat kita haus, lapar, ingin buang air kecil dan buang air besar, serta kendali terhadap pernafasan, denyut jantung dan sistem peredaran darah. Nah luar biasa bukan? Semua sistem itu berjalan tanpa kita sadari, seolah-olah mesin yang serba otomatis. Mesin yang hebat, karya sang Maha Pencipta.

9.1. Organ Penyusun Sistem Syaraf Pada Manusia

Dalam pendahuluan di atas telah dikemukakan, bahwa aktivitas dari semua sistem dalam tubuh kita dikendalikan oleh sistem syaraf dan sistem endokrin (hormon). Namun yang akan dibahas untuk kelas VIII adalah hanya sistem syaraf, karena sistem endokrin akan dibahas setelah kamu duduk di kelas 11 (SMA).

Sistem syaraf tersusun atas sel-sel syaraf atau neuron dan sel-sel pendukung di sekelilingnya. Perhatikanlah Gb 9.1 sel syaraf



Gb. 9.1. Sel syaraf (neuron) pada manusia (Adaptasi dari Jones and Gaudin 1977)

Bentuk sel syaraf bervariasi, mulai dari yang sederhana hingga yang kompleks. Sel syaraf berfungsi untuk menerima rangsang, menghantarkan rangsang tersebut dari satu lokasi ke lokasi lain di dalam tubuh kita. Coba perhatikan bila kamu dicubit. Bagian yang terasa sakit dan dipengaruhi oleh rasa sakit bukan hanya pada bagian yang dicubit. Sebab mimik muka akan berubah, meringis kesakitan dan diiringi gerakan refleks.

Meskipun ada berbagai variasi sel syaraf, namun pada dasarnya sel syaraf memiliki struktur yang sama yaitu :

- (1) Badan sel syaraf: ukurannya relatif besar, mempunyai nukleus di tengahnya, dan organel-organel di sekelilingnya. Pada badan sel syaraf terdapat juluran sel syaraf mirip serat yang cukup untuk menyampaikan pesan. Juluran ini terdiri dari akson dan dendrit

Dendrit: Juluran sel syaraf yang mengantarkan sinyal dari ujungnya ke bagian neuron. Berdasarkan gambar 5.2. di atas dendrit umumnya pendek dan bercabang-cabang (dendron = pohon, bhs. Yunani). Percabangan dendrit ini gunanya untuk memperluas permukaan neuron, sehingga dapat menerima rangsang dari reseptor (penerima rangsang) atau dari neuron lainnya

Akson: Menghantarkan pesan ke ujung neuron. Ada neuron yang memiliki akson tunggal yang mungkin sangat panjang. Misalnya syaraf yang berasal dari sumsum tulang belakang ke otot betis dan telapak kaki kita dapat mencapai panjang satu meter lebih. Tetapi ada pula akson yang tidak terlalu panjang

- (2) Sel-sel pendukung:

Dalam sistem syaraf vertebra banyak akson dilapisi oleh selubung myelin. Selubung myelin ini dibentuk oleh sel pendukung. Pada sistem syaraf tepi sel pendukung yang menyusun selubung myelin ini disebut Sel Schwann (lih. Gb 9.1). Pada selubung myelin ini terdapat lekukan yang disebut nodus.

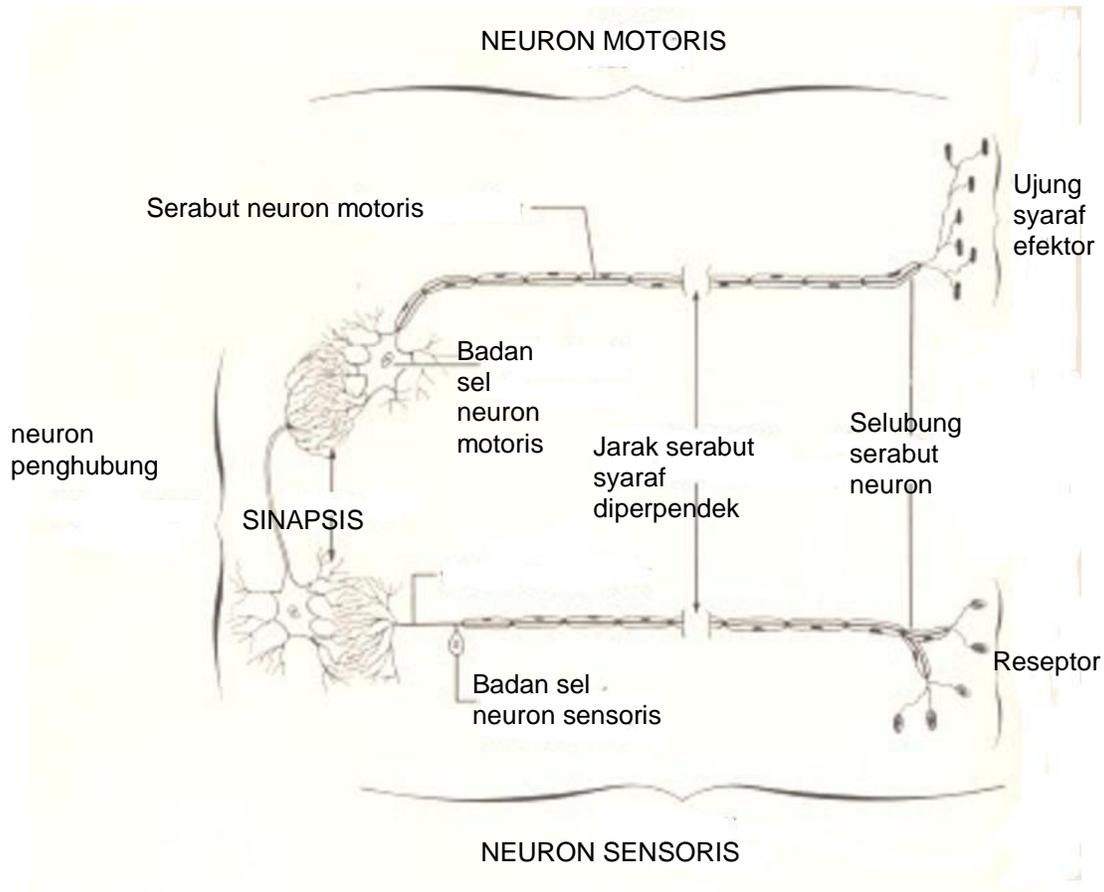
Akson dapat bercabang-cabang dengan ujung khusus yang disebut ujung sinapsis. Ujung sinapsis ini akan menghasilkan senyawa kimia yang dapat mengirimkan pesan ke dendrit dari neuron lainnya atau ke dendrit sel target (efektor). Senyawa kimia ini disebut neurotransmitter. Tempat kontak antara ujung sinapsis dan sel neuron berikutnya atau sel efektor disebut sinapsis. Sinapsis adalah "tempat kontak" antara neuron yang satu dengan neuron lainnya, atau antara neuron dengan sebuah sel otot atau sel kelenjar.

a. Macam-macam Neuron Berdasarkan Fungsinya

Berdasarkan fungsinya terdapat tiga golongan neuron yang berkaitan dengan fungsi sistem syaraf, yaitu::

- (1) Neuron sensoris : neuron yang membawa informasi dari lingkungan luar maupun lingkungan dalam dari reseptor menuju sistem syaraf
- (2) Neuron penghubung (interneuron): neuron yang menghubungkan neuron sensoris dengan neuron motoris. Interneuron membuat sambungan sinaptik dengan neuron lain

- (3) Neuron motoris: Neuron yang mengirimkan impuls (hantaran rangsang) dari sistem syaraf pusat ke efektor



Gb 9.2. Gb. neuron sensoris, interneuron, neuron motoris (Adaptasi dari BSCS 1974)

Ketiga macam neuron tersebut berbeda dalam bentuk, meskipun dari masing-masing bentuk masih terdapat beberapa variasi.

b. Gerak Refleks

Kegiatan 9.1.

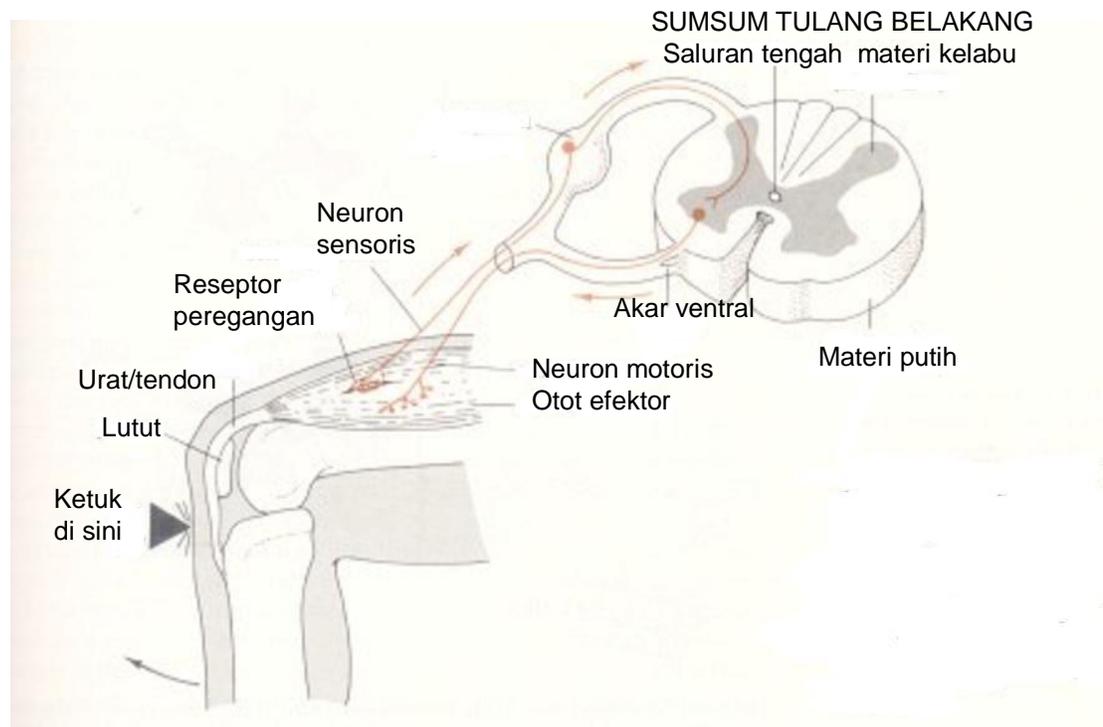
Memahami respon otomatis (refleks)

- Bekerjalah dengan teman sebangku. Sentuhlah pinggangnya. Bagaimanakah reaksinya?
- Duduklah saling berhadapan. Kipaskan tanganmu di depan mata temanmu (jangan sampai kena mata). Bagaimanakah reaksinya?
- Mintalah temanmu duduk di tempat yang agak tinggi sehingga kakinya tergantung. Ketuklah pada bagian bawah tulang lututnya dengan penggaris . jangan terlalu keras. Apa yang terjadi?

Kesimpulan apakah yang dapat kamu peroleh dari kegiatan 9.1. di atas?
Berapa detikkah muncul respon setelah kamu menyentuh pinggangnya atau mengipaskan tanganmu di depan matanya?
Berapa detikkah waktu yang dibutuhkan temanmu untuk menggerakkan lututnya setelah diketuk? Itulah yang disebut refleks lutut

Neuron-neuron tersusun dalam suatu jalinan sirkuit neuron. Ada sirkuit yang sederhana yang hanya melibatkan sinapsis antara dua neuron yaitu neuron sensoris dan neuron motoris. Neuron sensoris mengirimkan sinyal dari reseptor ke neuron motoris, selanjutnya neuron motoris mengirimkan sinyal ke efektor. Hasilnya adalah respon otomatis yang sederhana yang disebut gerak refleks seperti yang kamu amati pada kegiatan 9.1.

Gerak refleks yang dicontohkan di atas merupakan gerak refleks sederhana. Perhatikan gambar 9.3. berikut ini.



Gb. 9.3. Diagram refleks lutut (adaptasi dari Keeton1980)

Ketika lutut di ketuk, maka reseptor sensoris melanjutkan ke reseptor peregangan otot paha. Kemudian neuron sensoris mengirimkan sinyal ke sumsum tulang belakang. Terjadi sinapsis dengan neuron motoris di sumsum tulang belakang. Neuron motoris mengirimkan sinyal ke otot paha, otot paha kemudian berkontraksi sehingga kaki bagian bawah menyentak ke depan.

Dalam refleks ini hanya dua macam neuron yang menimbulkan gerak refleks yaitu neuron motoris dan neuron sensoris. Namun ada pula gerak refleks yang melibatkan interneuron sehingga terjadi gerak yang lebih kompleks.

Badan sel neuron motoris dan interneuron terdapat di bagian kelabu dari sumsum tulang belakang. Bagian putih dari sumsum tulang belakang terdiri dari akson motoris dan sensoris.

Neuron sensoris membentuk sinapsis dengan beberapa interneuron yang terdapat di dalam bagian kelabu dari sumsum tulang belakang. Beberapa interneuron ini dapat bersinapsis langsung dengan dengan neuron motoris di bagian yang sama, tetapi dapat pula menyeberang ke sisi lain dari sumsum tulang belakang dan bersinapsis dengan neuron motoris lainnya dan dengan interneuron ke arah naik (neuron ascending) yaitu menuju ke otak.

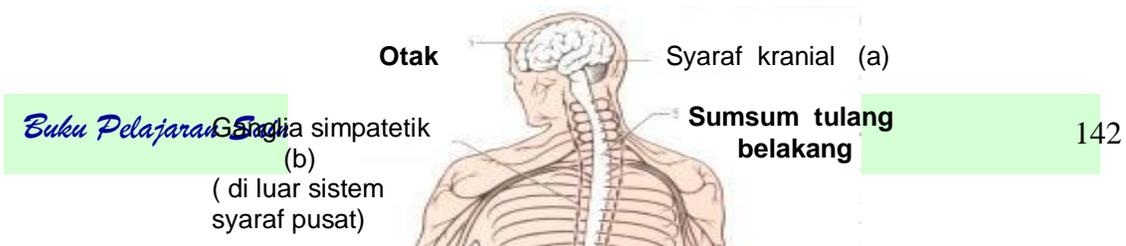
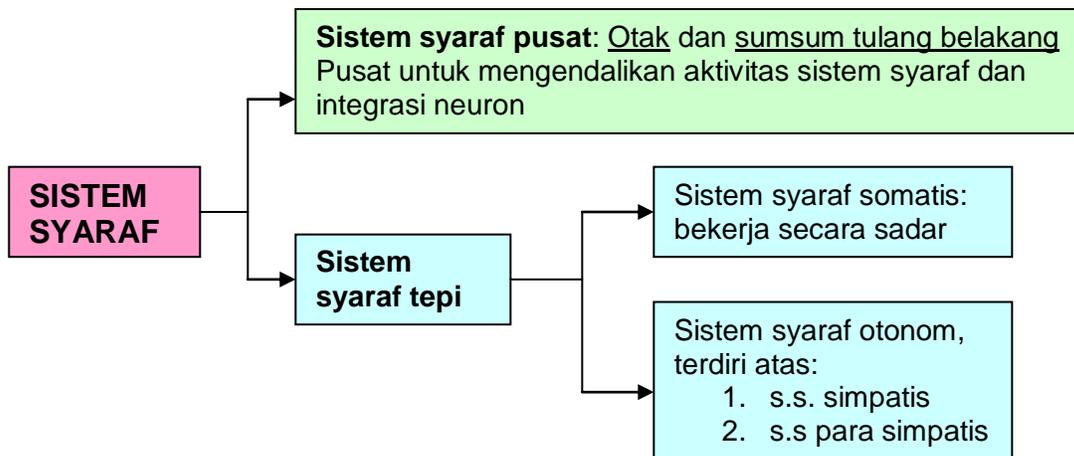
Keterlibatan interneuron dengan neuron motoris yang agak rumit ini menyebabkan gerak yang lebih kompleks. Dengan adanya impuls yang dikirim ke otak, maka dapat terjadi modifikasi refleks. Misalnya ketika lututmu akan diketuk, dan kamu dalam keadaan sadar akan diketuk, maka akan terjadi hambatan terhadap refleks, otot motoris di bagian paha tidak meregang dan refleks pun tidak terjadi.. Begitu pula ketika sadar pinggangnya akan disentuh, seseorang dapat menahannya sehingga tidak terjadi refleks. Cobalah lakukan hal ini

9.2. Sistem Koordinasi

Di dalam tubuh kita terdapat miliaran sel syaraf yang aktivitasnya terkoordinasi dengan baik, oleh karena itu sistem syaraf disebut juga sistem koordinasi karena secara umum ada 3 fungsi penting sistem syaraf yaitu:

- a) Merasakan perubahan yang terjadi di luar dan di dalam tubuh
- b) Menafsirkan perubahan yang terjadi
- c) Merespon perubahan dalam bentuk kontraksi otot dan sekresi kelenjar.

Sistem koordinasi melibatkan fungsi otak, sumsum tulang belakang dan sel-sel syaraf. Di atas telah dijelaskan tentang organ penyusun sistem syaraf, dan sekarang kita membahas tentang organisasi sistem syaraf. Perhatikan bagan berikut ini:



Gb. 9..4 Sistem syaraf manusia yang terdiri dari otak, sumsum tulang belakang dan syaraf yang tersebar ke seluruh bagian tubuh. Serabut syaraf yang panjang dari sistem syaraf tepi berasal dari otak dan sumsum tulang belakang. Diperkirakan otak manusia memiliki 10^{12} sel syaraf (Adaptasi dari Jones and Gaudin, 1977)

9.2.1. Sistem Syaraf Pusat

(1). Otak

Otak kita terlindung dengan baik di dalam tengkorak. Di bawah tulang tengkorak terdapat selaput otak yang disebut meningen. Ada tiga lapisan meningen dari bagian luar ke dalam yaitu:

- a. Duramater : terdiri dari jaringan ikat fibrosa (fibrous = serat)
- b. Arachnoid : terdiri dari jaringan ikat halus
- c. Piamater : terdiri dari jaringan fibrosa transparan, mengandung pembuluh darah dan langsung menempel pada permukaan otak dan sumsum

Diantara arachnoid dan piamatter terdapat rongga subarachnoid yang berisi cairan serebro spinal. Radang pada selaput meningen disebut **meningitis**

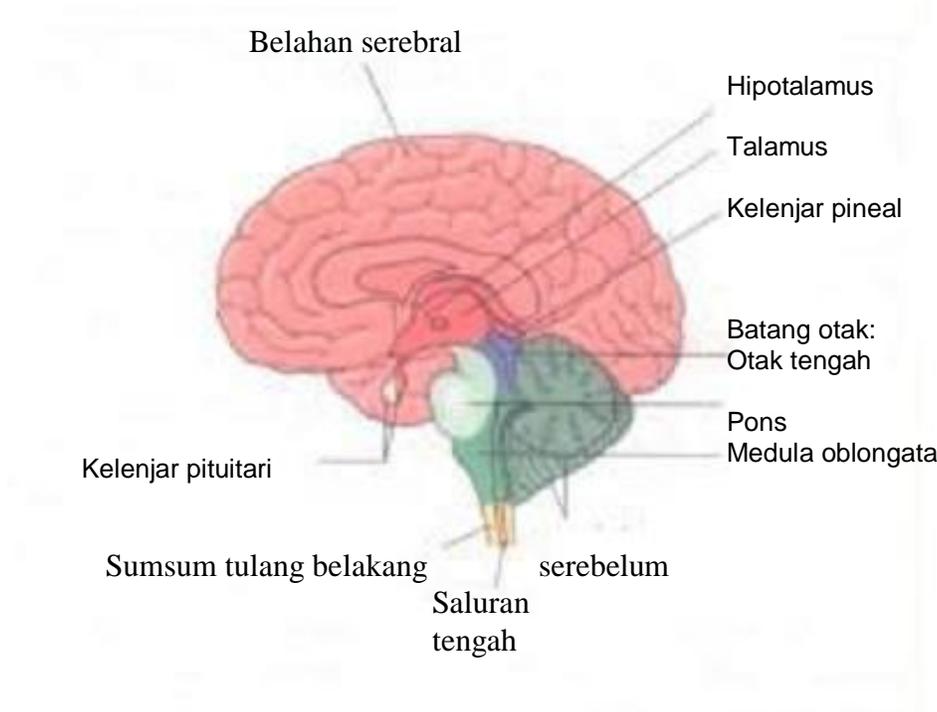
(2). Bagian-Bagian Otak

Otak manusia sangat maju perkembangannya jika dibandingkan dengan otak hewan vertebrata lainnya. Kamu dapat bersekolah, belajar, berpikir, berkreasi, menari, berolahraga karena memiliki otak yang sangat baik

perkembangannya, yang dapat mengendalikan fungsi bagian-bagian tubuh yang lain.

Otak terdiri dari beberapa bagian utama yaitu (a) otak besar atau serebrum (b) otak kecil atau serebelum (c) otak tengah, (d) jembatan otak atau pons dan (e) lanjutan dari sumsum tulang belakang yang disebut Medulla oblongata.

Otak tengah bersama pons dan medula oblongata bersama-sama membentuk “batang otak”. Mari kita bahas masing-masing bagiannya.



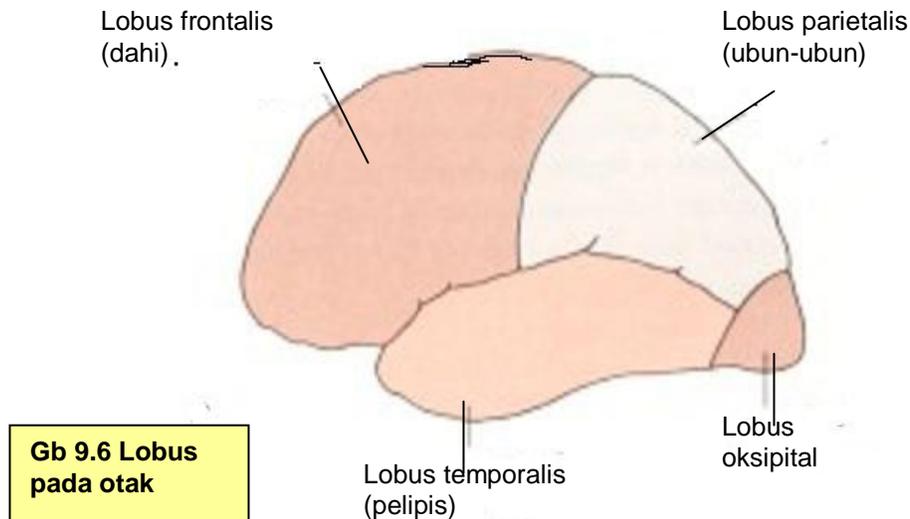
Gb. 9.5. Otak dengan bagian-bagiannya
(Campbell, Reece, Mitchell, 2002)

Serebrum merupakan pusat integrasi yang paling kompleks, dan dibagi menjadi dua belahan, yaitu belahan kiri dan belahan kanan. Masing-masing belahan ditutup oleh bagian kelabu yang disebut korteks serebral (korteks=bagian luar). Di bagian dalamnya adalah bagian putih yang terdiri dari kelompok nukleus dan disebut basal nukleus.

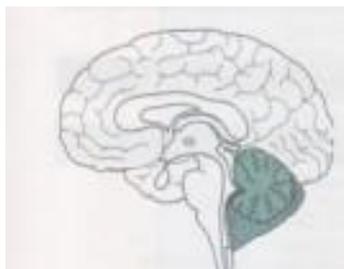
Bagian korteks serebral merupakan bagian otak yang paling besar dan rumit yang menempati massa 80% dari total massa otak manusia. Antara belahan kiri dan kanan korteks serebral dihubungkan oleh serat putih yang disebut korpus kalosum (Corpus callosum= badan putih) Masing-masing sisi terbagi menjadi empat lobus yang terpisah dengan fungsinya yaitu:

- Lobus frontalis (daerah dahi): asosiasi frontal dan berbicara

- Lobus parietalis (daerah ubun-ubun): asosiasi somatosensoris, berbicara, membaca, pengecapan,
- Lobus temporal: daerah penciuman, pendengaran, asosiasi pendengaran,
- Lobus oksipital: daerah penglihatan dan asosiasi penglihatan

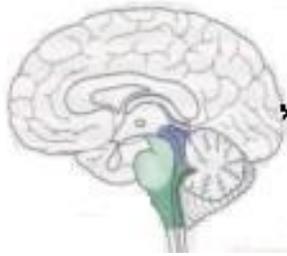


Antara lobus frontalis dengan parietalis terdapat daerah yang mengintegrasikan sinyal dari berbagai reseptor, sentuhan, rasa sakit, tekanan, panas, dingin, dan beberapa kegiatan yang kompleks pada manusia, misalnya: Dalam kondisi tidur kita dapat bermimpi, ingatan masa lalu yang sering muncul, emosi, kemampuan mengingat, kemampuan belajar, kemampuan bahasa, berbicara, kesadaran, bangun tidur, melamun, dan sebagainya.



Gb. 9.7 Serebelum
(Campbell, Reece, Mitchell, 2002)

Serebelum berfungsi untuk mengendalikan pergerakan dan keseimbangan. Serebelum menerima informasi sensoris dari sistem pendengaran, sistem penglihatan, posisi persendian, dan panjang otot. Di samping itu juga menerima informasi motoris yang memberi tahu tindakan yang harus dilakukan. Serebelum menggunakan informasi sensoris dan motoris ini untuk mengkoordinasikan pergerakan yang mulus dan keseimbangan yang baik antar anggota badan dan antara anggota badan dengan alat indera.



Gb. 9.8. Batang otak
(Campbell, Reece, Mitchell, 2002)

Batang otak kadang-kadang disebut “otak bagian bawah”, bentuknya seperti batang dengan tudung di bagian depan. Terdiri dari tiga bagian yaitu:

- Medula oblongata: mempunyai beberapa pusat yang mengatur fungsi otonom dan homeostatik, yang meliputi aktivitas pernafasan, jantung dan pembuluh darah, menelan, muntah, pencernaan
- Pons: mengatur pusat pernafasan di medula oblongata
- Otak tengah: mengandung pusat penerimaan dan integrasi berbagai informasi sensoris dan mengkoordinasikan refleks mata dan persepsi

Batang otak juga melakukan koordinasi pergerakan tubuh dalam skala besar seperti berjalan, berlari. Sebagian besar akson yang membawa perintah dari otak tengah dan otak depan ke sumsum tulang belakang, selalu melintas di bagian medula oblongata. Dengan demikian, otak bagian kanan mengendalikan gerak sisi tubuh bagian kiri, dan sebaliknya.



Gb 9.9 Talamus dan hipotalamus
(Campbell, Reece, Mitchell, 2002)

Talamus dan hipotalamus terletak di daerah dahi agak ke dalam. Talamus merupakan pusat penerima sensoris utama yang menuju ke serebrum dan pusat keluarnya informasi motoris yang meninggalkan serebrum. Di dalam talamus terdapat banyak nukleus. Masing-masing nukleus berfungsi jenis informasi sensoris tertentu. Informasi dari semua alat indera diseleksi di dalam talamus, lalu dikirim ke pusat otak untuk diolah, diinterpretasikan dan diintegrasikan. Talamus juga mengatur emosi dan kesiagaan tubuh (dalam keadaan bangun).

Hipotalamus beratnya hanya beberapa gram, tetapi merupakan wilayah otak yang paling penting untuk pengaturan homeostasis. Di dalam hipotalamus

terdapat pusat pengaturan rasa lapar, rasa haus, pengaturan hormon-hormon dan kelenjar, serta respon naluriah.

(3) Sumsum tulang belakang (medulla spinalis)

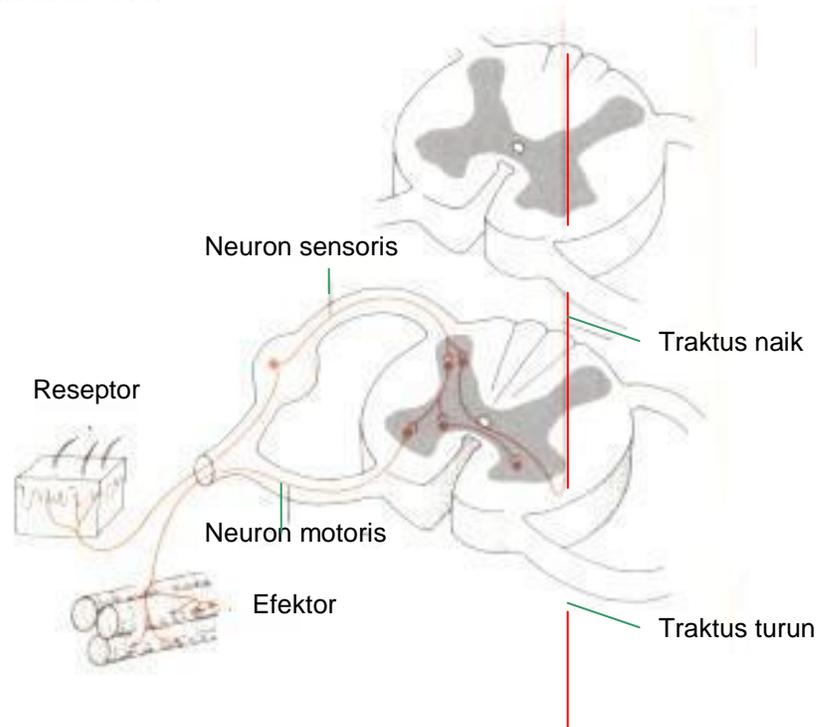
Bila dibuat penampang melintang, maka sumsum tulang belakang terdiri atas :

- Bagian putih (di sebelah luar): terdiri dari akson bermyelin
- Bagian kelabu (di sebelah dalam): berbentuk “kupu-kupu” terdiri dari badan sel syaraf. Di bagian tengahnya terdapat satu saluran di sepanjang sumsum tulang belakang dan berhubungan dengan otak yang disebut kanalis sentralis . Didalam kanalis sentralis ini terdapat cairan serebro spinal

Akson bermyelin pada bagian putih membentuk bundel yang disebut traktus. Di sepanjang sumsum tulang belakang terdapat 2 macam tractus yaitu:

- Traktus naik (*ascending*) yang berfungsi membawa impuls sensoris dari syaraf tepi menuju ke otak
- Traktus turun (*descending*) yang berfungsi membawa impuls motoris dari otak menuju syaraf tepi

Pelajarilah gambar 9.9.



Gb 9.10. Penampang melintang sumsum tulang belakang (Adaptasi dari Keeton, 1980)

Sumsum tulang belakang juga berfungsi untuk menghasilkan gerak refleks. Syaraf spinal yang keluar dari sumsum tulang belakang , berhubungan dengan sumsum tulang belakang melalui dua bundel yaitu:

- a. Akar dorsal (dorsal= bg. Punggung): membawa impuls sensoris (peraba, rasa, panas dsb.) menuju tanduk dorsal bagian kelabu. Di bagian ini terdapat tonjolan ganglion akar dorsal.
- b. Akar ventral (ventral = bg. Dada) membawa impuls motoris. Bila impuls motoris ini menuju otot rangka, maka bersifat sadar. Tetapi ada pula yang bersifat tak sadar (tidak dipengaruhi kehendak), yaitu impuls motoris yang menuju ke otot jantung, otot polos, atau kelenjar. Bagian ini juga berhubungan dengan sistem syaraf autonom.

Gerak refleks berlangsung melalui lengkung refleks yang jalannya :melalui:

- (1) Reseptor → (2) Neuron sensoris → (3) Pusat (otak atau sumsum tulang belakang) → (4) Neuron motoris → (5) efektor

Kegiatan 9.2.

Menelusuri jalannya lengkung refleks lutut

Cobalah simak kembali kegiatan 9.1 tentang refleks lutut, lalu cobalah telusuri jalannya refleks tersebut dan urutkan jalannya refleks mulai dari ketika lutut diketuk hingga terjadinya refleks lutut

Kesimpulan apa yang dapat kamu peroleh ?

(4) Sistem Syaraf Tepi

Syaraf tepi terdiri atas 12 pasang syaraf otak dan 31 pasang syaraf spinal. Syaraf otak berasal dari otak yang memasuki organ kepala dan tubuh bagian atas. Syaraf spinal berasal dari sumsum tulang belakang memasuki keseluruhan bagian tubuh. Perhatikan pada Gb 9.4 di mana terdapat bagian (a), (b), dan (c) yang termasuk bagian sistem syaraf tepi

. Jumlah 31 pasang syaraf spinal terdiri atas ;

- 8 pasang syaraf leher
- 12 pasang syaraf bagian dada (thorax)
- 5 pasang syaraf bagian pinggang (lumbar)
- 5 pasang syaraf bagian panggul (sakral)
- 1 syaraf daerah tulang ekot

Syaraf spinal merupakan campuran syaraf sensoris dan motoris dan mengandung banyak akson dan dendrit. Akan tetapi pada akar dorsal hanya mengandung serabut sensoris dan pada akar ventral hanya mengandung serabut motoris.

Bagian sensoris syaraf tepi tersusun atas neuron sensoris yang mengirimkan informasi dari reseptor sensoris ke sistem syaraf pusat yang memonitor lingkungan di dalam tubuh dan di luar tubuh. Karena arahnya ke atas (pusat syaraf) maka neuron sensoris ini diberi nama neuron naik (afferent)

Bagian motoris dari sistem syaraf pusat mengirimkan sinyal dari sistem syaraf pusat ke sel efektor. Karena arahnya turun dari pusat syaraf ke efektor, maka syaraf motoris ini disebut neuron turun (efferent)

a. Sistem Syaraf Somatis

Sistem syaraf somatis merupakan sistem syaraf sadar karena bekerjanya dibawah pengaruh kendali sadar, meskipun sebagian besar pergerakan otot rangka juga dapat ditentukan oleh refleks sumsum tulang belakang (ingat refleks lutut).

Bagian motoris dari sistem syaraf sadar membawa sinyal ke otot rangka sebagai respons terhadap rangsangan dari luar. Misalnya, kamu ingin menulis, kamu membutuhkan alat tulis. Di atas meja ada pensil. Pusat syaraf akan memerintahkan syaraf motoris untuk mengambil pensil yang terletak di atas meja

b. Sistem Syaraf Otonom

Sistem syaraf otonom bekerja mengendalikan kerja otot polos dan otot jantung, organ pencernaan, sistem peredaran darah, sistem ekskresi, dan sistem endokrin (sistem hormon). Sistem syaraf ini bekerja secara otomatis, tidak dikendalikan oleh kehendak kita, meskipun pada umumnya dibawah pengaruh kesadaran.

Sistem syaraf otonom dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu bagian sistem syaraf simpatik dan bagian sistem syaraf parasimpatik. Ketika syaraf simpatik dan parasimpatik menginervasi organ yang sama, maka seringkali pengaruhnya berlawanan.

Sinyal yang dibawa oleh syaraf simpatik umumnya meningkatkan kebutuhan energi dan mempersiapkan individu untuk melakukan aktivitasnya dengan mempercepat denyut jantung, meningkatkan laju metabolisme dan melakukan fungsi-fungsi yang berkaitan dengan peningkatan aktivitas tersebut. Misalnya ketika kamu lapar, kamu makan dengan lahap dan cepat, suhu tubuh terasa meningkat, denyut jantung lebih cepat.

Syaraf parasimpatik, meningkatkan aktivitas yang menghemat energi, misalnya ketika kamu telah kenyang, maka tempo makan juga lebih lambat karena kerja organ pencernaan menjadi lebih lambat, Denyut jantung diperlambat

Sistem syaraf somatis dan otonom bekerja sama untuk memelihara keseimbangan homeostasis untuk memelihara fungsi organ-organ. Misalnya bila kamu kedinginan, maka hipotalamus akan mengirimkan sinyal sistem syaraf otonom, sehingga pembuluh darah di dekat permukaan kulit akan menyempit untuk mengurangi kehilangan panas. Pada saat yang sama hipotalamus akan mengirimkan sinyal ke syaraf somatis sehingga menimbulkan respons menggigil.

5.3. Alat Indera dan Fungsinya

Ada alat indera yang bersifat umum yang dapat mengalami sensasi rasa, sakit, tekanan, panas, dingin yang dapat meluas ke seluruh tubuh dan adapula alat indera khusus yang terdiri dari organ pengecap, pembau, penglihatan dan pendengaran. Indra khusus bersama-sama dengan indera umum membentuk panca indera.

Panca indera umumnya menangkap sensasi yang berasal dari luar tubuh. Di dalam tubuh kita juga terdapat indera lain yang dapat mengenal keadaan di dalam tubuh kita, misalnya bila kadar glukosa di dalam darah turun maka kita akan merasa lapar, bila kadar air di dalam sel-sel menurun maka kita akan merasa haus.

a. Indera Pengecap

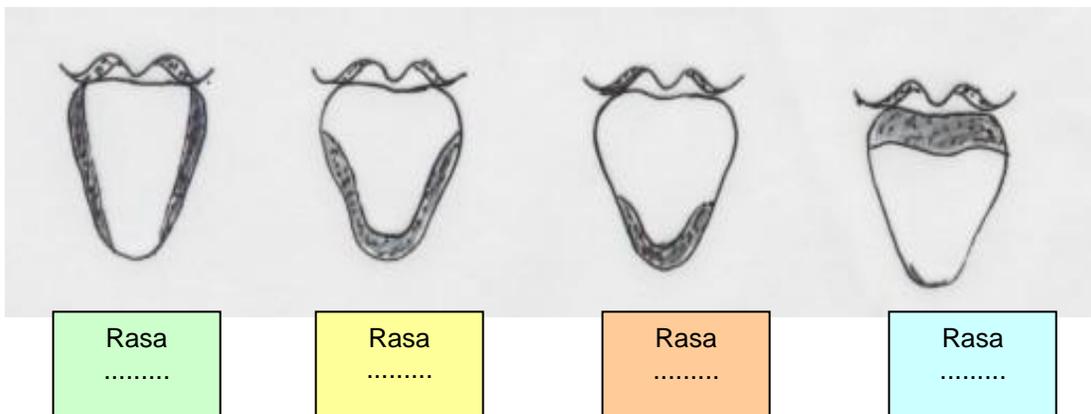
Kegiatan 9.3.

Pemetaan rasa pada lidah

Bekerjalah dalam kelompok.

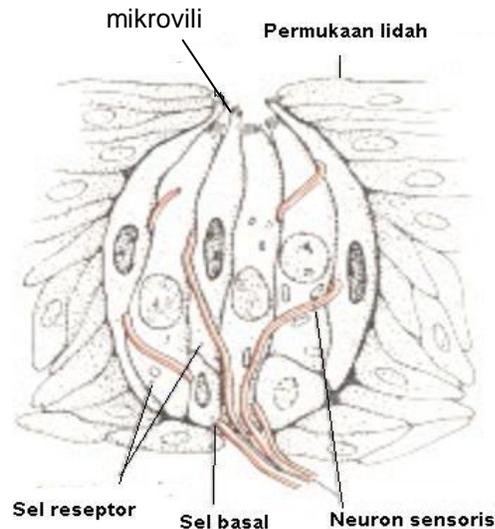
- Sediakan beberapa lidi yang ujungnya diselubungi kapas atau dapat pula kamu menyediakan *cotton buds* bila ada, sehelai saputangan, dan gambar lidah
- Sediakan 4 macam larutan: air gula; air garam, air jeruk asam, dan larutan jamu
- Tutuplah mata temanmu dengan sapu tangan. Lalu celupkan lidi kapas kedalam larutan gula, lalu oleskan pada lidah temanmu di beberapa tempat, Di bagian manakah ia merasakan rasa manis? Beri tanda daerah manis pada gambar lidah
- Lakukan hal yang sama dengan lidi kapas yang baru untuk larutan garam, jeruk asam, dan larutan jamu. Perhatikan lidi kapas yang telah digunakan jangan dipakai lagi
- Di bagian lidah manakah, temanmu dapat merasakan asin, asam dan pahit? Berilah tanda daerah asin, asam, dan pahit pada gambar lidah di bawah ini

Kesimpulan apakah yang dapat kamu peroleh dari percobaan tersebut?



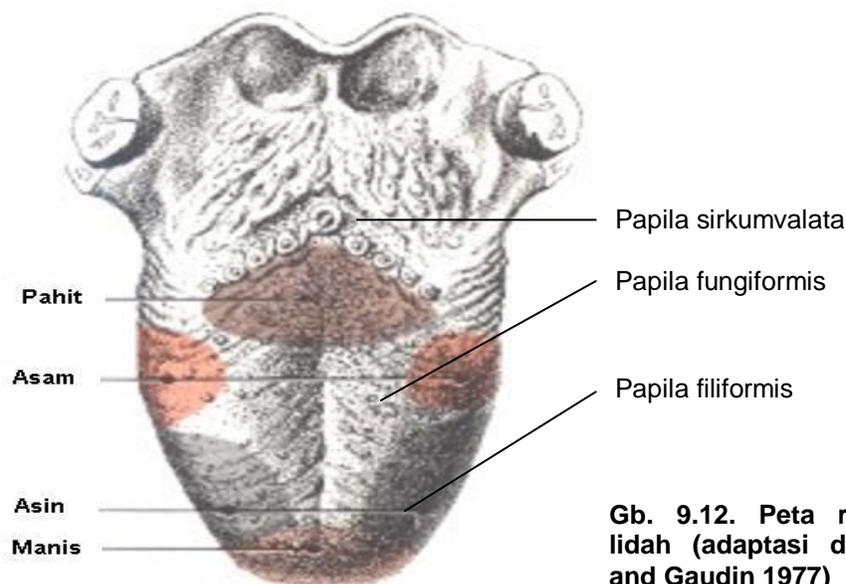
Cobalah raba lidahmu, kasarkah atau haluskah permukaaannya? Agak kasar bukan? Permukaan lidah bersifat kasar karena memiliki tonjolan-tonjolan yang disebut papilla. Ada tiga macam papila lidah yaitu:

- (1) Papila filiformis: yaitu papila yang berbntuk benang-benang halus, terletak pada 2/3 bagian depan lidah
- (2) Papila fungiformis (fungi= cendawan), yaitu papila yang berbentuk cendawan terletak di bagian sisi dan ujung lidah
- (3) Papila sirkumvalata : berbentuk bundar dan tersusun seperti huruf “V” terbalik di belakang lidah



Gb. 9.11. Struktur reseptor kecap pada lidah memiliki sensoris mikrovili yang muncul dari pori-pori permukaan lidah (Adaptasi dari Keeton 1980)

Papila mengandung kuncup-kuncup pengecap yang bentuknya bundar yang terdiri atas sel pengecap sebagai reseptor dan sel penyokong.



Gb. 9.12. Peta rasa pada lidah (adaptasi dari Jones and Gaudin 1977)

Sel pengecap memiliki tonjolan seperti rambut yang keluar dari kuncup pengecap melalui lubang pengecap. Dengan demikian zat kimia yang terlarut dalam air ludah akan merangsang sel-sel pengecap dan diteruskan ke syaraf otak lalu ke talamus, kemudian berakhir di daerah pengecap primer di lobus parietalis untuk diinterpretasikan sebagai rasa tertentu. (Gb. 9.1)

Pada lidah terdapat 4 jenis rasa kecap yaitu daerah manis, asin, asam, dan pahit. Perhatikan peta rasa kecap pada lidah dalam gambar 9-12.

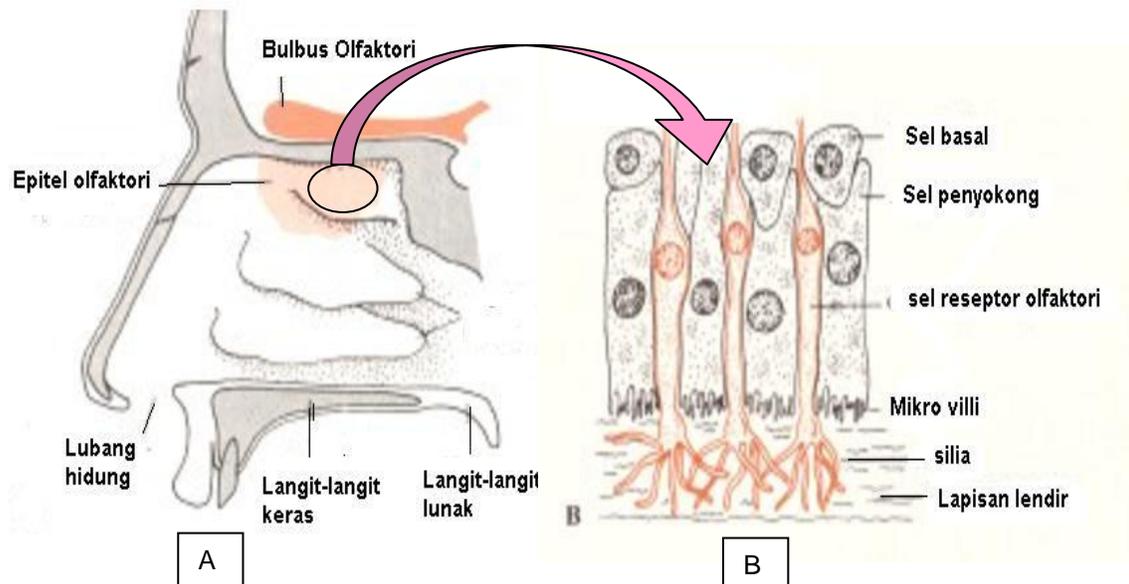
Bagaimanakah hasil percobaanmu pada kegiatan 9.3.? Apakah peta rasa yang kamu temukan sesuai dengan gambar di atas? Memang tidak ada batas yang pasti, misalnya ujung lidah dapat bereaksi terhadap keempat rasa kecap, tetapi paling peka terhadap manis dan asin. Bagian kiri dan kanan lidah paling peka terhadap rasa asam. Bagian belakang lidah sangat peka terhadap rasa pahit.

Rasa lainnya seperti rasa pedas bila makan sambal, rasa coklat, kopi, dan teh ditimbulkan oleh campuran rasa pengecap dan pembau pada hidung. Bila kita pilek, fungsi indera pembau agak terganggu, maka selera makan akan berkurang sekalipun indera pengecap berfungsi normal

b. Indera Pembau

Pada bagian atap rongga hidung terdapat dua jenis sel yang peka terhadap rasa bau yaitu:

- (1) Sel penyokong terdiri dari sel epitel
- (2) Sel reseptor pembau yang berupa serabut-serabut syaraf. Sel ini mempunyai ujung-ujung dendrit berbentuk rambut



Gb 9.13 reseptor pembau pada manusia . (A) Reseptor pembau terdapat di epitel olfaktori yang terdapat di sepanjang rongga hidung. Bulbus olfaktori dari otak menerima informasi dari sel reseptor. (B) Sel reseptor dalam epitel olfaktori diperbesar; memiliki silia dan lapisan lendir (Adaptasi dari Keeton, 1980)

Bila ada zat kimia berupa uap atau gas yang masuk bersama udara pernafasan maka sel pembau tertentu akan terangsang lalu impulsnya akan menjalar ke akson-aksonya. Akson-akson ini akan bergabung membentuk bundel syaraf yang disebut syaraf otak yang I. Syaraf otak akan masuk ke rongga otak kemudian bersinapsis dengan neuron–neuron traktus olfaktorius lalu impulsnya menjalar ke daerah pembau primer di bagian korteks otak untuk diinterpretasikan. Setiap jenis zat kimia umumnya hanya merangsang satu jenis reseptor saja. Dengan demikian otak dapat membedakan berbagai rasa bau.

Bila ibumu sedang memasak, dapatkah kamu menebak jenis makanan yang dimasak berdasarkan aromanya ? Cobalah lakukan di rumah. Kitapun dapat beradaptasi terhadap bau tertentu, keistimewaan indera pembau kita adalah kita dapat membaui sesuatu aroma sekalipun kadarnya hanya sedikit di udara.

Kegiatan 9.4.

Menyelidiki hubungan antara indera pembau dan pengecap

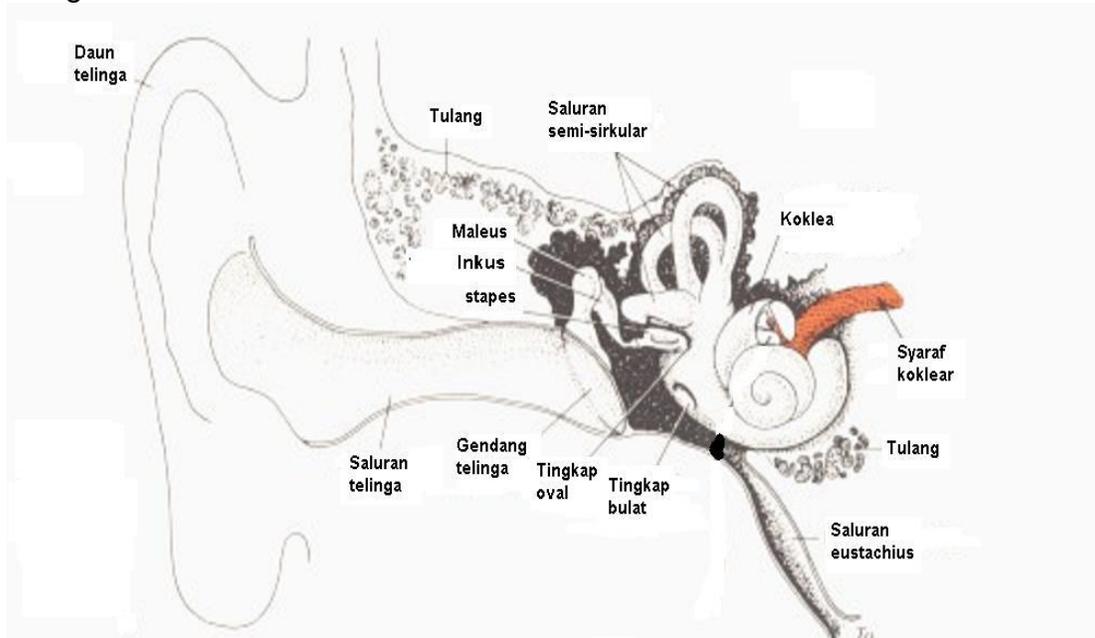
Bekerjalah dalam kelompok dan sediakan:

- (1) Saputangan besar untuk menutup mata dan 6 buah pipet tetes
- (2) Berbagain larutan:
 - (a) Sari buah (apel, tomat atau buah lainnya),
 - (b) asam cuka,
 - (c) larutan jamu atau pil kina,
 - (d) larutan garam,
 - (e) larutan sirup, dan air minum
- Tutuplah mata seorang temanmu; dan pencet hidungnya, tetesi lidahnya dengan larutan (a). Suruhlah ia menebak: larutan apa gerangan? Catatlah benar atau salahkah tebakannya?.
- Bukalah hidungnya, tetesi lagi dengan larutan (a) dan suruhlah ia menebak lagi. Benar atau salahkah tebakannya?
- Lakukan hal yang sama dengan larutan (b), (c), (d) dan (e) serta air minum biasa pada teman yang lain
- Catatlah hasilnya dalam tabel pengamatan
- Buatlah kesimpulan berdasarkan hasil percobaan ini

Nama	Cairan yang ditetaskan	Hidung ditutup		Hidung dibuka	
		Rasa	Benar/salah	Rasa	Benar/salah
1.....					
2.....					
3.....					
4.....					
5.....					

c. Indera Pendengaran dan Keseimbangan

Telinga kita merupakan organ pendengaran sekaligus juga organ keseimbangan. Pernahkah kamu mengalami mabuk di perjalanan? Apa yang kamu rasakan pada saat itu? Pusing, muntah dan telinga terasa agak pekak bukan? Nah itulah gejala dari gangguan ketidak seimbangan di dalam rongga telinga



**Gb 9.14 Struktur telinga : telinga luar-tengah-dalam
(Adaptasi dari Keeton 1980)**

Telinga terdiri dari tiga bagian yaitu:

- (1) Telinga luar: terdiri dari daun telinga (pinna) , terbentuk dari tulang rawan elastis, fungsinya untuk mengumpulkan getaran suara yang masuk ke saluran telinga luar. Saluran telinga luar panjangnya sekitar 2,5 cm, mempunyai kelenjar minyak yang dapat menghasilkan kotoran telinga (serumen). Serumen dan rambut telinga berfungsi untuk mencegah masuknya benda asing ke dalam telinga. Batas terdalam dari telinga luar adalah gendang telinga
- (2) Telinga tengah: (rongga timpani)
Bagian depan timpani mempunyai saluran yang menghubungkan telinga tengah dengan rongga tenggorok. Saluran ini disebut saluran eustachius. Fungsinya adalah untuk menyeimbangkan tekanan udara telinga luar dengan telinga tengah.
Bila sedang selesma, saluran eustachius meradang, dan tersumbat, tekanan udara di dalam rongga tengah turun, gendang telinga terdorong ke dalam dan menjadi tegang. Timbul rasa pekak. Rasa pekk ini hilang bila kita menelan, karena dengan menelan lubang eustachius akan terbuka sehingga tekanan udara kembali seimbang

Bagian dalam rongga telinga tengah berbatasan dengan sekat tulang yang mempunyai dua lubang yaitu tingkap oval dan tingkap bulat

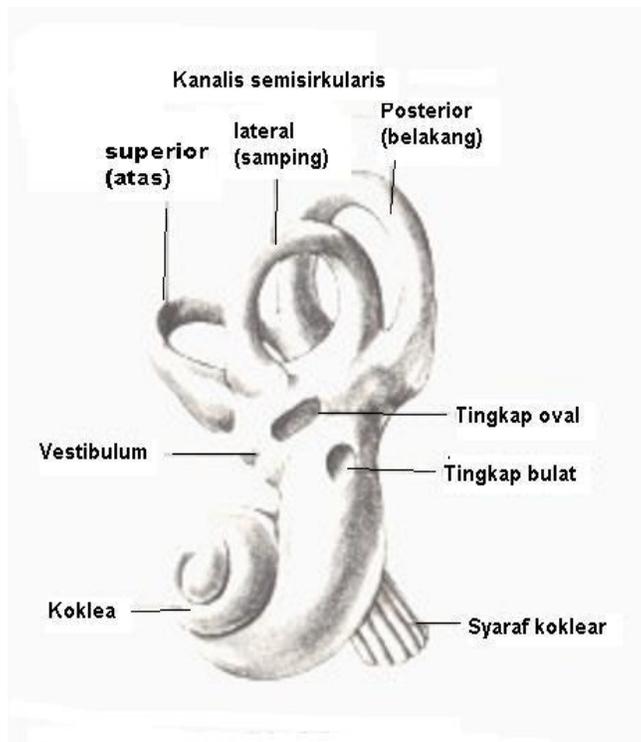
Di dalam telinga tengah terdapat 3 tulang pendengaran, yaitu tulang martil (maleus), tulang landasan (incus) dan tulang sanggurdi (stapes). Ketiga tulang ini dihubungkan oleh sendi sinovial yang bersifat diartrosis. Tulang martil melekat ke gendang telinga; tulang landasan di tengah-tengah; dan tulang sanggurdi melekat pada tingkap oval

(3) Telinga dalam (labirin), yang strukturnya terdiri atas

Labirin tulang yang berisi cairan perilimf

Labirin selaput yang terletak di dalam labirin tulang. Labirin selaput dilapisi oleh selaput epitel dan berisi cairan endolimf

Di bagian depan labirin terdapat koklea (rumah siput), yaitu saluran yang terdiri dari 3 saluran setengah lingkaran (kanalis semi sirkularis) yaitu skala vestibuli (bagian atas); skala media (bagian tengah) dan skala timpani (bagian bawah). Bagian dasar skala vestibuli berhubungan dengan stapes pada tingkap oval, sedangkan skala timpani berhubungan dengan rongga telinga tengah melalui tingkap bulat.



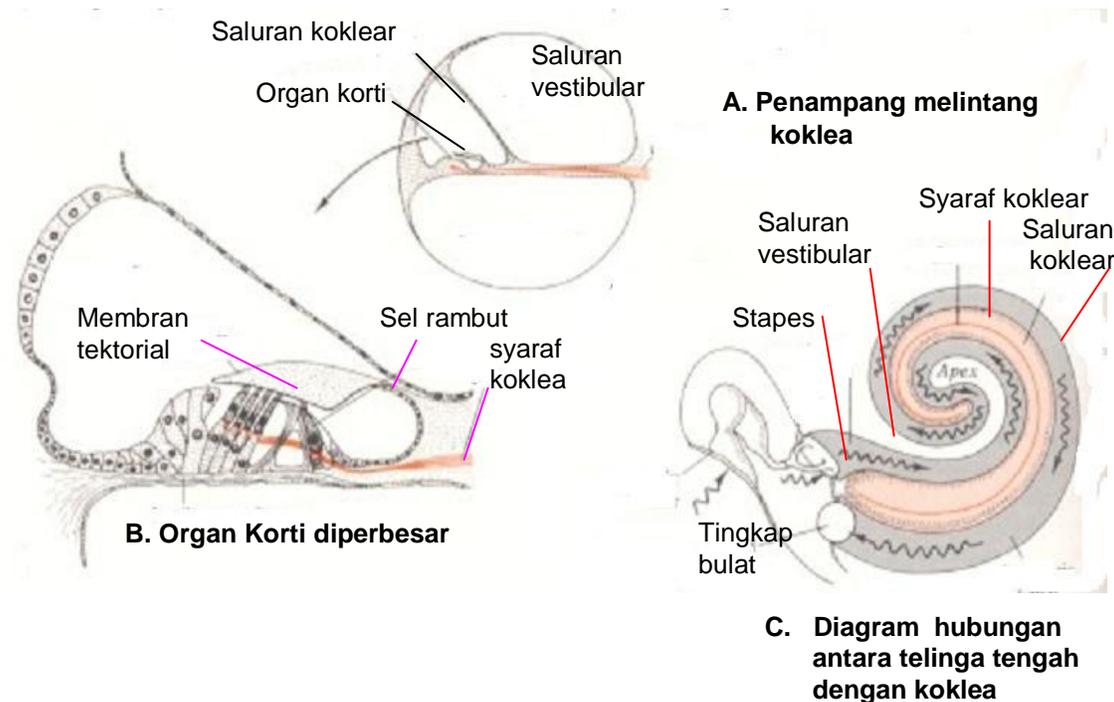
Gb 9.15. Koklea dengan kanalis semi sirkularis (Adaptasi dari Keeton, 1980)

Skala media mengandung endolimf. Di bagian atasnya dibatasi oleh selaput vestibularis dan dibagian bawah dibatasi selaput basilaris. Di atas selaput basilaris terdapat organ korti yang berfungsi mengubah rangsang getaran menjadi impuls. Impuls dilanjutkan ke syaraf pendengaran yang menuju ke otak

Proses pendengaran terjadi sebagai berikut:

Gelombang suara → menggetarkan gendang telinga → tulang pendengaran akan bergetar → Tulang stapes bergetar masuk ke luar tingkap oval → menggetarkan perilimf di skala vestibuli → menggetarkan selaput basilaris (beresonansi) → getaran sel rambut berubah menjadi impuls → syaraf pendengaran Syaraf otak ke VIII → pusat pendengaran di otak

Hubungan antara telinga tengah dengan koklea serta letak organ korti dapat dilihat pada Gambar 9.16 berikut ini:

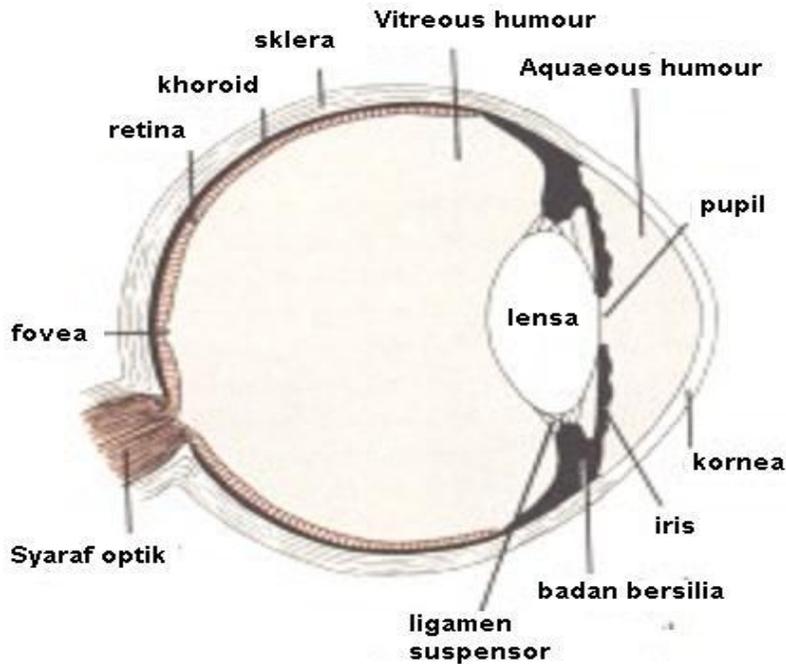


Gb. 9.16. Bagian dari telinga dalam:(A). penampang melintang koklea dengan organ korti di dalam saluran koklear (B) Organ korti diperbesar (C) Hubungan antara koklea dengan telinga tengah (Adaptasi dari Keeton 1980)

d. Indera Penglihatan

Pada organ penglihatan (mata) terdapat beberapa alat tambahan yaitu alis mata, kelopak mata, bulu mata, dan kelenjar air mata. Alat-alat tambahan ini mempunyai fungsi untuk melindungi mata dari cahaya, keringat, dan juga untuk kecantikan

Bola mata berdiameter kira-kira 2,5 cm, 5/6 bagian terbenam di dalam rongga mata dan hanya 1/6 bagian yang tampak dari luar. Bola mata dilindungi oleh kelopak mata yang dilengkapi dengan bulu mata



Gb 9.17 Struktur Bola mata (Adaptasi dari Keeton, 1980)

Bola mata mempunyai 3 lapisan dari luar ke dalam . Bagian terluar adalah lapisan jaringan ikat berwarna putih yang kuat disebut sklera . Sklera diliputi oleh selaput bening di bagian luarnya, tembus cahaya dan banyak mengandung serabut syaraf, itulah yang dinamakan kornea.

Lapisan kedua atau lapisan tengah adalah lapisan pigmen tipis yang disebut khoroid yang menyebabkan bagian dalam bola mata gelap. Di samping itu, pada lapisan tengah ini juga terdapat badan bersilia yang mengandung otot bersilia, yaitu otot polos yang berfungsi untuk berakomodasi, yaitu mengubah bentuk lensa untuk penglihatan jarak dekat dan jarak jauh. Pada lapisan tengah ini juga terdapat iris mata yang letaknya menggantung di antara lensa dan kornea. Di bagian tengah iris mata terletak pupil mata, yaitu lubang bulat untuk mengatur jumlah cahaya yang masuk. Bila cahaya kurang maka pupil mata akan membesar. Bila cahaya terang, maka pupil mata akan mengecil. Cobalah lihat di depan cermin, bagaimanakah keadaan pupil mata bila keadaan gelap atau terang?

Iris mata mempunyai pigmen, pada orang Asia umumnya iris mata berwarna coklat muda hingga coklat gelap. Apa warna iris matamu?

Lapisan ketiga adalah retina, yang mengandung sel kerucut dan sel batang. Mata manusia mengandung 125 juta sel batang dan 6 juta sel kerucut. Kedua macam sel ini merupakan 'fotoreseptor' (reseptor cahaya). Sel batang berfungsi untuk melihat dalam keadaan kurang cahaya, dan tidak dapat membedakan warna. Sel batang tidak berfungsi dalam keadaan terang. Cobalah kamu berjalan di dalam ruangan gelap. Dapatkah kamu membedakan warna di sekelilingmu?

Sel kerucut berfungsi untuk melihat dalam keadaan terang, dan dapat membedakan warna. Pada keadaan gelap atau di malam hari, sel kerucut tidak berfungsi.

Sel batang mengandung pigmen rodopsin (rod= batang) yang terdiri dari protein dan vitamin A.. Dalam keadaan terang maka rodopsin akan terurai, sedangkan pada cahaya remang-remang penguraiannya berimbang

Sel kerucut mengandung pigmen iodopsin. Ada 3 jenis iodopsin yang masing-masing peka terhadap cahaya merah (dan kuning), serta hijau dan biru. Masing-masing disebut iodopsin merah, hijau dan biru

Bila kamu berada di tempat terang sebagian besar rodopsin akan terurai dan iodopsin juga akan terurai sedikit, lalu disintesis kembali. Sehingga kita dapat menyesuaikan diri dalam keadaan terang. Bila kemudian kamu masuk ke ruangan yang agak gelap, apa yang kamu rasakan? Biasanya untuk beberapa detik tidak dapat melihat apa-apa, karena iodopsin yang ada tidak bereaksi terhadap cahaya yang remang-remang. Tetapi beberapa detik kemudian rodopsin disintesa kembali, sehingga mulai dapat melihat lagi. Nah, apa yang terjadi bila dari tempat yang gelap lalu ke tempat yang terang benderang? Coba ceritakan pengalamanmu.

5.4. Contoh dan Kelainan Penyakit Pada Alat Indera

Ada beberapa penyakit pada alat indera yang dapat dijumpai dalam kehidupan sehari-hari antara lain:

a. Radang telinga tengah (Otitis)

Gejalanya adalah sakit telinga, gangguan pendengaran, demam, dan keluarnya nanah dari telinga tengah lalu memecahkan gendang telinga dan nanah ke luar dari lubang telinga luar. Dalam bahasa Sunda, penyakit ini disebut penyakit "congek". Umumnya menyerang anak-anak, disebabkan oleh bakteri atau virus. Biasanya disertai dengan penyakit selesema dan radang tenggorok

b. Mabuk perjalanan

Adalah gangguan fungsi keseimbangan karena adanya gangguan getaran yang terjadi selama dalam perjalanan (laut, udara, atau darat)> Pernahkah kamu mengalaminya? Gejalanya adalah mual, muntah, wajah pucat, keluar keringat dingin, dan pusing

c. Tuli

Tuli berarti tidak dapat mendengar. Penyebabnya ada dua macam yaitu (1) Tuli konduktif, yang disebabkan oleh penumpukan kotoran telinga sehingga ada gangguan transmisi getaran, atau dapat pula karena keluarnya nanah akibat radang telinga sehingga merusak tulang pendengaran
(2) Tuli syaraf bila terjadi kerusakan pada syaraf pendengar atau pada koklea

d. Penyakit labirin

Adalah gangguan dari labirin yang menyebabkan telinga terasa mendenging, tuli, pusing (vertigo), mual dan muntah. Penyakit ini dapat disebabkan oleh infeksi, geger otak, atau usia tua

e. Konjungtivitis (radang selaput lendir mata)

Penyebabnya adalah mikroorganisme, misalnya bakteri atau virus. Penyakit ini sangat menular, dan menimbulkan epidemi (wabah). Gejalanya mata merah, bengkak dan berair, sakit, banyak kotoran mata sehingga mengganggu penglihatan

Tetapi ada pula radang selaput lendir mata ini disebabkan oleh alergi, angin, asap, debu dan lain-lain dengan gejala yang sama, namun tidak menular.

f. Trachoma

Penyakit trachoma disebabkan oleh sjenis virus yang cukup berbahaya . Bila tidak diobati dapat menimbulkan kebutaan. Pada tahap awal, trachoma diobati dengan antibiotik dan sulfa

g. Katarak

Katarak adalah pengeruhan lensa yang dapat diakibatkan oleh penyakit diabetes, proses penuaan, terpapar sinar X, atau karena penggunaan obat-obatan tertentu dalam jangka waktu lama. Katarak dapat menimbulkan kebutaan tanpa rasa sakit

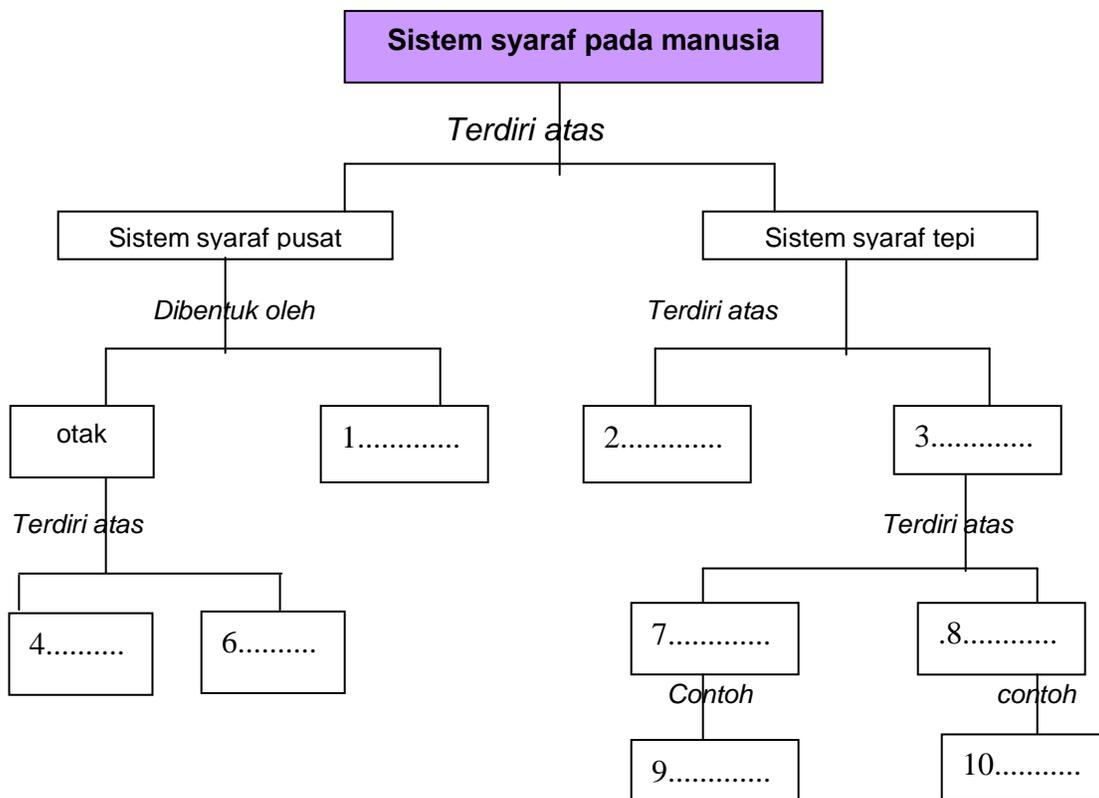
RANGKUMAN

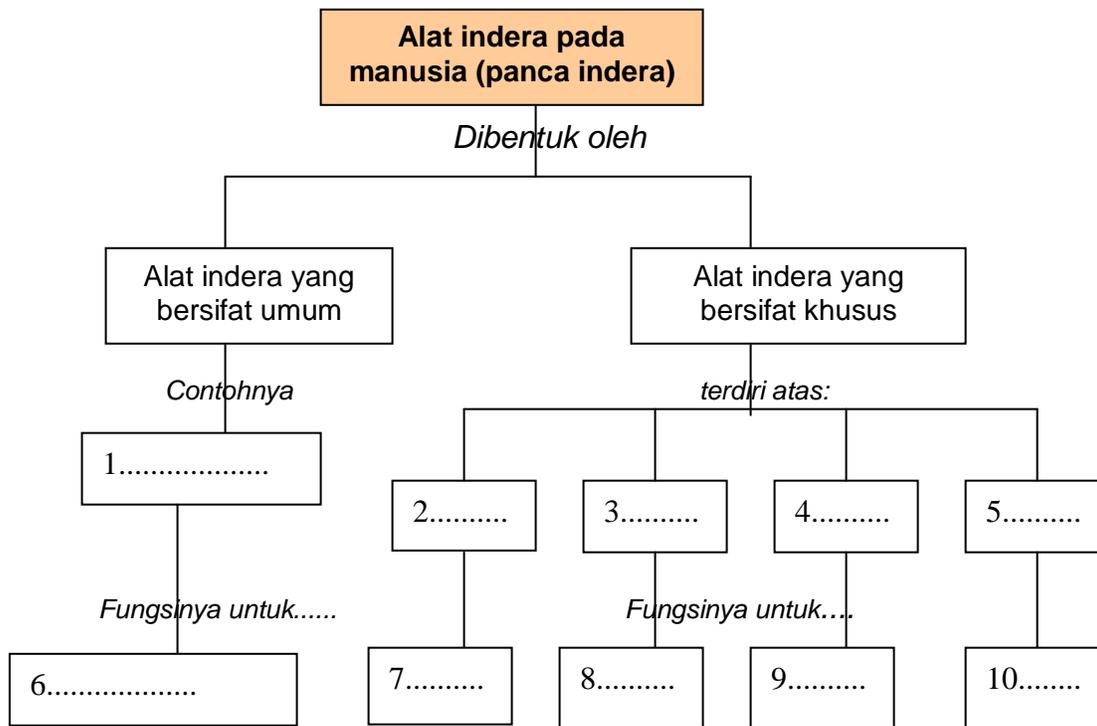
Setelah kamu mempelajari tentang sistem syaraf dan indera, mari kita membuat rangkuman dengan menjawab pertanyaan pengarah berikut ini:

1. Organ apakah yang menyusun sistem syaraf pada manusia?
2. Apa fungsi otak dan sumsum tulang belakang dan sel syaraf dalam sistem koordinasi bagi manusia?

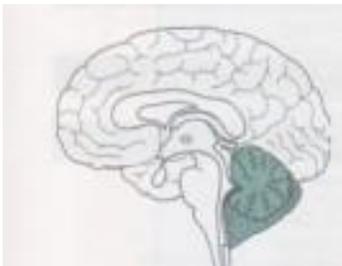
SOAL EVALUASI

A. SOAL PETA KONSEP

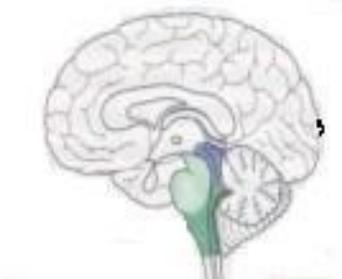




B. SOAL URAIAN



1. Bagian yang berwarna hijau di samping ini adalah.....
2. Fungsinya untuk.....



3. Bagian yang berwarna hijau di samping ini adalah.....
4. Fungsinya.....



5. Bagian yang berwarna merah di samping ini adalah.....
6. Fungsinya untuk.....

7. Apa perbedaan antara tuli konduktif dengan tuli syaraf?
8. Dapatkah kamu menjelaskan mengapa organ pendengaran berkaitan erat dengan organ keseimbangan?
9. Apa yang kau ketahui tentang penyakit mata merah yang sangat menular?
10. Mengapa pada saat lapar kita dapat makan dengan cepat dan lahap, namun setelah kenyang, tempo makan menjadi lebih lambat sampai akhirnya kita tidak ingin makan lagi?

A. MENJODOHKAN

Pernyataan yang terdapat pada kolom A mempunyai pasangan dengan pernyataan pada kolom B. Tugasmu adalah mencari pasangan yang tepat dengan mengisi pada kolom jawaban

A	B	Jawaban
1. Hipotalamus	a. Efektor	1=.....
2. Medula oblongata	b. Stapes	2=.....
3 Papila filiformis	c. keseimbangan	3=.....
4. Koklea	d. iodopsin	4=.....
5. Neuron motoris	e. Reseptor	5=.....
6. Neuron sensoris	f. saraf pembau	6=.....
7. serebellum	g. pengecap	7=.....
8. Bulbus olfaktori	h. organ korti	8=.....
9 Tulang pendengaran	i. pengaturan homeostasis	9=.....
10 sel kerucut	j. pusat pernafasan	10=.....
	K rodopsin	