

Sistem Indra

A. PENDAHULUAN

Sistem indra adalah salah satu bagian dari sistem koordinasi yang merupakan penerima rangsang atau reseptor.

Alat indra adalah reseptor yang peka terhadap rangsangan dan perubahan di sekitarnya.

Indra	Reseptor	Kepekaan	Pengaturan
mata	retina (fovea centralis)	fotoreseptor (cahaya)	lobus oksipetalis
telinga	organ kochi, sel rambut, otolith	fonoreseptor (suara) dan keseimbangan	lobus temporalis
hidung	saraf olfaktori	kemoreseptor gas (bau)	lobus parietalis
lidah	papilla	kemoreseptor cair (rasa)	lobus parietalis
kulit	korpus saraf	mekano/tangoreseptor (sentuhan)	lobus parietalis

B. MATA

Mata berfungsi sebagai indra penglihatan (fotoreseptor).

Reseptor mata adalah **fovea centralis** pada **retina**, yang merupakan lapisan mata terdalam yang peka terhadap cahaya.

Bola mata terdiri dari tiga lapisan:

- 1) **Sklera** (tunica fibrosa), lapisan terluar yang berwarna putih dan tidak bening.
- 2) **Koroid** (tunica vaskulosa), lapisan tengah yang mengandung pembuluh darah dan pigmen. Pembuluh darah mensuplai nutrisi bagi mata dan pigmen berfungsi menyerap refleksi cahaya pada mata.
- 3) **Retina** (tunica nervosa), lapisan terdalam mata yang banyak mengandung sel-sel fotoreseptor, antara lain:

- a. **Sel kerucut** (konus), peka terhadap intensitas cahaya tinggi dan warna.

Sel konus terdiri dari sel yang peka terhadap warna merah, biru dan hijau.

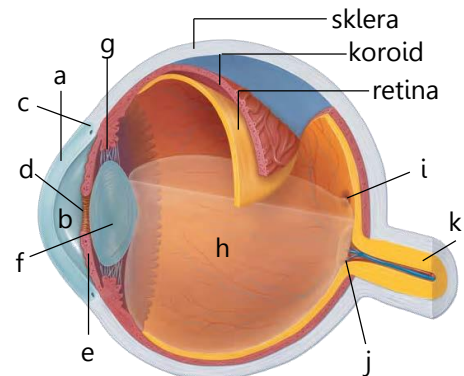
Sel konus menghasilkan **iodopsin** berupa retinin untuk melihat saat terang.

- b. **Sel batang** (basil), peka terhadap intensitas cahaya rendah dan tidak peka terhadap warna.

Sel basil menghasilkan **rhodopsin** berupa retinin dan opsin untuk melihat saat gelap. Mata butuh adaptasi untuk memproduksi rhodopsin saat gelap

mendadak, sehingga mata mengalami kebutaan sementara.

Struktur bola mata:



a. Kornea

Adalah bagian sklera yang bening dan dilindungi oleh lapisan konjungtiva yang melindungi kornea dari gesekan.

Fungsi kornea adalah memfokuskan bayangan yang masuk ke mata.

b. Aqueous humor

Adalah cairan yang dihasilkan badan siliaris dan mengisi bagian depan lensa.

Fungsi aqueous humor adalah memberi nutrisi bagi kornea dan lensa, dan membiaskan cahaya yang masuk ke mata.

c. Kanal Schlemm

Adalah pengatur volume aqueous humor dengan mengalirkannya ke pembuluh darah.

d. Pupil

Adalah jalan masuknya cahaya ke mata.

e. Iris (selaput pelangi)

Adalah bagian koroid yang mengatur diameter pupil yang mempengaruhi jumlah cahaya masuk.

Saat terang, iris akan mempersempit pupil, dan saat gelap, iris akan memperlebar pupil.

Otot yang mengatur diameter pupil adalah otot **sfincter** (sirkuler) dan **dilator** (radial).

Otot sfincter	Otot dilator
berbentuk cincin	berbentuk jari-jari
kontraksi pada tempat terang	kontraksi pada tempat gelap
mempersempit pupil (relaksasi iris)	memperlebar pupil (kontraksi iris)
otot mata cepat lelah	otot mata tidak lelah
dipengaruhi saraf parasimpatik	dipengaruhi saraf simpatik

f. **Lensa mata**

Adalah lensa bikonkaf bening dari serat protein. Daya akomodasi adalah kemampuan lensa mata untuk mengubah kecembungan sehingga bayangan jatuh tepat pada retina.

g. **Badan siliaris**

Adalah kumpulan ligamen suspensor yang berfungsi mengubah cembung-cekung lensa mata dengan kontraksi-relaksasi.

Kontraksi ligamen	Relaksasi ligamen
melihat jarak jauh	melihat jarak dekat
ligamen tertarik	ligamen terulur
lensa memipih	lensa memuncung
lensa mata tidak lelah	lensa mata cepat lelah

h. **Vitreous humor**

Adalah cairan yang mengisi bagian belakang lensa mata (isi bola mata).

Fungsi vitreous humor adalah menjaga bentuk dan tekanan bola mata.

i. **Makula lutea** (bintik kuning)

Adalah bagian retina berpigmen kuning dan terdapat **fovea sentralis** yang mengandung sel konus dan sangat peka dan tajam dalam menerima rangsangan cahaya.

j. **Bintik buta**

Adalah bagian yang tidak mengandung sel-sel fotoreseptor. Bintik buta adalah daerah awal saraf optik meninggalkan bola mata.

k. **Saraf optik (II)**

Adalah saraf yang mengatur indra penglihatan.

Jalannya rangsangan berupa cahaya ke otak:

- 1) **Cahaya masuk** ke mata melalui kornea, aqueous humor, pupil, lensa mata, vitreous humor, lalu retina.
- 2) **Cahaya diterima** sel-sel fotoreseptor di retina.
- 3) **Pada retina**, terbentuk bayangan nyata, terbalik, dan diperkecil.
- 4) **Reseptor mengirim impuls** ke saraf optik (II), lalu ke lobus oksipetalis otak untuk diinterpretasikan menjadi bayangan tidak terbalik.

Otot-otot penggerak bola mata:

- 1) **Otot rektus superior** (ke atas)
- 2) **Otot rektus inferior** (ke bawah)
- 3) **Otot rektus medial** (ke dalam)
- 4) **Otot rektus lateral** (ke luar)
- 5) **Otot oblikus superior** (ke bawah sisi luar)
- 6) **Otot oblikus inferior** (ke bawah sisi luar)

Struktur lain di sekitar mata:

- 1) **Alis dan bulu mata**, berfungsi menghindari mata dari air, benda asing dan kotoran.
- 2) **Kelopak mata**, terdiri dari lapisan konjungtiva dan otot orbikularis okuli, berfungsi untuk melindungi mata dan memejamkan mata.
- 3) **Aparatus lakrimalis**, terletak di sudut mata, terdiri dari kelenjar lakrimal (air mata) dan saluran air mata.

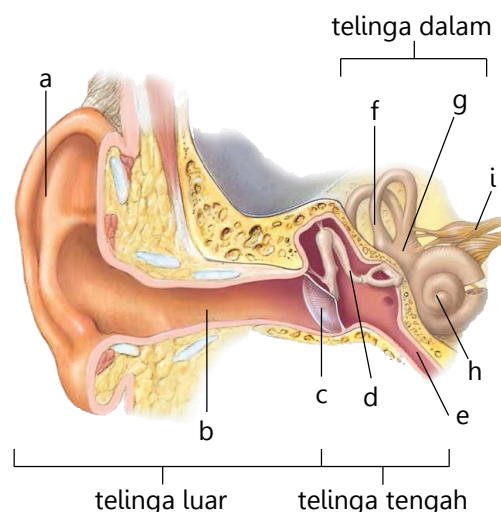
Kelenjar lakrimal menghasilkan air mata yang berfungsi sebagai penjaga kelembapan mata, pembunuh benda asing (enzim lisozim), dan membersihkan mata saat berkedip.

C. **TELINGA**

Telinga berfungsi sebagai indra pendengaran (fonoreseptor) dan pendeteksi keseimbangan (ekuilibrium).

Reseptor telinga untuk pendengaran adalah organ korti pada koklea, dan untuk keseimbangan adalah otolith.

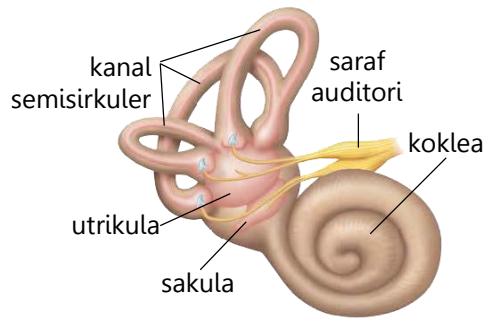
Struktur telinga:



- Daun telinga** (aurikula)
Berfungsi mengumpulkan suara masuk ke dalam telinga.
- Saluran telinga**
Berfungsi meneruskan suara ke telinga tengah. Saluran telinga menghasilkan serumen yang berfungsi menggumpalkan kotoran.
- Membran timpani** (gendang telinga)
Berfungsi meneruskan getaran suara ke tulang-tulang pendengaran.
- Tulang-tulang pendengaran**
Secara berurutan terdiri dari tulang martil (maleus), landasan (inkus), dan sanggurdi (stapes). Berfungsi meneruskan getaran suara ke tingkap oval.

e. **Saluran Eustachius**

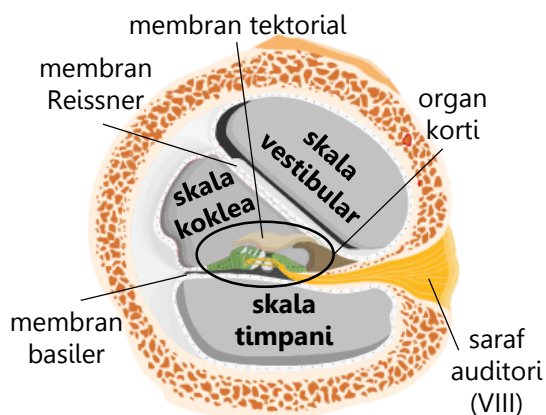
Adalah saluran yang berhubungan dengan tenggorokan yang berfungsi untuk menyeimbangkan tekanan dalam dan luar.

f. **Kanal semisirkuler** (saluran $\frac{1}{2}$ lingkaran)

Terdiri dari tiga saluran yang mengandung cairan endolimfe dan sel-sel reseptor keseimbangan berupa kupula yang dipengaruhi gerakan sel rambut.

g. **Vestibula**

Terdiri dari sakulus dan utrikulus yang mengandung cairan endolimfe dan sel-sel reseptor keseimbangan berupa makula yang dipengaruhi gerakan otolith.

h. **Koklea**

Adalah saluran menggulung berisi cairan limfe yang terdiri dari tiga saluran:

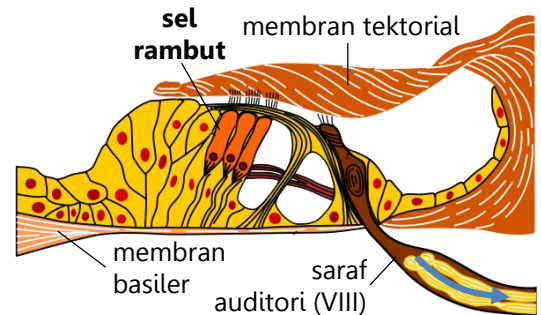
1. **Skala vestibular**, berhubungan dengan tulang sanggurdi melalui tingkap oval.
2. **Skala koklea** (media), berada di antara skala vestibular dan timpani, dibatasi oleh membran Reissner dan membran basilar.
3. **Skala timpani**, berhubungan dengan rongga timpani melalui tingkap bulat.

Skala vestibular dan timpani mengandung cairan perilimfe, dan skala koklea mengandung cairan endolimfe dan reseptor suara.

i. **Saraf auditori** (VIII)

Adalah saraf yang mengatur indra pendengaran dan keseimbangan.

Struktur fonoreseptor pada telinga berupa organ korti:



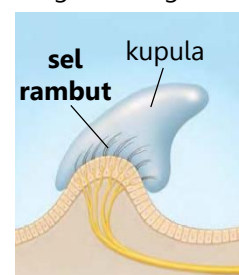
Jalannya rangsangan berupa suara ke otak:

- 1) **Getaran suara** dari luar masuk melalui daun telinga, saluran telinga, membran timpani, dan tulang pendengaran (martil, landasan, sanggurdi).
- 2) **Getaran** kemudian diterima tingkap oval dan masuk ke skala vestibular dan kemudian melingkari koklea sampai menuju skala timpani dan ke luar melalui tingkap bulat.
- 3) **Gerakan di atas** menyebabkan membran basiler bergetar dan menyebabkan sel rambut pada organ korti bersentuhan dengan membran tectorial.
- 4) **Sel-sel reseptor** kemudian mengirim impuls ke saraf auditori (VIII), lalu ke lobus temporalis otak untuk diinterpretasikan sebagai suara.

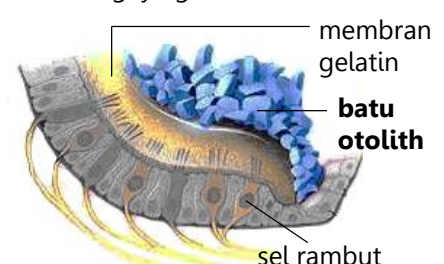
Struktur reseptor keseimbangan pada telinga:

1) **Kupula pada kanal semisirkuler**

Terdapat sel-sel rambut yang peka terhadap gerakan memutar kepala. Arah gerakan kupula berlawanan dengan arah gerakan kepala.

2) **Makula pada vestibula**

Terdapat batu otolith dan sel-sel rambut yang peka terhadap gerakan vertikal kepala berdasarkan gaya gravitasi.

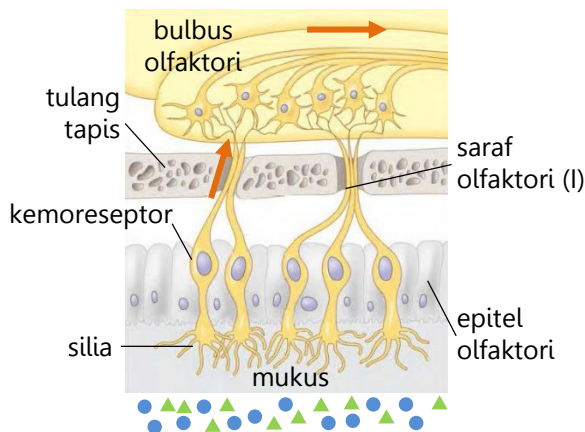


D. HIDUNG

Hidung berfungsi sebagai indra pembau/ penghiduan (kemoreseptor gas).

Reseptor hidung adalah **saraf olfaktori** yang terletak pada langit-langit rongga hidung yang peka terhadap molekul bau (odoran).

Struktur saraf olfaktori:



Jalannya rangsangan berupa bau ke otak:

- 1) Bau masuk ke hidung bersama udara inspirasi.
- 2) Bau diterima oleh sel-sel kemoreseptor di rongga hidung.
- 3) Reseptor mengirim impuls ke saraf olfaktori (I) untuk diinterpretasikan menjadi bau.

Tiap sel saraf olfaktori bertanggung jawab atas molekul bau yang berbeda, sehingga dapat mengenali beragam bau.

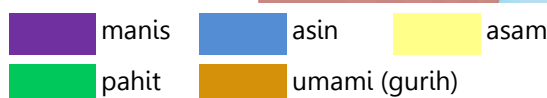
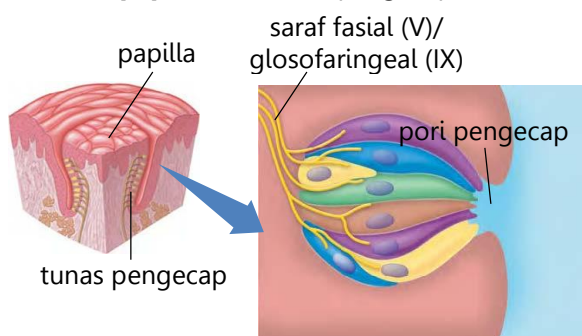
Indra pembau bekerjasama dengan indra pengecap sebagai kemoreseptor untuk mengenali rasa sekaligus bau.

E. LIDAH

Lidah berfungsi sebagai indra pengecap (kemoreseptor cair).

Reseptor lidah adalah papilla (tonjolan) yang terletak di permukaan lidah dan di dalamnya terdapat tunas pengecap yang peka terhadap molekul yang dapat larut dalam air liur.

Struktur papilla dan tunas pengecap:



Penyebab munculnya rasa-rasa utama di lidah.

- 1) **Rasa manis** disebabkan oleh zat kimia organik, seperti glukosa dan asam amino.
- 2) **Rasa asin** disebabkan oleh ionisasi garam-garaman, seperti natrium klorida.
- 3) **Rasa asam** disebabkan oleh ion H^+ suatu zat, seperti asam sitrat (jeruk).
- 4) **Rasa pahit** disebabkan oleh perubahan struktur zat kimia organik yang memiliki rasa manis. Rasa pahit juga disebabkan oleh suatu zat yang bersifat racun/toksik.
- 5) **Rasa umami** disebabkan oleh bumbu dan saus tertentu yang bersifat gurih.

Penyebab munculnya rasa-rasa lain tidak berhubungan dengan papilla lidah.

Contoh: **Rasa pedas** disebabkan oleh zat yang mengiritasi permukaan lidah dan memberi sensasi terbakar/panas.

Papilla terdiri dari empat bentuk:

1) Papilla fungiform

- Berbentuk seperti jamur.
- Banyak terdapat di bagian depan dan samping lidah.
- Terhubung dengan saraf fasial (V).

2) Papilla filliform


- Berbentuk benang halus panjang.
- Banyak terdapat di bagian depan lidah.
- Tidak mengandung tunas pengecap, tetapi merasakan tekstur makanan.
- Terhubung dengan saraf fasial (V).

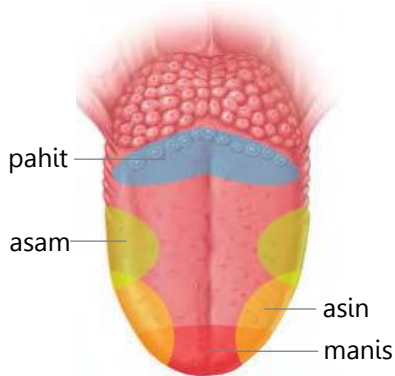
3) Papilla sirkumvalata

- Berbentuk cincin/lingkaran.
- Banyak terdapat di bagian belakang lidah, membentuk huruf V terbalik.
- Kurang peka terhadap rasa.
- Terhubung dengan s. glosfaringeal (IX).

4) Papilla foliata

- Berbentuk lipatan pendek/palu.
- Banyak terdapat di bagian samping lidah.
- Paling peka terhadap rasa.
- Terhubung dengan saraf fasial (V) dan glosfaringeal (IX).


-  **Lidah** berdasarkan kepekaan rasa dominannya terbagi menjadi:

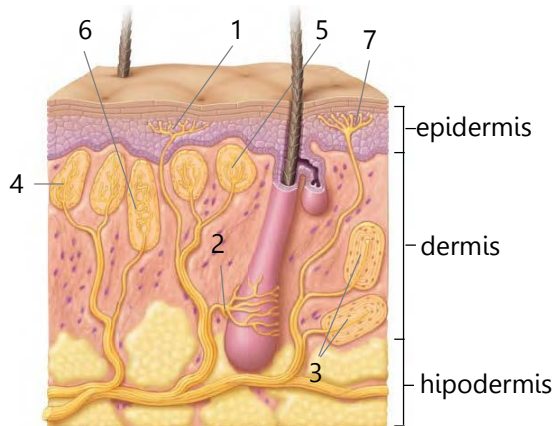



-  **Jalannya rangsangan** berupa rasa ke otak:

- 1) Molekul makanan dan minuman larut dalam air liur.
- 2) Rasa masuk ke tunas pengecap dan diterima sel-sel reseptor sesuai rasa yang dikenalnya.
- 3) Reseptor mengirim impuls ke saraf fasial (V) dan/atau saraf glossofaringeal (IX) ke lobus parietalis otak untuk diinterpretasikan menjadi rasa.

F. KULIT

-  **Kulit** berfungsi sebagai indra peraba (mekanoreseptor/tangoreseptor).




-  **Reseptor kulit** terdiri dari korpus-korpus pada lapisan epidermis dan dermis yang dapat merasakan berbagai rangsangan.

- 1) **Reseptor ujung bebas**, terletak pada lapisan epidermis, merasakan sakit/nyeri.
- 2) **Reseptor ujung rambut**, terletak di sekitar folikel rambut, merasakan gerakan rambut.
- 3) **Korpus Paccini**, merasakan tekanan kuat.
- 4) **Korpus Ruffini**, merasakan panas.
- 5) **Korpus Krause**, merasakan dingin.
- 6) **Korpus Meissner**, merasakan sentuhan.
- 7) **Diskus Merkel**, terletak pada lapisan epidermis, merasakan sentuhan, tekanan ringan, dan sakit/nyeri.

-  **Struktur lapisan kulit:**

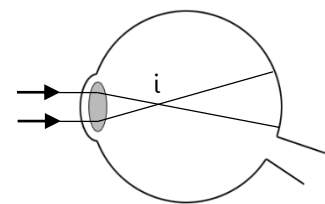
- 1) **Epidermis** (kulit ari), jaringan epitel yang tersusun atas sel kulit hidup dan mati, yang terdiri dari empat lapisan dari atas, yaitu:
 - a. **Stratum korneum** (kulit tanduk), mengalami deskuamasi (pengelupasan) dan keratinisasi (pembentukan zat tanduk), berfungsi melindungi kulit di bawahnya.
 - b. **Stratum lusidum**, lapisan bening dan tipis sebagai pelindung kulit dari sinar UV.
 - c. **Stratum granulosum**, lapisan tempat terdapatnya butir-butir melanin (pigmen kulit).
 - d. **Stratum germinativum**, lapisan tempat pembelahan (proliferasi) sel-sel kulit. Lapisan ini dapat dibagi lagi menjadi stratum spinosum dan stratum basale.
- 2) **Dermis/korium** (kulit jangat), jaringan ikat yang di dalamnya terdapat kapiler darah, sel reseptor kulit, kelenjar keringat, kelenjar minyak, dan akar rambut.
- 3) **Hipodermis** (lapisan subkutan), jaringan ikat yang di dalamnya terdapat kapiler darah, lapisan lemak, dan jaringan saraf.

G. GANGGUAN PADA SISTEM INDRRA

-  **Gangguan pada indra penglihatan:**

- 1) **Miopi (rabun jauh)**

Tidak mampu melihat jarak jauh karena titik jauh $< \infty$ cm.

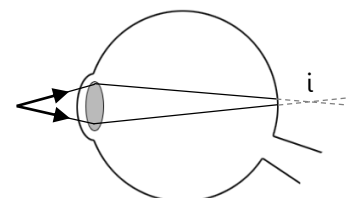


Miopi terjadi karena:

- a. Bayangan jatuh sebelum retina,
 - b. Bola mata terlalu lonjong,
 - c. Kelengkungan lensa mata terlalu besar.
- Miopi dapat ditolong menggunakan kacamata berlensa **cekung/negatif**.

- 2) **Hipermetropi (rabun dekat)**

Tidak mampu melihat jarak dekat karena titik dekat > 25 cm.



Hipermetropi terjadi karena:

- Bayangan jatuh setelah retina,
- Bola mata terlalu pipih,
- Kelengkungan lensa mata terlalu kecil.

Hipermetropi dapat ditolong menggunakan kacamata berlensa **cembung/positif**.

3) **Presbiopi (cacat mata tua)**

Disebabkan faktor usia yang disebabkan karena menurunnya daya akomodasi mata. Presbiopi dapat ditolong menggunakan kacamata berlensa **bifokal/rangkap**, yaitu terdiri dari lensa cembung di bagian atas dan lensa cekung di bagian bawah.

4) **Astigmatisma (mata silindris)**

Disebabkan karena bentuk kornea mata yang tidak bulat. Astigmatisma dapat ditolong menggunakan kacamata berlensa **silindris**.

5) **Katarak**

Keruhnya lensa mata karena penumpukan glukosa (diabetes mellitus), dan lain-lain.

6) **Trakoma**

Peradangan lapisan konjungtiva mata yang dapat menyebabkan kebutaan.

7) **Rabun senja**


Kebutaan karena defisiensi vitamin A.

8) **Buta saraf**

Terjadi karena kerusakan retina, saraf optik (II), atau korteks otak yang bertanggung jawab atas penglihatan.

9) **Buta warna**

Terjadi karena salah satu jenis atau lebih sel reseptor cahaya tidak dapat menerima atau mengenali warna tertentu.

 **Gangguan** pada indra pendengaran dan keseimbangan:

1) **Tuli saraf**


Terjadi karena kerusakan organ korti, saraf auditori (VIII), atau korteks otak yang bertanggung jawab atas pendengaran.

2) **Tuli konduktif**

Terjadi karena gangguan penghantaran suara ke koklea, misalnya penumpukan serumen atau kerusakan tulang pendengaran.

3) **Motion sickness**

Penyakit mabuk akibat perjalanan darat, laut ataupun udara karena reseptor keseimbangan mendeteksi pergerakan, namun tidak sinkron karena indra penglihatan dan tubuh tidak mendeteksi pergerakan.

 **Gangguan** pada indra pembau:

1) **Hiposmia**

Penurunan reseptor hidung terhadap sebagian bau.

2) **Parosmia**

Kesalahan reseptor hidung dan otak dalam menerjemahkan bau.

3) **Kakosmia**


Persepsi abnormal terhadap suatu bau yang tidak enak.

4) **Anosmia**

Ketidakmampuan total reseptor hidung menerima bau.

5) **Pilek**

Penyakit yang menyebabkan hidung menghasilkan banyak lendir yang menghalangi reseptor hidung untuk menerima bau.

 **Gangguan** pada indra pengecap:

1) **Sariawan lidah**

Disebabkan oleh jamur *Candida albicans*.

2) **Kanker lidah**

Disebabkan oleh merokok, konsumsi alkohol dan obat-obatan berlebih.

3) **Fisura lidah**

Retak-retak dan lekukan pada lidah yang lebih besar yang mudah menimbulkan rasa perih dan iritasi.

4) **Mikroglossi**

Ukuran lidah dan papilla yang lebih kecil daripada normal.

5) **Makroglossi**

Ukuran lidah dan papilla yang lebih besar daripada normal.

 **Gangguan** pada indra peraba:

1) **Panu**

Disebabkan oleh jamur *Tinea versicolor*.

2) **Kurap**

Disebabkan oleh jamur *Microsporum*.

3) **Jerawat**

Disebabkan oleh bakteri *Propionibacterium acnes* yang menyebabkan tersumbatnya pori-pori kulit.

4) **Dermatitis**

Adalah peradangan kulit seperti munculnya ruam, rasa gatal dan inflamasi, sebagai respon imun terhadap benda asing dan patogen.