BAB V

Fungsi Indera Pendengaran

A. STRUKTUR ANATOMI TELINGA

Secara anatomis, telinga manusia dapat diklasifikasikan menjadi tiga bagian, yaitu:

1. Telinga bagian luar

Telinga bagian luar terdiri dari aurikula (pinna, daun telinga) dan *meatus auditorius eksternus* (meatus akustikus eksternus, liang telinga). Aurikula terdiri dari kartilago elastin (tulang rawan) yang ditutupi kulit. Aurikula dapat digerakkan sedikit oleh tiga otot kecil yang berjalan menuju aurikula dari aponeurosis cranial dan tengkorak.

Sedangkan *meatus auditorius eksternus* adalah saluran dari daun telinga menuju membrana timpani, yang panjangnya sekitar 2,5 cm dan terdiri dari tulang rawan dan tulang keras. Sepertiga luar tersusun oleh tulang rawan, yang bersambungan dengan daun telinga, disebut dengan *pars kartilaginosa*. Dua pertiga bagian dalam tersusun oleh tulang, disebut dengan *pars osseus*. *Pars osseus* sedikit lebih sempit dari pada *pars kartilaginosa*. Meatus dan permukaan luar membran timpani dilapisi oleh kulit. Di dalam jaringan sub kutan pars kartilaginosa, terdapat kelenjar seruminosa yang menghasilkan serumen.

2. Telinga bagian tengah

Telinga bagian tengah adalah rongga kecil agak memanjang di dalam pars petrosa os temporal. Di dalam telinga tengah (*cavum*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

timpani) terdapat bagian-bagian:

1. Membrana timpani (gendang telinga) yang membatasi antara telinga luar dan telinga tengah. Membran ini merupakan membrane translussen abu-abu seperti mutiara yang tersusun oblik dan melintasi ujung dalam *meatus auditorius eksternus*, dengan permukaan luarnya menghadap ke bawah, ke depan dan keluar.

   Membran ini tersusun atas jaringan ikat, pada permukaan luar ditutupi oleh epitel yang bersambungan dengan epitel *meatus auditorius eksternus* dan sisi dalam yang bersambungan dengan epitel seluruh telinga tengah. Bagian atas (*pars flaccid, membrana shrapnel*) agak flaksid.

2. Ossikel adalah tiga tulang kecil yang menempati sebagian besar rongga, terlentang melintasi rongga dari membrane timpani pada dinding lateral ke *fenestrum ovale* pada dinding medial. Tiga tulang pendengaran ini adalah *maleus, inkus* dan *stapes*.

3. *Tuba auditiva eustachii (tuba faringo-tympanicum)* adalah saluran tulang dan tulang rawan yang menghubungkan nasofaring dengan telinga tengah dan memungkinkan udara lewat dari nasofaring ke telinga bagian tengah. Saluran ini panjangnya kira-kira 3,7 cm berjalan miring ke bawah agak depan, dan dilapisi oleh lapisan mukosa. Saluran ini bermuara ke dalam dinding anterior telinga tengah.

3. Telinga bagian dalam

Telinga dalam terletak di dalam *pars petrosus os temporale* dan terdiri atas organ pendengaran dan organ keseimbangan. Struktur telinga dalam terdiri atas *labirintus osseus* dan *labirintus membranosus*.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

1. *Labirintus osseus* merupakan serangkaian saluran bawah dikelilingi oleh cairan yang disebut perilimfe. Bagian ini terdiri dari:

   a. *Vestibulum*, Yaitu ruangan kecil yang berhubungan dengan koklea pada sisi anterior, dengan telinga tengah pada sisi lateral melalui *fenestra ovale* dan *fenestra rotundum*, dan dengan *kanalis semisirkularis* pada sisi posterior.

   b. Koklea, yang berbentuk seperti rumah siput. Bagian dalam tulang koklea, tabung membranosa berjalan dari dasar apeks dan ke arah bawah kembali. Tabung yang mengarah ke atas dimulai dari *fenestra rotundum* dan disebut skala vestibuli. Sedangkan tabung yang mengarah ke bawah disebut skala timpani dan berakhir pada *fenestra rotundum*. Diantara dua skala tersebut adalah skala media yang merupakan tabung berisi endolimf. Di dalam koklea terdapat organ korti yaitu struktur yang berjalan secara spiral kearah atas pada koklea, dan dalam perjalanannya disokong oleh pilar sentralis yang melekat pada membrana basalis.

   c. Kanalis semisirkularis, merupakan saluran setengah lingkaran yang terdiri dari tiga saluran, yang satu dengan lainnya membentuk sudut 90 derajat, yaitu kanalis semisirkularis superior, kanalis semisirkularis posterior, dan kanalis semisirkularis lateralis.

2. *Labirintus membranosus*, terdiri dari:

   a. Utrikulus, berbentuk seperti kantong lonjong dan agak gepeng, terpaut pada tempatnya oleh jaringan ikat, di sini terdapat saraf (*nervus akustikus*) pada bagian depan, dan sampingnya ada daerah yang lonjong disebut macula

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

akustika. Pada dinding belakang utrikulus, ada muara dari duktus semisirkularis dan pada dinding depannya ada tabung halus disebut *utrikulosa sirkularis*, saluran yang menghubungkan utrikulus dan sakulus.

b. Sakulus, berbentuk agak lonjong lebih kecil dari utrikulus, terletak pada bagian depan dan bawah dari vestibulum dan terpaut erat oleh jaringan ikat, dimana terdapat *nervus akustikus*. Pada bagian depan sakulus ditemukan serabut-serabut halus cabang *nervus akustikus* berakhir pada macula akustika sakuli. Pada permukaan bawah sakulus ada *ductus reunien* yang menghubungkan sakulus dengan *ductus koklearis*, dibagian sudut sakulus ada saluran halus, disebut *ductus endolimfatikus* yang berjalan melalui *aquaduktus vetibularis* menuju permukaan bagian bawah tulang temporalis berakhir sebagai kantong buntu yang disebut sakus endolimfatikus, yang terletak tepat di lapisan otak durameter.

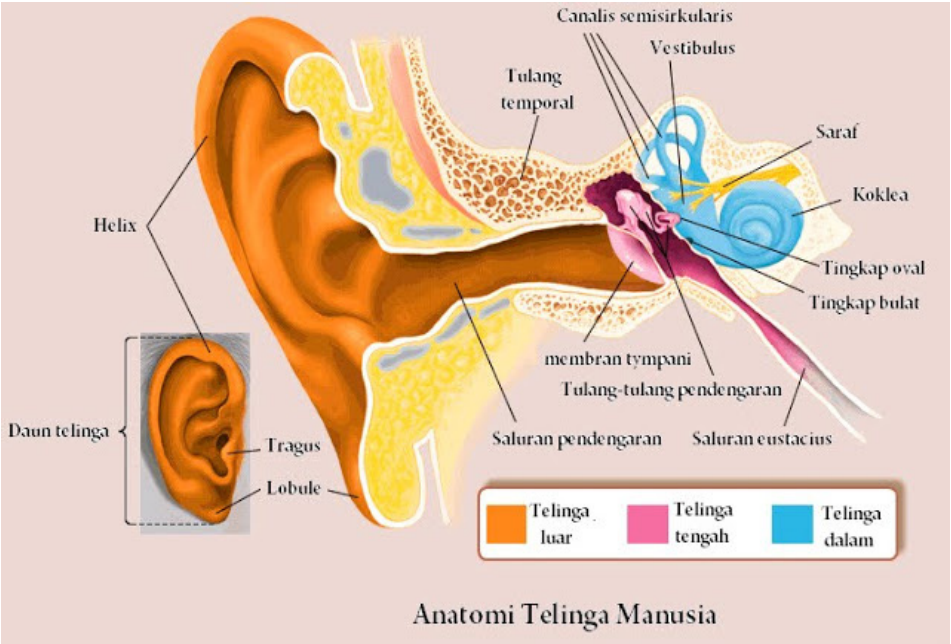
c. Duktus semisirkularis, terdiri dari tiga tabung selaput semisirkularis yang berjalan dalam kanalis semisirkularis (superior, posterior dan lateralis). Bagian duktus yang melebar disebut ampula selaput. Setiap ampula mengandung satu celah sulkus ampularis yang merupakan tempat masuknya cabang ampula nervus akustikus, sebelah dalam ada Krista ampularis yang terlihat menonjol ke dalam yang menerima ujung-ujung saraf.

d. Duktus koklearis, merupakan saluran yang bentuknya agak segitiga seolah-olah membuat batas pada koklea timpani, atap duktus koklearis terdapat membrane vestibularis, pada alasnya terdapat membrane basilaris. Duktus koklearis mulai dari kantong buntu dan berakhir

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

tepat diseberang kanalis lamina spiralis pada kantong buntu.[21] Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 5.1:

Gambar 5.1: Struktur Anatomi Telinga



B. GELOMBANG SUARA

Suara adalah hasil dari pergerakan atau vibrasi (getaran) suatu benda. Jika sesuatu bergerak, molekul udara didepannya akan terdorong. Molekul-molekul itu mendorong molekul lain dan kemudian kembali pada posisi awal. Dengan cara ini gelombang perubahan tekanan ditransmisikan melalui udara.[22]

Mendengar adalah kemampuan untuk mendeteksi tekanan vibrasi udara tertentu dan menginterpretasikannya sebagai bunyi. Telinga akan mengkonversi energi gelombang tekanan menjadi impuls saraf,

[21] Disarikan dari John Gibson, *Fisiologi,* hal 311-316 dan Syaifuddin, *Anatomi*, hal. 149-151

[22] Rita L. Atkinson, dkk., *Pengantar*, hal. 245-246

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dan korteks cerebri mengkonversi impuls ini menjadi bunyi.[23]

Bunyi memiliki frekuensi, amplitudo, dan bentuk gelombang. Frekuensi gelombang bunyi adalah kecepatan osilasi gelombang udara per unit waktu. Telinga manusia dapat menangkap frekuensi yang bervariasi dari sekitar 20 sampai 16000 Hertz (Hz). Satu Hertz adalah satu siklus per detik. Bunyi yang berfrekuensi rendah memiliki nada rendah. Sedangkan bunyi yang berfrekuensi tinggi memiliki nada tinggi. Suara manusia berkisar antara 65 Hz sampai 1000 Hz.

Amplitudo adalah ukuran energi atau intensitas fluktuasi tekanan. Gelombang bunyi dengan amplitudo yang berbeda diinterpretasikan sebagai perbedaan dalam kekerasan. Intensitas suara bisa dinyatakan dalam decibel (dB). Bunyi di atas 120 dB akan menyebabkan nyeri pada telinga, dan pemaparan dalam jangka panjang menyebabkan kerusakan telinga dan menyebabkan ketulian.

Di bawah ini adalah tabel penilaian decibel dan waktu pemaparan yang berbahaya bagi telinga manusia.

TABEL 5.I
PENILAIAN DESIBEL DAN PEMAPARAN YANG BERBAHAYA BAGI TELINGA MANUSIA

Tingkat Desibel	**Contoh**	**Waktu Pemaparan yang berbahaya**
0	Suara terlemah yang dapat terdengar telinga manusia	
30	Perpustakaan yang tenag, bisikan yang lembut	
40	Kantor yang tenang, ruang keluarga, kamar tidur yang jauh dari lalu lintas	
50	Lalu lintas lenggang di kejauhan, refrigerator, hembusan angin lembut	

[23] John Gibson, *Fisiologi,* hal. 317

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

60	Air Conditioner pada jarak 20 kaki, percakapan, mesin jahit	
70	Lalu lintas yang sibuk, tabulator kantor, restoran yang bising	Tingkat kritis dimulai
80	Kereta bawah tanah, lalu lintas kota yang sangat padat, alarm jam pada jarak 2 kaki, bising di pabrik	Lebih dari 8 jam
90	Lalu lintas truk, peralatan rumah yang bising, perkakas took, pemotong jerami	Kurang dari 8 jam
100	Gergaji mesin, pneumatic drill	2 jam
120	Konser rok di depan speaker, sandblasting, Guntur	Bahaya segera
140	Ledakan pistol, pesawat jet	Setiap pemaparan berbahaya
180	Landasan luncur roket	Ketulian tidak dapat dihindari

C. SISTEM AUDITORIUS

Sebagaimana yang terjadi pada indera penglihatan, telinga juga memiliki dua sistem, yaitu sistem transmisi suara dan sistem transduksi suara. Sistem transmisi suara melibatkan telinga bagian luar yang terdiri dari daun telinga dan liang telinga, dan telinga tengah yang terdiri dari gendang telinga dan tulang-tulang pendengaran. Sedangkan sistem transduksi suara melibatkan telinga dalam yang terdiri dari koklea, dimana reseptor pendengaran berada.

Proses transmisi suara diawali dengan adanya stimulus berupa gelombang suara. Gelombang suara akan ditangkap oleh daun telinga dan ditransmisikan ke dalam *meatus auditorius eksternus* (liang telinga). Gelombang suara ini menyebabkan vibrasi membrana timpani. Membrana timpani dapat dengan mudah bergetar karena tekanan pada kedua sisinya bersifat atmosferik. Ujung faring tuba

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

eustachius akan terbuka saat menelan, bersin dan menguap. Membrana timpani tidak akan bergetar dengan baik bila tuba tersumbat dan tekanan pada kedua sisi tidak sama. Amplitudo getaran membran proporsional dengan intensitas bunyi. Membran sangat teredam, yaitu berhenti bergetar segera setelah bunyi berhenti.

Membrana timpani selanjutnya akan mentransmisikan suara ke telinga dalam melalui jembatan mekanis berupa tulang-tulang pendengaran, yaitu maleus, inkus, dan stapes. Getaran gendang telinga menggerakkan tulang pertama, yang selanjutnya menggerakkan tulang kedua, dan akhirnya tulang ketiga. Tulang ketiga selanjutnya menggetarkan foramen ovale.

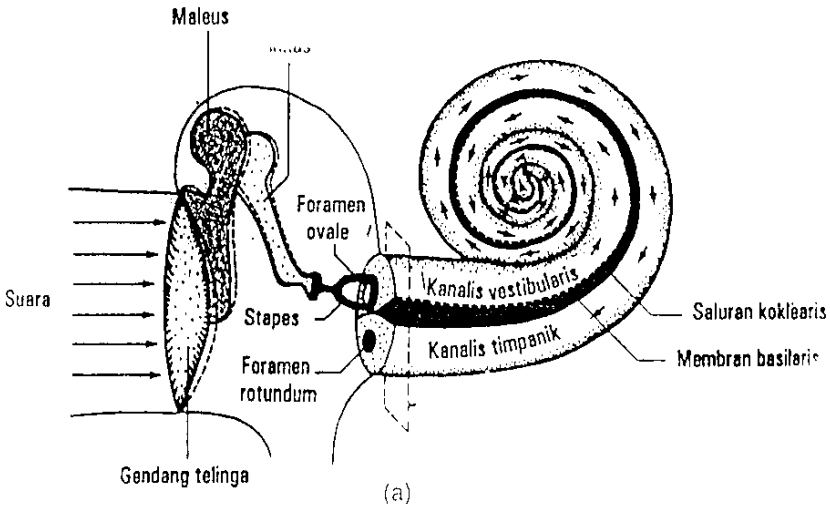
Sistem transduksi suara diawali ketika vibrasi foramen ovale menyebabkan gelombang tekanan dalam perilimf telinga dalam. Gelombang berjalan ke atas pada perilimf dalam skala vestibuli dan ke bawah pada perilimf dalam skala timpani. Ketiga gelombang mencapai fenestrum rotundum pada bagian dasar, membran menutup fenestrum tersebut dan menyebabkan pembenjolan kecil ke dalam telinga tengah. Bila tidak terjadi, gelombang tidak dapat melewati koklea.

Gelombang yang berjalan naik turun di dalam koklea akan menggetarkan membrana basilaris. Gerakan membrana basilaris ini akan menarik sel-sel rambut dan mengeksitasinya sehingga mentransmisikan impuls ke dalam serat nervus koklearis yang terletak di sekitar dasar sel rambut. Melalui proses yang kompleks ini, gelombang suara ditransduksikan menjadi impuls listrik. Neuron yang bersinaps dengan sel rambut meiliki akson yang panjang yang membentuk bagian dari saraf akustikus. Sebagian besar dari neuron auditorik itu berhubungan dengan satu sel rambut. Jalur auditorius dari masing-masing telinga menuju kedua sisi otak dan memiliki sinaps di beberapa nucleus sebelum mencapai korteks auditorik. Pada

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

akhirnya, sensasi tersebut diinterpretasikan di dalam *pars auditorius* lobus temporalis. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 5.2a dan b:

Gambar 5.2a: Telinga Dalam



Gambar 5.2b : Potongan melintang telinga dalam

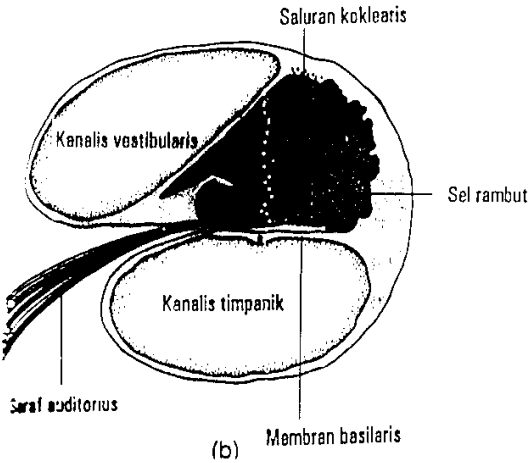


Diagram skematik telinga tengah dan dalam. *(a) pergerakan cairan di dalam koklea menyebabkan deformasi membran basilaris dan menstimulasi sel-sel rambut yang berfungsi sebagai reseptor auditorius. (b) Potongan melintang koklea menunjukkan membran basilaris dan reseptor sel rambut.*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

D. TEORI PERSEPSI NADA

Upaya untuk menjelaskan bagaimana telinga menyandikan frekuensi menjadi nada telah dilakukan oleh para ahli, diantaranya:

1. Teori yang dikemukakan oleh Lord Rutherford (1886) yang menyatakan bahwa gelombang suara menyebabkan seluruh membrana basilaris bergetar. Kecepatan getaran sesuai dengan frekuensi suara dan kecepatan getaran membran menentukan kecepatan impuls serabut saraf di saraf auditorius. Jika terdapat gelombang suara dengan frekuensi 1000 Hz, maka akan menyebabkan membrana basilaris bergetar 1000 kali per detik, yang menyebabkan saraf di saraf auditorius memicu 1000 impuls per detik, dan otak menginterpretasikan hal ini sebagai nada tertentu. Teori ini disebut dengan teori temporal atau teori frekuensi.
2. Teori yang diajukan oleh Joseph Guichard Duverney (1683) yang menyatakan bahwa frekuensi disandikan menjadi nada secara mekanis, yaitu melalui resonansi. Jika garpu tala diketuk dengan piano, dawai piano yang senada dengan frekuensi garpu tala mulai bergetar. Telinga bekerja dengan cara yang serupa. Telinga memiliki struktur seperti instrument berdawai, dengan tiap bagiannya sesuai dengan frekuensi tertentu, sehingga jika frekuensi tersebut dipresentasikan ke telinga, bagian yang bersesuaian yang akan bergetar. Gagasan ini terbukti benar. Struktur itu adalah membrane basilaris.
3. Teori yang diajukan oleh Hermann Von Helmholtz (1800) yang mengembangkan hipotesis resonansi menjadi teori tempat tentang persepsi nada. Teori ini menyatakan bahwa tiap tempat spesifik di sepanjang membrana basilaris akan menghasilkan sensasi-sensasi nada khusus. Dalam faktanya, ada banyak tempat di membrana

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

basilaris yang sesuai dengan banyak reseptor untuk nada.

4. Pada tahun 1940-an George Von Bekesy mengukur pergerakan membrana basilaris melalui lubang kecil yang dibor di koklea. Dengan mempelajari koklea *guinea pigs* dan *cadaver* manusia, ia menunjukkan bahwa walaupun seluruh membran bergerak untuk sebagian besar frekuensi, tempat pergerakan maksimum tergantung pada frekuensi yang terdengar. Frekuensi tinggi menyebabkan getaran pada ujung terjauh membrana basilaris. Pada saat frekuensi meningkat, pola getaran bergerak menuju foramen ovale.

Masing-masing dari teori di atas memiliki kelemahan yang belum sempat terjawab. Teori temporal memiliki masalah ketika berhadapan dengan nada berfrekuensi tinggi, dimana serabut saraf terbukti memiliki kecepatan pemicuan maksimal sekitar 1000 impuls per detik. Akibatnya, teori ini tidak dapat menjawab fakta bahwa telinga manusia mampu mendengar nada dengan frekuensi lebih dari 1000 Hz. Sedangkan teori tempat mendapatkan kesulitan ketika menjelaskan nada dengan frekuensi rendah. Menurut teori ini, pada frekuensi di bawah 50 Hz, semua bagian membrana basilar bergetar kira-kira sama. Hal ini berarti semua reseptor teraktivasi sama. Artinya, telinga tidak dapat membedakan frekuensi di bawah 50 Hz. Akan tetapi, dalam faktanya, telinga dapat membedakan nada dengan dengan frekuensi sampai serendah 20 Hz. Dari kelemahan yang ditimbulkan oleh masing-masing teori tersebut, ada yang ingin menggabungkan diantara keduanya dan menjadikan kelemahan itu untuk saling melengkapi. Artinya, dalam menjelaskan frekuensi rendah dapat menggunakan teori temporal, dan dalam menjelaskan frekuensi tinggi dapat menggunakan teori tempat. Namun demikian, penggabungan ini juga tidak dapat menjelaskan mekanisme peralihan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

peran itu secara jelas.[24]

E. KELAINAN FUNGSI INDERA PENDENGARAN

Pada garis besarnya, kelainan indera pendegaran dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu:

1. Gangguan pendengaran konduktif, yaitu penurunan pendengaran yang diakibatkan oleh adanya hambatan pada hantaran gelombang suara di telinga luar atau telinga tengah. Gangguan ini dapat terjadi oleh karena adanya benda asing, penimbunan kotoran telinga, atau infeksi pada telinga tengah.
2. Gangguan pendengaran sensorineural, yaitu penurunan pendengaran akibat disfungsi dari organ korti, saraf auditorius atau otak. Gangguan ini dapat terjadi oleh karena selalu terpajan pada suara bising secara terus menerus, setelah mendapatkan pengobatan yang bersifat ototoksik, atau karena pengaruh penyakit sistemik.[25]

F. FUNGSI ORGAN KESEIMBANGAN

Kanalis semisirkularis, sakulus dan utrikulus berperan dalam keseimbangan posisi kepala dan bahu. Kanalis semisirkularis berperan dalam gerakan kepala berputar. Gerakan ini menghasilkan gerakan pada *endolimf* dalam kanalis semisirkularis yang merangsang sel-sel rambut. Otolit sakulus dan utrikulus bergerak oleh perubahan posisi kepala dan dengan demikian mencetuskan gerakan sel rambut di daerah tersebut.

Rangsangan ditransmisikan sepanjang serat nervus kranialis ke delapan (*nervus auditorius*) *pars vestibularis* ke otak tengah, medulla

[24] Disarikan dari Rita L. Atkinson, dkk., *Pengantar,* hal. 252-254

[25] Elizabeth J. Corwin, *Patofisiologi,* hal. 215-216

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

oblongata, serebelum, dan medulla spinalis. Rangsangan ini memulai perubahan refleks pada otot-otot leher, mata, badan dan ekstermitas untuk mempertahankan keseimbangan postur dan mata dapat difiksasi pada obyek yang bergerak.[26]

[26] Disarikan dari John Gibson, *Fisiologi,* hal. 320

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id