

Analisis Anatomi Dan Fisiologi Sistem Indera Pendengaran

Chyntia Riya Ananda

Universitas Duta Bangsa Surakarta

Nining Nidhiawati

Universitas Duta Bangsa Surakarta

Novia Ayu Puspita

Universitas Duta Bangsa Surakarta

Puja Risma Eka Pinasti

Universitas Duta Bangsa Surakarta

Liss Dyah Dewi Ariani

Dosen Pengampu

Alamat: Jl. KH. Samanhudi 93 Sondakan, Laweyan, Surakarta

koresponden penulis: thxxx0305@gmail.com

Abstract. *The sounds heard by the human ear change from mechanical acoustic signals to electrical signals which are transmitted by the auditory nerve to the brain. The process of hearing certainly cannot be separated from the human hearing organ, namely the ear. The ear consists of three basic parts, namely the outer ear, middle ear and inner ear. Each part of the ear works with a specific task to detect and interpret sounds. The main function of the outer ear is to collect and connect sounds to the external acoustic meatus. The middle ear consists of 3 bones (ossicles) which will amplify the pressure 20 times from sound waves to produce fluid vibrations in the cochlea. In the inner ear there is the cochlea, the basilar membrane forms the basis of the cochlear duct. High frequency resonance of the basilar membrane occurs near the base, where sound waves enter the cochlea through the oval window and low frequency resonance occurs near the apex. Inner hair cells that convert the mechanical force of sound (vibrations of cochlear fluid) into auditory electrical impulses (action potentials that convey auditory messages to the cerebral cortex)*

Keywords : *Usability Testing, Sense of Hearin, Holographic*

Abstrak. Suara yang didengar telinga manusia mengalami perubahan dari sinyal akustik yang bersifat mekanik menjadi sinyal listrik yang diteruskan saraf pendengaran ke otak. Proses mendengar tentunya tidak lepas dari organ pendengaran manusia yakni telinga. Telinga terdiri atas tiga bagian dasar, yaitu telinga bagian luar, telinga bagian tengah dan telinga bagian dalam. Setiap bagian telinga bekerja dengan tugas khusus untuk mendeteksi dan menginterpretasikan bunyi. Telinga bagian luar fungsi utamanya adalah mengumpulkan dan menghubungkan suara menuju meatus akustikus eksterna. Telinga bagian tengah terdiri dari 3 buah tulang (ossicle) yang akan mengamplifikasikan tekanan 20 kali dari gelombang suara untuk menghasilkan getaran cairan pada koklea. Pada telinga bagian dalam terdapat koklea, membran basilaris membentuk dasar duktus koklear. Resonansi frekuensi tinggi dari membran basilaris terjadi dekat basis, tempat gelombang suara memasuki koklea melalui jendela oval dan resonansi frekuensi rendah terjadi dekat apeks. Sel rambut dalam yang mengubah gaya mekanik suara (getaran cairan koklea) menjadi impuls listrik pendengaran (potensial aksi yang menyampaikan pesan pendengaran ke korteks serebri).

Kata Kunci : Uji Kegunaan, Indera Pendengaran, Holografis

PENDAHULUAN

Indera pendengaran merupakan salah satu indera manusia yang berfungsi untuk mengenali berbagai macam bunyi menentukan lokasi sumber bunyi. Indera pendengaran merupakan

indera yang sangat penting bagi manusia karena tidak hanya diperlukan untuk komunikasi antara sesama manusia namun juga untuk mengenali kondisi sekitar tubuh. Bunyi itu sendiri merupakan suatu getaran yang berasal oleh benda yang menimbulkan suatu gelombang. Gelombang tersebut akan menghasilkan bunyi, baik yang bernada tinggi ataupun bernada rendah. Manusia dapat mendengarkan bunyi antara 20 Hz sampai dengan 20 ribu Hz.¹ Organ yang berperan untuk fungsi pendengaran adalah telinga. Telinga selain berfungsi untuk pendengaran juga berfungsi untuk keseimbangan. Secara anatomis telinga terbagi menjadi telinga luar (*auris externa*), telinga tengah (*auris media*) dan telinga dalam (*auris interna*). Telinga luar berperan seperti mikrofon yaitu mengumpulkan bunyi dan meneruskannya melalui saluran telinga (*canalis acusticus externus*) menuju telinga tengah dan telinga dalam. Getaran yang sampai ke telinga dalam selanjutnya akan diubah menjadi rangsang listrik yang selanjutnya akan dikirim ke pusat pendengaran di otak.

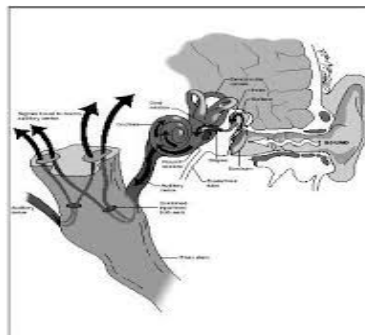
Gangguan mengakibatkan pendengaran seseorang kesulitan mendengar pembicaraan sehingga terjadi gangguan komunikasi yang dapat berdampak negatif terhadap pekerjaan, pendidikan dan hubungan sosial, hal tersebut dapat menimbulkan depresi. Gangguan pendengaran pada anak yang didapatkan sejak lahir akan menjadi penderita tuli dan bisu.

Tujuan penulisan tinjauan pustaka ini adalah untuk menjelaskan tentang anatomi dan fisiologi telinga agar mampu untuk memahami gangguan pendengaran.

LANDASAN TEORITIS

Anatomi Telinga

Sistem organ pendengaran perifer terdiri dari struktur organ pendengaran yang berada di luar otak dan batang otak yaitu telinga luar, telinga tengah, telinga dalam dan saraf koklearis sedangkan organ pendengaran sentral adalah struktur yang berada di dalam batang otak dan otak yaitu nukleus koklearis, superior, nukleus olivatorius lemnikus lateralis, kolikulus inferior dan kortek serebri lobus temporalis area wernicke (gambar 1).



Gambar 1. Skema organ pendengaran perifer dan sentral.

Anatomi Telinga Luar

Struktur telinga ini terbentuk dari auricula (daun telinga) dan kanal pendengaran eksternal (liang telinga atau *ear canal*). Auricula terbentuk oleh tulang rawan elastis yang melekat erat pada kulit yang miring. Ini berfungsi untuk menangkap suara dan melokalisasi suara. Auricula membentuk cekungan yang disebut concha dan bagian pinggirannya dinamakan heliks. Adapun struktur daun telinganya terdiri dari:

- a heliks,
- b antiheliks,
- c fossa segitiga,
- d fossa skapoid,
- e scapha,
- f tragus,
- g antitragus
- h dan lobule

Liang telinga (*ear canal*) dibentuk oleh tulang rawan dan tulang temporal. Ukurannya sekitar 4 cm dari telinga terluar ke membran timpani atau yang disebut sebagai gendang telinga. Lengkungan tersebut berguna untuk mencegah benda asing mencapai gendang telinga. Selain struktur tersebut, ada beberapa saraf sensorik di bagian telinga luar, seperti saraf aurikular, saraf oksipital, saraf trigeminal, facial, dan vagus. Saraf trigeminal, facial, dan vagus merupakan bagian dari saraf cranial yang langsung terhubung ke otak, sedangkan saraf aurikular dan oksipital adalah komponen dari saraf tulang belakang. Bila ada masalah pada bagian telinga luar ini gangguan telinga bisa terjadi. Ambil contohnya otitis eksterna atau yang juga disebut dengan *swimmer's ear*.

Anatomi Telinga Tengah

Fungsi telinga bagian tengah adalah mengirimkan suara yang telah dikumpulkan auricula ke telinga dalam. Sebelum dikirimkan, menurut Kids Health, bagian ini mengubah gelombang suara menjadi getaran. Bagian telinga tengah memanjang dari batas telinga luar ke membran timpani. Pada bagian ini, terdapat tiga tulang yang terhubung dan mengirimkan gelombang suara ke bagian dalam. Ketiga tulang ini disebut juga dengan ossicles dan yang terdiri dari:

- a Malleus (Palu),
- b Incus (Landasan), dan
- c Stapes (Sanggurdi).

Selain tiga tulang tersebut, anatomi telinga tengah terdiri dari dua struktur utama, yaitu

membran timpani dan saluran eustachius.

a Membran Timpani

Membran timpani atau gendang telinga berbentuk seperti kerucut datar dan semi transparan yang memisahkan telinga luar dengan telinga tengah. Bagian ini menempel pada cincin tulang yang ada di liang telinga. Di bagian tengah kerucut atau titik cekungannya disebut dengan umbo. Sementara pada membran di sekeliling umbo ini terdiri dari dua bagian yang berbeda yang disebut pars flaccida dan pars tensa. Ada tiga saraf sensorik pada membran timpani, yaitu:

- Saraf auriculotemporal,
- Saraf intermedius, dan
- Cabang aurikularis dari saraf vagus.

b Saluran Eustachius

Saluran Eustachius adalah bagian telinga yang menghubungkan telinga tengah dengan hulu kerongkongan dan hidung (nasofaring). Fungsinya untuk menyamakan tekanan di telinga tengah. Tekanan yang seimbang diperlukan untuk transfer gelombang suara yang tepat. Di sisi lain, beberapa kondisi medis bisa terjadi bila terdapat masalah pada telinga tengah. Berikut adalah beberapa gangguan telinga yang memengaruhi telinga tengah :

- Otitis media
- Gendang telinga pecah
- Barotrauma
- Miringitis

Anatomi Telinga Bagian Dalam

Sesuai namanya, telinga bagian dalam berada di bagian terdalam dari anatomi telinga. Fungsinya untuk membantu keseimbangan tubuh dan menjadi bagian dalam pendengaran. Di telinga dalam terdapat tiga bagian utama, yaitu koklea,

saluran semisirkular, dan vestibular. Berikut masing-masing penjelasannya :

a Koklea

Koklea (Cochlea) adalah bagian telinga dalam yang berbentuk seperti cangkang siput dan berperan penting dalam proses pendengaran. Bagian ini mengubah getaran suara menjadi sinyal saraf dan menyalurkannya ke dalam otak melalui saraf koklea. Koklea dibagi menjadi dua ruang oleh membran. Masing-masing ruang dalam koklea berisi

penuh dengan cairan yang bergetar ketika suara masuk. Ini menyebabkan rambut-rambut kecil yang melapisi membran bergetar dan mengimkan sinyal saraf ke otak.

b Saluran Semisirkular

Saluran semisirkular (labirin) terdiri dari tiga saluran atau tabung kecil yang terhubung. Ini merupakan bagian telinga dalam yang berfungsi untuk menjaga keseimbangan. Masing-masing saluran dalam semisirkular berisi cairan yang dilapisi dengan rambut-rambut kecil. Saat kepala bergerak, cairan di saluran mengalir dan menggerakkan rambut. Rambut ini mengirimkan sinyal ke otak melalui saraf vestibular. Otak kemudian mengirimkan pesan ke otot-otot tubuh untuk membantu Anda tetap seimbang.

c Vestibular

Vestibular merupakan bagian penghubung antara koklea dan saluran semisirkular. Bersama saluran semisirkular, bagian ini juga berperan dalam menjaga keseimbangan tubuh Anda. Pada bagian telinga dalam, kondisi medis juga bisa muncul. Salah satunya adalah labirinitis yaitu ketika labirin mengalami peradangan. Selain itu, gangguan pendengaran sensorineural juga bisa terjadi ketika telinga bagian dalam, tepatnya koklea dan/atau saraf koklea, mengalami gangguan.

Saraf Koklearis

Sel-sel rambut di dalam OC diinervasi oleh serabut aferen dan eferen dari saraf koklearis cabang dari nervus VIII, 88 % Serabut aferen menuju ke sel rambut bagian dalam dan 12 % sisanya menuju ke sel rambut luar. Serabut aferen dan eferen ini akan membentuk ganglion spiralis yang selanjutnya menuju ke nucleus koklearis yang merupakan neuron primer, dari nucleus koklearis neuron sekunder berjalan kontralateral menuju lemnikus lateralis dan ke kolikulus posterior dan korpus genikulatum medialis sebagai neuron tersier, selanjutnya menuju ke pusat pendengaran di lobus temporalis tepatnya di girus transversus.

Fisiologi Pendengaran

Proses mendengar diawali dengan ditangkapnya energi bunyi oleh daun telinga dalam bentuk gelombang yang dialirkan melalui udara atau tulang ke koklea,¹² Proses mendengar melalui tiga tahapan yaitu tahap pemindahan energi fisik berupa stimulus bunyi ke organ pendengaran, tahap konversi atau transduksi yaitu pengubahan energi fisik stimulasi tersebut ke organ penerima dan tahap penghantaran impuls saraf ke kortek pendengaran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mekanisme Pendengaran Telinga Luar dan Tengah

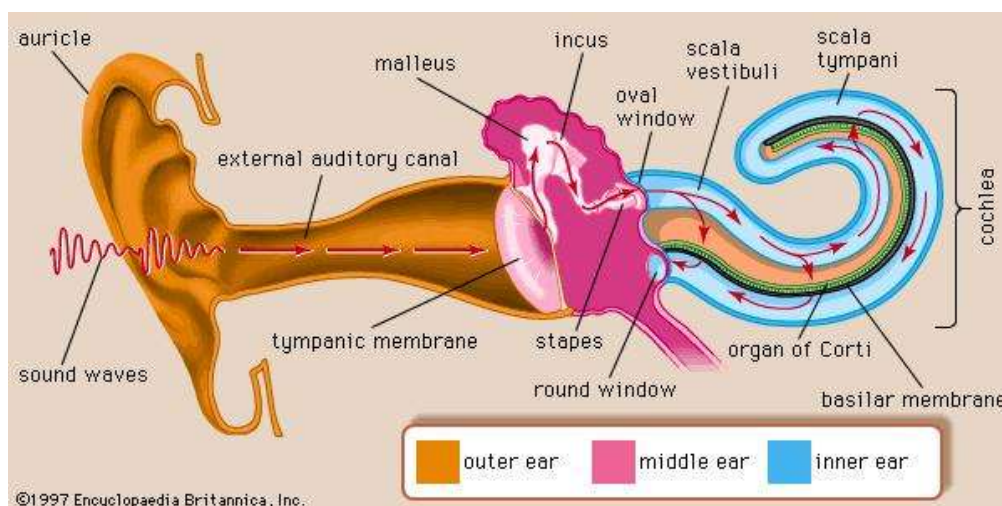
Aurikula berfungsi untuk mengetahui arah dan lokasi suara dan membedakan tinggi rendah suara. Aurikula bersama MAE dapat menaikkan tekanan akustik pada MT pada frekuensi 1,5 – 5 kHz yaitu daerah frekuensi yang meningkatkan tenaga pergerakan 1,3 kali, selain itu luas daerah permukaan MT 55 milimeter persegi sedangkan daerah permukaan stapes rata-rata 3,2 milimeter persegi. Rasio perbedaan 17 kali lipat ini dibandingkan 1,3 kali dari sistem pengungkit, penting untuk persepsi bicara, selanjutnya gelombang bunyi ini diarahkan ke MAE menyebabkan naiknya tekanan akustik sebesar 10-15 dB pada MT.6

MAE adalah tabung yang terbuka pada satu sisi tertutup pada sisi yang lain. MAE meresonansi $\frac{1}{4}$ gelombang. Frekuensi resonansi ditentukan dari panjang tabung, lengkung tabung tidak berpengaruh.

Tabung	: 2,5 cm	
frekuensi resonansi	: Kira-Kira	
	: 3,5 kHz.6	
Fo (frekuensi resonansi)	: Kecepatan	
	: suara (4 x	
	: panjang	
	: tabung)	
Dimana	: Kecepatan	
	: suara = 350	: m/detik
Misal panjang tabung	: 2,5 cm	
	: Maka Fo =	
	: 350 (4x2,5)	
	: 3500 Hz →	: 3,5 kHz

Gelombang suara kemudian diteruskan ke MT dimana pars tensa MT merupakan medium yang ideal untuk transmisi gelombang suara ke rantai osikular. Hubungan MT dan sistem osikuler menghantarkan suara sepanjang telinga telinga tengah ke koklea. Tangkai maleus terikat erat pada pusat membran timpani, maleus berikatan dengan inkus, inkus berikatan dengan stapes dan basis stapes berada pada foramen ovale. Sistem tersebut sebenarnya menyebabkan penekanan sekitar 22 kali pada cairan koklea.

Hal ini diperlukan karena cairan memiliki inersia yang jauh lebih besar dibandingkan udara, sehingga dibutuhkan tekanan besar untuk menggetarkan cairan, selain itu didapatkan mekanisme reflek penguatan, yaitu sebuah reflek yang timbul apabila ada suara yang keras yang ditransmisikan melalui sistem osikuler ke dalam sistem saraf pusat, reflek ini menyebabkan kontraksi pada otot stapedius dan otot tensor timpani. Otot tensor timpani menarik tangkai maleus ke arah dalam sedangkan otot stapedius menarik stapes ke arah luar. Kondisi yang berlawanan ini mengurangi konduksi osikular dari suara berfrekuensi rendah dibawah 1 000 Hz. Fungsi dari mekanisme ini adalah untuk melindungi koklea dari getaran merusak disebabkan oleh suara yang sangat keras, menutupi suara berfrekuensi rendah pada lingkungan suara keras dan menurunkan sensitivitas pendengaran pada suara orang itu sendiri.



Gambar 2. Skema Mekanisme Pendengaran

Mekanisme Pendengaran Telinga Dalam

Mengurangi jarak tetapi Koklea mempunyai dua fungsi yaitu menerjemahkan energi suara ke suatu bentuk yang sesuai untuk merangsang ujung saraf auditorius yang dapat memberikan kode parameter akustik sehingga otak dapat memproses informasi dalam stimulus suara. Koklea di dalamnya terdapat proses transmisi hidrodinamik yaitu perpindahan energi bunyi dari foramen ovale ke sel-sel bersilia dan proses transduksi yaitu pengubahan pola energi bunyi pada OC menjadi potensial aksi dalam nervus auditorius.

Mekanisme transmisi terjadi karena stimuli bunyi menggetarkan perilim dalam skala vestibuli dan endolim dalam skala media sehingga menggetarkan membrana basilaris. Membrana basilaris merupakan suatu kesatuan yang berbentuk lempeng-lempeng getar sehingga bila mendapat stimuli bunyi akan bergetar seperti gelombang disebut *traveling wave*.

ANALISIS ANATOMI DAN FISILOGI SISTEM INDERA PENDENGARAN

Proses transduksi terjadi karena perubahan bentuk membran basilaris. Perubahan tersebut karena bergesernya membrana retikularis dan membrana tektorial akibat stimulus bunyi. Amplitudo maksimum pergeseran tersebut akan mempengaruhi sel rambut dalam dan sel rambut luar sehingga terjadi loncatan potensial listrik. Potensial listrik ini akan diteruskan oleh serabut saraf aferen yang berhubungan dengan sel rambut sebagai impuls saraf ke otak untuk mendengar. Didari sebagai sensasi Koklea di dalamnya terdapat 4 jenis proses bioelektrik, yaitu :

- a Potensial Endokoklea (Endocochlear Potential)
- b Mikrofoni Koklea (Cochlear Microphonic)
- c Potensial Sumasi (Summating Potensial) dan
- d Potensial Seluruh Saraf (Whole Nerve Potensial)

Potensial endokoklea selalu ada pada saat istirahat, sedangkan potensial lainnya hanya muncul apabila ada suara yang merangsang. Potensial endokoklea terdapat pada skala media bersifat konstan atau direct current (DC) dengan potensial positif sebesar 80 – 100 mV. Stria vaskularis merupakan sumber potensial endokoklea yang sangat sensitif terhadap anoksia dan zat kimia yang berpengaruh terhadap metabolisme oksidasi.

Mikrofoni koklea adalah alternating current (AC) berada di koklea atau juga di dekat foramen rotundum, dihasilkan area sel indera bersilia dan membrana tektoria oleh pengaruh listrik akibat vibrasi suara pada silia atau sel inderanya. Potensial sumasi termasuk DC tidak mengikuti rangsang suara dengan spontan, tetapi sebanding dengan akar pangkat dua tekanan suara. Potensial sumasi dihasilkan sel-sel indera bersilia dalam yang efektif pada intensitas suara tinggi. Sedangkan mikrofoni koklea dihasilkan lebih banyak pada outer hair cell.

Bila terdapat rangsangan diatas nilai ambang, serabut saraf akan bereaksi menghasilkan potensial aksi. Serabut saraf mempunyai penerimaan terhadap frekuensi optimum rangsang suara pada nilai ambangnya, dan tidak bereaksi terhadap setiap intensitas. Potensial seluruh saraf adalah potensial listrik yang dibangkitkan oleh serabut saraf auditori. Terekam

dengan elektroda di daerah foramen rotundum atau di daerah saraf auditori, memiliki frekuensi tinggi dan onset yang cepat. 6 Rangsangan suara dari koklea diteruskan oleh nervus kranialis VIII ke korteks melalui nukleus koklearis ventralis dan dorsalis. Jarak tersebut merupakan sistem pendengaran sentral.

KESIMPULAN

Pendengaran merupakan salah satu organ yang penting dalam tubuh kita. Organ ini dapat mempengaruhi kualitas hidup seseorang. Proses mendengar adalah proses yang tidak sederhana, agar dapat mendengar manusia harus memiliki organ pendengaran dan fungsi pendengaran yang baik. Sistem organ pendengaran dibagi menjadi perifer dan sentral. Pendengaran perifer dimulai dengan adanya sumber bunyi yang ditangkap aurikula dan dilanjutkan ke saluran meatus akustikus eksternus kemudian terjadi getaran pada membran timpani, membran timpani ini yang memiliki hubungan dengan tulang pendengaran akan menggerakkan rangkaian tulang pendengaran yang terdiri dari maleus, inkus dan stapes yang menempel pada foramen ovale. Gerakan stapes pada foramen ovale akan menggerakkan cairan yang ada dalam organ koklea, akibatnya terjadi potensial listrik mengakibatkan terjadinya perubahan energi mekanik menjadi energi listrik yang diteruskan oleh saraf auditori ke batang otak (disinilah batas sistem organ pendengaran perifer dan sentral) kemudian energi listrik dilanjutkan ke kortek terletak pada bagian girus temporalis superior. Kortek serebri membuat manusia mampu mendeteksi dan menginterpretasikan pengalaman auditori, Sehingga pendengaran merupakan salah satu indera yang sangat penting bagi manusia.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Azis, Wibisono Sukmo Wardhono, Tri Afrianto (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Holografis (Studi Kasus : Bab Indera Pendengaran Manusia
- Maulidasari, M.Pd, M. Rezeki Muamar, M.Ed, Faizah M. Nur, M.Pd (2020). Alat Indera Manusia (Pembau, Pengecap, Penglihat, Pendengar, Perasa)
- Niko Tesni Saputro, Arif Nugroho Tri Utomo, Alfian Eka Pradana (2021). Modul 1 Anatomi dan Fisiologi Sistem Pancaindera
- Puguh Setyo Nugroho, HMS Wiyadi. Anatomi Dan Fisiologi Pendengaran Perifer. Dep / SMF Ilmu Kesehatan Telinga Hidung Tenggorok Bedah Kepala dan Leher Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga / RSUD Dr. Soetomo Surabaya.