

**TESIS**

**ANALISIS JENIS PRESBIKUSIS DAN LETAK LESI  
BERDASARKAN GAMBARAN AUDIOGRAM, AUDIOMETRI  
TUTUR DAN *OTOACCOUSTIC EMISSION***

Disusun dan diajukan oleh

**INDAH MAULIDAH HAERUDDIN**

**C103216102**



**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS 1 (SP-1)  
PROGRAM ILMU KESEHATAN TELINGA HIDUNG TENGGOROK  
BEDAH KEPALA LEHER  
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2020**

**ANALISIS JENIS PRESBIKUSIS DAN LETAK LESI  
BERDASARKAN GAMBARAN AUDIOGRAM, AUDIOMETRI  
TUTUR DAN *OTOACCOUSTIC EMISSION***

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Dokter Spesialis-1 (Sp-  
1)

Program Studi

Ilmu Kesehatan Telinga Hidung Tenggorok

Bedah Kepala Leher

Disusun dan diajukan oleh

**INDAH MAULIDAH HAERUDDIN**

Kepada

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS 1 (SP-1)  
PROGRAM ILMU KESEHATAN TELINGA HIDUNG TENGGOROK  
BEDAH KEPALA LEHER  
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

2020

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

**ANALISIS JENIS PRESBIKUSIS DAN LETAK LESI BERDASARKAN  
GAMBARAN AUDIOGRAM, AUDIOMETRI TUTUR DAN *OTOACCOUSTIC*  
*EMISSION***

Disusun dan diajukan oleh :

**INDAH MAULIDAH HAERUDDIN**

Nomor Pokok : C103216102

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Ilmu Kesehatan Telinga  
Hidung Tenggorok Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin pada tanggal  
30 Oktober 2020

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Prof. Dr. dr. Eka Savitri, Sp. T.H.T.K.L.(K)

Nip : 196202211988032003

Pembimbing Pendamping,

Dr. dr. Riskiaga Djamin, Sp. T.H.T.K.L.(K)

Nip : 1960022251988012001

Ketua Program Studi,

Prof. Dr. dr. Eka Savitri, Sp. T.H.T.K.L.(K)

Nip : 196202211988032003

Dekan Fakultas Kedokteran,



Prof. dr. Bedu, Ph.D., Sp.M(K), MMedEd

Nip : 196612311995031009

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Indah Maulidah Haeruddin  
NIM : C103216102  
Program Studi : Ilmu Kesehatan THT-KL

Menyatakan dengan ini bahwa Tesis dengan judul "**Analisis Jenis Presbikusis dan Letak Lesi Berdasarkan Gambaran Audiogram, Audiometri Tutar dan Otoacoustic Emission**" adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta orang lain. Apabila di kemudian hari Tesis karya saya ini terbukti bahwa sebagian atau keseluruhannya adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, Desember 2020

Yang menyatakan,



Indah Maulidah Haeruddin

## PRAKATA

Bismillahirrahmanirahiim, Assalamu Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala berkat, rahmat, kasih dan karunia-Nya sehingga tesis ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam kepada junjungan Nabi Muhammad SAW beserta para sahabat dan ketaudalanan beliau.

Tesis ini disusun sebagai salah satu tugas akhir dalam Pendidikan Dokter Spesialis (PPDS) di bagian Ilmu Kesehatan Telinga Hidung Tenggorok Bedah Kepala Leher Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

Pertama-tama saya meyampaikan rasa terima kasih yang tulus dan sedalam-dalamnya kepada pembimbing saya Prof. Dr. dr. Eka Savitri, Sp.T.H.T.K.L (K), Dr.dr. Riskiana Djamin, Sp. T.H.T.K.L (K), dan Dr. dr. Arifin Seweng, MPH., yang telah membimbing dan memotivasi sejak penyusunan proposal, pelaksanaan penelitian hingga selesainya tesis ini. Terima kasih pula penulis sampaikan kepada para penguji tesis, Prof. Dr. dr. Abdul Kadir, Ph.D, Sp.T.H.T.K.L (K), M.Kes, Dr. dr. Masyita Gaffar, Sp.T.H.T.K.L (K), dan Dr. dr. Nani Iriani Djufri, Sp.T.H.T.K.L (K), FICS.

Terima kasih yang tak terhingga juga kami sampaikan kepada Prof. dr. R. Sedjawidada, Sp.T.H.T.K.L (K), Prof, Dr. dr. Sutji Pratiwi Rahardjo, Sp.T.H.T.K.L (K), Prof, Dr. dr. Abdul Qadar Punagi, Sp.T.H.T.K.L (K), FICS, dr. Freddy G. Kuhuwael, Sp.T.H.T.K.L (K) (Alm), dr. Andi Baso Sulaiman, Sp.T.H.T.K.L (K), Dr. dr. Muh. Amsyar Akil, Sp.T.H.T.K.L (K), Dr. dr. Nova A.L.Pieter, Sp.T.H.T.K.L (K), dr. Aminuddin Azis, Sp.T.H.T.K.L (K), MARS, Dr. dr. Muh. Fadjar Perkasa, Sp.T.H.T.K.L (K), dr. Rafidawaty, Sp.T.H.T.K.L (K), dr. Sri Wartati, Sp.T.H.T.K.L ,dr. Azmi Mir'ah Zakiah, Sp.T.H.T.K.L (K), M.Kes, dr. Mahdi Umar, Sp.T.H.T.K.L, dr. Trining Dyah, Sp.T.H.T.K.L (K), MARS, dr. Amirah T Raihanah, Sp.T.H.T.K.L, dr. Yarni Alimah, Sp.T.H.T.K.L, dr. Syarijuwita, Sp.T.H.T.K.L, dan dr. Khaeruddin, Sp.T.H.T.K.L yang telah membimbing penulis selama pendidikan, sampai pada peneltian dan penulisan tesis ini.

Pada kesempatan ini pula penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Pimpinan Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, Ketua Program Pendidikan Dokter Spesialis yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mengikuti pendidikan spesialis dibagian Ilmu Kesehatan T.H.T.K.L Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.
2. Ketua Departemen Ilmu Kesehatan T.H.T.K.L, Sekertaris Departemen Ilmu Kesehatan T.H.T.K.L dan Kepala Program Studi (KPS) Ilmu Kesehatan T.H.T.K.L Fakultas Kedokteran Unhas yang telah

membimbing dan mendidik penulis selama mengikuti pendidikan di departemen ini.

3. Direktur RSUP Wahidin Sudirohusodo, RSPTN Unhas, RS. Pelamonia, RS. Labuang Baji, RS. Ibnu Sina, RSI Faisal, RSUD Pangeran Jaya Sumitra Kabupaten Kotabaru Provinsi Kalimantan Selatan dan RSUD Tani dan Nelayan Kabupaten Boalemo Provinsi Gorontalo, atas segala bantuan yang telah diberikan kepada saya selama pendidikan.
4. Kepala COT RSUP Wahidin Sudirohusodo dan RSPTN Unhas, ibu Surifa (Mba wi), ibu Hamsina (kak Ina), Asri dan Sakti atas segala bantuannya yang telah diberikan selama melakukan penelitian.
5. Kepala Bagian dan staf pengajar bagian Anatomi, Anestesiologi, Radiologi, Pulmonologi dan Gastroenterohepatologi yang telah membimbing penulis selama mengikuti pendidikan integrasi.
6. Seluruh teman sejawat peserta Pendidikan Dokter Spesialis di bagian Ilmu Kesehatan T.H.T.K.L atas bantuan dan Kerjasama yang terjalin selama ini. Secara khusus saya menghaturkan terima kasih kepada dr. Sulpikar Habibie dan dr. Vithari Anna Sarambu yang telah secara langsung membantu pelaksanaan penelitian ini. Juga kepada teman-teman seangkatan saya dr. Adriyanti Adam, dr. Muh. Reza Zainal, dr. Rifa Septian atas kerjasama dan bantuannya secara langsung selama masa pendidikan.
7. Hayati Pide, ST dan Nurlela, S.Hut, dan (Alm) Pak Mustari atas bantuan administrasi kami selama pendidikan.

8. Kepada semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu dan telah membantu saya selama mengikuti Pendidikan hingga selesainya tesis ini.

Terkhusus penulis haturkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada kedua orang tua yaitu Ayahanda dr. H. Haeruddin Pagarra, Sp.A. dan dr. Chaerani Kadir, M.Kes (Rahimahallah) , Bapak Mertua Ir. Arief Ishaq, ST dan Ibu Mertua Meike Kansil, serta kakak dan adik saya, serta seluruh keluarga besar kami yang telah mendampingi serta memberikan semangat dan dukungan doa serta ketulusan, kesabaran dan kasih sayang yang begitu berarti serta bermanfaat selama penulis mengikuti Pendidikan.

Kepada suami tercinta Wirawan Arief, SE, dan anak-anakku tersayang M. Aidan Ziggy Rayyandra dan Noura Aisha Tsurayya yang dengan ikhlas memberikan waktu yang seharusnya menjadi hak kalian, semangat, dan dukungan doa dengan penuh ketulusan, kesabaran dan kasih sayang yang begitu berarti selama penulis mengikuti pendidikan.

Penulis menyadari sepenuhnya atas segala keterbatasan dan kekurangan dalam penulisan tesis ini, olehnya saran dan kritik yang menyempurnakan tesis ini akan diterima dengan segala kerendahan hati. Semoga Allah Subhanahu Wa Ta'ala senantiasa melimpahkan



rahmat dan karunia-Nya serta membalas budi baik mereka yang telah mendidik dan memberi dorongan kepada penulis.

Makassar, Januari 2021

Indah Maulidah Haeruddin

## ABSTRAK


**INDAH MAULIDAH HAERUDDIN.** *Analisis Jenis Presbikusis dan Letak Lesi Berdasarkan Gambaran Audiogram, Audiometri Tutur, dan Otoacoustic Emission* (dibimbing oleh Eka Savitri dan Riskiana Djamin).

Penelitian ini bertujuan mengetahui jenis presbikusis dan lokasi lesi berdasarkan gambaran audiogram, audiometri tutur, dan *otoacoustic emission*.

Penelitian ini merupakan jenis penelitian observasional pada 36 pasien presbikusis (72 telinga). Dilakukan pemeriksaan audiometri nada murni, audiometri tutur, dan *otoacoustic emission* untuk mengetahui jenis presbikusis terbanyak serta untuk menentukan lokasi lesi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa presbikusis paling banyak dijumpai pada kelompok umur 60 - 69 tahun (69,4%). Jenis presbikusis terbanyak berdasarkan audiogram adalah presbikusis metabolik (36,1%), rerata ambang dengar berdasarkan audiogram adalah pada frekuensi 26 - 40 dB atau derajat ketulian ringan. Jenis ketulian yang terbanyak, yakni *sensorineural hearing loss* (SNHL). Pada audiometri tutur NPT dan NDT terbanyak, yakni tuli ringan dan normal sebanyak 44,4% pada NPT dan 56,9% pada NDT. Berdasarkan OAE sebanyak 72 sampel menunjukkan hasil *refer*. Berdasarkan hasil audiogram, audiometri tutur, dan OAE letak lesi seluruh sampel terletak pada koklea (100%).

Kata kunci: *presbikusis, sensorineural hearing loss, audiometri tutur*

  
16/3 2021

## ABSTRACT

**INDAH MAULIDAH HAERUDDIN.** *The Analysis of Presbycusis Type and Lesion Location based on Audiogram Description, Speech Audiometry and Otoaccoustic Emission,* (supervised by **Eka Savitri** and **Riskiana Djamin**).

This study aims to determine the type of presbycusis and the location of lesions based on audiogram images, speech audiometry and Otoaccoustic Emission.

This study was an observational study on 36 presbycusis patients (72 ears). Pure tone audiometry, speech audiometry and Otoaccoustic Emission were examined to determine the most types of presbycusis and to determine the location of lesions.

The results indicate that presbycusis is most common in the 60-69 years old age group (69,4%). And the most type of presbycusis based on audiograms is metabolic presbycusis (36.1%), the average hearing threshold based on audiograms is at a frequency of 26-40 dB or a mild degree of hearing loss. The most common type of hearing loss is Sensor Neural Hearing Loss (SNHL). In speech audiometry, the most NPT and NDT are mild and normal hearing loss as much as 44.4% in NPT and 56.9% in NDT Based on OAE as many as 72 samples show refer results. And based on audiogram results, speech audiometry and OAE the entire sample are located on the cochlea (100%).

**Keywords:** presbycusis, sensor neural hearing loss, speech audiometry.





## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR SINGKATAN.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	8
1.3 Tujuan Penelitian .....	8
1.3.1 Tujuan umum .....	8
1.3.2 Tujuan khusus.....	8
1.4 Manfaat Penelitian .....	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 Anatomi dan Fisiologi Pendengaran .....	10
2.1.1 Anatomi.....	10
2.1.2 Fisiologi Pendengaran.....	12
2.2 Lanjut Usia.....	13
2.3 Presbikusis .....	14
2.3.1 Presbikusis Sensorik.....	17
2.3.2 Presbikusis Neural .....	18

2.3.3 Presbikusis Metabolik.....	19
2.3.4 Presbikusis Mekanik.....	20
2.4 Pemeriksaan Audiologik pada Lanjut Usia .....	21
2.4.1 Pemeriksaan Tes Garpu Tala.....	21
2.4.2 Pemeriksaan Audimetri Nada Murni (PTA).....	24
2.4.2.1 Istilah dalam Audiometri Nada Murni .....	26
2.4.2.2 Syarat Pemeriksaan Audiometri Nada Murni ...	27
2.4.2.3 Mekanisme Kerja Audiometri Nada Murni .....	30
2.4.2.4 Cara Melakukan Audiometri Nada Murni .....	31
2.4.2.5 Interpretasi Audiometri Nada Murni .....	33
2.4.3 Pemeriksaan Audiometri Tutur .....	44
2.4.3.1 Daftar Kata yang digunakan/Materi.....	47
2.4.3.2 Nilai Persepsi Tutur .....	52
2.4.3.3 Nilai Diskriminasi Tutur .....	55
2.4.4 Pemeriksaan Oto Accoustic Emission (OAE). .....	57
2.4.4.1 Tipe Oto Accoustic Emission (OAE). .....	58
2.4.4.1.1 Spontaneous OAE (SOAEs) .....	59
2.4.4.1.2 Evoked OAE .....	60
2.4.4.2 Komponen Oto Accoustic Emission (OAE). ....	63
2.4.4.3 Penggunaan Oto Accoustic Emission (OAE). ..	64
2.5 Kerangka Teori .....	65
2.6 Kerangka Konsep .....	66
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>67</b>

3.1 Desain Penelitian.....	67
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian .....	67
3.3 Populasi Penelitian .....	68
3.4 Sampel Penelitian.....	68
3.5 Kriteria Subjek Penelitian.....	69
3.5.1 Kriteria Inklusi.....	69
3.5.2 Kriteria Eksklusi.....	69
3.6 Definisi Operasional Variabel.....	69
3.7 Alat dan Bahan Penelitian.....	74
3.8 Prosedur Penelitian .....	75
3.9 Alur Penelitian .....	78
3.10 Biaya Penelitian .....	79
3.11 Izin Penelitian dan Ethical Clearance.....	79
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Hasil penelitian .....	80
4.2 Pembahasan .....	87
4.3 Kendala Penelitian.....	96
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan.....	97
5.2 Saran .....	97
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>98</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>105</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Anatomi Telinga .....	10
Gambar 2. Audiogram Presbikosis Sensorik .....	18
Gambar 3. Audiogram Presbikosis Neural .....	19
Gambar 4. Audiogram Presbikosis Metabolik .....	20
Gambar 5. Audiogram Presbikosis Mekanik .....	20
Gambar 6. Notasi Audiogram .....	33
Gambar 7. Audiogram Pendengaran Normal .....	34
Gambar 8. Audiogram Pendengaran Tuli Konduktif.....	36
Gambar 9. Audiogram Pendengaran Tuli Sensorineural.....	37
Gambar 10. Audiogram Pendengaran Tuli Campuran.....	38
Gambar 11. Skematik Audiometrik Tutur .....	45
Gambar 12. Denah Ruang Audiometri Tutur .....	46
Gambar 13. Contoh Perhitungan NPT .....	55
Gambar 14. Grafik NDT .....	57
Gambar 15. Instrumensi dan contoh SOAEs .....	60
Gambar 16. Instrumensi dan contoh DPOAEs.....	62
Gambar 17. Instrumen OAEs .....	63



## DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Arti dan Keterangan
Lansia	Lanjut Usia
TGT	Tes Garpu Tala
MAE	Meatus Akustikus Eksternus
PTA	Pure Tone Audiometri
AC	Air Conduction
BC	Bone Conduction
CHL	Conductive Hearing Loss
SNHL	Sensorineural Hearing Loss
dB	Desibel
Hz	Hertz
KHz	KiloHertz
dB HL	Desibel Hearing Level
dB SL	Desibel Sensation Level
dB SPL	Desibel Sound Pressure Level
AD	Ambang Dengar
NB	Narrow Bandnoise
WN	White Noise
NTE	Non Tested Ear
IA	Intraural Attenuation

ISO	International Organization for Standardization
ASA	American Standards Association
OAE	Oto Acoustic Emission
ECV	Ear Canal Volume
MEP	Middle Ear Pressure
daPa	Decapascal
NPT	Nilai Persepsi Tutur
NDT	Nilai Diskriminasi Tutur
PB Words	Phonetically Balanced Words
SSI	Synthetic Sentence Identification
SPIN	Speech Perception In Noise

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Derajat Ketulian .....	41
Tabel 2. Recommended Values for Intraaural Attenuation for Air Conduction Signals .....	45
Tabel 3. Daftar Kata Monosilabik Gadjah Mada .....	57
Tabel 4. Daftar Kata Bisilabik Gadjah Mada .....	58
Tabel 5. Interpretasi Hasil Nilai Persepsi Tutar .....	64
Tabel Hasil Penelitian .....	88
Tabel 1. Karakteristik Distribusi Sampel Berdasarkan Rentang Umur .....	88
Tabel 2. <b>Karakteristik Distribusi Sampel Berdasarkan Jenis Kelamin</b> .....	<b>89</b>
Tabel 3. Karakteristik Distribusi Sampel Berdasarkan Frekuensi Rentang Ambang Dengar .....	90
Tabel 4. Karakteristik Distribusi Sampel Berdasarkan Jenis Presbikusis .....	91
Tabel 5. Karakteristik Distribusi Sampel Berdasarkan Pemeriksaan Nilai Persepsi Tutar (NPT) .....	92
Tabel 6. Karakteristik Distribusi Sampel Berdasarkan Pemeriksaan Nilai Distribusi Tutar (NDT).....	93

Tabel 7. Karakteristik Distribusi Sampel Berdasarkan Pemeriksaan <i>Otoacoustic Emission</i> .....	94
Tabel 8. Karakteristik Distribusi sampel Berdasarkan Letak Lesi ...	94

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 LATAR BELAKANG**

Dengan kemajuan dalam perawatan kesehatan, harapan hidup meningkat. Penuaan dikaitkan dengan beberapa masalah medis yang terkait yang telah disebut sebagai geriatrik sindrom. Satu sindrom biasanya berinteraksi satu sama lain, memiliki lebih dari satu penyebab, dan berdampak luas fungsional pada status penderita geriatri. Masalah sensorik, seperti gangguan pendengaran, penglihatan dan keseimbangan yang diakui sindrom geriatri, dengan pendengaran menjadi masalah sensorik yang paling umum di antara orang dewasa yang lebih tua (Sataloff., Robert T, et al, 2014).

Gangguan pendengaran di masa yang akan datang akan mengalami kecenderungan meningkat disebabkan antara lain makin tingginya umur harapan hidup sehingga penduduk usia lanjut akan semakin banyak yang membawa konsekuensi peningkatan prevalensi degenerasi sehubungan dengan usia (Kepri Menkes, 2006).

Besarnya jumlah penduduk lanjut usia (lansia) di Indonesia di masa depan membawa dampak positif maupun negatif. Berdampak positif, apabila penduduk lansia berada dalam keadaan sehat, aktif dan produktif. Di sisi lain, besarnya jumlah penduduk lansia menjadi beban jika lansia memiliki masalah penurunan kesehatan yang

berakibat pada peningkatan biaya pelayanan kesehatan, penurunan pendapatan/ penghasilan, peningkatan disabilitas, tidak adanya dukungan sosial dan lingkungan yang tidak ramah terhadap penduduk lansia. (Kemenkes RI, 2017)

Kelainan yang berhubungan dengan usia sangat penting secara sosial dan merupakan masalah ekonomi karena angka kelahiran yang rendah dan harapan hidup yang lebih lama pada abad ke 20. (Mittal, et al., 2014).

Proses mendengar sangat penting untuk usia lanjut karena dapat meningkatkan kualitas hidup dan dapat berguna untuk keamanan dan kesehatan. Pendengaran adalah salah satu indera paling penting bagi orang tua. Kemampuan mendengar memungkinkan lansia untuk menangkap bunyi, walaupun saat tertidur sehingga mereka tetap waspada, untuk mendengarkan suara dalam keadaan gelap dan untuk mendeteksi suara yang berasal dari belakang. Selain itu, kejadian berbagai kecacatan terkait peningkatan usia diketahui sangat tinggi pada kelompok lansia. Oleh karenanya, mereka sangat mengandalkan indera khusus seperti pendengaran untuk mengimbangi kecacatan yang lain terkait usia. Pada orang tua juga perlu mengandalkan pendengaran yang baik untuk dapat berkomunikasi secara efisien. (Zhang, Ming., et al, 2013)

Presbikusis adalah gangguan pendengaran pada usia lanjut yang disebabkan oleh proses penuaan (dari bahasa Yunani presbus

"berumur" dan akousis "pendengaran"). Ini adalah salah satu kondisi paling umum yang mempengaruhi orang dengan usia yang lebih tua dan orang dewasa yang lanjut usia. Zwaardemaker adalah orang yang pertama kali menggunakan istilah "presbikusis" pada tahun 1893. Beberapa penulis terkadang menafsirkan istilah ini berbeda. Beberapa peneliti di Indonesia (menyiratkan dalam istilah ini) gangguan pendengaran yang berkaitan dengan usia disebabkan oleh perubahan involusional yang terjadi hanya pada koklea. Presbikusis dianggap sebagai salah satu bentuk *Sensory Neural Hearing Loss* (SNHL) yang progresif, yang berkaitan dengan perubahan involusional terkait usia dari bagian yang berbeda dari suatu sistem pendengaran dan disajikan dalam bentuk audiogram nada murni yang simetris dengan penurunan pendengaran yang terjadi pada frekuensi tinggi. (Boboshko, Maria et al, 2018)

Gangguan pendengaran mempengaruhi sekitar sepertiga orang dewasa di atas usia 60 tahun. Perubahan yang khas pada presbikusis dimulai dengan gangguan pendengaran yang terjadi pada frekuensi tinggi dan penurunan ambang pendengaran. Banyak faktor yang berkontribusi terhadap terjadinya presbikusis seperti perubahan dalam morfologi stria vascularis, hilangnya sel-sel rambut di koklea, dan degenerasi jalur pusat pendengaran, perubahan genetik, merokok, perubahan bentuk vaskuler, gangguan metabolisme, dan

paparan lingkungan dengan tingkat kebisingan yang tinggi **(Alessandra Fioretti, 2014)**.

Diagnosis presbikuisis didasarkan pada anamnesis dan pemeriksaan fisik. Presbikuisis biasanya didiagnosis ketika memenuhi kriteria sebagai berikut: gangguan pendengaran sensorineural pada usia lanjut akibat proses degeneratif organ pendengaran yang terjadi secara perlahan-lahan, peningkatan ambang dengar yang simetris, tidak adanya cedera, penggunaan obat-obatan ototoksik, riwayat penyakit pada telinga dan riwayat operasi, adanya gangguan pendengaran konduktif (10 dB atau lebih rendah), dan biasanya berusia 65 tahun atau lebih (Kim, Tae Su, 2013).

Evaluasi Audiologi sederhana seperti audiometri nada murni (PTA) dan audiometri tutur merupakan tes untuk diagnosis presbikuisis. Karakteristik audiogram memperlihatkan ketulian sensorineural bilateral yang menurun pada frekuensi tinggi. Jika dibiarkan, presbikuisis dapat menyebabkan penderita merasa terisolasi, ketergantungan dan frustrasi yang secara umum menurunkan kualitas hidup. Deteksi dini dan intervensi termasuk operasi dan pemasangan alat bantu dengar dapat menyebabkan peningkatan kualitas hidup (Sogebi, OAI, 2013).

Tes audiometri nada murni merupakan alat utama untuk mendiagnosis dan mengevaluasi presbikuisis. Tes ini sangat penting untuk menilai status penderita yang sedang menjalani rehabilitasi,



termasuk yang menggunakan alat bantu dengar. Hasil tes memberikan informasi yang berguna untuk mengevaluasi hasil dari rehabilitasi pendengaran. Pada lanjut usia mungkin mengalami kesulitan untuk mengikuti petunjuk tes dan merasa lelah karena tes ini memakan waktu. Oleh karena itu, sebelum tes dilakukan simulasi (Kim, Tae Su, 2013).

Pada penderita dengan presbikusis mungkin memiliki kesulitan dalam mendengarkan dan memahami apa yang orang lain katakan. Mengukur kemampuan untuk mendengar dan mengerti pada penderita presbikusis sangat penting untuk memilih metode pengobatan yang tepat dan menafsirkan hasil. Serta, hasil tes dapat digunakan sebagai pedoman penanganan dan untuk menilai kesulitan yang dihadapi oleh penderita dengan gangguan pendengaran dan kemampuan beradaptasi pada lingkungan. Jika dibandingkan dengan tes audiometri nada murni, tes audiometri tutur lebih rumit dan luas karena mengkaji fisiologis, linguistik dan aspek psikologik (Kim, Tae Su, 2013).

Emisi otoakustik adalah suara yang timbul di saluran telinga ketika (paradoks) membran timpani menerima getaran yang ditransmisikan ke belakang melalui telinga tengah dari koklea. Getaran ini terjadi sebagai hasil dari mekanisme yang terjadi di koklea yang unik dan rentan yang dikenal sebagai “koklear amplifier” dan

memberikan kontribusi yang besar terhadap sensitivitas dan perbedaan pendengaran (Zantena, et al, 2015).

Salah satu metode skrining yang telah diuji coba pada penderita lanjut usia adalah tes garputala dan tes bisikan yang memiliki kesensitivitasan hingga 72,3% dan spesifitas sampai 70%. Meskipun hasilnya mendukung, tes bisikan ini memiliki berbagai kesulitan berupa penentuan standarisasi dari tingkatan kebesaran suara dan cara mengeliminasi *background noises* diruangan konsultasi dokter ataupun diruang terbuka di rumah sakit yang menjadi kendala praktek yang mungkin akan mempengaruhi *realibilitas* dari keunggulan tes ini (Samelli A.G, et al, 2011 dan Lim JKH, Yap KB, 2000).

Penelitian yang dilakukan oleh Jenny Bashiruddin, Widayat Alfiandi, Brastho Bramantyo, Yossa MP pada tahun 2008 bahwa nilai rerata ambang dengar audiometri nada murni pada usia lanjut dengan tuli sensorineural adalah 47,19 dB (SB 15,47 dB) untuk telinga kanan dan 44,91 dB (SB 15,17 dB) untuk telinga kiri. Disimpulkan bahwa terdapat peningkatan intensitas yang melebihi standar 25 dB. Hasil ini termasuk dalam klasifikasi tuli sensorineural sedang (Bashiruddin, J., Alfiandi, W., Bramantyo, B.,Yossa, M.P. 2008).

Penelitian yang dilakukan oleh Torre P, Cruickshanks KJ, Nondahl DM, Wiley TL tahun 2010, tentang karakteristik respon DPOAE pada lanjut usia memperlihatkan bahwa rerata hasil pemeriksaan DPOAE yaitu -6 dB SPL pada frekuensi 2 KHZ, -14 dB

SPL pada frekuensi 4 KHz, dan -22 dB SPL pada frekuensi 8 KHz. Respon karakteristik DPOAE pada masing-masing frekuensi mempunyai sensitifitas dan spesifitas yang bervariasi. Hasil penelitian ini mendukung penggunaan DPOAE sebagai ukuran klinis untuk penderita lanjut usia (Torre, P., Cruickshanks, K.J., Nondahl, D.M., Wiley, T.L. 2010).

Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Sogebi OAI, Olusoga-Peters OO, Oluwapelum O pada tahun 2013, tentang gambaran klinik dan audiometrik pada presbikusis di Nigeria mengatakan bahwa tipe presbikusis yang paling banyak yakni presbikusis tipe stria. Dimana ketulian yang meningkat seiring dengan usia yang mempengaruhi audiometri tutur dan terjadi pada frekuensi tinggi (Sogebi, OAI., Olusoga-Peters., Oluwapelumi O, 2013).

Berdasarkan penjelasan dan uraian di atas maka penulis tertarik untuk mencoba melakukan penelitian berjudul:

**“ANALISIS JENIS PRESBIKUSIS DAN LETAK LESI BERDASARKAN GAMBARAN AUDIOGRAM, AUDIOMETRI TUTUR DAN *OTOACCOUSTIC EMISSION*”**

## **1.2 RUMUSAN MASALAH**

Berdasarkan uraian dalam latar belakang masalah di atas dapat dirumuskan pertanyaan sebagai berikut: “Bagaimanakah jenis presbikusis dan letak lesi berdasarkan gambaran audiogram,

audiometri tutur dan *otoacoustic emission* pada lansia penderita presbikusis?”

### **1.3 TUJUAN PENELITIAN**

#### 1.3.1. Tujuan umum

Menganalisis jenis presbikusis dan letak lesi berdasarkan gambaran audiogram, audiometri tutur dan *otoacoustic emission* pada lansia penderita presbikusis.

#### 1.3.2. Tujuan khusus

1. Menentukan ambang dengar (intensitas) lansia penderita presbikusis berdasarkan pemeriksaan audiometer nada murni.
2. Menentukan jenis presbikusis berdasarkan pemeriksaan audiometer nada murni lansia penderita presbikusis.
3. Menentukan nilai persepsi tutur (NPT) lansia penderita presbikusis berdasarkan pemeriksaan audiometri tutur.
4. Menentukan nilai diskriminasi tutur (NDT) lansia penderita presbikusis berdasarkan pemeriksaan audiometri tutur.
5. Menentukan fungsi koklea berdasarkan hasil pemeriksaan *otoacoustic emission* pada lansia penderita presbikusis.
6. Menentukan lokasi lesi berdasarkan hasil pemeriksaan audiometri nada murni, audiometri tutur dan *otoacoustic emission* pada lansia penderita presbikusis.

#### **1.4 MANFAAT PENELITIAN**

1. Memberikan informasi ilmiah mengenai berbagai hasil pemeriksaan audiologik pada lansia penderita presbikusis.
2. Memberikan gambaran jenis presbikusis dan lokasi lesi berdasarkan gambaran audiometri nada murni, *otoacoustic emission* dan audiometri tutur pada lansia penderita presbikusis.
3. Menjadi data awal yang dapat digunakan sebagai dasar penelitian lebih lanjut tentang analisis audiologik lansia di Makassar.
4. Dengan penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk penggunaan Alat Bantu Dengar (ABD).

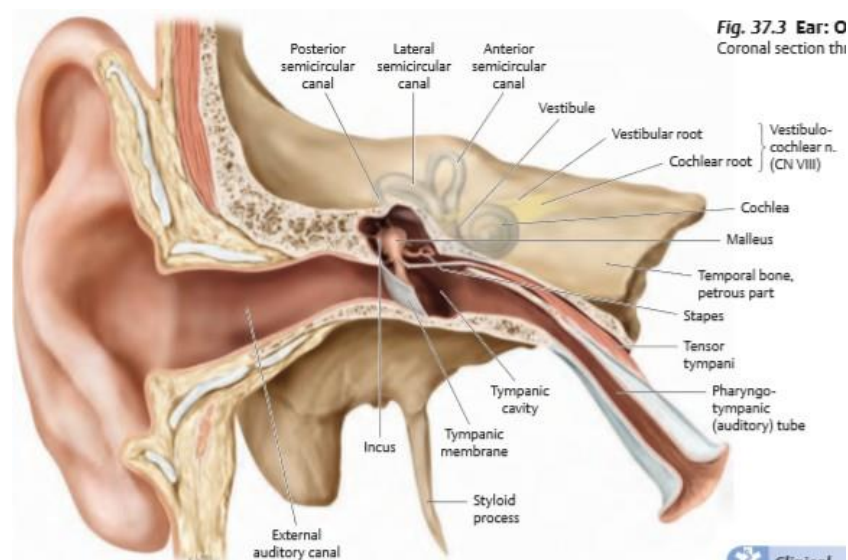
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 ANATOMI DAN FISILOGI PENDENGARAN

##### 2.1.1 ANATOMI

Secara garis besar, telinga terbagi atas 3 bagian, yakni: telinga luar, telinga tengah dan telinga dalam. Telinga luar sendiri terdiri dari daun telinga (aurikula) dan liang telinga (kanalis akustikus eksternus) sampai ke membran timpani. Daun telinga (aurikula) terdiri dari kartilago dan perikondrium. Sedangkan liang telinga (meatus akustikus eksternus) terdiri dari 2 bagian yaitu 1/3 luar pars kartilago dan 2/3 dalam pars osseus (Dhingra, et al, 2014).



Gambar 1. Anatomi Telinga (Dikutip dari Gilroy Anne M, et al, 2009).

Membran timpani adalah suatu membran yang memisahkan telinga tengah dengan lingkungan luar. Terletak oblik pada bagian medial dari kanalis akustikus eksternus. Berbentuk kerucut dengan apeks pada umbo. Panjang sumbu horizontal membran timpani sekitar 9-10 mm dan sumbu vertikal 8-9 mm (Netter, 2006).

Terdapat 3 tulang pendengaran di dalam telinga tengah, yakni malleus, inkus dan stapes (Dhingra, 2014). Telinga dalam terdiri dari koklea (rumah siput) yang merupakan struktur berbentuk dua setengah lingkaran dan vestibuler yang terdiri dari tiga kanalis semisirkularis. Puncak dari koklea disebut helikotrema, dimana helikotrema ini menghubungkan perilimfa skala timpani dan skala vestibuli (Soepardi, et al, 2016).

Organ corti terdiri dari 2 tipe sel rambut: sel rambut luar dan sel rambut dalam. Koklea manusia diperkirakan memiliki 12.000 sel rambut luar dan 3.500 sel rambut dalam (Moller, AG, 2006). Sel rambut dalam dan luar memiliki fungsi berbeda. Sel rambut dalam adalah sel yang mengubah gaya mekanis suara (getaran cairan koklea) menjadi impuls listrik pendengaran (potensial aksi yang menyampaikan pesan pendengaran ke korteks serebri). Sedangkan sel-sel rambut luar secara aktif dan cepat berubah panjang sebagai respons terhadap perubahan potensial membran, suatu perilaku yang dikenal sebagai elektromotilitas. Sel rambut luar memendek pada depolarisasi dan memanjang pada hiperpolarisasi. Perubahan

panjang ini memperkuat atau menegaskan gerakan membran basilaris. Modifikasi pergerakan membran basilaris seperti ini meningkatkan respons sel rambut dalam, reseptor sensorik pendengaran yang sebenarnya, menyebabkan mereka sangat peka terhadap intensitas suara dan dapat membedakan berbagai nada suara (Sherwood, 2012; Guyton & Hall, 2012).

### **2.1.2 FISILOGI PENDENGARAN**

Proses mendengar diawali dengan ditangkapnya bunyi oleh daun telinga dalam bentuk gelombang yang dialirkan melalui udara atau tulang ke koklea (Guyton & Hall, 2012). Komponen pertama telinga tengah yang berguna untuk menerima gelombang suara adalah membran timpani, yang juga dikenal sebagai gendang telinga. Gelombang suara menggetarkan membran timpani melalui serangkaian kecil tulang-tulang pendengaran, yakni malleus, inkus dan stapes, dimana gelombang suara diproses (Cumming W Charles, 2017).

Getaran tersebut menggetarkan MT, diteruskan ke telinga tengah melalui rangkaian tulang pendengaran yang akan mengamplifikasi getaran melalui daya ungkit tulang pendengaran dan perkalian perbandingan luas MT dan tingkap lonjong. Energi getar yang telah diamplifikasi ini akan diteruskan ke stapes yang menggerakkan tingkap lonjong, sehingga perilimfa pada skala



vestibule bergerak. Getaran diteruskan melalui membrane reissner yang mendorong endolimfe sehingga akan menimbulkan getaran relatif antara membrane basalis dan membrane tektoria. Proses ini merupakan rangsang mekanik yang menyebabkan terjadinya defleksi sterosilia sel-sel rambut sehingga kanal ion terbuka dan terjadi pelepasan ion bermuatan listrik dari badan sel rambut, sehingga melepaskan neurotransmitter ke dalam sinapsis yang akan menimbulkan potensial aksi pada saraf auditorius, lalu dilanjutkan ke nucleus auditorius sampai ke korteks pendengaran (area 39-40) di lobus temporalis. (Roland, PS, 2006)

## **2.2 LANJUT USIA**

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 2004, lanjut usia adalah seseorang yang telah mencapai usia 60 (enam puluh) tahun ke atas. Komposisi penduduk tua bertambah dengan pesat baik di Negara maju maupun Negara berkembang, hal ini disebabkan oleh penurunan angka fertilitas (kelahiran) dan mortalitas (kematian), serta peningkatan angka harapan hidup (*life expectancy*), yang mengubah struktur penduduk secara keseluruhan. Proses terjadinya penuaan penduduk dipengaruhi oleh beberapa faktor, misalnya: peningkatan gizi, sanitasi, pelayanan kesehatan, hingga kemajuan tingkat pendidikan dan sosial ekonomi yang semakin baik (Kemenkes RI, 2017).

Usia lanjut menurut *World Health Organization* (WHO) pada tahun 2001 dibagi menjadi empat kriteria: usia pertengahan (*middle age*) ialah kelompok usia 45 sampai 59 tahun, usia lanjut (*elderly*) antara 60 sampai 74 tahun, usia tua (*old*) antara 75 sampai 90 tahun, dan usia sangat tua (*very old*) di atas 90 tahun (WHO, 2006). Secara global populasi lansia diprediksi terus mengalami peningkatan. Dari data yang diperoleh dari Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan bahwa belum seluruh provinsi Indonesia berstruktur penduduk tua. Di Kota Makassar sendiri, populasi lansia cukup tinggi. Menurut hasil sensus 2010, jumlah lanjut usia umur 60 tahun ke atas mencapai 8,34%. (Kemenkes RI, 2017 & Surveymeter.org)

Populasi dunia menua secara cepat. Antara tahun 2000 dan 2050, populasi lanjut usia yang berumur 60 tahun ke atas akan meningkat dua kali lipat dari 11 % menjadi 22 %.(Boboshko Maria, et al, 2018)

### **2.3 PRESBIKUSIS**

Presbikusis adalah gangguan pendengaran dan ketulian sensorineural frekuensi tinggi yang terjadi pada usia lanjut akibat proses penuaan organ pendengaran dan degenerasi sel rambut koklea yang terjadi simetris pada kedua sisi telinga. (Anniko M, et al, 2014)

Secara global prevalensi presbikusis bervariasi, diperkirakan

terjadi pada 30-45% orang dengan usia di atas 65 tahun. Menurut WHO pada tahun 2005 akan terdapat 1,2 milyar orang akan berusia lebih dari 60 tahun, dari jumlah tersebut 60% diantaranya tinggal di negara berkembang. Menurut perkiraan WHO pada tahun 2020 populasi dunia berusia diatas 80 tahun juga akan meningkat sampai 200 % (Komnas PGPKT, 2007).

Presbikosis merupakan gangguan pendengaran yang terkait penuaan yang disebabkan perubahan pada sel rambut dari koklea dan pusat pendengaran. Proses menua terjadi pada semua organ tubuh. Termasuk pada struktur telinga luar, tengah dan dalam. Pada telinga luar terjadi perubahan pada berkurangnya elastisitas jaringan daun telinga dan liang telinga. Selain itu juga dapat terjadi degenerasi fleksibilitas dari membran basilar, berkurangnya neuron pada jalur pendengaran, perubahan pada sistem pusat pendengaran dan batang otak, serta menurunnya kecepatan proses pada pusat pendengaran di otak (Sogebi, 2013., Hussain, Basharat *et al*, 2017., Roland, P.S, 2006, Komnas PGPKT, 2007).

Jika terjadi gangguan pada salah satu komponen telinga, baik itu telinga luar, tengah dan dalam maka dapat menyebabkan gangguan pendengaran. Gangguan pendengaran sendiri terbagi atas 3, yakni gangguan pendengaran konduktif, sensorineural, dan campuran. Gangguan pendengaran konduktif terjadi akibat kelainan telinga luar, seperti infeksi, serumen atau kelainan telinga tengah seperti otitis

media atau otosklerosis. Sedangkan gangguan pendengaran sensorineural melibatkan kerusakan koklea atau saraf vestibulokoklear. Selain kedua jenis gangguan pendengaran tersebut juga dapat terjadi gangguan pendengaran campuran yakni gangguan pendengaran baik konduktif maupun sensorineural akibat disfungsi konduktif udara maupun konduktif tulang (Cumming CW et al, 2017).

Etiologi presbikusis diduga multifaktorial. Dua penyebab utama yakni proses penuaan dari sistem pendengaran dan kerusakan akibat bising. Juga terdapat faktor lainnya yang meliputi faktor genetik, gaya hidup, penyakit kardiovaskular, riwayat terpapar bising, dan juga penggunaan obat-obatan ototoksik serta penyakit telinga (UW Medicine, 2010, Hussain, Bassharat, 2017., Parham, K et al, 2013).

Presbikusis dapat terjadi secara lambat, dan biasanya penderita tidak menyadari bahwa pendengarannya terganggu (Kim, Tae Su, Chung JW, 2013). Presbikusis dapat dideskripsikan sebagai penderita pada lingkungan ramai tidak dapat mengerti ucapan, tidak dapat mengetahui asal suara, proses informasi akustik menjadi lambat dan pendengarannya memburuk (Gates and Mills, 2005., Zhang et al, 2013).

Keluhan lainnya adalah tinnitus nada tinggi. Penderita dapat mendengar suara percakapan, tapi sulit untuk memahaminya, terutama bila diucapkan dengan cepat di tempat dengan latar belakang bising (*cocktail party deafness*). Bila intensitas suara

ditinggikan akan timbul rasa nyeri di telinga, hal ini disebabkan oleh faktor kelelahan saraf (*recruitment*) (Suwento, R., Hendarmin, H, 2007).

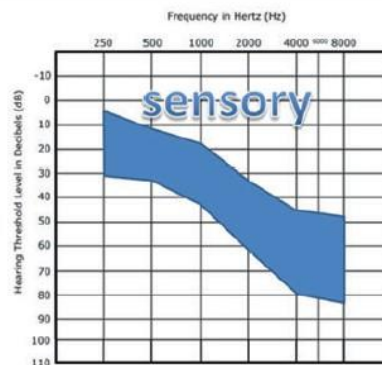
Untuk menegakkan diagnosis presbikusis diperlukan anamnesis dan pemeriksaan fisis. Pada anamnesis biasanya mengalami keluhan berupa berkurangnya pendengaran secara perlahan-lahan dan progresif, simetris pada kedua telinga serta kita harus mengetahui tentang riwayat keluarga dengan penyakit yang sama, penggunaan obat ototoksik, penyakit penyerta, trauma dan gejala pada telinga lainnya dan pada pemeriksaan otoskopi, akan tampak membran timpani suram, mobilitasnya berkurang (Blevins, Nikolas H, 2015). Pada tes garpu tala Weber dan Rinne didapatkan tuli sensorineural sedangkan pada pemeriksaan audiometri nada murni menunjukkan suatu tuli saraf nada tinggi, bilateral, dan simetris (Suwento, R., Hendarmin, H, 2007).

Terdapat empat tipe presbikusis yang diutarakan oleh Schuknect dan Gacek pada tahun 1993 yaitu: (Suwento,2007, Dubno, Judy R et al, 2013).

### **2.3.1 PRESBIKUSIS SENSORIK**

Pada tipe ini, ditandai dengan atrofi dan degenerasi dari sel-sel rambut dan sel pendukungnya. Yang bermula dari bagian distal koklea kemudian berlanjut ke bagian basal koklea. Karena perubahan

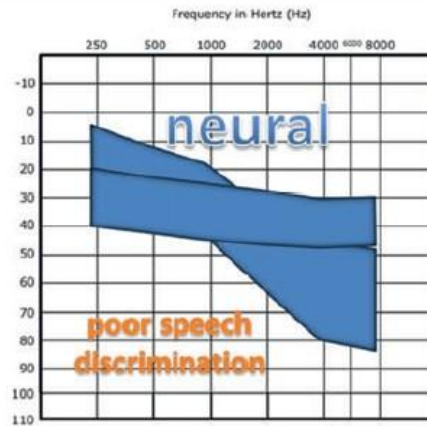
struktur tersebut maka pada gambaran audiometri menunjukkan gangguan pendengaran dan ketulian SNHL pada frekuensi tinggi (*sloping*) (Dubno, Judy R et al, 2013, Cornelly, P.E, 2003, Schuknecht, H.F, Gacek, M.R, 1993).



Gambar 2. Audiogram Presbikusis sensorik  
(Dikutip dari Sataloff, Robert T, et al, 2015)

### 2.3.2 PRESBIKUSIS NEURAL

Tipe presbikusis neural, ditandai dengan hilangnya spiral ganglion neuron koklea jaras auditorik berkurang. Degenerasi neural bervariasi tergantung pada usia berapa terkena dan tingkat keparahan yang dipengaruhi oleh faktor genetik. Pada audiometri, tipe ini menunjukkan penurunan diskriminasi kata-kata (Dubno, Judy R et al, 2013, Cornelly, P.E, 2003, Schuknecht, H.F, Gacek, M.R, 1993).

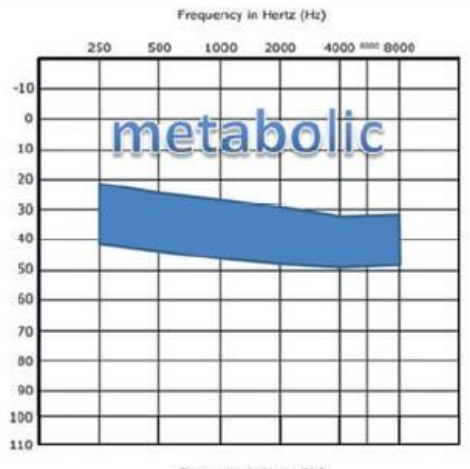


Gambar 3. Audiogram Presbikusis neural

(Dikutip dari Sataloff, Robert T, et al, 2015)

### 2.3.3 PRESBIKUSIS METABOLIK (*STRIAL PRESBYCUSIS*)

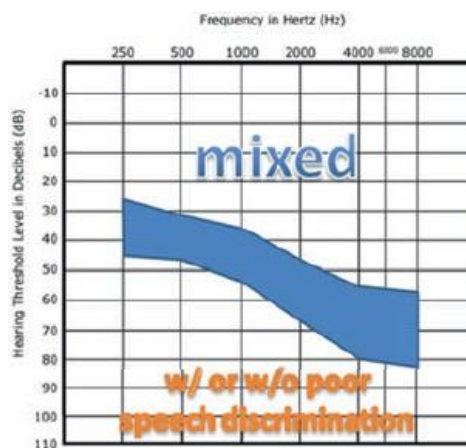
Tipe presbikusis ini ditandai dengan atrofi dan degenerasi dari lateral koklea, terutama pada stria vaskularis. Karena stria vaskularis berfungsi untuk memelihara proses bioelektrik dan biokimia koklea, maka jika terjadi kerusakan akan menyebabkan disfungsi auditori. Biasanya pada audiogram akan menunjukkan audiogramnya rata, dapat mulai frekuensi rendah, serta diskriminasi kata-kata yang bagus (Dubno, Judy R et al, 2013, Cornelly, P.E, 2003, Schuknecht, H.F, Gacek, M.R, 1993).



Gambar 4. Audiogram Presbikusis metabolik  
(Dikutip dari Sataloff, Robert T, et al, 2015)

### 2.3.4 PRESBIKUSIS MEKANIK

Pada tipe ini, terjadi gangguan gerakan mekanis di membran basalis. Gambaran audiogram menurun dan simetris (*ski-sloop*).  
(Cornelly, P.E, 2003, Schuknecht, H.F, Gacek, M.R, 1993)



Gambar 5. Audiogram Presbikusis mekanik  
(Dikutip dari Sataloff, Robert T, et al, 2015)



Menurut beberapa penelitian yang telah dilaporkan, prevalensi terbanyak adalah jenis metabolik (34,6%) dan jenis lainnya yakni neural (30,7%), mekanik (22,8%), dan sensorik (11,9%) (Suwento, 2007).

## **2.4 PEMERIKSAAN AUDIOLOGIK PADA LANJUT USIA**

Audiologi adalah ilmu yang mempelajari tentang seluk beluk fungsi pendengaran yang erat hubungannya dengan habilitasi dan rehabilitasinya. Sedangkan audiometri adalah alat yang digunakan untuk mengetahui level pendengaran seseorang. Dengan audiometri maka derajat ketajaman pendengaran seseorang dapat dinilai (Soetirto *et al*, 2007).

### **2.4.1 PEMERIKSAAN TES GARPU TALA**

Tes garpu tala adalah suatu tes untuk mengevaluasi fungsi pendengaran individu secara kualitatif dengan menggunakan alat berupa seperangkat garpu tala frekuensi rendah sampai tinggi 128-2048 Hz (Katz Jack, et al, 2015 & Modul THT KL, 2015).

#### **a. Tes Rinne**

Tujuan: Membandingkan hantaran udara dan hantaran tulang pada satu telinga penderita.

Cara Pemeriksaan: Bunyikan garpu tala frekuensi 512 Hz, letakkan tangkainya tegak lurus pada planum mastoid penderita (posterior dari MAE) sampai penderita tak mendengar, kemudian cepat pindahkan ke depan MAE penderita. Apabila penderita masih mendengar garpu tala di depan MAE disebut Rinne positif, bila tidak mendengar disebut Rinne negatif.

Interpretasi:

Normal/ Gangguan pendengaran Sensorineural: Rinne positif. Artinya konduktif udara lebih panjang atau lebih keras dibanding dengan konduktif tulang.

Gangguan pendengaran konduktif: Rinne negatif. Artinya konduktif tulang lebih panjang atau lebih keras dibanding dengan konduktif udara (Katz Jack, et al, 2015 & Modul THT KL, 2015)

#### **b. Tes Weber**

Tujuan: Membandingkan hantaran tulang antara kedua telinga penderita. Tes ini sangat bermanfaat pada kasus-kasus gangguan unilateral, namun dapat meragukan bila terdapat gangguan konduktif maupun sensorineural (campuran), atau bila hanya menggunakan penala frekuensi tunggal.

Cara Pemeriksaan: Garpu tala frekuensi 512 Hz dibunyikan, kemudian tangkainya diletakkan tegak lurus di garis median, biasanya di dahi (dapat pula pada vertex, dagu atau pada gigi insisivus) dengan kedua

kaki pada garis horisontal. Penderita diminta untuk menunjukkan telinga mana yang tidak mendengar atau mendengar lebih keras . Bila mendengar pada satu telinga disebut laterisasi ke sisi telinga tersebut. Bila kedua telinga tak mendengar atau sama-sama mendengar berarti tak ada laterisasi.

Interpretasi:

Normal: Tidak ada lateralisasi. Getaran dirasakan sama pada kedua sisi dan demikian pula suara juga terdengar diantara telinga.

Gangguan pendengaran konduktif: Mendengar lebih keras di telinga yang sakit. Hal ini dikarenakan energi getaran yang kurang baik di transmisikan dari koklea sampai telinga tengah sehingga suara sulit menjangkau koklea.

Gangguan pendengaran sensorineural: Mendengar lebih keras pada telinga yang sehat.( Katz Jack, et al, 2015 & Modul THT KL, 2015)

### **c. Tes Schwabach**

Tujuan:

Membandingkan hantaran lewat tulang antara penderita dengan pemeriksa

Cara pemeriksaan: Garpu tala frekuensi 512 Hz dibunyikan kemudian tangkainya diletakkan tegak lurus pada planum mastoid pemeriksa, bila pemeriksa sudah tidak mendengar, secepatnya garpu tala dipindahkan ke mastoid penderita. Bila penderita masih mendengar

maka schwabach memanjang, tetapi bila penderita tidak mendengar, terdapat 2 kemungkinan yaitu Schwabach memendek atau normal. Untuk membedakan kedua kemungkinan ini maka tes dibalik, yaitu tes pada penderita dulu baru ke pemeriksa. Garpu tala 512 dibunyikan kemudian diletakkan tegak lurus pada mastoid penderita, bila penderita sudah tidak mendengar maka secepatnya garpu tala dipindahkan pada mastoid pemeriksa, bila pemeriksa tidak mendengar berarti sam-sama normal, bila pemeriksa masih masih mendengar berarti schwabach penderita memendek.

Interpretasi:

Normal: Schwabach normal. Bila pasien dan pemeriksa sama-sama mendengarnya.

Gangguan pendengaran konduktif: Schwabach memanjang. Bila pasien masih bisa mendengar bunyi.

Gangguan pendengaran sensorineural: Schwabach memendek. Bila pemeriksa masih dapat mendengar. (Katz Jack, et al, 2015 & Modul THT KL, 2015)

#### **2.4.2 PEMERIKSAAN AUDIOMETRI NADA MURNI (PURE TONE AUDIOMETRY/ PTA)**

PTA adalah suatu alat elektronik yang menghasilkan bunyi yang relatif bebas bising, karenanya disebut nada “murni”. Terdapat beberapa pilihan nada terutama dari oktaf skala 125, 250, 500, 1000,

2000, 4000 dan 8000 Hz (Adams, George L, *et al*, 2007).

Terdapat empat tujuan audiometri, yaitu sebagai alat diagnostik untuk penyakit telinga, skrining pada anak balita dan sekolah dasar, monitoring ada pekerja yang bekerja ditempat bising, serta untuk mengetahui kemampuan pendengaran dalam percakapan sehari-hari, ataupun untuk menentukan apakah membutuhkan alat bantu dengar (Dhingra *et al*, 2014).

Berdasarkan sumber bunyi, pada PTA terbagi ke dalam 2 kelompok. Yang pertama dari *earphone* yang ditempelkan pada telinga. Masing-masing telinga diperiksa secara terpisah dan hasilnya digambarkan sebagai audiogram hantaran udara. Sumber bunyi kedua adalah suatu osilator atau vibrator hantaran tulang yang ditempelkan pada mastoid. Hasil pemeriksaan digambarkan sebagai audiogram hantaran tulang (Adams, George L, *et al*, 2007).

Ambang dengar merupakan bunyi nada murni yang terlemah pada frekuensi tertentu yang masih dapat didengar oleh telinga seseorang. Terdapat ambang dengar menurut konduktif udara (AC) dan menurut konduktif tulang (BC), maka akan didapatkan audiogram. Dari audiogram dapat diketahui jenis dan derajat ketulian (Adams, George L, *et al*, 2007).

### 2.4.1.1 Istilah Dalam Audiometri Nada Murni

1. Nada murni (*pure tone*) adalah bunyi yang hanya mempunyai satu frekuensi yang dinyatakan dalam jumlah getaran per detik.
2. Bising adalah merupakan bunyi yang mempunyai banyak frekuensi, terdiri dari spektrum terbatas (*narrow band*), spectrum luas (*white noise*).
3. Frekuensi adalah nada murni yang dihasilkan oleh getaran suatu benda yang sifatnya harmonis sederhana (*simple harmonic motion*). Dengan satuannya dalam jumlah getaran per detik dinyatakan dalam Hertz (Hz).
4. Intensitas bunyi : dinyatakan dalam decibel (dB). Dikenal dB HL (*hearing level*), dB SL (*sensation level*), Db SPL (*sound pressure level*). dB HL dan dB SL dasarnya adalah subjektif, dan inilah yang biasanya digunakan pada audiometer, sedangkan dB SPL digunakan apabila ingin mengetahui intensitas bunyi yang sesungguhnya secara fisik (ilmu alam).
5. Ambang dengar: merupakan bunyi nada murni yang terlemah pada frekuensi tertentu yang masih dapat didengar oleh telinga seseorang. Terdapat ambang dengar menurut konduktif udara (AC) dan menurut konduktif tulang (BC), maka akan didapatkan audiogram. Dari audiogram dapat diketahui jenis dan derajat ketulian.
6. Nilai nol audiometrik (*audiometric zone*): dalam dB HL dan dB SL,

yaitu intensitas nada murni yang terkecil pada suatu frekuensi yang masih dapat didengar oleh telinga rata-rata dewasa muda yang normal (18-30 tahun). Pada tiap frekuensi intensitas nol audiometri tidak sama. Pada audiogram angka-angka intensitas dalam dB bukan menyatakan kenaikan linear, tetapi merupakan kenaikan logaritmatik secara perbandingan. Terdapat dua standar yang dipakai adalah ISO (*International Standard Organization*) dan ASA (*American Standard Association*). Dengan nilai berupa 0dB ISO = -10 dB ASA atau 10dB ISO = 0 dB ASA. (Soepardi, et al 2016)

7. Notasi pada audiogram: untuk pemeriksaan audiogram dipakai grafik AC, yaitu dibuat dengan garis lurus penuh (intensitas yang diperiksa antara 125-8000 Hz) dan grafik BC yaitu dibuat dengan garis terputus-putus (intensitas yang diperiksa 250-4000 Hz). Untuk telinga kiri dipakai warna biru sedangkan untuk telinga kanan, warna merah (Soepardi et al, 2016 dan Kapul et al, 2017).

#### **2.4.1.2 Syarat pemeriksaan Audiometri Nada Murni**

##### **1. Alat Audiometer**

Audiometer yang tersedia terdiri dari enam komponen utama yaitu:

- a) Osilator yang menghasilkan berbagai nada murni.
- b) Amplifier untuk menaikkan intensitas nada murni hingga dapat terdengar.

- c) Pemutus (*interrupter*) alat yang memungkinkan pemeriksa menekan dan mematikan tombol nada murni secara halus tanpa terdengar bunyi lain.
- d) Attenuator agar pemeriksa dapat menaikkan dan menurunkan intensitas ke tingkat yang dikehendaki.
- e) *Earphone* merupakan alat yang mengubah gelombang listrik menjadi bunyi yang dapat didengar.
- f) Sumber suara pengganggu (*masking*) yang sering diperlukan untuk meniadakan bunyi ke telinga yang tidak diperiksa. *Narrow band masking noise* atau garis selubung suara sempit merupakan suara putih atau *white noise* (sejenis suara mirip aliran uap atau deru angin) yang sudah disaring dari energi suara yang tidak dibutuhkan untuk menyelubungi bunyi tertentu yang sedang digarap. Ini adalah bunyi *masking* yang paling efektif untuk audiometri nada murni.

Pada audiometri terdapat pilihan nada dari oktaf yaitu 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 dan 8000 Hz yang memungkinkan intensitas lebih dari 110 dB. Standar alat yang digunakan berdasarkan BS EN 60645-1(IEC 60645-1). (Soer et al, 2015)

Alat audiometer harusnya selalu dapat dikalibrasi dengan *exhaustive electroacoustic calibrations* oleh badan pengkalibrasian nasional. Pemeriksaan termasuk pemeriksaan cara pakai, dan penyesuaian bioakustik seharusnya dilakukan



tiap hari sebelum digunakan, sesuai standar BS EN ISO 389 series. (Soer et al, 2015)

## 2. Lingkungan Pemeriksaan yang Baik

Orang yang diperiksa seharusnya dapat dilihat sepenuhnya oleh pemeriksa. Orang tersebut tidak boleh melihat atau mendengar pemeriksa dan audiometrinya. Pemeriksaan dilakukan di dalam ruangan dengan tingkat kebisingan terendah sehingga kepekaan pendengaran penderita tidak terganggu. Suara tambahan tidak boleh lebih dari 38 dB. Pemeriksaan ini sesuai standard BS EN ISO 8253-1. (Soer et al, 2015)

## 3. Kontrol Infeksi

Alat yang telah terkena kontak dengan penderita harus dilakukan prosedur kontrol infeksi. Alat yang dipakai harus dibersihkan dan disinfeksi setiap kali pemakaian. Pemakaian *disposable ear phone* sangat direkomendasikan. Pemeriksa harus cuci tangan dengan sabun ataupun alkohol sebelum menyentuh penderita (Soer et al, 2015).

### **2.4.2.3 Mekanisme Kerja Audiometri Nada Murni**

Audiometri nada murni merupakan uji sensitivitas prosedur masing-masing telinga dengan menggunakan alat listrik yang dapat

menghasilkan bunyi nada-nada murni dari frekuensi bunyi berbeda-beda, yaitu 250, 500, 1000, 2000, 4000, dan 8000 HZ dan dapat diatur intensitasnya dalam satuan desibel (dB). Bunyi dihasilkan dari dua sumber yaitu sumber pertama adalah dari earphone yang ditempelkan pada telinga, manakala sumber kedua adalah suatu osilator atau vibrator hantaran tulang yang ditempelkan pada mastoid (atau dahi) melalui suatu head band. Vibrator menyebabkan osilasi tulang tengkorak dan menggetarkan cairan dalam koklear. Bunyi yang dihasilkan disalurkan melalui ear phone atau melalui *bone conductor* ke telinga orang yang diperiksa pendengarannya. (Adams, George L, *et al*, 2007)

Hasil pemeriksaan digambar sebagai audiogram dan akan diperiksa secara terpisah, untuk bunyi yang disalurkan melalui *ear phone* mengukur ketajaman pendengaran melalui hantaran udara, sedangkan melalui *bone conductor* telinga mengukur hantaran tulang pada tingkat intensitas nilai ambang. Dengan membaca audiogram yang dihasilkan kita dapat mengetahui jenis dan derajat kurang pendengaran seseorang. Gambaran audiogram rata-rata sejumlah orang yang berpendengaran normal dan berusia sekitar 18-30 tahun merupakan nilai ambang baku pendengaran untuk nada murni. (Adams, George L, *et al*, 2007, Soepardi *et al* , 2016)

Tujuan pemeriksaan adalah menentukan tingkat intensitas terendah dalam dB dari tiap frekuensi yang masih dapat terdengar

pada telinga seseorang, dengan kata lain ambang pendengaran seseorang terhadap bunyi. (Soepardi *et al* , 2016)

#### **2.4.2.4 Cara Melakukan Audiometri Nada Murni**

Sebelum dilakukan pemeriksaan, dilakukan anamnesis mengenai riwayat penyakit dan pemeriksaan otoskopi. Tanyakan apakah menderita tinnitus atau apakah tidak tahan suara keras. Tanyakan pula telinga yang mendengar lebih jelas. Usahakan penderita lebih kooperatif. Berikut tahapan pemeriksaan *pure tone audiometry* (Soepardi, *et al*, 2016., Modul THT-KL,2015., Salina *et al*, 2016).

##### **1. Pemeriksaan liang telinga**

Untuk memastikan kanal tidak tersumbat. Liang telinga harus bebas dari serumen. Kalau penderita menggunakan alat bantu dengar, harus dilepas setelah instruksi pemeriksa sudah dijalankan.

##### **2. Pemberian instruksi**

Berikan perintah yang sederhana dan jelas. Jelaskan bahwa akan terdengar serangkaian bunyi yang akan terdengar pada sebelah telinga. Penderita harus memberikan tanda dengan mengangkat tangannya, menekan tombol atau mengatakan “ya” setiap terdengar bunyi bagaimana pun lemahnya. Dan sebaiknya di perdengarkan dulu bunyi yang akan di dengar.

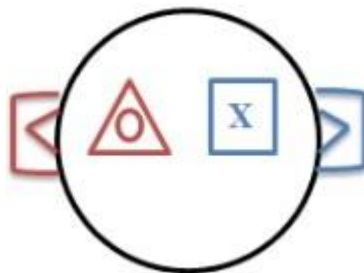
##### **3. Pemasangan transduser *headphone* (merah di kanan, biru di kiri).**

4. Berikan contoh stimulus suara dengan *continuous tone* dan cara memberikan respons.
5. Mulai tes di sisi telinga yang menurut penderita pendengarannya lebih baik. Pakai stimulus *interrupted/ pulse tone* apabila penderita mengalami tinnitus.
6. Mulai di frekuensi 1000 Hz di intensitas yang agak tinggi : 45 dB HL sehingga penderita dapat mendengar stimulus dengan jelas. Apabila tidak mendengar di 45 dB HL naikan intensitas sampai suara terdengar.
7. Turunkan intensitas 10 dB, apabila tidak terdengar, naikan 5 dB sampai terdengar lagi (prinsip: *down 10 dB, up 5 dB*) sampai didapat ambang dengar (intensitas terendah yang masih bias dideteksi). Catat di grafik audiogram dengan simbol sesuai kesepakatan (ASHA).
8. Prosedur yang sama dilakukan untuk frekuensi 2000, 4000, 8000, 250 dan 500 Hz.
9. Tes di telinga sisi lain dengan prosedur yang sama.
10. Pemeriksaan Hantaran tulang  
Berikan instruksi/ informasi yang jelas pada penderita → respons kalau mendengar suara/ getaran/ vibrasi. Metode tes seperti tes hantaran udara. Intensitas stimulus: *down 10 dB, up 5 dB*. Perhatikan pada penderita dengan tinnitus, pastikan penderita mendengar bunyi stimulus bukan bunyi tinnitus.

#### 2.4.2.5 Interpretasi Audiometri Nada Murni

Pada interpretasi audiogram harus ditulis a) telinga yang mana, b) apa jenis ketuliannya, c) bagaimana derajat ketuliannya. Terdapat ambang dengar menurut konduktif udara (AC) dan menurut konduktif tulang (BC). Apabila ambang dengar ini dihubungkan dengan garis, baik AC maupun BC, maka akan didapatkan hasil pada audiogram. Di bawah ini merupakan simbol penulisan hasil dari audiometri: (Soepardi, *et al*, 2016)

Telinga Kanan : AC	○	Telinga Kiri :	AC	X	
	BC	<	BC	>	
Masking :	AC	△	Masking :	AC	□
	BC	[		BC	]

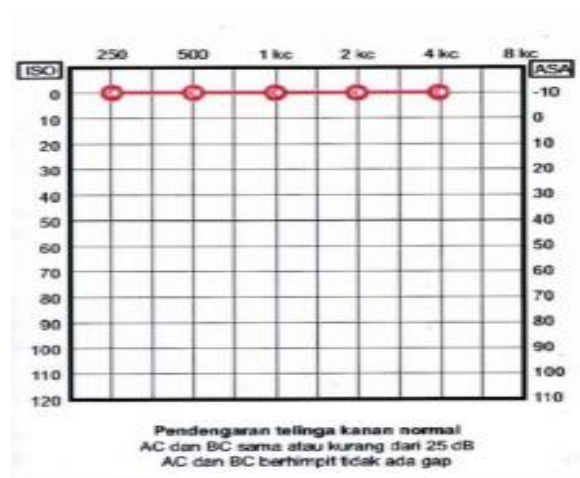


Gambar 6. Notasi Audiogram (Dikutip dari Soepardi, *et al*, 2016)

##### 1. Pendengaran Normal (AC dan BC < 25 dB)

Pendengaran normal adalah bila ambang dengar untuk hantaran udara maupun hantaran tulang tercatat sebesar 0 dB. Pada anak pun

keadaan ideal seperti ini sulit tercapai terutama pada frekuensi rendah bila terdapat bunyi lingkungan (*ambient noise*). Pada keadaan tes yang baik, audiogram dengan ambang dengar 10 dB pada 250, 500 Hz dan 0 dB pada 1000, 2000, 4000, 10000 Hz pada 8000 Hz dapat dianggap normal (Soepardi, *et al*, 2016., Soer, *et al*, 2015).



Gambar 7. Audiogram Pendengaran Normal

(Dikutip dari Soer, *et al*, 2015)

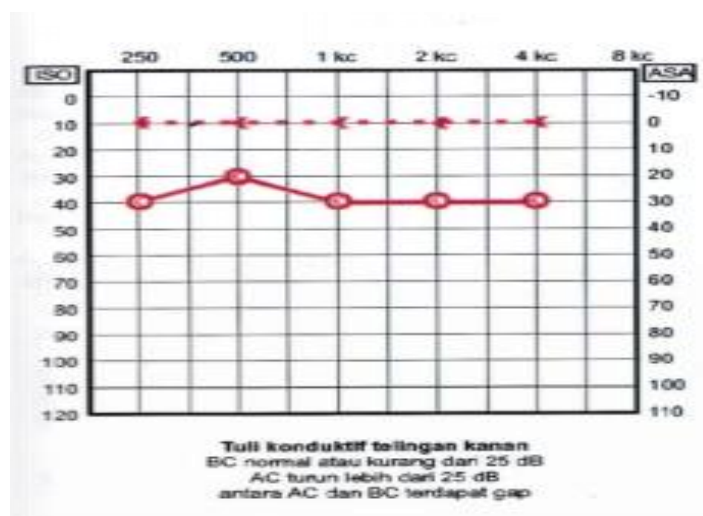
2. Gangguan pendengaran dan ketulian konduktif (AC > 25 dB dan BC < 25 dB disertai air bone gap)

Gangguan pendengaran dan ketulian konduktif (*conductive hearing loss*) terjadi dari apapun yang dapat menyebabkan penurunan transmisi suara dari luar ke koklea. Penyebabnya termasuk pembentukan abnormal dari aurikula atau heliks, serumen dalam kanal telinga, efusi telinga tengah, atau disfungsi atau fiksasi dari

rangkaian osikular. Salah satu contohnya adalah otosklerosis. (Soepardi, et al, 2016)

Penyebab gangguan pendengaran dan ketulian konduktif seperti penyumbatan liang telinga, contohnya serumen, terjadinya OMA, OMSK, penyumbatan tuba eustachius. Setiap keadaan yang menyebabkan gangguan pendengaran seperti fiksasi kongenital karena trauma, dislokasi rantai tulang pendengaran, juga akan menyebabkan peninggian ambang hantaran udara dengan hantaran tulang normal. (Soepardi, et al, 2016., Soer, et al, 2015)

Penurunan pendengaran akan menetap sekitar 55-60 dB pada penderita otitis media dikarenakan aliran energi suara diblok pada telinga luar. Selama koklea normal, gangguan pendengaran maksimum tidak melebihi 60 dB. Konfigurasi audiogram pada tuli konduktif biasanya menunjukkan pendengaran lebih pada frekuensi rendah. Dapat pula berbentuk audiogram yang datar (Soer, et al, 2015).



### Gambar 8. Audiogram Gangguan pendengaran dan ketulian Konduktif

(Dikutip dari Soepardi, et al, 2016)

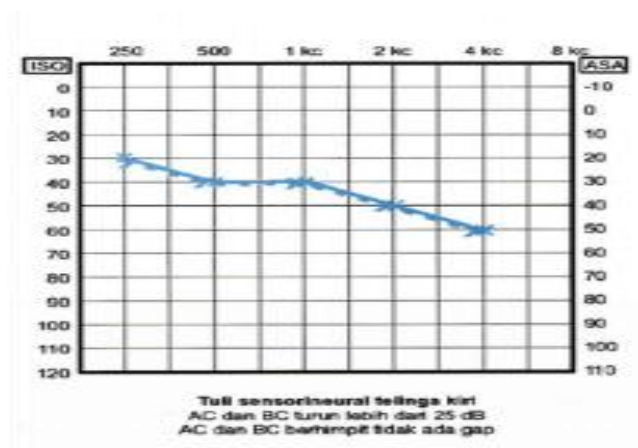
3. Gangguan pendengaran dan ketulian Sensorineural (AC dan BC > 25 dB tanpa disertai *air bone gap*)

Gangguan pendengaran dan ketulian sensorineural terjadi bila didapatkan ambang pendengaran hantaran tulang dan udara lebih dari 25 dB. Gangguan pendengaran dan ketulian sensorineural ini terjadi bila terdapat gangguan koklea, N. auditorius (N.VIII) sampai ke pusat pendengaran termasuk kelainan yang terdapat didalam batang otak. Kelainan pada pusat pendengaran saja (gangguan pendengaran sentral) biasanya tidak menyebabkan gangguan dengar untuk nada murni, namun tetap terdapat gangguan pendengaran tertentu. Gangguan pada koklea terjadi karena dua penyebab, pertama sel rambut didalam koklea rusak, kedua karena stereosilia dapat hancur. Proses ini dapat terjadi karena infeksi virus, obat ototoksik, dan biasa terpapar bising yang lama, dapat pula terjadi kongenital. Istilah retrokoklea digunakan untuk sistem pendengaran sesudah koklea, tetapi tidak termasuk korteks serebri (pusat pendengaran), maka yang termasuk adalah N. VIII dan batang otak (Rahayuningrum, et al, 2016).

Berdasarkan hasil audiometrik saja tidak dapat membedakan jenis tuli koklea atau retrokoklea. Maka perlu dilakukan pemeriksaan



khusus. Pada ketulian Meniere, pendengaran terutama berkurang pada frekuensi tinggi. Gangguan pendengaran dan ketulian sensorineural karena presbikusis dan tuli suara keras biasanya terjadi pada nada dengan frekuensi tinggi. Apabila tingkat konduktif udara normal, hantaran tulang harusnya normal pula. Bila konduktif udara dan konduktif tulang kedua-duanya abnormal dan pada level yang sama, maka pastilah masalah terletak pada koklea atau N. VIII, sedangkan telinga tengah normal (Rahayuningrum, et al, 2016).



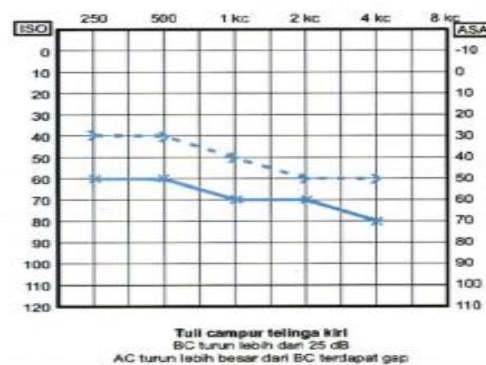
Gambar 9. Audiogram Gangguan pendengaran dan ketulian Sensorineural (Dikutip dari Soepardi, et al, 2016)

4. Gangguan pendengaran dan ketulian campuran (AC dan BC > 25 dB disertai *air bone gap*)

Gangguan pendengaran dan ketulian campuran merupakan campuran dari gangguan pendengaran dan ketulian konduktif dan gangguan pendengaran dan ketulian sensorineural yang dapat terjadi karena suatu penyakit misalnya radang pada telinga tengah dengan komplikasi ke telinga dalam atau dikarenakan penyakit yang

berlainan, misal tumor nervus VIII dengan radang telinga tengah (Soepardi, et al,2016 dan Rahayuningrum, et al, 2016).

Kemungkinan terjadinya kerusakan koklea disertai sumbatan serumen yang padat dapat terjadi. Level konduktif tulang menunjukkan gangguan fungsi koklea ditambah dengan penurunan pendengaran karena sumbatan konduktif udara menggambarkan tingkat ketulian yang disebabkan oleh komponen konduktif. (Soepardi, et al, 2016 dan Rahayuningrum, et al, 2016)



Gambar 10. Audiogram Gangguan pendengaran dan ketulian Campuran (Dikutip dari Soepardi, et al, 2016)

### a. Derajat Ketulian

Dalam menentukan derajat ketulian, yang dihitung hanya ambang dengar hantaran udara (AC).

**Derajat gangguan pendengaran dan ketulian menurut ISO:**

Ambang Pendengaran	Interpretasi
0-25	Normal
26-40	Tuli Ringan
41-55	Tuli Sedang
56-70	Tuli Sedang Berat
71-90	Tuli Berat
>90	Tuli Total

Tabel 1: Derajat Gangguan Pendengaran dan Ketulian  
(Dikutip dari Levine S, et al, 1997))

Derajat Gangguan Pendengaran dan Ketulian dapat diukur dengan menggunakan indeks Fletcher, yaitu:

$$\text{Ambang dengar (AD)} = \frac{\text{AD 500 Hz} + \text{AD 1000Hz} + \text{AD 2000Hz}}{3}$$

Menurut kepustakaan terbaru frekuensi 4000 Hz berperan penting untuk pendengaran, sehingga perlu turut diperhitungkan, sehingga derajat gangguan pendengaran dan ketulian dihitung dengan menambahkan ambang dengar 4000Hz dengan ketiga ambang dengar di atas lalu dibagi 4. (Levine S, et al, 1997)

$$\text{Ambang dengar (AD)} = \frac{\text{AD 500 Hz} + \text{AD 1000Hz} + \text{AD 2000Hz} + \text{AD 4000Hz}}{4}$$

## **b. Masking**

Masking adalah rnengaburkan suatu bunyi dengan menggunakan bunyi lainnya atau peninggian ambang pendengaran suatu sinyal yang diakibatkan terdengarnya sinyal kedua. Walaupun pengantaran yang paling efisien untuk suatu nada murni adalah nada lain yang berfrekuensi sama, namun terdapat kesulitan yang nyata dalam membedakan nada yang disamarkan dan nada yang menyamarkan. Bising frekuensi sempit merupakan penyamar yang paling efisien untuk nada-nada murni. Bising ini merupakan energi dalam rentang frekuensi terbatas dengan pusat yang sama dengan frekuensi nada murni yang diuji. Cukup sulit untuk mendapatkan tingkat penyamaran yang tepat. Penyamaran yang terlalu kecil berakibat masih terjadinya pendengaran pada telinga yang tidak diuji. Namun jika terlalu besar akan menghasilkan ambang pendengaran yang salah. (Levine S, et al, 1997)

Pemeriksaan dengan masking dilakukan apabila telinga yang diperiksa mempunyai pendengaran yang mencolok bedanya dari telinga yang satu lagi. Oleh karena AC pada 45 dB atau lebih dapat diteruskan melalui tengkorak ke telinga kontralateral, maka pada telinga kontralateral (yang tidak diperiksa) diberi bising supaya tidak dapat mendengar bunyi yang diberikan pada telinga yang diperiksa. (Soepardi et al, 2016)

- *Narrow bandnoise* (NB) = masking audiometri nada murni

- *White noise* (WN) = masking audiometri tutur (*speech*).

Jika masking dilakukan secara bebas maka setiap penderita akan dimasking, hal ini sangat tidak bermanfaat. Oleh sebab itu terdapat 3 prinsip dalam masking:

1. Masking dilakukan bila dicurigai bahwa penderita kemungkinan mendengar pada telinga yang tidak diuji (*nontest ear* = NTE)
2. Masking dilakukan bila ada keraguan tentang kemungkinan *cross-hearing*.
3. Jangan dilakukan masking jika didapatkan alasan yang kuat untuk tidak melakukannya seperti pada penderita yang bingung. Pada keadaan ini ambang dengar tanpa masking, hasilnya harus dipertanyakan dan dibutuhkan teknik lain untuk mendapatkan hasil yang valid. (British Society of Audiology, 2011)

Atenuasi interaural (*interaural attenuation* = IA) merupakan Perbedaan nilai ambang ini atau energi yang hilang, dari telinga yang diperiksa untuk mencapai koklea telinga yang tidak diperiksa. Karena *cross-hearing* terutama terjadi akibat peristiwa vibrasi melewati tulang tengkorak, maka ambang dengar hantaran tulang (BC) pada telinga yang tidak diuji menentukan apakah suara yang menyeberang dari telinga yang diperiksa ini dapat didengar atau tidak. Karena alasan ini maka pertimbangan utama untuk *cross-hearing* berdasarkan pada ambang dengar hantaran tulang di telinga yang tidak diuji dan bukan

ambang dengar hantaran udara. (Soepardi, et al, 2016 dan Modul THT KL, 2015)

	Frekuensi							
	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000
Perbedaan dB antara kedua telinga	40	40	40	45	45	50	50	50

Tabel 2 :Recommended Values for Interaural Attenuation for Air-Conducted Signals (Dikutip dari Modul THT KL, 2015)

IA minimal (Min IA) merupakan nilai yang penting untuk menentukan apakah masking diperlukan, sementara nilai rata-rata IA membantu memahami bahwa pada hampir sebagian besar kasus tidak terjadi *cross hearing* pada Min IA. Karena kita tidak tahu penderita mana yang mempunyai min IA, maka setiap penderita harus dianggap dahulu mempunyai IA yang kecil. (Soepardi, et al,2016 dan Modul THT KL , 2015)

Pada tabel 2 merupakan IA dari AC yang akan dimasking. Pada tabel tersebut menunjukkan bahwa IA semakin besar dengan meningkatnya frekuensi. Selain itu, lebarnya jangkauan nilai IA di penelitian tersebut menunjukkan bahwa beberapa orang mempunyai tengkorak yang tebal dan beberapa orang lainnya tipis. Walaupun hanya sedikit individu yang mempunyai Min IA, kita harus menggunakan kriteria Min IA untuk masking tanpa didahului tes terlebih dahulu, karena kita tidak tahu bagaimana memperkirakan IA

seseorang tanpa dites terlebih dahulu. Sedangkan pada BC dapat dimasking apabila IA dari BC  $> 10$  dB dalam semua frekuensi. Berikut cara ini merupakan cara masking pada gangguan AC dan BC (Soepardi, et al,2016 dan Modul THT KL , 2015).

a. Air Conduction

AC yang diperiksa – BC yang tidak di periksa = IA dari AC

Masking : dB AC kontralateral + 30 dB, apabila penderita belum mendengar maka dinaikkan 5 dB pada telinga yang diperiksa sampai 20 dB. Namun, jika penderita belum mendengar sampai kenaikan 20 dB pada telinga yang diperiksa, maka pada AC kontralateral ditambah 20 dB.

b. Bone Conduction

AC yang diperiksa – BC yang diperiksa = IA dari BC

Masking: dB AC kontralateral + 20 dB, apabila penderita belum mendengar maka dinaikkan 5 dB pada telinga yang sampai 15 dB. Namun, jika penderita belum mendengar sampai kenaikan 15 dB pada telinga yang diperiksa, maka pada AC kontralateral ditambah 20 dB (Soepardi, et al,2016 dan Modul THT KL, 2015).

Sebelumnya menggunakan perbedaan 40 dB antara level respon telinga yang diperiksa dengan ambang dengar BC di telinga yang tidak diperiksa sebagai kriteria masking. Namun hasil ini tidak efisien, dapat menyebabkan beberapa kesalahan, dan *increased the wear and tear* pada penderita kami karena pada frekuensi yang lebih

dari 2000 Hz, Min IA adalah 45 atau 50 dB (dan pada 125 Hz, Min IA adalah 35 dB). Dengan menggunakan Min IA yang sesuai dengan frekuensi, pemeriksaan masking yang tidak perlu bisa dihindari. Dengan kriteria ini maka pemeriksaan pun menjadi sederhana dan menghemat waktu (Soepardi, et al, 2016 dan Modul THT KL, 2015).

### **2.4.3 Pemeriksaan Audiometri Tutar (*Speech Audiometry*)**

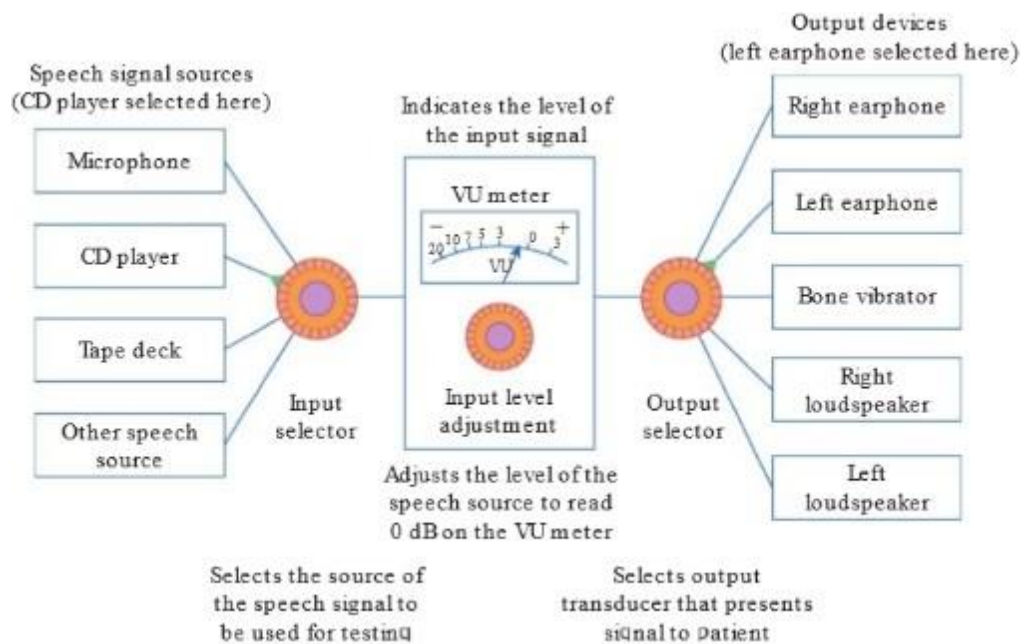
*Speech audiometry* atau audiometri tutur merupakan prosedur pemeriksaan yang menggunakan kata-kata untuk menilai fungsi pendengaran. Berbeda dengan audiometri nada murni yang hanya memberikan sebagian informasi dari kemampuan mendengar seseorang berupa ambang dengar, pada audiometri tutur dapat memberikan informasi secara langsung mengenai kemampuan seseorang untuk memahami dan mengerti kata atau ucapan (Gelfand, SA, 2016).

Instrumen yang digunakan untuk audiometri tutur disebut *speech audiometer*. Terdapat beberapa komponen pada alat ini, yaitu: 1) Sumber suara kata-kata, dapat berupa tape, *compact disk (CD) player*, dan komputer; 2) Mikrofon, untuk pemeriksaan tutur secara langsung; 3) sebuah tombol pilihan untuk memilih sumber suara ; (4) tombol kontrol intensitas suara yang diberikan dan terhubung dengan alat ukur VU untuk memastikan suara sesuai dengan intensitas yang terkalibrasi; (5) sebuah tombol untuk memberikan stimulus suara ke



alat transduser; and (6) alat transduser (*earphones, loudspeakers, bone vibrator*). Selain itu, terdapat *earphone/ loudspeaker* yang memungkinkan pemeriksa mendengar sinyal suara yang diberikan kepada penderita. Dari hasil audiometri tutur dapat diperoleh informasi berupa: (Gelfand, SA, 2016)

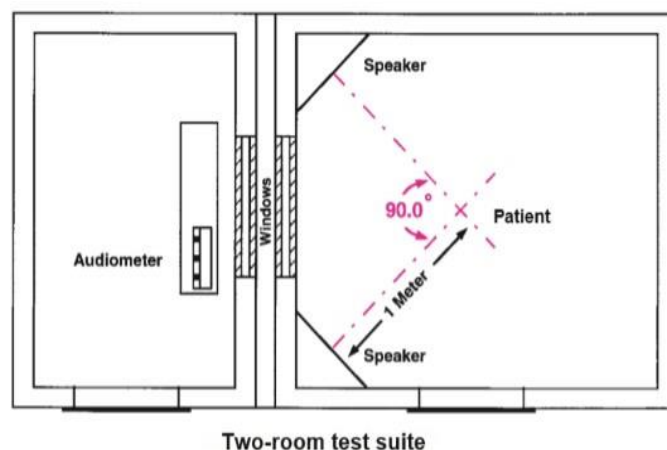
1. Jenis ketulian dan derajat ketulian
2. Lokalisasi kerusakan jaras pendengaran
3. Kenaikkan batas minimum pendengaran penderita setelah operasi tympanoplasty
4. Pemilihan alat bantu dengar yang cocok.



Gambar 11. Skematik Audiometer Tutur

(Dikutip dari Gelfand ,SA, 2016)

Pemeriksaan audiometri tutur memerlukan dua ruangan – sebuah ruangan kontrol yang berisi audiometer dan pemeriksa, dan sebuah ruangan evaluasi dimana penderita duduk (Gambar 12). Kebanyakan audiometer diagnostik memiliki sirkuit baik untuk nada murni maupun audiometri tutur. Sirkuit audiometri tutur memiliki sistem amplifikasi kalibrasi dan memiliki berbagai pilihan input dan output sinyal suara. Input yang dimaksud dapat berupa *microphone*, *tape recorder*, and *compact disc (CD) player*, sedangkan untuk output berupa *earphones*, *bone vibrator*, atau *loudspeaker* dalam ruang pemeriksaan. Pemeriksaan audiometri tutur melalui hantaran udara dapat dilakukan pada satu telinga (*monaurally*), pada kedua telinga (*binaurally*), atau dalam lingkungan suara lapangan. Tes melalui hantaran tulang juga dapat dilakukan. (Bess Fred H, Humes Larry E, 2008)



Gambar 12. Denah ruangan pemeriksaan audiometri tutur  
(Dikutip dari kepustakaan Bess Fred H, Humes Larry E, 2008)

Untuk mendapatkan hasil yang akurat sinyal suara yang diberikan harus dikalibrasi dan karakteristik audiometer yang digunakan harus sesuai *American National Standard Institute* spesifik untuk audiometer (ANSI S3.6-2010). (Katz Jack, et al, 2015)

#### **2.4.3.1 Daftar Kata yang digunakan / Materi yang digunakan**

Terdapat beberapa materi yang dapat digunakan dalam tes audimetri tutur ini. Secara konvensional bahan tes yang digunakan adalah nada kompleks berupa daftar kata-kata yang sudah ditera sesuai dengan presentase fonem-fonem dalam suatu bahasa percakapan sehari-hari (*Phonetically Balanced Words*). Di Indonesia, dipakai daftar kata PB dari Universitas Gajah Mada disebut *Gajah Mada PB Words*, yaitu daftar kata monosilabik ( satu suku kata ) dan bisilabik (dua suku kata). Berikut daftar kata-kata tersebut : (Skurr, Barbara, 1991)

DERET KESATU	DERET KEDUA	DERET KETIGA	DERET KEEMPAT	DERET KELIMA
bon	Jet	pal	Ons	sop
sport	Ton	tip	Trek	gem
es	stroom	blong	Bros	bel
dril	Klip	cat	Jam	kran
the	Doos	sen	stok	truk
pan	Teng	sut	pel	klep
group	Pol	pris	Tik	jip
klir	Tim	uang	Lap	pak
tas	Pen	non	bung	rok
blik	Bang	gram	dor	Prit
stang	Sun	merk	per	Spon
rem	Helm	stir	nol	Trap
sip	Strip	pon	Set	Lot
lop	Sak	bak	Rim	Bal
mas	Pop	pro	plong	Top
kol	rak	pas	Kir	Hak
lat	stop	stel	hal	Dot
kas	rel	pet	tong	Tang
klem	klik	roh	ban	Las
pom	bas	blus	duk	Bir
nak	gol	dok	Gas	Kles
dong	dim	klas	Les	Snar
klop	bar	dik	kap	Los
pos	so	mei	pus	Sim
boor	Lak		kram	Mes

Tabel 3. Daftar Kata Monosilabik Gajah Mada

(Dikutip dari Skurr, Barbara, 1991 )

Deret kesatu	Deret kedua	Deret ketiga	Deret keempat	Deret kelima
sabun	Wali	tuli	sayang	Anak
kuda	Hakim	padi	kampus	Darah
dingin	Pistol	kelas	hari	Usul
banyak	korban	rambut	obral	Tembak
gula	Dosa	nyamuk	kenal	Minum
pipi	Beli	garam	hamil	api
besar	medan	bidan	kitab	bulan
enak	kuman	bumi	ganti	kilat
lidah	Naik	keras	sapi	bersih
kembar	Adik	nikah	jeruk	kunci
umur	Ibu	obat	rindu	sedap
salon	Tugas	karcis	hantu	pasar
tikus	Jarum	daiang	madu	dokter
panah	Salep	mesin	semir	beton
becak	Kabar	kupon	sakit	mulut
nasi	Tomat	tahun	lomba	pagi
ilmu	Kapur	resep	pencak	akal
kamar	Angina	buku	batuk	miskin
telor	Encer	mata	debu	baru
tempat	Musuh	lilin	bakmi	kenyang

Tabel 4. Daftar Kata Bisilabik Gajah Mada

(Dikutip dari Skurr, Barbara, 1991)

Saat ingin menentukan nilai presepsi tutur (NPT) dapat menggunakan kata bisilabik dengan penekanan yang sama pada kedua suku kata, sedangkan kata monosilabik digunakan saat menentukan nilai diskriminasi tutur (NDT). Namun, ada referensi lain yang mengatakan untuk menilai NPT dapat menggunakan kedua jenis kata tersebut. Selain menggunakan PB list untuk pemeriksaan NDT dapat menggunakan materi pilihan ganda dan kalimat. (Dhingra, et al, 2014)

## **Materi Kalimat**

Dalam upaya untuk pendekatan materi sesuai dengan percakapan sehari-hari, beberapa tes pengenalan suara telah dikembangkan menggunakan kalimat sebagai item tes dasar. Keuntungan dari tes menggunakan materi kalimat adalah tes ini mendekati konteks percakapan sehari-hari dengan mengontrol panjang kalimat dan maknanya. Hal ini meningkatkan validasi hasilnya. Tes dengan materi kalimat pertama yang dirancang untuk menilai kemampuan pengenalan suara secara klinis dikembangkan dan dicatat di CID. Namun, tidak ada rekaman komersial dari bahan-bahan ini menyebabkan aplikasi klinisnya terbatas. (Bess Fred H, Humes Larry E, 2008)

Salah satu jenis tes ini yang populer adalah tes *Synthetic Sentence Identification* (SSI) test. Kalimat yang digunakan dalam tes ini dibuat sedemikian rupa sehingga setiap kelompok tiga kata yang berurutan dalam kalimat itu sendiri bermakna tetapi seluruh kalimatnya tidak. Berikut ini adalah contoh dari item tes dari SSI: "Maju mars mengatakan anak itu punya." Selain SSI tes terdapat pula tes lain yang disebut *Speech Perception in Noise* (SPIN), tes ini juga telah dikembangkan dan dievaluasi secara klinis. Delapan daftar yang tersedia dari tes SPIN yang direvisi masing-masing terdiri dari 50 kalimat, masing-masing 5 hingga 8 kata panjangnya. Kata terakhir dari setiap kalimat adalah item tes; Dari 50 kalimat tersebut, sebanyak 25

kalimat mengandung item tes yang memiliki prediktabilitas tinggi, yang berarti bahwa kata tersebut mudah diprediksi karena konteks kalimatnya. Sebaliknya, 25 kalimat memiliki item tes dengan prediktabilitas rendah. Contoh kalimat yang mengandung item uji prediktabilitas tinggi adalah “Perahu berlayar melintasi teluk,” sedangkan contoh kalimat dengan prediktabilitas rendah menggunakan kata ujian yang sama adalah “John sedang berbicara tentang teluk.” Pada tes ini juga diberikan rekaman dengan latar belakang suara lain perbandingan yang terdiri dari 12 suara tipe *babble* yang dibacakan secara bersamaan. (Bess Fred H, Humes Larry E, 2008)

Tes pengenalan suara yang semakin populer terutama digunakan dalam evaluasi alat bantu dengar menggunakan kalimat-kalimat yang terhubung secara singkat dan bermakna. Tes ini disebut *Connected Speech Test (CST)*. Pada tes ini, sebuah bagian yang terdiri dari serangkaian kalimat pada topik sentral disajikan, dan pendengar diberitahu tentang topik bagian itu sebelum pengujian. Setiap bagian mengandung total 25 kata kunci. Materi yang direkam dijeda setelah setiap kalimat dan pendengar diminta untuk mengulangi kalimat. Jumlah kata kunci yang benar dihitung untuk setiap bagian dan persentase yang benar, biasanya berdasarkan setidaknya dua bagian (50 kata kunci), dihitung. Mengingat konteks yang tinggi dari

bahan-bahan ini, tes ini paling sering diberikan dalam latar belakang suara lain. (Bess Fred H, Humes Larry E, 2008)

#### **2.4.3.2 Nilai Presepsi Tutur**

Terdapat empat langkah untuk mendapatkan nilai presepsi tutur yang direkomendasikan oleh ASHA (1988) yaitu: (1) Instruksi; (2) Pengenalan/ pembiasaan; (3) tahap pemeriksaan; dan (4) penentuan NPT. (Katz, Jack et al. 2015 dan Gelfand, SA, 2016)

##### Langkah Instruksi

Penderita diberikan penjelasan tentang cara pemeriksaan yang akan dilakukan dan bagaimana berespon selama prosedur pemeriksaan. Hal yang penting juga adalah membuat penderita mengetahui bahwa stimulus yang diberikan akan semakin mengecil dan membutuhkan perhatian sungguh-sungguh dalam prosedur pemeriksaan ini. (Katz, Jack et al. 2015 dan Gelfand, SA, 2016)

##### Langkah Pengenalan

Setiap penderita harus dikenalkan dengan daftar kata-kata yang digunakan dengan cara mendengarkan kata-kata tersebut pada tingkat yang mudah didengar dan mengulangi kembali setiap kata sebagai demonstrasi pengenalan kata. Jika penderita tidak dapat mengulang kembali kata bisilabik tertentu dari daftar tes, maka kata



itu harus dihapus dari daftar tes. Metode lain adalah memberi penderita daftar tertulis dari kata-kata ujian untuk dibaca. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan perbedaan nilai persepsi tutur yang diperoleh dengan dan tanpa pengenalan. Pedoman ASHA sangat menyarankan bahwa langkah pengenalan tidak boleh dihilangkan dari protokol uji. (Katz, Jack et al. 2015 dan Gelfand, SA, 2016)

#### Langkah Pemeriksaan

Pada pemeriksaan ini, penderita diberi stimulus berupa kata bisilabik dari dengan intensitas yang terus ditingkatkan. Satu set kata-kata spondee (dua suku kata dengan tekanan yang sama pada setiap suku kata) dikirimkan ke setiap telinga yang menggunakan *headphone* audiometer. (Katz, Jack et al. 2015 dan Gelfand, SA, 2016)

Terdapat dua tahap, yaitu :

1. Mencari Nilai Inisiasi

Pada tahap ini, pemeriksa memberikan stimulus pada 30 dB diatas ambang dengar PTA penderita. Jika kata tersebut didengar, maka diturunkan 10dB sampai kata tersebut salah. Kemudian diberikan lagi 1 kata bisilabik, jika penderita masih bias mendengar, maka diturunkan lagi 10 dB, sampai 2 kata bisilabik salah. Setelah mendapatkan intensitas dimana 2 kata bisilabik salah, maka ditambahkan 10dB dan inilah nilai inisiasi.

2. Mencari Estimasi ambang dengar

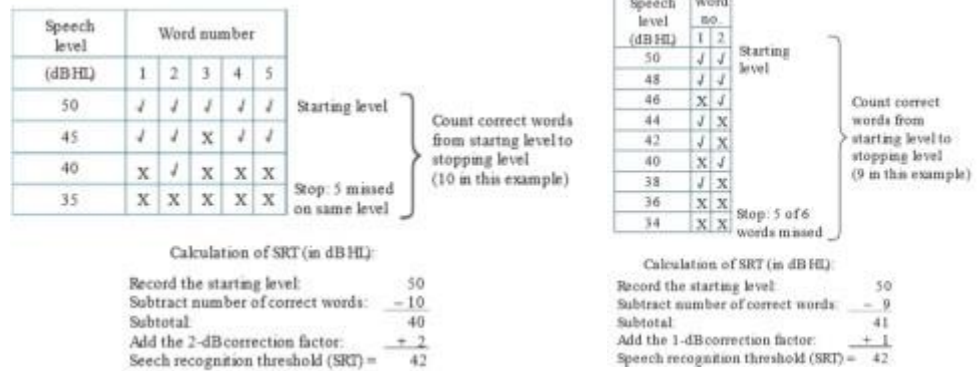
Pada tahap ini, bisa digunakan pengurangan 2 dB dan pengurangan 5dB.

- a. Pengurangan 2 dB, penderita diberikan 2 kata pada level inisiasi awal, kemudian diturunkan 2 dB tiap level sampai terdapat 5 kata yang salah dari 6 kata yang diberikan berturut.
- b. Pengurangan 5 dB, penderita diberikan 5 kata pada level inisiasi awal, kemudian diturunkan 5 dB tiap level, dan berhenti saat kelima kata salah pada level yang sama. (Katz, Jack et al. 2015 dan Gelfand, SA, 2016)

Penggunaan rekaman lebih disarankan karena lebih stabil dan terstandar dibandingkan jika menggunakan suara langsung melalui *microphone*. Menurut ASHA (1977) Biasanya, NPT berada dalam 10 dB rata-rata ambang batas nada murni dari tiga frekuensi bicara (500, 1000 dan 2000 Hz). (Katz, Jack et al. 2015 dan Gelfand, SA, 2016)

#### Langkah Menghitung NPT

Nilai yang dimaksud adalah intensitas minimum di mana 50% kata diulang dengan benar oleh penderita. Perlu diingat bahwa 100% itu dimulai saat level permulaan dan 0 % saat level akhir. Pada pemeriksaan ini setiap kata yang benar bernilai 1 dB. Terdapat tambahan faktor koreksi sebesar 2 dB untuk pemeriksaan dengan pengurangan 5 dB, dan 1 dB faktor koreksi untuk sistem pengurangan 2 dB. (Katz, Jack et al. 2015 dan Gelfand, SA, 2016)



Gambar 13. Contoh perhitungan NPT ( Dikutip dari Gelfand, SA, 2016)

SRT (dB HL)	Interpretation
0-15	Normal
16-25	Slight
26-40	Mild
41-55	Moderate
56-70	Moderately severe
71-90	Severe
> 90	Profound

Tabel 5. Interpretasi hasil Nilai Presepsi Tutur ( Dikutip dari Valente, Michaels. Et al, 2011)

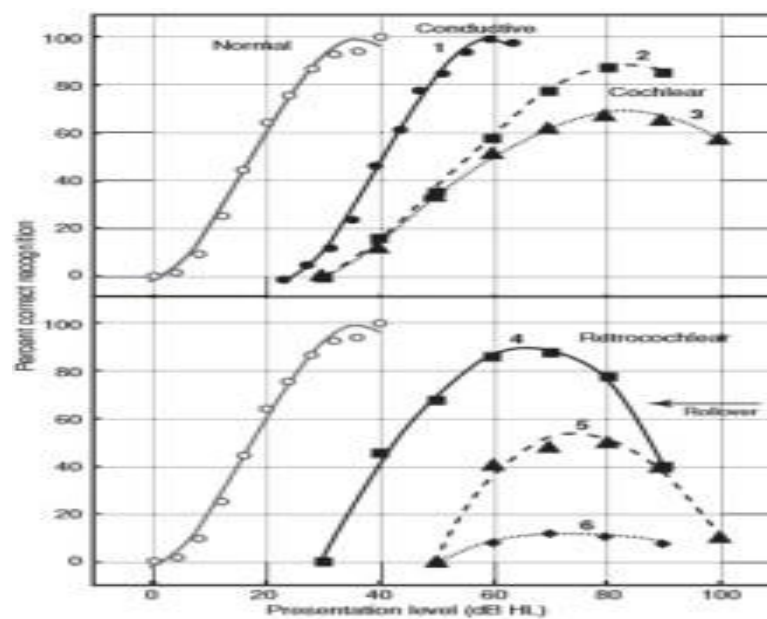
### 2.4.3.3 Nilai Diskriminasi Tutur

Nilai ini adalah ukuran kemampuan penderita untuk memahami ucapan. Di sini, daftar kata-kata PB (suku kata tunggal) dibunyikan melalui *headphone* ke telinga masing-masing penderita secara terpisah pada 30-40 dB di atas SRT-nya dan persentase kata-kata yang didengar dengan benar oleh penderita dicatat. Pada orang

normal dan mereka dengan gangguan pendengaran konduktif, skor tinggi 90-100% dapat diperoleh. (Dhingra, et al, 2014)

Melalui grafik pemeriksaan kita juga dapat menentukan nilai maksimal PB yang dicapai seseorang dan perhatikan intensitas suara di mana maksimal PB tercapai. Ini adalah tes yang berguna secara klinis untuk mengatur volume alat bantu dengar. Volume maksimum alat bantu dengar tidak boleh diatur di atas nilai maksimal PB.(Dhingra, et al, 2014)

Fenomena *Roll over* dapat terlihat pada gangguan pendengaran retrokoklear. Dengan peningkatan intensitas bicara di atas maksimal PB, nilai kata PB akan menurun dan bukan bertahan seperti *plateu* pada tipe koklear dari gangguan pendengaran sensorineural (Gelfand, SA, 2016)



Gambar 14. Grafik NDT pada orang normal, pada grafik 1 menunjukkan gangguan pendengaran konduktif, 2 dan 3 Gangguan pendengaran SNHL tipe koklea, dan 4,5, serta 6 menunjukkan gangguan pendengaran SNHL tipe retrokoklea. (Dikutip dari Katz, Jack, et al, 2015)

#### **2.4.4 Pemeriksaan *Oto Acoustic Emission (OAE)***

Terdapat suara intensitas rendah yang diproduksi oleh sel rambut luar pada koklea normal dan dapat ditangkap oleh mikrofon yang sangat sensitif dimana mikrofon tersebut ditempatkan pada canalis acuticus externus dan dianalisis oleh komputer. Kemp pada tahun 1978 mendemonstrasikan OAEs dihasilkan sebagai respon dari sinyal yang dipresentasikan ke dalam telinga secara spontan tanpa adanya stimulasi. (Hunter LL, Sanford CA, 2015 dan Dhingra, et al, 2014)

OAEs secara umum diinterpretasikan sebagai hasil dari aktivitas mikroskopik biomekanikal (motilitas) berhubungan dengan sel rambut luar yang sehat. Prosedur ini menghasilkan sinyal dalam koklea yang ditransmisikan kembali ke liang telinga, dimana dapat ditangkap menggunakan mikrofon. Kejadian koklear yang menghasilkan OAEs diebut sebagai “preneural” karena terjadi sebelum sinyal ditransmisikan ke nervus auditorius. (Modul THT KL, 2015, Gelfand , SA, 2016)

Suara yang dihasilkan oleh sel rambut luar berjalan pada arah terbalik: sel rambut luar → membrana basiler → perilimfe → tingkap oval → osikula → membran timpani → canalis telinga. Hasil pemeriksaan OAEs muncul jika sel rambut luar dalam keadaan sehat dan tidak muncul jika sel rambut luar dalam keadaan rusak, sehingga pemeriksaan ini dapat menilai fungsi dari koklea. Hasil OAEs tidak menghilang pada kelainan di nervus VIII apabila sel rambut koklea dalam keadaan normal. (Dhingra, et al, 2014)

#### **2.4.4.1 Tipe dari OAEs.**

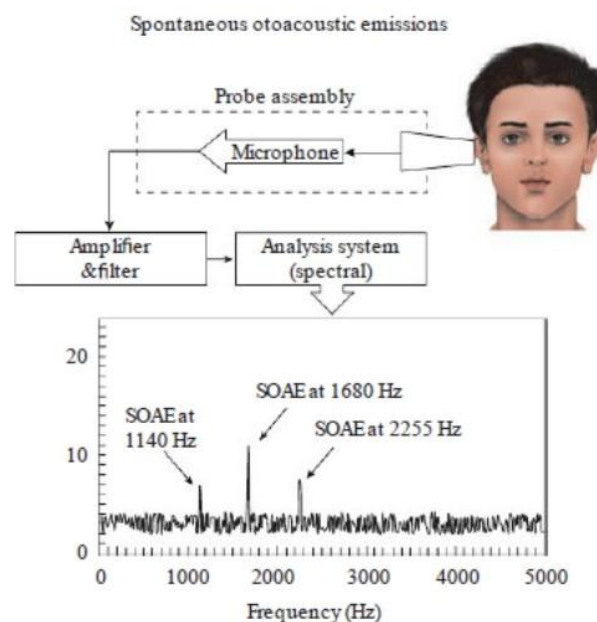
Secara luas OAEs terbagi dalam dua jenis: spontaneous dan evoked. Keduanya dibedakan berdasarkan stimulus suara yang diberikan.

##### **2.4.4.1.1 Spontaneous Otoacoustic Emissions (SOAEs)**

SOAEs merupakan suara narrow-band yang dihasilkan telinga dimana tidak ada diberikan stimulus sebelumnya. SOAEs diidentifikasi dengan memeriksa spektrum dari suara yang dimonitor oleh suatu mikrofon probe dalam liang telinga. Spektrum ini merupakan hasil dari analisis spektral yang dilakukan oleh sistem analisis OAE, dapat kita lihat pada bagian atas gambar 15. Bagian bawah gambar menunjukkan suatu contoh dari rerata spektrum dari telinga dengan SOAEs pada 1140, 1680, dan 2255 Hz. SOAEs terlihat sebagai

puncak yang memanjang diatas dari bising background pada spektrum. SOAEs muncul pada satu atau beberapa frekuensi diantara 1000 dan 3000 Hz, dan sangat jarang di bawah 500 Hz. SOAEs secara spesifik muncul sekitar separuh dari populasi dengan pendengaran normal dan juga lebih banyak pada laki-laki dibandingkan pada perempuan. Kelemahan klinis dari SOAS antara lain: (Gelfand, SA, 2016)

1. Hanya sedikit (atau hanya satu) SOAEs ditemukan pada telinga.
2. SOAEs muncul di beberapa frekuensi pada telinga yang berbeda.
3. SOAEs ditemukan relatif terbatas pada range frekuensi yang sempit.
4. Amplitudo SOAEs dapat bervariasi seiring waktu.



Gambar 15. Instrumensi dan contoh SOAEs.

(Dikutip dari Gelfand, SA, 2016)

#### **2.4.4.1.2 Evoked Otoacoustic Emissions**

*Evoked otoacoustic emissions* adalah suara yang dihasilkan oleh telinga sebagai hasil dari stimulasi. Pada dasarnya terdapat tiga jenis evoked otoacoustic emissions. (Gelfand, SA, 2016)

1. Stimulus-frequency otoacoustic emissions (SFOAEs).

Merupakan pemeriksaan dengan cara memberikan nada *sweep-frequency* pada telinga. Jenis OAEs ini mungkin memberikan informasi yang berguna, tetapi komplikasi dalam hal penggunaan teknologi dan interpretasi membuat pemeriksaan ini menjadi tidak viabel sebagai alat pemeriksaan klinis. (Gelfand, SA, 2016)

2. Transient evoked OAEs (TEOAEs).

Merupakan pemeriksaan yang didapatkan sebagai respon dari stimulasi yang sangat singkat. TEOAEs juga dikenal sebagai click-evoked otoacoustic emission, Kemp echo, atau koklear echo. Pada bagian atas gambar 4. 1 memperlihatkan diagram kotak dari perlengkapan yang digunakan untuk mengukur TEOAEs. Ujung probe termasuk loudspeaker untuk memberikan clicks dan suatu mikrofon untuk memonitor suara di liang telinga. Sinyal ditangkap oleh mikrofon kemudian berjalan melalui amplifier dan filter menuju ke sistem analisis sinyal. Karena OAEs mempunyai amplitudo yang sangat kecil, maka harus dipisahkan dari bising background. Sejumlah besar

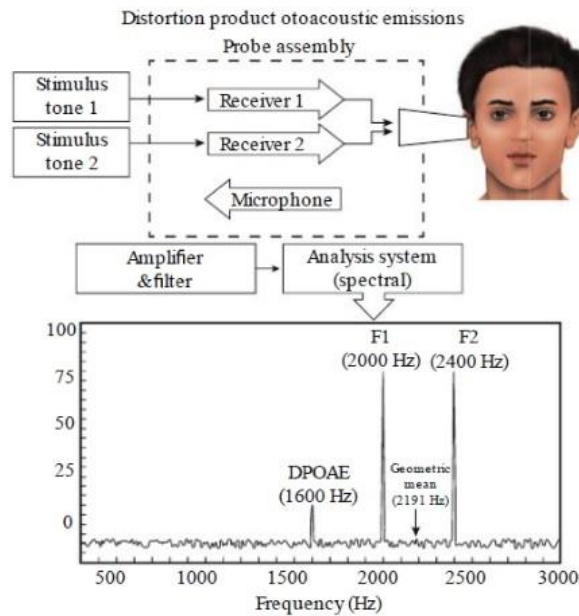


clicks kemudian diberikan, dan suara dari liang telinga dimonitor untuk beberapa waktu (misalnya 20 ms) setelah setiap bunyi clicks. Respon ini kemudian dirata-ratakan menggunakan sistem analisis. Pengurangan atau obliterasi TEOAEs disebabkan oleh faktor yang sama yang menyebabkan ketulian koklear, seperti agen ototoksik, hipoksia, dan paparan bising. TEOAEs tidak didapatkan pada penderita dengan ketulian sensorineural koklea lebih dari 30-50 db HL. Gangguan konduktif juga dapat mempengaruhi kemampuan OAE untuk ditransmisikan kembali ke mikrofon probe. Faktor inilah yang menyebabkan TEOAEs sangat bermanfaat untuk mendeteksi adanya ketulian, bahkan pada bayi baru lahir. (Gelfand, SA, 2016)

### 3. Distortion product OAEs (DPOAEs).

DPOAEs dilakukan dengan cara memberikan dua stimulus nada secara simultan dengan beberapa frekuensi, sebagaimana terlihat pada 16. Stimulus nada rendah disebut  $f_1$  dan nada yang lebih tinggi disebut  $f_2$ . Sebagai hasil respon nonlinear normal dari dua stimulus nada, koklea akan memberikan nada lain pada frekuensi yang berbeda disebut sebagai produk distorsi. Produk distorsi ini kemudian akan ditransmisikan kembali ke liang telinga sebagai OAE. Mikrofon probe kemudian menangkap tiga nada: dua nada stimulus (sering disebut primer) ditambah dengan DPOAEs yang dihasilkan oleh koklea. Instrumen OAE kemudian melakukan analisis spektrum,

hasilnya seperti yang terlihat pada bagian bawah gambar K. (Gelfand, SA, 2016)



Gambar 16. Instrumentasi dan Contoh DPOAE.

(Dikutip dari Gelfand, SA, 2016)

#### 2.4.4.2 Komponen OAEs

Perlengkapan yang digunakan untuk pengukuran OAEs termasuk suatu ujung probe yang mengandung mikrofon untuk mengukur suara dari liang telinga. Suara yang ditangkap oleh mikrofon diamplifikasi dan selanjutnya didisaring untuk meminimalkan bising. Kemudian dilakukan analisis tergantung jenis dari OAEs yang diperiksa. Karakteristik dari perlengkapan OAE ditetapkan International Electrotechnical Commission Standar (IEC 60645-6-

2009). Contoh dari perlengkapan OAE dapat dilihat pada gambar 18 (Gelfand, SA, 2016)



Gambar 17. Instrumen OAEs, a. tipe desktop; b. tipe hand-held.

(Dikutip dari Gelfand, SA, 2016)

#### 2.4.4.3 Penggunaan OAEs

Beberapa penggunaan OAEs antara lain: (Dhingra, et al, 2014)

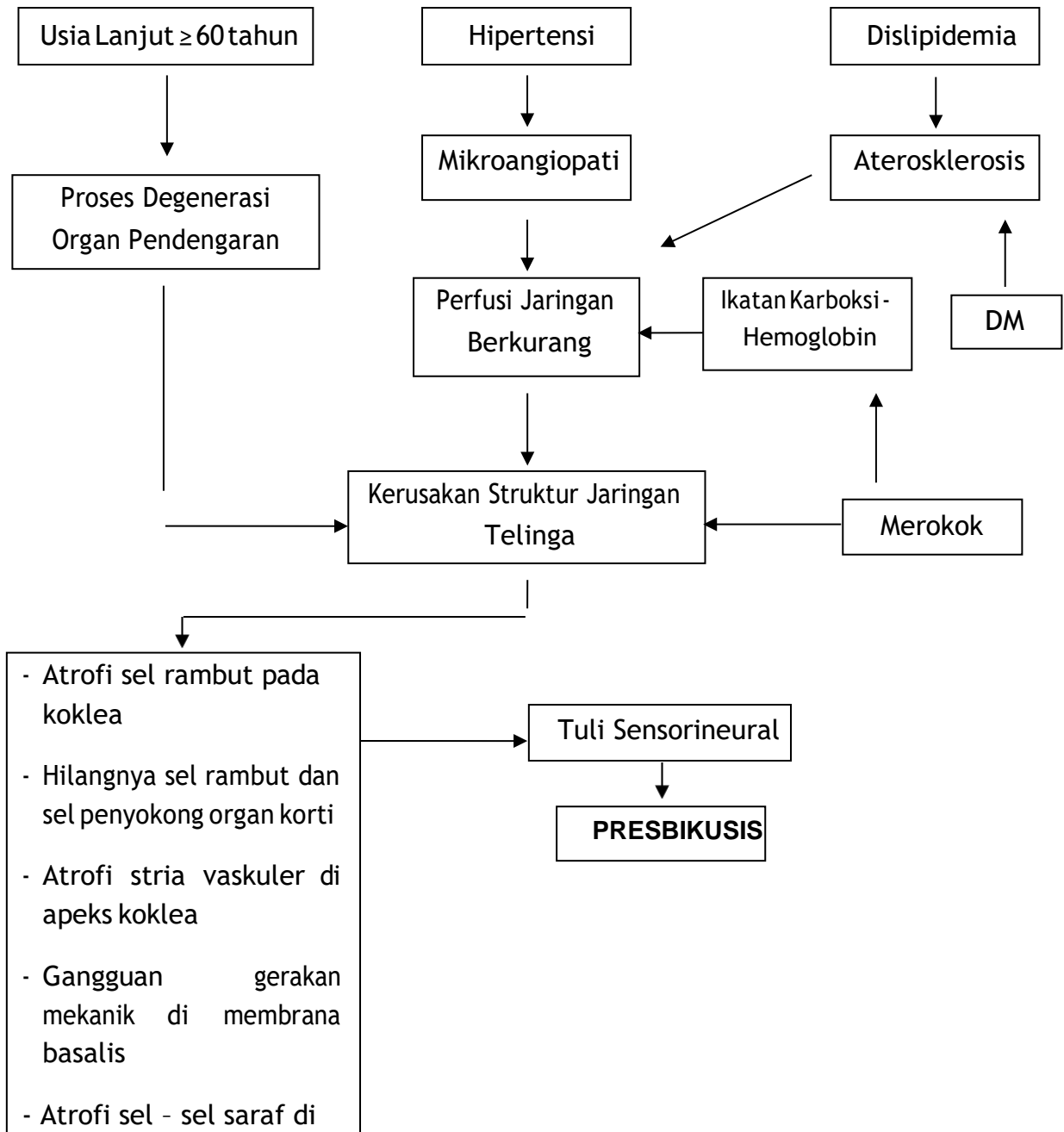
- a. OAEs digunakan sebagai tes skrining pendengaran pada neonatus dan untuk menilai pendengaran pada individu yang tidak kooperatif atau terganggu secara mental setelah diberikan sedasi. Sedasi tidak berpengaruh pada hasil OAEs. (Dhingra, et al , 2014)
- b. OAEs membantu untuk membedakan ketulian koklear atau retrokoklear. Pada lesi koklear hasil OAEs tidak muncul, misalnya pada gangguan pendengaran dan ketulian sensorineural karena

ototoksik, OAEs dapat mendeteksi efek ototoksik lebih awal daripada pure tone audiometri. (Dhingra, et al , 2014)

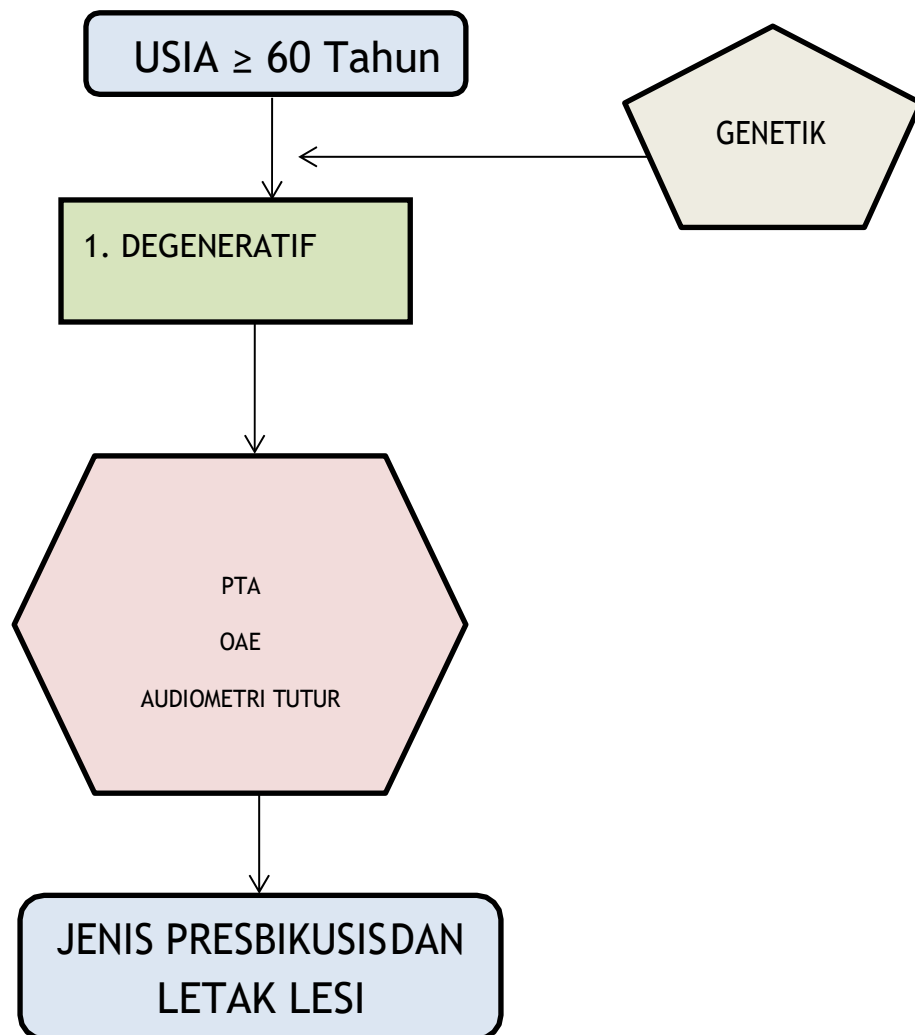
- c. OAEs juga membantu untuk mendiagnosis kelainan retrokoklear, terutama neuropati auditorius. Neuropati auditorius merupakan kelainan neurologis dari CN VIII. Tes audiometri, seperti SNHL untuk *pure tones*, *score speech discrimination* yang tidak sesuai, tidak ada atau abnormalnya respon dari pemeriksaan *auditory brainstem response*, menunjukkan lesi tipe retrokoklea tetapi hasil dari OAEs normal. (Dhingra, et al , 2014)

Hasil OAEs tidak muncul pada 50% individu normal, lesi pada koklea, gangguan telinga tengah (sebagaimana suara berjalan secara arah terbalik tidak dapat ditangkap) dan bila terdapat ketulian lebih dari 30 dB. (Dhingra, et al , 2014)

## 2.5 KERANGKA TEORI



## 2.6 KERANGKA KONSEP



### KETERANGAN



: Variabel Perancu



: Variabel Bebas



: Variabel Kendali



: Variabel Terikat