

**KARYA AKHIR**  
**ANALISIS PENDENGARAN PEKERJA BENGKEL LAS**  
**YANG TERPAPAR BISING DI KOTA MAKASSAR TAHUN 2023**

**ANALYSIS OF WELDING WORKER**  
**NOISE EXPOSURE IN MAKASSAR CITY IN 2023**



**OLEH**  
**dr. YUNIA CHAIRUNNISA ABDULLAH**

**PEMBIMBING :**

**Dr. dr. RISKIANA DJAMIN, Sp.T.H.T.B.K.L, Subsp. K (K)**  
**Dr. dr. NANI IRIANI DJUFRI, Sp.T.H.T.B.K.L, Subsp. Onko (K) FICS**  
**Dr. ABDUL SALAM, SKM, M.Kes**

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1(Sp-1)**  
**PROGRAM STUDI ILMU KESEHATAN TELINGA HIDUNG TENGGOROK,**  
**BEDAH KEPALA LEHER**  
**FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS HASANUDDIN**  
**MAKASSAR**  
**2023**

**ANALISIS PENDENGARAN PEKERJA BENGKEL LAS  
YANG TERPAPAR BISING DI KOTA MAKASSAR TAHUN 2023**

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

**YUNIA CHAIRUNNISA ABDULLAH**

Kepada

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1 (SP-1)**

**ILMU KESEHATAN TELINGA HIDUNG TENGGOROK**

**BEDAH KEPALA LEHER**

**FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2023**

**LEMBAR PENGESAHAN KARYA AKHIR**

**ANALISIS PENDENGARAN PEKERJA BENGKEL LAS  
YANG TERPAPAR BISING DI KOTA MAKASSAR 2023**

Disusun dan diajukan oleh

**YUNIA CHAIRUNNISA ABDULLAH**

**Nomor Pokok C035191004**

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Ilmu Kesehatan Telinga Hidung Tenggorok Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin pada tanggal 20 Juli 2023

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama

Dr. dr. Riskiana Djamir, Sp. T.H.T.B.K.L. Subsp.K (K)  
NIP. 196002251988012001

Pembimbing Pendamping

Dr. dr. Nani Iriani Djufri, Sp.T.H.T.B.K.L. Subsp. Onko (K) FICS  
NIP. 196201061989102002

Ketua Program Studi

Dr. dr. Muhammad Fajjar Perkasa, Sp.T.H.T.B.K.L. Subsp. Rino(K)  
NIP. 197103032005021005

Dekan Fakultas Kedokteran UNHAS



Prof. Dr. dr. Haerani Rasid, M.Kes, Sp.PD(KGH), Sp.GK  
NIP. 196805301996032001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Yunia Chairunnisa Abdullah

NIM : C035191004

Program Studi : Ilmu Kesehatan T.H.T.B.K.L

Menyatakan dengan ini bahwa Tesis dengan judul: **“Analisis Paparan Kebisingan Pekerja Las Di Kota Makassar Tahun 2023”** 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, 20 Juli 2023



Yunia Chairunnisa Abdullah

## **PRAKATA**

Assalamu`alaikum waRohmatullahi waBarokatuh.

Puji syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga tesis ini dapat saya selesaikan sebagai salah satu persyaratan dalam rangkaian penyelesaian Pendidikan Dokter Spesialis Ilmu Kesehatan Telinga Hidung Tenggorok dan Bedah Kepala Leher di Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa karya akhir ini tidak akan terselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak, baik berupa bantuan moril maupun materil. Untuk itu saya menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus dan sedalam-dalamnya kepada Kepala Departemen Ilmu Kesehatan T.H.T.B.K.L Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin Dr. dr. Muhammad Amsyar Akil, Sp.T.H.T.B.K.L, Subsp. BE (K), serta pembimbing saya Dr. dr. RISKIANA DJAMIN, Sp.T.H.T.B.K.L, Subsp. K (K), Dr. dr. NANI IRIANI DJUFRI, Sp.T.H.T.B.K.L, Subsp. Onko (K) FICS, dan Dr. ABDUL SALAM, SKM, M.Kes yang telah membimbing dan mengarahkan saya sejak penyusunan proposal, pelaksanaan penelitian hingga selesainya karya akhir ini. Terima kasih pula saya sampaikan kepada penguji Dr. dr. Masyitta Gaffar, Sp.T.H.T.B.K.L. Subsp. Oto (K) dan dr. Trining Dyah, Sp.T.H.T.B.K.L, Subsp. N.O (K), M. Kes

Terima kasih yang tak terhingga juga saya sampaikan kepada : Prof. dr. R. Sedjawidada, Sp.T.H.T.B.K.L(K) (Almarhum), dr. Freddy G. Kuhuwael, Sp.T.H.T.B.K.L(K) (Almarhum), Prof. Dr. dr. Abdul Qadar Punagi, Sp.T.H.T.B.K.L, Subsp. Rino (K). FICS, Prof. Dr. dr. Eka Savitri, Sp.T.H.T.B.K.L, Subsp. NO (K), Prof. Dr. dr. Sutji Pratiwi Rahardjo, Sp.T.H.T.B.K.L. Subsp. LF (K), Prof. dr. Abdul Kadir, Ph.D, Sp.T.H.T.B.K.L Subsp. Oto (K), M. Kes, Dr. dr. Muhammad Fadjar Perkasa, Sp.T.H.T.B.K.L, Subsp. Rino (K), dr. Azmi Mir'ah, Zakiah. Sp.T.H.T.B.K.L, Subsp. Rino (K), Dr. dr. Syahrijuita, Sp.T.H.T.B.K.L. Subsp. K (K), M.Kes, dr. Rafidawaty Alwi, Sp.T.H.T.B.K.L. Subsp. BE (K), dr. Andi Baso Sulaiman, Sp.T.H.T.B.K.L. Subsp LF (K), M.Kes, dr. Mahdi Umar Sp.T.H.T.B.K.L Subsp. LF (K), dr. Sri Wartati, Sp.T.H.T.B.K.L, Subsp. Oto (K), Dr. dr. Nova Audrey Luetta Pieter, Sp.T.H.T.B.K.L, Subsp. Onk. (K), FICS, dr. Aminuddin Azis, Sp.T.H.T.B.K.L, Subsp. A. I (K), dr. Khaeruddin HA, M. Kes, Sp. T.H.T.B.K.L, Subs. LF (K), dr. Amira Trini Raihanah, Sp.T.H.T.B.K.L. Subsp. A.I (K), dr. Yarni Alimah, Sp.T.H.T.B.K.L. Subsp K (K). dr. Hilmiyah Syam, M. Kes, Sp.T.H.T.B.K.L. dr. Masyita Dewi Ruray, Sp.T.H.T.B.K.L, FICS. yang telah membimbing penulis selama pendidikan sampai pada penelitian dan penulisan karya akhir ini.

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

1. Rektor Universitas Hasanuddin, Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc, atas kesempatan dan fasilitas yang diberikan kepada penulis untuk mengikuti dan menyelesaikan pendidikan

2. Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, Prof. Dr. dr. Haerani Rasyid, M.Kes, SpPD, K-GH, SpGK, FINASIM, atas kesempatan menjadi mahasiswa Program Pendidikan Dokter Spesialis Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.
3. Dr. dr. Muhammad Fajar Perkasa, Sp.T.H.T.B.K.L. Subsp. Rino (K), sebagai Ketua Program Studi Ilmu Kesehatan T.H.T.B.K.L Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin
4. Direktur RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar dan Direktur RSPTN Universitas Hasanuddin Makassar
5. Kepala Bagian dan Staf Pengajar Bagian Anatomi, Radiologi, GastroEnteroHepatologi, Pulmonologi, dan Ilmu Anestesiologi yang telah membimbing dan mendidik saya selama mengikuti pendidikan terintegrasi
6. Kepada keluarga saya yang dengan ikhlas memberikan waktu, semangat, dan dukungan doa dengan penuh ketulusan, kesabaran dan kasih sayang yang begitu berarti selama saya mengikuti pendidikan.
7. Kepada teman-teman angkatan saya dan senior-senior saya serta rekan-rekan residen T.H.T.B.K.L yang telah membantu dan berperan dalam penulisan tesis ini.

8. Seluruh karyawan dan perawat Instalasi Rawat Jalan T.H.T.B.K.L, perawat Instalasi Rawat Inap T.H.T.B.K.L, karyawan dan staf non-medis T.H.T.B.K.L khususnya kepada Hayati Pide, ST, Nurlaela, S.Hut dan Vindi Juniar G, S.Sos atas segala bantuan dan kerjasama yang telah diberikan kepada saya dalam melaksanakan tugas sehari-hari selama masa pendidikan.

Saya menyadari sepenuhnya atas segala keterbatasan dan kekurangan dalam penulisan karya akhir ini, olehnya saran dan kritik yang menyempurnakan karya akhir ini kami terima dengan segala kerendahan hati. Semoga Allah SWT melimpahkan berkat kepada kita semua, Aamiin Ya Robbal Alamin.

Wassalamu`alaikum waRohmatullahi waBarokatuh.

Makassar, Juni 2023

Yunia Chairunnisa Abdullah

## ABSTRAK

YUNIA CHAIRUNNISA ABDULLAH. *Analisis Paparan Kebisingan Pekerja Las di Kota Makassar Tahun 2023* (dibimbing oleh Riskiana Djamin, Nani Iriani Djufri, dan Abdul Salam).

Penelitian ini bertujuan menganalisis pendengaran pekerja las di Makassar yang terpapar kebisingan selama tahun 2023. Penelitian ini menggunakan studi analitik/ observasi dan studi *cross-sectional*. Penelitian dilakukan di bengkel las dengan intensitas kebisingan  $\geq 85$  desibel dan masa kerja  $\geq 5$  tahun mulai Januari sampai dengan Maret 2023. Seluruh anggota populasi penelitian yang memenuhi kriteria penelitian dijadikan sampel kemudian diminta mengisi kuesioner dan diperiksa secara fisik. Fungsi pendengaran mereka diuji menggunakan *Pure Tone Audiometry* (PTA) dan *Distortion Product Otoacoustic Emissions* (DPOAE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa 30 sampel yang fungsi pendengarannya diuji secara subjektif menggunakan (PTA), 6 orang menunjukkan hasil yang normal, 18 orang mengalami gangguan pendengaran sensorineural bilateral, dan 6 orang mengalami gangguan pendengaran unilateral. Pemeriksaan objektif fungsi pendengaran menggunakan tes DPOAE diperoleh hasil yaitu telinga kanan 3 orang (10%) yang Pass, 27 orang (90%) yang refer, sedangkan telinga kiri 1 orang (3,3%) yang refer dan 29 orang (96,7%) yang refer. Terdapat hubungan yang signifikan antara lama kerja, penggunaan pelindung telinga, dan gangguan pendengaran.

Kata kunci: paparan bising, pekerja las, PTA, DPOAE



## ABSTRACT

YUNIA CHAIRUNNISA ABDULLAH. *Analysis of Welding Worker Noise Exposure in Makassar City in 2023* (supervised by Riskiana Djamin, Nani Iriani Djufri and Abdul Salam)

This research aims to describe of the hearing of the welding workers in Makassar who exposed to noise during 2023. The research was directed to the analytical/observational study and the cross sectional design. The research was conducted in the welding workshop with the noise intensity of  $\geq 85$  decibel, work duration of length of  $\geq 5$  years. The research was conducted from January to March 2023. All the members of the research populations, who met the study criteria were selected. Then, the samples were asked to fill in the questionnaire and examined physically. Their auditory functions were tested using the Pure Tone Audiometry (PTA) and Distortion Product Otoacoustic Emissions (DPOAE). The research result indicates that of the 30 samples, whose auditory functions are subjectively tested using (PTA), 6 persons are normal, 18 persons show the bilateral sensorineural hearing loss and 6 persons have the unilateral hearing loss. While, the objective examination of the auditory functions using DPOAE test indicates the right ear result that 3 persons (10%) pass, 27 persons (90%) refer, while the left ear shows that 1 person (3.3%) passes and 29 persons (96.7%) refer. There is the significant relationship between the work duration, the use of ear protectors and hearing loss.

Key words: noise exposure, welding worker, PTA, DPOAE



## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR SINGKATAN .....	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	6
1.4 Hipotesis .....	7
1.5 Manfaat Penelitian .....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Anatomi Telinga .....	8
2.2 Telinga dalam .....	9
2.3 Fisiologi Pendengaran .....	11
2.4 Bising .....	16
2.5 Pemeriksaan Pendengaran.....	28
2.6 Kerangka teori Penyebab NIHL .....	45
2.7 Kerangka Konsep.....	46
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Rancangan Penelitian.....	61
3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian.....	61
3.3 Populasi Dan Sample Penelitian.....	61
3.4 Kriteria Subyek Penelitian .....	65

3.5 Ijin Penelitian.....	66
3.6 Bahan dan Cara Penelitian .....	66
3.7 Definisi Operasional .....	67
3.8 Analisis Data .....	69
3.9 Izin Penelitian dan <i>Ethical Clearance</i> .....	70
3.10 Alur Penelitian .....	71
3.11 Biaya Penelitian.....	72
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Hasil.....	74
4.2 Pembahasan.....	84
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	98
5.2 Saran .....	99
Lampiran 1. Kuisoner .....	116
Lampiran 2. Formulir Persetujuan.....	117
Lampiran 3. Rekomendasi Persetujuan Etik.....	119
Lampiran 4. Dokumentasi Kegiatan .....	120
Lampiran 5. Hasil Pemeriksaan .....	122
Daftar Pustaka .....	100

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Anatomi Telinga.....	8
Gambar 2. Anatomi Koklea .....	10
Gambar 3. Lebar membran basilaris dari basal ke apeks.....	11
Gambar 4. Fisiologi Pendengaran.....	13
Gambar 5. Jalur Pendengaran.....	16
Gambar 6. Notasi Audiogram .....	31
Gambar 7. Audiogram Pendengaran Normal .....	32
Gambar 8. Audiogram Gangguan pendengaran dan ketulian Konduktif.	33
Gambar 9. Audiogram Gangguan pendengaran dan ketulian Sensorineural .....	35
Gambar 10. Audiogram Gangguan pendengaran dan ketulian Campuran .....	36
Gambar 11. Instrumen OAE .....	39
Gambar 12. Instrumen DPOAE.....	42
Gambar 13. Instrumen OAE.....	43
Gambar 14. Kerangka Teori.....	45
Gambar 15. Kerangka konsep.....	46
Gambar 16. Alur Penelitian.....	71

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Nilai Ambang Batas Kebisingan.....	19
Tabel 2.	Klasifikasi Derajat Gangguan Pendengaran.....	36
Tabel 3.	Recommended values for Interaural Attenuation .....	41
Tabel 4.	Karakteristik Subjek Penelitian.....	74
Tabel 5.	Distribusi Sampel Berdasarkan Derajat Gangguan Pendengaran dan ketulian .....	75
Tabel 6	Ambang Dengar Setiap Frekuensi Berdasarkan Pemeriksaan Audiometri Nada Murni Telinga Kanan dan Kiri.....	76
Tabel 7.	Distribusi Sampel Berdasarkan Jenis Gangguan Pendengaran Dan Ketulian.....	77
Tabel 8.	Distribusi Sampel Berdasarkan Pemeriksaan DPOAE .....	78
Tabel 9.	Ambang Dengar Setiap Frekuensi Berdasarkan Hasil Pemeriksaan DPOAE Telinga Kanan dan Kiri .....	78
Tabel 10.	Hubungan usia, lama bekerja dan penggunaan alat pelindung dengan jenis gangguan pendengaran dan ketulian telinga kiri .....	79
Tabel 11.	Hubungan usia, lama bekerja dan penggunaan alat pelindung dengan Jenis Gangguan Pendengaran dan ketulian telinga kanan.....	80
Tabel 12.	Hubungan usia, lama bekerja dan penggunaan alat pelindung dengan hasil DPOAE telinga kiri .....	81
Tabel 13.	Hubungan usia, lama bekerja dan penggunaan alat	

pelindung dengan hasil DPOAE telinga kanan.....	82
Tabel 14. Kesesuaian hasil pemeriksaan audiometri nada murni dan DPOAE.....	83

## DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Arti dan keterangan
AC	: Air Conduction
APT	: Alat pelindung telinga
BC	: Bone conduction
dB	: Decibel
dBA	: Decibel A weighted
ECV	: Ear Canal Volume
PTA	: Pure Tone Audiometri
DPOAE	: Distortion Product Oto Accoustic Emission
GSI	: Grason Stadler
GPAB	: Gangguan Pendengaran Akibat Bising
Hz	: Hertz
IA	: Interaural Attenuation
kHz	: Kilohertz
MEP	: Middle Ear Pressure
NAB	: Nilai Ambang Batas
NIHL	: Noice Induced Hearing Loss
NITTS	: Noice Induced Temporary Threshold Shift
NIPTS	: Noice Induced Permanent Threshold Shift
NTA	: Nontest Ear
OAE	: Otoacoustic Emissions
PNHIL	: Permanent Noise Induced Hearing loss
PTS	: Permanent Threshold Shift
SFOAE	: Spontaneous Frequency Otoacoustic Emissions
SLM	: Sound level Meter
SNHL	: Sensorineural Hearing Loss
SNR	: Signal Noise to Rasio

SOAE : Spontaneous Otoacoustic Emission  
TTS : Temporary Threshold Shift  
TEOAE : Transient Evoked Otoacoustic Emission.  
WHO : World Health Organizatio

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Bising merupakan bunyi keras yang tidak diinginkan dan tidak dikehendaki oleh setiap individu. Efek bising tergantung pada jenis karakteristik bunyi yaitu intensitas, spektrum dan waktu paparan bising. Paparan bising merupakan hal yang penting dan masalah yang serius. Bising dianggap menjadi masalah lingkungan yang penting dan memperoleh perhatian serta menjadi masalah global karena tingginya angka prevalensi dan dampaknya yang dapat mengenai semua individu dengan segala usia dan jenis kelamin. Diperlukan suatu metode pencegahan dan penanganan kondisi ini dengan harapan penurunan angka kejadian gangguan pendengaran akibat bising (GPAB) (Kopke, *et al.*2007)

Kelainan atau gangguan pendengaran dan ketulian yang disebabkan oleh bising dengan intensitas 85-120 dB dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan hilangnya fungsi pendengaran seseorang yang bersifat *Sensorineural Hearing Loss* (SNHL). Jenis gangguan pendengaran ini lebih dikenal dengan istilah *Noise Induced Hearing Loss* (NIHL). Bising dengan intensitas  $\geq 85$  dB dan berlangsung lama akan mengakibatkan degenerasi organ korti yang menetap dan *irreversible* (National Safety Council, 2010). Pengaruh bising terhadap kesehatan manusia tergantung pada beberapa faktor antara lain kerentanan individu, lamanya paparan bising, jarak dari

sumber bising, penggunaan alat pelindung telinga, intensitas atau kerasnya bising maupun corak bising yang dapat menyebabkan kehilangan pendengaran sementara (*Temporary Threshold Shift /TTS*) maupun permanen (*Permanent Noise Induced Hearing loss /PNIHL*). (Mills JH, 2006).

Noise induced hearing loss adalah ialah gangguan pendengaran yang disebabkan akibat terpajan oleh bising yang intensitasnya 85 desibel (dB) atau lebih yang cukup keras dalam jangka waktu  $\geq 5$  tahun dengan mengakibatkan kerusakan pada reseptor pendengaran organ corti dengan sifat tuli sensorineural koklea dan umumnya terjadi pada kedua telinga pada berfrekuensi 3000 Hz -6000 Hz yang sering mengalami kerusakan dan kerusakan yang terberat untuk reseptor bunyi yang berfrekuensi 4000 Hz.

Berdasarkan data World Health Organization (WHO) tahun 2012 terdapat 5,3% atau 360 juta orang di dunia yang mengalami gangguan pendengaran. Prevalensi gangguan pendengaran di Asia Tenggara adalah 156 juta orang atau 27% dari total populasi sedangkan pada orang dewasa di bawah umur 65 tahun adalah 49 juta orang atau 9,3% yang disebabkan karena suara keras. Menurut Komite Nasional Penanggulangan Gangguan Pendengaran dan Ketulian tahun 2014 gangguan pendengaran akibat bising di Indonesia termasuk yang tertinggi di Asia Tenggara yaitu sekitar 36 juta orang atau 16,8% dari total populasi (Komnas PGPKT, 2017).

Menurut komite nasional penanggulangan gangguan pendengaran dan ketulian pada tahun 2014, gangguan pendengaran akibat bising di Indonesia

termasuk yang tertinggi di Asia Tenggara yaitu sekitar 36 juta orang atau 16,8% dari total populasi. Berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No. PER 13/MEN/X/2011 tentang nilai ambang batas faktor fisik dan faktor kimia di tempat kerja, di dalamnya ditetapkan Nilai Ambang Batas (NAB) kebisingan sebesar 85 dB sebagai intensitas tertinggi dan merupakan nilai yang masih dapat diterima oleh pekerja tanpa mengakibatkan penyakit atau gangguan pendengaran kesehatan dalam pekerjaan sehari-hari untuk waktu tidak melebihi 8 jam sehari atau 40 jam seminggu (Septiana, 2017).

Penelitian pada pekerja bengkel las di purwarejo, sebanyak 30 orang dengan menggunakan *Pure Tone Audiometri* (PTA), 19 orang (63,33%) menderita *Noice induced hearing loss* (NIHL), 11 orang (36,67%) normal. Hasil uji chisquare menunjukkan hubungan bermakna antara lama kerja dengan kejadian NIHL dengan  $P < 0,05$  (Prasetyo , 2015)

Penelitian di PT Makassar Tene dari 40 responden, ada 17 orang yang mengalami gangguan pendengaran (42,5%). Hasil penelitian juga mengungkapkan bahwa ada hubungan antara umur, intensitas bising, lama kerja, penggunaan alat pelindung telinga dengan gangguan fungsi pendengaran pada pekerja di PT Makassar Tene. (Farid, 2018)

Penelitian tentang ambang dengar 42 karyawan diskotik di Makassar, hasil penelitian terjadi perbedaan yang bermakna nilai ambang pendengaran karyawan diskotik pada frekuensi 1000 Hz- 8000 Hz, dan terjadi perubahan temporer nilai ambang pendengaran pada semua frekuensi sebesar 6,5-8,2

dB pada karyawan diskotik di Makassar yang mendapat pajanan bising (Limmon, 2003)

Penelitian tentang tekhnisi Skadron udara 11 TNI AU LANUD Hasanuddin sebanyak 90 sampel. Tekhnisi umur 21-25 tahun (83,8%) ambang pendengaran normal, Tekhnisi 31-35 mempunyai nilai ambang pendengaran menurun pada frekuensi 4000 Hz (16,1%), frekuensi 8000 Hz (31%). Umur , lama kerja, alat pelindung telinga dan lama pajanan bising merupakan faktor risiko yang berpengaruh terhadap penurunan ambang pendengaran tekhnisi Skadron udara 11(Manuaba, 2008).

Penelitian tentang dampak paparan bising pesawat terbang dan lingkungan terhadap pendengaran masyarakat sekitar bandara udara Sultan Hasanuddin dari 54 sampel di periksa secara subyektif dengan *Pure Tone Audiometri* (PTA) di dapatkan 10 (18,5%) sampel menderita SNHL , 9 (16,7%) sampel derajat ringan, 1 (1,9%) sampel derajat sedang, dari pemeriksaan *Distortion Product Otoacoustic Emission* (DPOAE) *pass* 53 orang (98,1%) dan *refer* 1 orang (1,9%), terdapat hubungan tidak bermakna lamanya tinggal dengan gangguan pendengaran dan ketulian pada masyarakat yang tinggal disekitar bandar udara (Yossarsongko ,2015).

*Otoacoustic Emissions* (OAE) berperan untuk menilai sel-sel rambut luar koklea yang sangat rentan dan sensitif oleh paparan bising yang berlebihan dan dapat digunakan untuk mendeteksi dini gangguan pendengaran akibat bising (GPAB). Paparan bising yang berlebihan akan merusak sel-sel rambut luar (*outer hair cells*) koklea dan dapat menjadi indikator awal perubahan dari

kesehatan telinga. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa OAE lebih sensitif untuk menilai kerusakan pada koklea akibat paparan bising (Helleman, 2018). OAE berperan lebih baik untuk deteksi dini GPAB dibandingkan audiometri. Boger membandingkan antara audiometri nada murni dengan OAE pada pekerja industri didapatkan bahwa DPOAE dapat mendeteksi GPAB pada tahap awal dibandingkan dengan audiometri nada murni. Pekerja dengan ambang dengar normal mengalami penurunan yang tinggi dalam pemeriksaan DPOAE, ditunjukkan pada penurunan jumlah sel rambut luar koklea yang tidak terdeteksi dengan pemeriksaan audiometri nada murni.(Boger, 2012)

**“Pekerja bengkel las adalah pekerja yang terpapar bising yang dapat menyebabkan gangguan pendengaran dan ketulian. Berdasarkan penjelasan dan uraian di atas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian analisis pendengaran pada pekerja bengkel las yang terpapar bising di kota Makassar tahun 2023”**

## 1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang penelitian yang disebutkan diatas , maka dapat dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut: Bagaimana pendengaran pekerja bengkel las yang terpapar bising di kota Makassar tahun 2023?

### 1.3. Tujuan Penelitian

#### 1.3.1. Tujuan Umum

Untuk menganalisis pendengaran pekerja bengkel las yang terpapar bising di kota Makassar tahun 2023

#### 1.3.2. Tujuan Khusus

- a. Menentukan derajat gangguan pendengaran pekerja bengkel las yang terpapar bising berdasarkan pemeriksaan audiometri nada murni
- b. Menentukan jenis gangguan pendengaran dan ketulian pekerja bengkel las terpapar bising dengan pemeriksaan audiometri nada murni
- c. Menilai fungsi koklea dengan pemeriksaan *Distortion product otoacoustic emissions* (DPOAE) pekerja bengkel las yang terpapar bising
- d. Menilai hubungan lama kerja terhadap penurunan ambang pendengaran pekerja bengkel las yang terpapar bising di kota Makassar tahun 2023
- e. Mengetahui kesesuaian antara gambaran hasil pemeriksaan audiometri nada murni dengan DPOAE pada pekerja bengkel las yang terpapar bising di kota Makassar tahun 2023

#### 1.4. **Hipotesis**

Pekerja bengkel las yang bekerja  $\geq 5$  tahun dan terpapar bising minimal 8 jam kerja perhari dengan intensitas  $\geq 85$  dB menderita gangguan pendengaran dan ketulian *Sensorineural Hearing Loss* (SNHL).

#### 1.5. **Manfaat Penelitian**

##### 1.5.1 Dalam bidang keilmuan

1. Memberikan informasi ilmiah di bidang THT Komunitas tentang efek paparan bising terhadap ambang dengar pekerja bengkel las yang terpapar bising di kota Makassar
2. Hasil penelitian ini diharapkan sebagai tambahan informasi dan data yang dapat digunakan sebagai acuan maupun bahan pustaka untuk pengembangan ilmu THT Komunitas.

##### 1.5.2 Dalam bidang medis

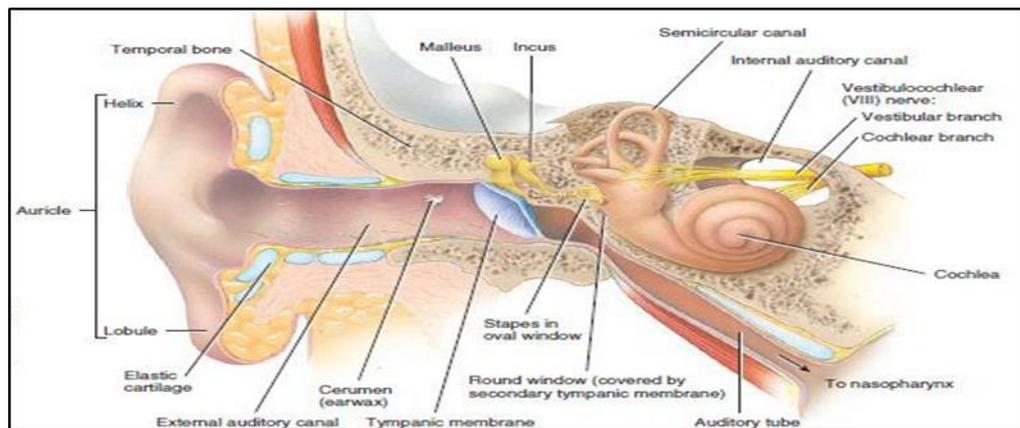
1. Dari penelitian ini diharapkan sebagai deteksi gangguan pendengaran akibat bising (GPAB) yang bersifat permanen.
2. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai acuan untuk selalu melakukan skrining pendengaran rutin serta penggunaan alat pelindung telinga pada pekerja yang bekerja di tempat bising (bengkel las)

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Anatomi Telinga

Telinga merupakan organ penerima gelombang suara atau udara dan kemudiannya nanti gelombang mekanik ini diubah menjadi tenaga listrik seterusnya diteruskan ke korteks pendengaran oleh saraf pendengaran. Selain itu, fungsi umum dari telinga juga adalah sebagai organ pendengaran dan keseimbangan tubuh. Untuk memahami tentang gangguan pendengaran, perlu diketahui dan dipelajari terlebih dahulu mengenai anatomi telinga, fisiologi pendengaran dan cara pemeriksaan pendengaran. Secara umum telinga dapat dibagi atas telinga luar, telinga tengah dan telinga dalam (Bansal M, 2013)

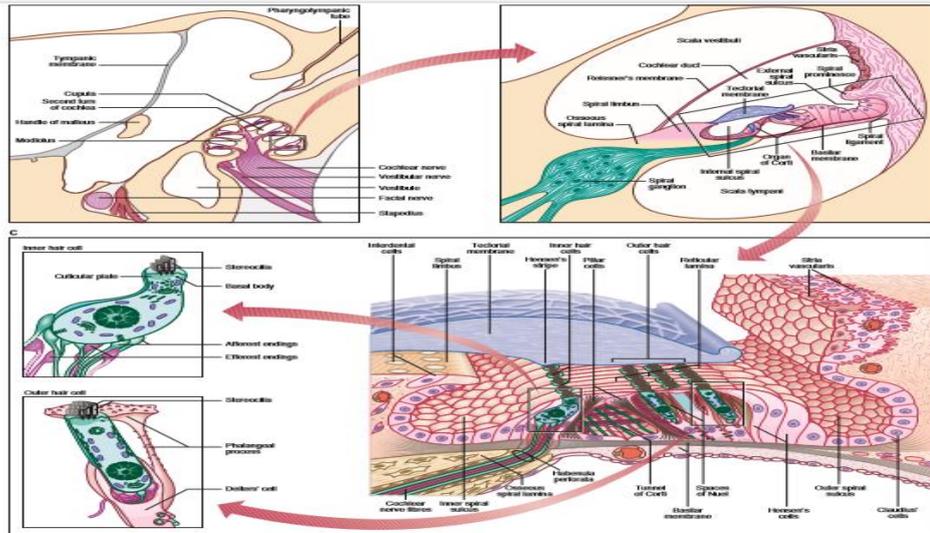


**Gambar 1.** Anatomi Telinga (Tortora, GJ., *Principles of Anatomy and Physiology*, Edisi ke-13, 2012. Hlm 658-664)

## **2.2. Telinga Dalam**

Telinga dalam mengandung organ vestibulocochlear yang berperan untuk menerima suara dan menjaga keseimbangan. Terletak di dalam pars petrosa dari os temporal, telinga dalam terdiri atas kantung dan duktus dari labyrinth membranosa. Struktur ini mengandung endolimfe yang dikelilingi cairan perilimfe yang terletak dalam struktur labirin tulang melalui filamen halus. Cairan ini berperan dalam menstimulasi organ akhir dari keseimbangan dan pendengaran serta mencipta perbedaan ion untuk organ sensori (Moore, 2015).

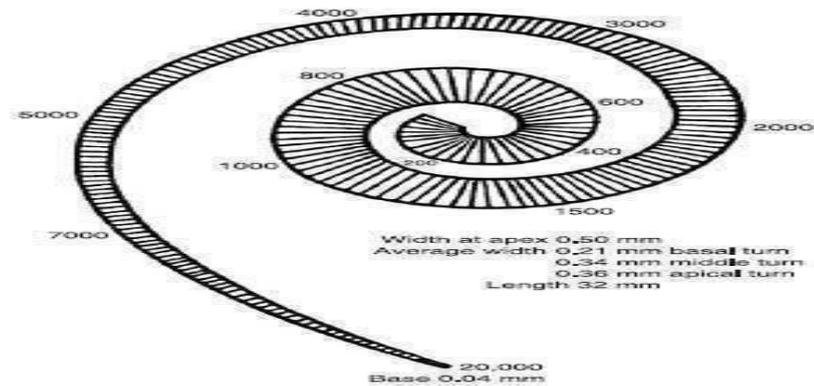
Telinga dalam terdiri dari dua bagian, yaitu bagian depan yang merupakan bagian pendengaran yang disebut koklea dan bagian belakang adalah vestibulum dan kanalis semisirkularis yang merupakan organ keseimbangan. Koklea merupakan suatu tabung tulang berbentuk kumparan dengan panjang 35 mm, terdiri dari skala vestibuli, skala media, dan skala timpani. Skala media atau koklearis mempunyai penampang segitiga. Dasar segitiga tersebut dikenal dengan nama membran basilaris yang menjadi dasar dari organ korti seperti gambar dibawah ini (Moller, 2006).



**Gambar 2.** Koklea A, Bagian horizontal melalui tulang temporal kiri yang menunjukkan posisi koklea sehubungan dengan rongga timpani. B, Bagian A melalui putaran kedua koklea yang terlihat pada A. Modiolus ada di kiri. C, Struktur organ koklea Corti dan stria vascularis, menunjukkan susunan berbagai jenis sel dan persarafannya secara keseluruhan. Organisasi sel-sel rambut bagian dalam dan luar dan koneksi sinaptiknya juga digambarkan. A dan B diambil dari bagian histologis. (Stranding S., 2016)

Koklea pada telinga dalam mengandung sel-sel yang berperan terhadap persepsi suara. Koklea terdiri dari labirin tulang, dimana dalamnya terdapat struktur selular yang membentuk labirin membran. Termasuk di dalam labirin tulang adalah kapsul otik yang merupakan batas luar dari koklea dan modiolus, tabung tulang yang membentuk sumbu pusat koklea dan mengandung serat syaraf auditori dan sel-sel ganglionnya. Di dalam koklea ada tiga ruang berisi cairan, yaitu skala vestibuli, skala timpani dan skala media dan dipisahkan oleh membran basilaris dan membran reissner. Stria vaskularis dan ligamentum spiralis terdapat dekat dengan tulang sepanjang dinding lateral koklea. Organ korti yang mengandung sel rambut (3 sel rambut luar dan 1 sel rambut

dalam) sebagai sel sensori dan sel penyokong, berbentuk spiral pada membrane basilaris (Nagashima, et al, 2005).



**Gambar 3.** Lebar membran basilaris dari basal ke apeks (Moller, 2006)

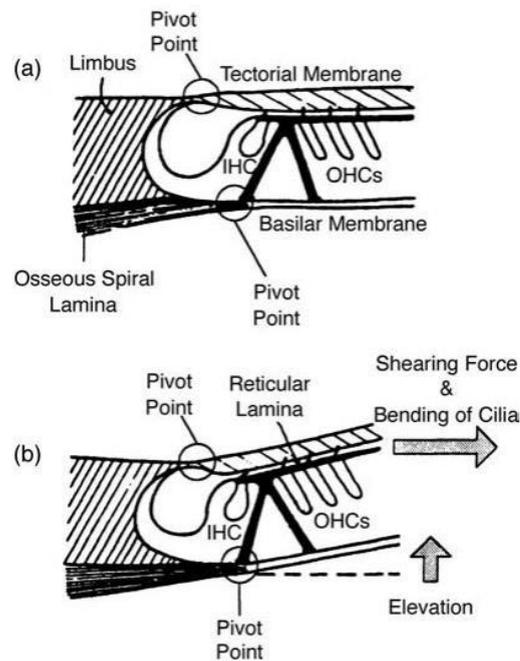
### 2.3. Fisiologi Pendengaran

Sistem pendengaran dapat dibagi dalam empat bagian, yaitu telinga luar, telinga tengah, telinga dalam, dan sistem saraf pendengaran disertai pusat pendengaran di otak (Probst R *et al*, 2006). Telinga luar berperan pasif tetapi sangat penting dalam proses pendengaran. Daun telinga berfungsi mengumpulkan suara dan mengetahui lokasi datangnya suara, sedangkan kanalis akustikus eksternus karena bentuk dan dimensinya bersifat resonator sehingga dapat menambah intensitas bunyi dalam rentang frekuensi 2 - 4 kHz sebesar 10 - 15 dB (Gelfand S, 2010).

Tulang-tulang pendengaran (maleus, inkus dan stapes) merupakan tranformer mekanik energi suara yang menyalurkan vibrasi suara dari membran timpani ke koklea. Cairan yang terdapat di telinga dalam merupakan tahanan akustik yang lebih besar dibandingkan dengan

membrana timpani dan telinga tengah. Bila gelombang bunyi yang ditransmisikan melalui udara mencapai cairan, 99,9% dari energinya akan direfleksikan. Hanya 0,1% yang mengalami transmisi, sehingga terjadi kehilangan energi sebanyak 30 dB (Moller AG, 2006).

Sel rambut luar dan dalam mempunyai peranan utama dalam proses transduksi energi mekanik (akustik) ke dalam energi listrik (neural). Proses transduksi diawali dengan pergeseran (naik turun) membran basilaris sebagai respons terhadap gerakan piston kaki stapes dalam fenestra ovale akibat energi akustik yang kemudian menggerakkan perilimfe di sekitar sekat koklea. Bila stapes bergerak ke dalam dan keluar dengan cepat, cairan tidak semuanya melalui helikotrema, kemudian ke foramen rotundum dan kembali ke foramen ovale diantara dua getaran yang berurutan. Sebagai gantinya gelombang cairan mengambil cara pintas melalui membran basilaris menonjol bolak balik pada setiap getaran suara. Pola pergeseran membran basilaris membentuk gelombang berjalan (Gillespie PG, 2006)



**Gambar 4.** Posisi relatif dari membran basilar dan membran tektorial (a) saat istirahat, dan (b) durasi peningkatan menuju skala vestibuli (Moller AG, 2006)

Karena membran basilaris lebih kaku di daerah basis daripada di apeks dan kekakuan tersebut didistribusikan secara terus menerus, maka gelombang berjalan / *travelling wave* selalu bergerak dari basis ke apeks. Amplitudo maksimum membran basilaris bervariasi tergantung stimulus frekuensi. Gerak gelombang membran basilaris yang dihasilkan oleh suara dengan frekuensi tinggi amplitudonya jatuh di dekat basal koklea, sedangkan gelombang akibat suara dengan frekuensi rendah amplitudonya maksimumnya jatuh di daerah apeks (Gillespie PG, 2006).

Gelombang akibat suara frekuensi tinggi tidak dapat mencapai apeks koklea, tetapi gelombang akibat suara frekuensi rendah dapat bergerak di sepanjang membran basilaris. Jadi setiap frekuensi suara menyebabkan corak gerak yang tidak sama pada membran basilaris

sesuai dengan *tonotopically* organ korti dan ini merupakan cara untuk membedakan frekuensi (Probst R *et al.* 2006). Mekanisme amplitudo maksimal pada gerakan gelombang mekanik membran basilaris melibatkan sel rambut luar yang dapat meningkatkan gerakan membran basilaris. Peningkatan gerakan ini disebut *cochlear amplifier* yang memberi kemampuan sangat baik pada telinga untuk menyeleksi frekuensi, telinga menjadi sensitif dan mampu mendeteksi suara yang lemah (Gillespie PG, 2006).

Adanya proses *cochlear amplifier* tersebut didukung oleh fenomena emisi *otoakustik* yaitu bila telinga diberi rangsangan akustik yang dapat memberikan pantulan energi yang lebih besar dari rangsangan yang diberikan. Faktor yang memberi kontribusi pada *cochlear amplifier* gerakan sel rambut luar, sifat mekanik dari stereosilia, dan membran tektorial (Moller AG, 2006). Stereosilia sel rambut sangat penting untuk proses mekanotransduksi. Stereosilia adalah berkas serabut aktin yang membentuk pipa dan masuk ke dalam lapisan kutikular. Membengkoknya stereosilia ke arah stereosilia yang lebih tinggi mengakibatkan terjadinya peregangan pada serabut *tip link* yang berada pada puncak stereosilia yang mengakibatkan terjadinya pembukaan pintu ion pada puncak stereosilia, menimbulkan aliran arus ( $K^+$ ) ke dalam sel sensoris (Gillespie PG, 2006).

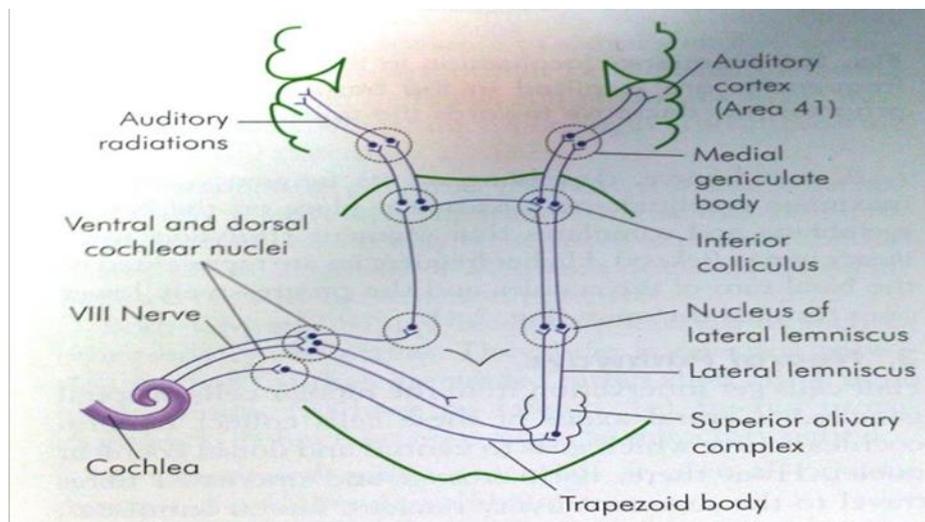
Aliran kalium timbul karena terdapat perbedaan potensial endokoklea +80 mV dan *potensial* intraselular negatif pada sel rambut, sel

rambut dalam -45 mV dan sel rambut luar -70 mV. Hal tersebut menghasilkan depolarisasi intraselular yang menyebabkan kalium mengalir termasuk kalsium ke dalam sel rambut, kemudian terjadi pelepasan transmitter kimia dari ruang presinaps yang berada pada dasar sel rambut ke ruang sinaps dan akan ditangkap oleh reseptor serabut afferent n. VIII menghasilkan potensial aksi yang akan diteruskan ke serabut n. VIII menuju nukleus koklearis (Gillespie, PG, 2006).

Pada saat koklea mendapat stimulasi suara, maka akan terjadi perubahan gerakan stereosilia yang diakibatkan terjadinya proses *travelling wave* pada membrane basilaris yang mengakibatkan terjadinya pergerakan sel rambut koklea ke arah stereosilia yang paling tinggi (depolarisasi) yang diikuti oleh terbukanya *ion channels* serabut aktin pada puncak stereosilia sehingga terjadi influks kalium yang mengakibatkan terjadinya perubahan potensial intraselular. Hal ini tercatat sebagai *cochlear microphonic* dan *summating potential*. Kedua hal ini akan tercatat pada berbagai bagian koklea yang mempunyai frekuensi yang berbeda. Potensial maksimum yang terjadi akan dicatat pada tiap frekuensi yang mencapai titik maksimal amplitudo. Proses utama *cochlear microphonic* dan *summating potential* terjadi pada sel rambut luar. Stimulasi pergerakan stereosilia pada sel rambut dalam sebagian besar dipengaruhi oleh pergerakan cairan (Gillespie PG, 2006).

Endolimfe yang diakibatkan oleh pergerakan sel rambut luar, sedangkan pergerakan membran basilaris mempunyai pengaruh yang

lebih kecil terhadap pergerakan sel rambut dalam. Hal inilah yang menjadi alasan kenapa *cochlear microphonic* pada sel rambut luar dapat mencerminkan keadaan pada koklea. Kerusakan pada sel rambut luar koklea secara total akan membuat penurunan pendengaran sekitar 60 dB, sehingga pada pemeriksaan OAE tidak akan memberikan respon (Gillespie PG, 2006)



**Gambar 5.** Jalur pendengaran (Dhingra P, 2010)

## 2.4. Bising

Secara umum bising adalah bunyi yang tidak diinginkan. Secara audiologik, bising adalah campuran bunyi nada murni dengan berbagai frekuensi. Bising yang intensitasnya 85 desibel (dB) atau lebih dapat mengakibatkan kerusakan pada reseptor pendengaran corti di telinga dalam, yang sering mengalami kerusakan adalah alat corti untuk reseptor

bunyi yang frekuensi 3000 hertz (Hz) sampai dengan 6000 Hz dan terberat kerusakan alat corti untuk reseptor bunyi yang berfrekuensi 4000 Hz (Jenny Bashiruddin & Indro Soetirto, 2012).

#### **2.4.1. Jenis-Jenis Kebisingan**

Perbedaan frekuensi dan intensitas menyebabkan adanya jenis-jenis kebisingan yang memiliki karakteristik yang berbeda. Menurut Buchari,2007) jenis kebisingan berdasarkan sifat dan spektrum frekuensi bunyi terbagi atas:

- 1) Kebisingan kontinyu dengan spektrum yang luas (wide band noise), bising ini relatif tetap dalam batas kurang dari 5 dB untuk periode 0,5 detik berturut-turut, contohnya mesin dan kipas angin.
- 2) Kebisingan kontinyu dengan spektrum sempit (narrow band noise), bising ini juga relatif tetap, akan tetapi hanya mempunyai frekuensi tertentu saja (500, 1000, 4000 Hz), misalnya gergaji sirkuler, dan katup gas.
- 3) Kebisingan terputus (intermittent), bising ini terjadi tidak secara terus menerus, melainkan ada periode relatif tenang misalnya lalu lintas.
- 4) Kebisingan impulsif (impact or impulsive noise), bising jenis ini memiliki perubahan tekanan suara melebihi 40 dB dalam waktu yang sangat cepat dan biasanya mengejutkan pendengarnya seperti suara tembakan, ledakan mercon, dan meriam.

5) Kebisingan impulsif berulang, bising jenis ini sama saja dengan kebisingan impulsive hanya saja terjadi secara terus menerus, misalnya mesin tempa.

intensitas bunyi, derajat gangguan bising bergantung pada lamanya pajanan (Buchari, 2007).

Nilai Ambang Batas (NAB) kebisingan mengacu pada Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor 13MEN/X/2011. Nilai ambang batas kebisingan ditetapkan sebesar 85 decibel A (dBA). Kebisingan yang melampaui NAB, waktu pemaparan ditetapkan sebagaimana tercantum di peraturan Menteri( Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi, 2011)

**Tabel 1.** Nilai Ambang Batas Kebisingan

( Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi tahun 2011)

Waktu pemaparan perhari		Intensitas kebisingan
8	Jam	85
4		88
2		91
1		94
30	Menit	97
15		100
7,5		103
3,75		106
1,88		109
0,94		112

Pengukuran objektif terhadap bising dapat dilakukan dengan menggunakan alat *Sound Level Meter* (SLM). SLM merupakan instrument dasar untuk mengukur variasi tekanan bunyi di udara, yang dapat mengubah bising menjadi suatu sinyal elektrik dan hasilnya dapat dibaca secara langsung pada monitor dengan satuan dB. Beberapa SLM mempunyai rentang pengukuran 40-140 dB (Buchari, 2007).

## **2.4.2. Gangguan pendengaran akibat bising**

### **2.4.2.1. Definisi**

Gangguan pendengaran akibat bising (*Noise induced hearing loss*) ialah gangguan pendengaran yang disebabkan akibat terpajan oleh bising yang cukup keras dalam jangka waktu yang cukup lama dan biasanya diakibatkan oleh bising lingkungan kerja. Sifat ketuliannya adalah tuli sensorineural koklea dan umumnya terjadi pada kedua telinga. Bising yang intensitasnya 85 desibel (dB) atau lebih dapat mengakibatkan kerusakan pada reseptor pendengaran organ corti di telinga dalam. Reseptor bunyi pada organ corti yang berfrekuensi 3000 Hz sampai dengan 6000 Hz adalah yang sering mengalami kerusakan dan kerusakan yang terberat untuk reseptor bunyi yang berfrekuensi 4000 Hz. Banyak hal yang dapat menjadikan seseorang tuli akibat terpajan bising, antara lain intensitas bising yang tinggi, berfrekuensi tinggi, lebih lama terpapar bising, mendapat pengobatan yang bersifat racun terhadap telinga (obat ototoksik) seperti streptomisin, kanamisin, garamisin (golongan amino glikosida), kina, asetosal dan lain-lain (Bashiruddin, Widayat, 2017)

#### **2.4.2.2. Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya penurunan ambang pendengaran akibat bising (Eryani, 2017)**

a. Intensitas bunyi

Bunyi yang berintensitas  $\geq 85$  dB dapat menyebabkan kerusakan pada reseptor pendengaran yang terdapat di organ korti di telinga bagian dalam.

b. Jenis bising

Bunyi keras terputus-putus seperti pukulan besi, mempunyai efek merusak kokhlea lebih besar dari pada bising yang kontinyu

c. Jangka waktu pajanan bising

d. Lama kerja total

Makin lama berada dalam suasana bising dengan intensitas tinggi, maka kerusakan akan lebih berat.

e. Umur pekerja

Orang yang bekerja dalam suasana bising untuk pertama kali setelah umur 40 tahun, biasanya telinganya lebih rentan terhadap bising.

f. Penyakit telinga

Telinga dengan kelainan konduktif kurang rentan terhadap bising.

g. Jarak dari sumber bising.

h. Posisi telinga terhadap bising

#### **2.4.2.3. Epidemiologi**

Menurut World Health Organization (WHO) pada tahun 2012 prevalensi gangguan pendengaran di Asia Tenggara adalah 156 juta orang atau 27% dari total populasi sedangkan pada orang dewasa di bawah umur 65 tahun adalah 49 juta orang atau 9,3% yang disebabkan karena suara keras yang dihasilkan di tempat kerja (Taneja,2014). Menurut Komite Nasional Penanggulangan Gangguan Pendengaran dan Ketulian pada tahun 2014 gangguan pendengaran akibat bising di Indonesia termasuk yang tertinggi di Asia Tenggara yaitu sekitar 36 juta orang atau 16,8% dari total populasi. (Septiana, 2017).

#### **2.4.2.4. Gangguan auditorik**

Gangguan auditorik dapat menimbulkan reaksi adaptasi, *Noise induced temporary threshold shift* (NITTS), *Noise induced permanent threshold shift* (NIPTS) dan trauma akustik. (Zaglulsyah, 2013)

Reaksi adaptasi terjadi segera ketika bunyi sampai ke telinga dan terjadi peninggian ambang dengar. Reaksi ini merupakan kejadian fisiologis, dan terjadi pada telinga yang mendapat rangsangan dengan intensitas 70 dB atau lebih kecil. Keadaan ini dapat segera pulih dalam waktu setengah detik yang disebut *prestimulatory fatigue*.

*Noise Induced Temporary Threshold Shift* (NITTS) Peningkatan ambang dengar sementara terjadi akibat pajanan bising dengan intensitas cukup tinggi. NITTS merupakan turunya kemampuan pendengaran

yang bersifat sementara dengan gejala peningkatan sensitivitas, rasa penuh di telinga dan tinnitus. Waktu untuk pemulihan keadaan ini biasanya dibutuhkan beberapa menit sampai 10 hari, hal ini tergantung pada tingkat kebisingan, lama pajanan, jenis kebisingan serta kepekaan individu. Pada NITTS sel rambut tidak dapat berfungsi dengan baik akibat perubahan metabolit, terjadi sel-sel rambut membengkak sehingga terjadi rotasi yang merubah orientasi stereosilia terhadap membran tektorial. Pendengaran akan pulih jika sel-sel rambut yang membengkak kembali ke bentuk asalnya. Gangguan permanen tidak terjadi apabila selama interval antara pajanan dan waktu pemulihan cukup. Apabila pajanan bising terus berlanjut dalam 4-12 jam setelah NITTS maka akan terjadi fase plateau (*asymptotic level*).” Pada penelitian yang dilakukan oleh Boger dkk, didapatkan bahwa NITTS terjadi jika intensitas bunyi dalam jangka waktu lama semakin tinggi dan akan meningkatkan ambang dengar sementara. Berdasarkan NIOSH, definisi dari pergeseran ambang dengar adalah peningkatan 15 dB di tingkat ambang pendengaran (*Hearing Threshold Level*) pada 500, 1000, 2000, 3000, 4000, atau 6000 Hz di kedua telinga, yang ditentukan oleh dua pemeriksaan audiometri berturut-turut.

*Noise Induced Permanent Threshold Shift* (NIPTS) merupakan ketulian akibat pemaparan bising yang lebih lama dan atau intensitasnya lebih besar. Jenis tuli ini bersifat permanen. Faktor-faktor yang merubah NITTS menjadi NIPTS adalah : masa kerja yang lama di lingkungan bising,

tingkat kebisingan dan kepekaan seseorang terhadap kebisingan. NIPTS terjadi pada frekuensi bunyi 4000 Hz. Pekerja yang mengalami NIPTS mula-mula tanpa keluhan, tetapi apabila sudah menyebar sampai ke frekuensi yang lebih rendah (2000 Hz dan 3000 Hz) keluhan akan timbul. Pada mulanya seseorang akan mengalami kesulitan untuk mengadakan pembicaraan di tempat yang ramai, tetapi bila sudah menyebar ke frekuensi yang lebih rendah maka akan timbul kesulitan untuk mendengar suara yang sangat lemah. *Notch* bermula pada frekuensi 3000–6000 Hz setelah beberapa lama gambaran audiogram menjadi datar pada frekuensi yang lebih tinggi. Kehilangan pendengaran pada frekuensi 4000 Hz akan terus bertambah dan menetap setelah 10 tahun dan kemudian perkembangannya menjadi lebih lambat (Salawati,2013)

Trauma akustik terjadi sebagai akibat terhadap pajanan bising yang sangat keras lebih dari 150 dB berlangsung mendadak. Menyebabkan tuli sensorineural ringan hingga berat, gejala yang menyertai seperti tinitus, vertigo. Pada pemeriksaan tampak perforasi membran timpani spontan, bahkan terjadi kerusakan artikulasi dari tulang-tulang pendengaran sehingga dapat menyebabkan tuli sementara. Trauma akustik dapat menyebabkan inflamasi pada elemen sensorineural telinga bagian dalam (Sedjawidada, 2007. Pratiwi, 2012)

#### **2.4.2.5. Patofisiologi**

Mekanisme dasar terjadinya NIHL merupakan kombinasi dari faktor mekanis dan metabolik, yakni adanya paparan bising kronis yang merusak sel rambut koklea dan perubahan metabolik yang menyebabkan hipoksia akibat vasokonstriksi kapiler (Laer et al, 2006).

Mekanisme dasar terjadinya gangguan pendengaran dan ketulian karena bising, adalah;

##### **1. Proses mekanik:**

- a. Pergerakan cairan dalam koklea yang begitu keras, menyebabkan robeknya membrana reissner dan terjadi pencampuran cairan perilimfe dan endolimfe, sehingga menghasilkan kerusakan sel-sel rambut.
- b. Pergerakan membrana basiler yang begitu keras, menyebabkan rusaknya organa korti sehingga terjadi pencampuran cairan perilimfe dan endolimfe, akhirnya terjadi kerusakan sel-sel rambut.
- c. Pergerakan cairan dalam koklea yang begitu keras, dapat langsung menyebabkan rusaknya sel-sel rambut, dengan ataupun tanpa melalui rusaknya organa korti dan membrana basiler.

##### **2. Proses metabolik**

- a. Vasikulasi dan vakuolisasi pada retikulum endoplasma sel-sel rambut dan pembengkakan mitokondria yang akan mempercepat rusaknya membrana sel dan hilangnya sel-sel rambut.

- b. Hilangnya sel-sel rambut mungkin terjadi karena kelelahan metabolisme, sebagai akibat dari gangguan sistem enzim yang memproduksi energi, biosintesis protein dan transport ion.
- c. Terjadi cedera pada vaskularisasi stria, menyebabkan gangguan tingkat konsentrasi ion Na, K, dan ATP
- d. Sel rambut luar lebih terstimulasi oleh bising, sehingga lebih banyak membutuhkan energi dan mungkin akan lebih peka untuk terjadinya cedera atau iskemik.

Dalam waktu lama, paparan terus menerus dari bising dapat menyebabkan gangguan transmisi pada bunyi frekuensi tinggi dan rendah di otak. Jika intensitas bising dan lama paparan meningkat, kerusakan organ sensoris juga meningkat dan bahkan menjadi *irreversible*. Khususnya aliran darah koklea dapat terganggu, sel rambut bergabung menjadi *giant* cilia atau menghilang, sel rambut dan struktur pendukung terdisintegrasikan dan serabut saraf yang menginervasi sel rambut menghilang. Dengan degenerasi dari serabut saraf koklea, terdapat degenerasi dari sistem saraf pusat. Paparan dari bunyi bising yang keras jarang menyebabkan kerusakan pada telinga luar dan telinga tengah. Oleh karena itu, orang dengan gangguan pendengaran sensorineural, termasuk NIHL, biasanya memiliki membran timpani dan fungsi telinga tengah yang normal. (O Hong, et al; 2013).

Kerusakan koklea akibat frekuensi dan intensitas tinggi terpusat pada frekuensi 4.000 Hz dimana keadaan ini sesuai dengan getaran

terbesar pada membran basilaris dan organ korti. Pada pemeriksaan audiometri, tuli akibat bising memberikan gambaran yang khas yaitu *notch* (takik) berbentuk 'V' atau 'U' sering diawali pada frekuensi 4.000 Hz, tapi kadang-kadang 6.000 Hz, yang kemudian secara bertahap semakin dalam dan selanjutnya akan menyebar ke frekuensi di dekatnya. Khususnya didapati perbaikan pada 8.000 Hz, hal ini yang membedakannya dari presbikusis (O Hong, et al 2012).

#### **2.4.2.6. Tanda dan gejala gangguan pendengaran akibat bising /**

##### **NIHL**

Ketuliaan jenis ini bersifat *Irreversible* dan sangat mengganggu dalam berkomunikasi sehari-hari. Gejala yang ditemui pada ketuliaan sensorineural adalah adanya gangguan pendengaran yang mempengaruhi diskriminasi dalam berbicara (*speech discrimination*), penderita sulit membedakan bunyi konsonan pada suara dengan frekuensi tinggi, bahkan tidak dapat mendengar pada bunyi nada tinggi, gangguan pendengaran bilateral pada kedua telinga, tinnitus bernada tinggi, Tanda pertamanya adalah "*notching*" audiogram pada frekuensi tinggi 3000, 4000, atau 6000 Hz dengan pemulihan pada 8000 Hz, Takik ini biasanya berkembang pada salah satu frekuensi dan mempengaruhi frekuensi yang berdekatan dengan paparan kebisingan yang berkelanjutan. Paparan kebisingan tidak menyebabkan gangguan pendengaran yang lebih besar dari 75 dB pada frekuensi tinggi dan lebih besar dari 40 dB pada frekuensi yang lebih rendah. Adanya *fenomena recruitment* yang patognomik untuk ketuliaan tipe

sensorineural koklea dimana telinga yang tuli menjadi lebih sensitif terhadap kenaikan intensitas bunyi yang kecil pada frekuensi tertentu setelah terlampau ambang dengarnya, orang yang menderita tuli sensorineural koklea sangat terganggu oleh bising latar belakang (*background noise*) sehingga bila orang tersebut berkomunikasi ditempat yang ramai akan kesulitan mendengar dan mengerti pembicaraan (*cocktail party deafness*) (Kirchner et al 2012)

## **2.5. Pemeriksaan pendengaran**

### **2.5.1. Pemeriksaan 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 *earphone* 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 *earphone* 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)

### **2.5.2. 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.

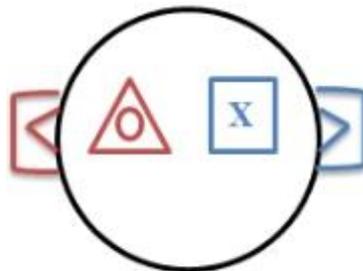
## 10. Pemeriksaan Hantaran tulang

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.

### 2.5.3. Interpretasi Audiometri Nada Murni

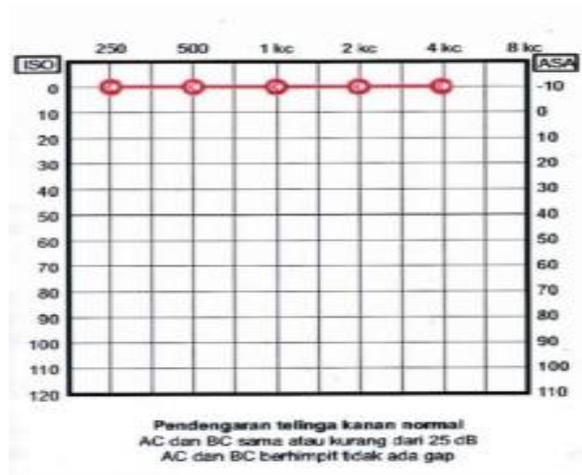
Pada interpretasi audiogram harus ditulis a) telinga yang mana, b) apa jenis ketuliannya, c) bagaimana derajat ketuliannya. Terdapat ambang dengar menurut konduktif udara (AC) dan menurut konduktif tulang (BC). Apabila ambang dengar ini dihubungkan dengan garis, baik AC maupun BC, maka akan didapatkan 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)



**Gambar 7.** Audiogram Pendengaran Normal

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

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).

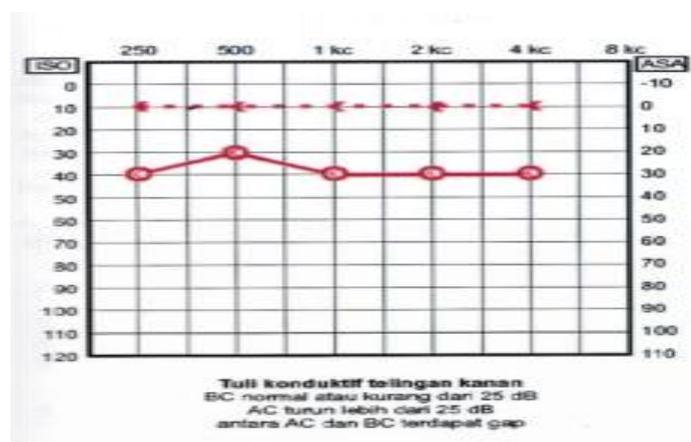
2. Gangguan pendengaran dan ketulian konduktif (AC > 25 dB dan BC < 25 dB disertai air bone gap)

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)



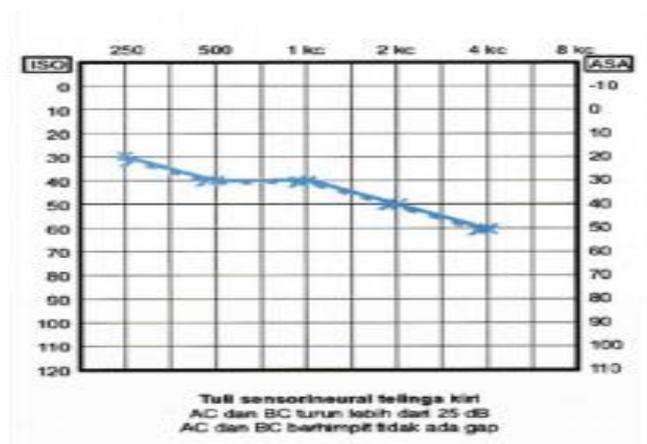
**Gambar 8.** Audiogram Gangguan pendengaran dan ketulian Konduktif  
(Dikutip dari Soepardi, et al, 2016)

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).

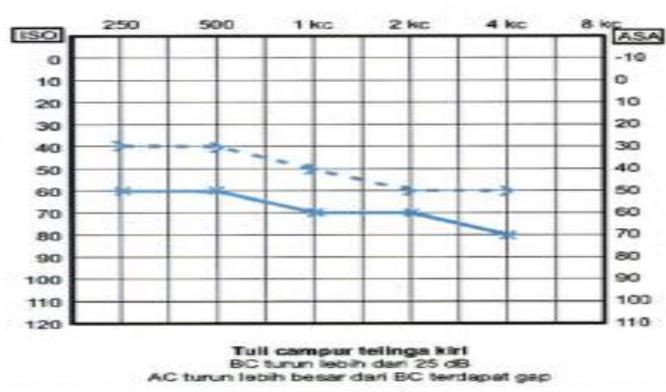


**Gambar 9.** Audiogram Gangguan pendengaran dan ketulian Sensorineural (Dikutip dari Soepardi, et al, 2016)

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

**Tabel 2.** Klasifikasi derajat gangguan pendengaran menurut WHO

Derajat gangguan pendengaran	Audiometri (rata-rata dari)	Deskripsi gangguan
0 (tidak ada gangguan)	25 dB atau kurang	Tidak ada atau
1 (gangguan ringan)	26-40 dB	ada Dapat mendengar atau mengulang kata kata

2 (gangguan sedang)	41-60 dB	Dapat mendengar atau
3 (gangguan berat)	61-80 dB	Dapat mendengar kata-kata yang diteriakkan
4 (gangguan sangat berat atau tuli)	81 dB atau lebih	Tidak dapat mendengar atau mengerti walaupun telah diteriakkan

---

Sumber : *World Health Organization (WHO) 2004*

Derajat Gangguan Pendengaran dan Ketulian dapat diukur dengan menggunakan indeks Fletcher, yaitu: Ambang dengar (AD)

$$\frac{AD\ 500\ Hz + AD\ 1000Hz + AD\ 2000Hz + AD\ 4000Hz}{4}$$

#### **2.5.5. Otoacoustic Emissions (OAE)**

Terdapat suara intensitas rendah yang diproduksi oleh sel rambut luar pada koklea normal dan dapat ditangkap oleh mikrofon yang sangat sensitif mikrofon tersebut ditempatkan pada *canalis acuticus externus*. OAE 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)

OAE 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 OAE disebut 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 OAE 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 OAE tidak menghilang pada kelainan di nervus VIII apabila sel rambut koklea dalam keadaan normal.(Dhingra, et al, 2014).

#### **2.5.5.1. Tipe dari OAE**

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

##### **1. *Spontaneous Otoacoustic Emissions* (SOAE)**

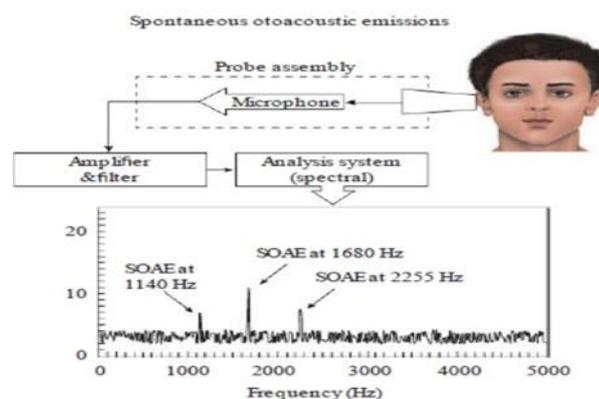
SOAE merupakan suara narrow-band yang dihasilkan telinga dimana tidak ada diberikan stimulus sebelumnya. SOAE diidentifikasi dengan memeriksa spektrum dari suara yang

dimonitor oleh suatu mikrofon probe dalam liang telinga.

SOAE secara spesifik muncul sekitar separuh dari populasi dengan pendengaran normal dan juga lebih banyak pada laki-laki dibandingkan pada perempuan.

Kelemahan klinis dari SOAE antara lain: (Gelfand, SA, 2016)

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



**Gambar 18.** Instrumensi dan contoh SOAE.

(Dikutip dari Gelfand, SA, 2016)

## 2. *Evoked Otoacoustic Emissions*

*Evoked otoacoustic emissions* adalah suara yang dihasilkan oleh

telinga sebagai hasil dari stimulasi. (Gelfand, SA, 2016)

3. *Stimulus-frequency otoacoustic emissions (SFOAE).*

Merupakan pemeriksaan dengan cara memberikan nada *sweep-frequency* pada telinga. Jenis OAE 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)

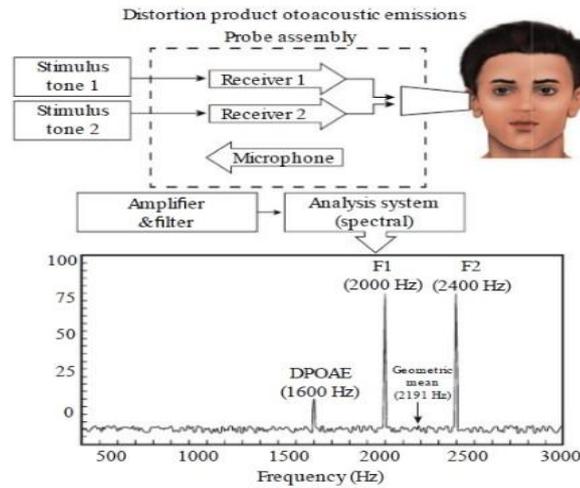
4. *Transient evoked OAE (TEOAE).*

Merupakan pemeriksaan yang didapatkan sebagai respon dari stimulasi yang sangat singkat. TEOAE juga dikenal sebagai *click-evoked otoacoustic emission*, Kemp echo, atau koklear echo. 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 OAE mempunyai amplitudo yang sangat kecil, maka harus dipisahkan dari bising *background*. Sejumlah besar click kemudian diberikan, dan suara dari liang telinga dimonitor untuk beberapa waktu (misalnya 20 ms) setelah setiap bunyi click. Respon ini kemudian dirata-ratakan menggunakan sistem analisis. Pengurangan atau obliterasi TEOAE disebabkan oleh faktor yang sama yang menyebabkan ketulian koklear, seperti agen ototoksik, hipoksia, dan paparan bising. TEOAE 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 TEOAE sangat bermanfaat untuk mendeteksi adanya ketulian, bahkan pada bayi baru lahir. (Gelfand, SA, 2016)

5. *Distortion product otoacoustic emissions (DPOAE).*

DPOAE dilakukan dengan cara memberikan dua stimulus nada secara simultan dengan beberapa frekuensi, sebagaimana terlihat pada gambar 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 DPOAE yang dihasilkan oleh koklea. Instrumen OAE kemudian melakukan analisis spektrum, hasilnya seperti yang terlihat pada bagian bawah gambar K. (Gelfand, SA, 2016)



**Gambar 19.** Instrumentasi dan Contoh DPOAE. (Dikutip dari Gelfand, SA, 2016)

### 2.5.5.2 Komponen OAE

Perlengkapan yang digunakan untuk pengukuran OAE 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 OAE yang diperiksa. Karakteristik dari perlengkapan OAE ditetapkan International Electrotechnical Commission Standar (IEC 60645-6- 2009). (Gelfand, SA, 2016)



Gambar 20. Instrumen OAE, a. tipe desktop; b. tipe hand-held. (Dikutip dari Gelfand, SA, 2016)

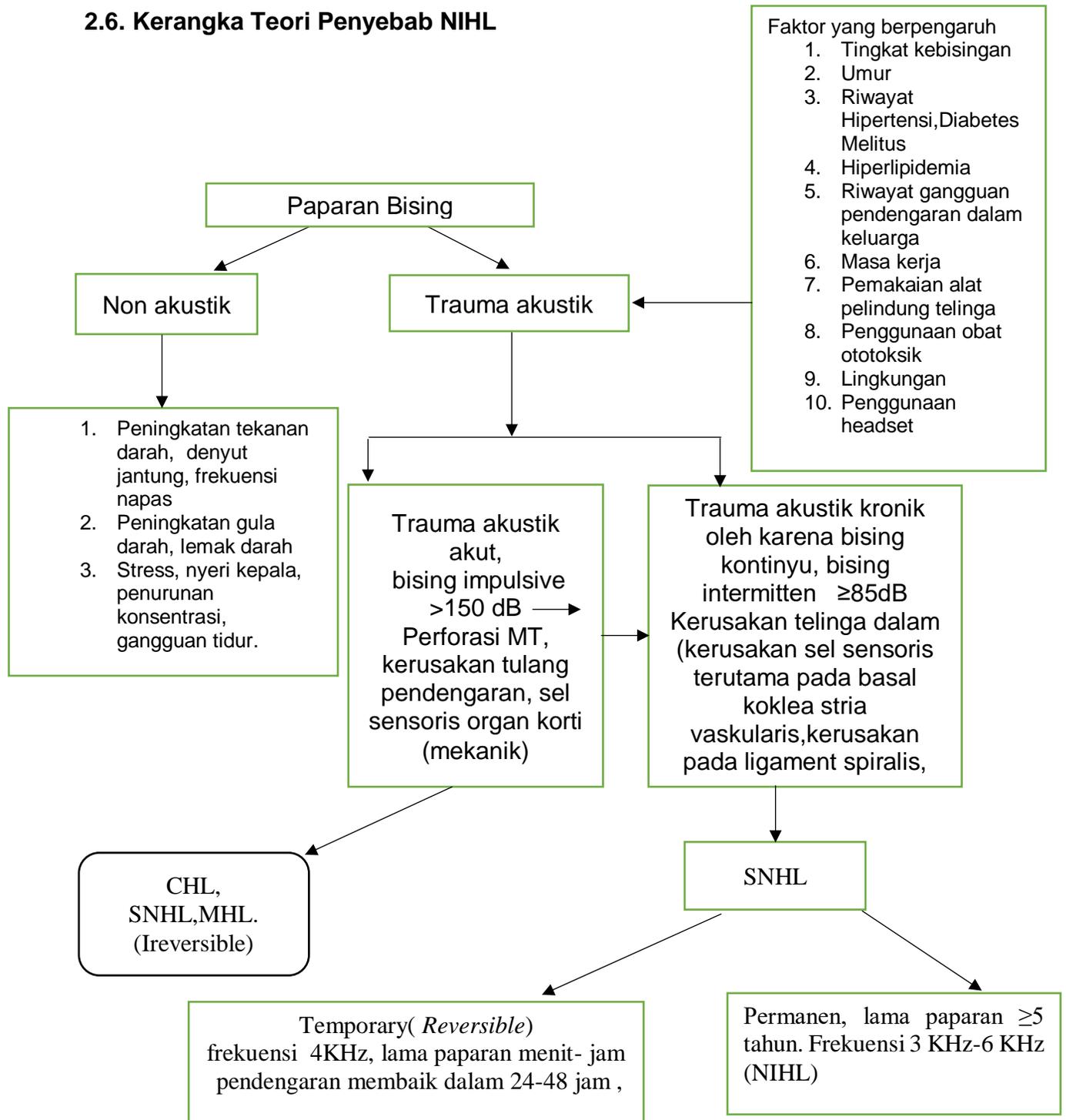
### 2.5.5.3 Penggunaan OAE

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

- a. OAE 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 OAE.
- b. OAE membantu untuk membedakan ketulian koklear atau retrokoklear. Pada lesi koklear hasil OAE tidak muncul, misalnya pada gangguan pendengaran dan ketulian sensorineural karena ototoksik, OAE dapat mendeteksi efek ototoksik lebih awal daripada *pure tone audiometri*.

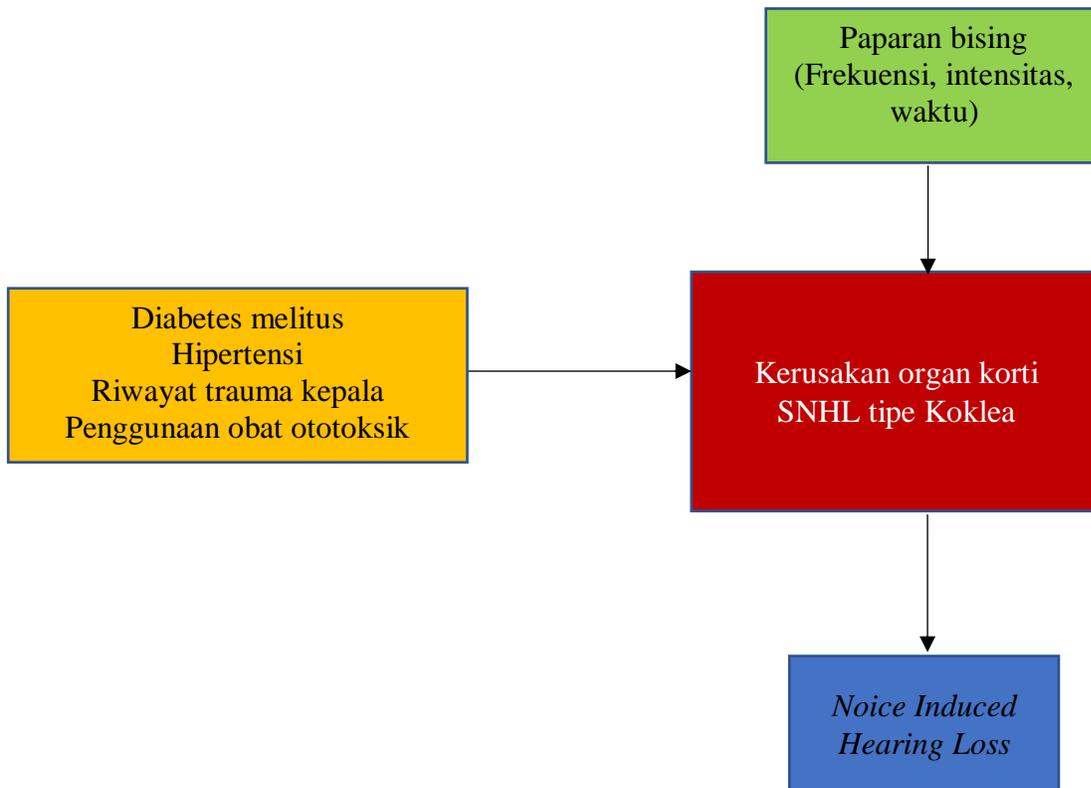
- c. OAE juga membantu untuk mendiagnosis kelainan retrokoklear, terutama neuropati auditorius. Neuropati auditorius merupakan kelainan neurologis dari CN VIII. Tes audiometri, seperti SNHL untuk *pure tones*, *score speech discrimination* yang tidak sesuai, tidak ada atau abnormalnya respon dari pemeriksaan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

## 2.6. Kerangka Teori Penyebab NIHL



**Gambar 21.** Kerangka Teori mengacu pada (National Safety Council, 2010), (Agrawal & Schindler, 2008 ; Dobie, 2014), (Bashiruddin J dan Indro S.; 2012. Salawati L, 2013)

## 2.7. Kerangka Konsep



**Gambar 22.** Kerangka konsep

