

**FAKTOR RISIKO YANG MEMPENGARUHI AMBANG
DENGAR TEKNISI SKADRON UDARA 11 TNI AU
LANUD HASANUDDIN, MAKASSAR**

*THE INFLUENCED OF RISK FACTORS HEARING
THRESHOLD IN AIR SQUADRON TECHNICIAN OF 11Th
INDONESIA AIRFORCE AT HASANUDDIN AIRBASE,
MAKASSAR*

IDA BAGUS SURYA PUTRA MANUABA



PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR

2008

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Ida Bagus Surya Putra Manuaba
Nomer mahasiswa : P1507204074
Program studi : Biomedik
Konsentrasi : Combined Degree-PPDS THT-KL

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, November 2008

Yang menyatakan

Ida Bagus Surya Putra Manuaba

ABSTRAK

IDA BAGUS SURYA PUTRA MANUABA. Faktor Risiko yang Mempengaruhi Ambang Dengar Teknisi Skadron Udara 11 TNI AU Lanud Hasanuddin, Makassar (dibimbing oleh Abdul Kadir, Linda Kodrat dan Burhanuddin Bahar)

Pengaruh kebisingan terhadap kesehatan adalah ketulian sensorineural progresif dan permanen, tergantung beberapa faktor : kerentanan individu, lama pajanan, jarak sumber bising, penggunaan alat pelindung telinga dan intensitas bising. Salah satu profesi berisiko tinggi menderita *Noise Induced Hearing Loss* adalah yang bekerja di pangkalan udara, penelitian tentang hubungan faktor yang mempengaruhi ambang pendengaran pada teknisi Skadron udara 11 perlu dilakukan. Studi observasional secara cross sectional dilakukan, untuk menilai pengaruh umur, lama kerja, penggunaan alat pelindung telinga serta lama terpajan bising terhadap ambang pendengaran pada 90 teknisi Skadron Udara 11 TNI AU Lanud Hasanuddin dengan pemeriksaan audiometri nada murni (merk Nagashima MT-4), diharapkan memberi informasi faktor yang mengakibatkan penurunan ambang pendengaran akibat terpajan bising berlebihan agar pola kebijakan dapat ditetapkan dalam upaya pencegahan penurunan ambang pendengaran teknisi Skadron Udara 11 TNI AU. Hasil penelitian, umur, lama kerja, alat pelindung telinga, dan lama pajanan bising merupakan faktor risiko yang berpengaruh terhadap penurunan ambang pendengaran teknisi Skadron Udara 11. Uji statistik *Spearman's Rho* menunjukkan hubungan bermakna antara umur, lama kerja, alat pelindung telinga dan lama terpajan bising terhadap penurunan ambang pendengaran pada teknisi Skadron Udara 11 TNI AU Lanud Hasanuddin.

ABSTRACT

IDA BAGUS SURYA PUTRA MANUABA. *The Influenced of Risk Factors Hearing Threshold In Air Squadron Technician of 11th Indonesia Airforce at Hasanuddin Airbase, Makassar* (supervised by Abdul Kadir, Linda Kodrat and Burhanuddin Bahar)

The main impact of noise on health are progressive and permanent sensorineural hearing loss, in depends on several factors such as individual fragility, exposure length of time, distance from source, the used of ear protection tool, and noise intency. One of occupations that has high risk to have noise induced hearing loss is they who works in airbase, for that reason is necessary to do a study about hearing threshold and the relation between factors that involve in air squadron technician hearing threshold values. A observational cross sectional study has been done to observe the role of age, working hours, exposure length of time, and the used of ear protection tool to reduce of hearing threshold values in 90 air squadron technician of 11th Indonesia airforce at hasanuddin airbase, makassar with Pure Tone Audiometri test (Nagashima MT-4) hope this study can give information about factors that can cause reduce of hearing threshold values because of high noise exposure and they can make a policy to prevent the reduce of hearing threshold values for air squadron technician of 11th Indonesia airforce at hasanuddin airbase. The study show age, working hours, ear protection tools, noise exposure legth of time, are the risk factors that involve in reduce hearing threshold values in air squadron technician. Statistic Spearman's Rho test shows there is a significant relation between age, hours working, exposure legth of time, the used of ear protection tools, and the reduce of hearing threshold in high frequency on air squadron technician of 11th Indonesia airforce at hasanuddin airbase.

**FAKTOR RISIKO YANG MEMPENGARUHI AMBANG
DENGAR TEKNISI SKADRON UDARA 11 TNI AU
LANUD HASANUDDIN, MAKASSAR**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Biomedik- Pendidikan Dokter Spesialis Terpadu THT-KL

Disusun dan diajukan oleh

IDA BAGUS SURYA PUTRA MANUABA

Kepada

PROGRAM PASCASARJANA

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2008

PRAKATA

Om Swastiastu,

Segala puji dan syukur kami panjatkan kehadapan Ida Sang Hyang Widhi Wasa, Tuhan Yang Maha Kuasa atas rahmatNya sehingga karya tulis ini dapat saya selesaikan.

Tulisan ini disusun sebagai tugas akhir dalam Program Studi Kedokteran Spesialis Terpadu Pasca Sarjana Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

Berkat bantuan, bimbingan serta dorongan berbagai pihak, pada kesempatan ini saya menyampaikan terima kasih yang tulus dan sedalam-dalamnya kepada Ketua Bagian Ilmu Kesehatan THT-KL, Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, Dr.dr.Sutji Pratiwi Rahardjo,Sp.THT-KL(K) serta kepada dr.Abdul Kadir, Ph.D, Sp.THT-KL(K),MARS, dr.Linda Kodrat,Sp.THT-KL dan Dr.dr.Burhanuddin Bahar,MS selaku pembimbing penelitian ini yang telah memberikan dorongan dan semangat, sejak penyusunan konsep, pelaksanaan hingga selesainya penulisan karya tulis akhir ini.

Terima kasih dan hormat yang tak terhingga juga kami sampaikan kepada Prof.dr.R.Sedjawidada,Sp.THT-KL(K), Dr.dr.Abdul Qadar Punagi,Sp.THT-KL, dr.F.G.Kuhuwael, Sp.THT-KL(K), dr.Eryadi Djamzuli, Sp.THT-KL, dr.Aminuddin Azis,Sp.THT-KL,MARS, dr.H.A.Baso Sulaeman,Sp.THT-KL,MARS, dr.Riskiana Djamin,Sp.THT-KL, dr.Nani Iriani Djufri,Sp.THT-KL, dr.Eka Savitri, Sp.THT-KL, dr.Amsyar Akil,Sp.THT-KL, dr.Nova A.L. Pieter,Sp.THT-KL dan dr.M.Fajar Perkasa,Sp.THT-KL. yang telah mendidik dan membimbing saya selama pendidikan sampai pada penelitian dan penulisan karya akhir ini selesai.

Pada kesempatan ini pula, saya menyampaikan terima kasih kepada :

1. Marsekal Muda TNI Ida Bagus Alit Sanubari, Panglima Komando Operasi AU II Makassar yang memberikan ijin penelitian di Pangkalan Udara Hasanuddin utamanya Skadron Udara 11 TNI AU Makassar.
2. Marsekal Pertama TNI Ida Bagus Putu Dunia, Komandan Pangkalan Udara Hasanuddin, Makassar yang memberikan ijin penelitian di Pangkalan Udara Hasanuddin utamanya Skadron Udara 11 TNI AU Makassar.
3. Komandan Skadron Udara 11 TNI AU Makassar beserta staf yang memberikan ijin penelitian di Skadron Udara 11 TNI AU Makassar.
4. Karumkit TNI AU beserta staf yang memberikan kesempatan dan membantu selama proses penelitian berlangsung.
5. Kapten dr.Agus Sukamto, selaku dokter Skadron Udara 11 TNI AU Makassar yang banyak memberikan bantuan dan kesempatan selama proses penelitian berlangsung dan Anggota Skadron Udara 11 TNI AU Makassar yang telah bersedia mengikuti pemeriksaan sampai penelitian ini selesai.
6. Seluruh senior dan teman sejawat Peserta Program pendidikan Dokter Spesialis-1 Ilmu Kesehatan THT-KL Fakultas kedokteran Universitas Hasanuddin atas bantuan dan kerjasamanya yang terjalin selama pendidikan saya.
7. Seluruh paramedis dan non medis di Bagian THT RS Dr.Wahidin Sudirohusodo, RSUD Labuang Baji, RSAD Pelamonia, RS Mitra Husada, RS Ibnu Sina, BKMM Makassar, RS Jumpandang Baru, dan RS Jaury Jusuf Putra-Akademis,Makassar.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian karya tulis ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Rasa cinta, hormat yang setinggi-tingginya kepada Aji dan ibu, Prof.dr.Ida Bagus Gde Manuaba,Sp.OG (K) dan drg.Desak Made Putri,M.S dengan kasih, pengertian dan doa sehingga pendidikan ini saya selesaikan dengan baik. Begitu pula mertua saya Ida Bagus Weda Asmara dan Ida Ayu Ari, serta istri terkasih dr.Ida Ayu Sri Kusuma Dewi Manuaba serta kedua ananda tercinta Ida Ayu Santhi Pertiwi Manuaba dan Ida Bagus Kusuma Putra Manuaba, juga untuk ketiga kakak saya dr.Ida Bagus Gede Fajar Manuaba,Sp.OG, dr.Ida Ayu Chandranita Manuaba,Sp.OG, dr. Ida Ayu Ratih Wulansari Manuaba,Sp.PD, serta keluarga besar Manuaba yang telah dan selalu memberikan doa, semangat, dalam keadaan apapun dengan penuh kasih sayang, ketulusan, kesabaran, selama saya mengikuti pendidikan ini.

Tidak lupa saya sampaikan terima kasih kepada keluarga dr.Gilbert Koewagem yang memberikan perhatian dan kasih sayang kepada saya selama pendidikan saya ini.

Saya menyadari bahwa penulisan karya akhir ini mempunyai keterbatasan dan kekurangan oleh karenanya saran dan kritik yang bertujuan untuk menyempurnakan karya akhir ini saya terima dengan segala kerendahan hati.

Akhir kata saya mohon maaf atas segala kesalahan yang telah saya perbuat baik disengaja maupun tanpa disengaja kepada semua pihak, selama saya mengikuti pendidikan ini.

Semoga Ida Sang Hyang Widhi Wasa, Tuhan Yang Maha Esa melimpahkan AnugrahNya atas segala kebaikan yang telah diberikan kepada saya.

Om Santhi, Santhi, Santhi, Om

Makassar, November 2008

Ida Bagus Surya Putra Manuaba

DAFTAR ISI

PRAKATA	v
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	<i>ix</i>
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR DIAGRAM	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB PENDAHULUAN	1
1.1.	L
atar belakang masalah	1
1.2.	R
umusan masalah.	6
1.3.	T
ujuan penelitian	6
1.4.	M
anfaat penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Anatomi	8
2.2. Fisiologi pendengaran	11
2.3. Ketulian	12
2.4. Bising	13
2.5. Patofisiologi penurunan fungsi pendengaran akibat bising	19

BAB III KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS PENELITIAN	25
3.1. Kerangka konsep	25
3.2. Hipotesis penelitian	26
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	27
4.1. Desain penelitian	27
4.2. Tempat dan waktu penelitian	27
4.3. Populasi penelitian	27
4.4. Sampel dan cara pengambilan sampel	27
4.5. Kriteria subyek penelitian	28
4.6. Ijin penelitian dan Ethical Clearance	28
4.7. Cara penelitian	28
BAB V HASIL PENELITIAN	37
BAB VI PEMBAHASAN	49
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	57
KEPUSTAKAAN	60
LAMPIRAN	63

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	halaman
1. Formulir persetujuan penelitian	63
2. Kuisisioner penelitian dan lembaran audiogram	66
3. Dokumentasi proses penelitian	70
4. Keterangan kelaikan etik (ethical clearance)	72

DAFTAR GAMBAR

Nomor	halaman
1. Anatomi Telinga Dalam	11
2. Proses penelitian	70
3. Proses penelitian	71

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	keterangan
ABD	Alat Bantu Dengar
ANM	Audiometri Nada Murni
CTS	Compound Threshold Shift
dB	decibel
Frek.	Frekuensi
Hz	Hertz
KSS	Kanalis semisirkularis
Lanud	Pangkalan Udara
NIHL	Noise Induced hearing loss
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
PTS	Permanent Threshold Shift
PNIHL	Permanent Noise Induced hearing loss
P3ATA	Penurunan pendengaran Permanen akibat Trauma Akustik

TNI AU	Tentara Nasional Indonesia Angkatan Udara
TNI AD	Tentara Nasional Indonesia Angkatan Darat
TTS	Temporary Threshold Shift
WHO	World Health Organisation

DAFTAR TABEL

Nomor	halaman
1. Karakteristik sampel menurut umur dan lama kerja	37
2. Hasil Pengukuran Intensitas Bising pesawat Sukhoi skadron udara 11 Lanud Hasanuddin	38
3. Distribusi Nilai Ambang Pendengaran teknisi pesawat Skadron udara 11 TNI AU Lanud Hasanuddin	39
4. Penurunan Nilai Ambang Pendengaran teknisi pesawat Skadron udara 11 TNI AU Lanud Hasanuddin pada frekuensi 4000 Hz	40
5. Penurunan Nilai Ambang Pendengaran teknisi pesawat Skadron udara 11 TNI AU Lanud Hasanuddin pada frekuensi 4000 – 8000 Hz	41
6. Penurunan Nilai Ambang Pendengaran teknisi pesawat Skadron udara 11 TNI AU Lanud Hasanuddin dengan ketulian sensorineural	42
7. Distribusi Nilai Ambang Pendengaran teknisi pesawat Skadron udara 11 TNI AU Lanud Hasanuddin Berdasarkan umur	42
8. Distribusi Nilai Ambang Pendengaran teknisi pesawat Skadron udara 11 TNI AU Lanud Hasanuddin Berdasarkan Lama Kerja	43
9. Distribusi Nilai Ambang Pendengaran teknisi pesawat Skadron udara 11TNI AU Lanud Hasanuddin Berdasarkan Alat Pelindung Telinga yang digunakan	44
10. Distribusi Nilai Ambang Pendengaran teknisi pesawat Skadron udara 11 TNI AU Lanud Hasanuddin Berdasarkan Lama Terpapar bising	46
11. Hasil Analisis Statistik hubungan faktor risiko terhadap Nilai Ambang Pendengaran dengan Uji <i>Spearman's Rho</i>	

correlation

47

DAFTAR DIAGRAM

Nomer		Halaman
1.		D
	istribusi karakteristik sampel penelitian berdasarkan Umur	38
2.		D
	istribusi karakteristik sampel penelitian berdasarkan lama kerja	38
3.		D
	istribusi Gambaran Nilai Ambang Pendengaran	40
4.	Distribusi Gambaran Nilai Ambang Pendengaran Berdasarkan Umur	43
5.		D
	istribusi Gambaran Nilai Ambang Pendengaran Berdasarkan Lama Kerja	44
6.	Distribusi Gambaran Nilai Ambang Pendengaran Berdasarkan penggunaan alat pelindung telinga	45
7.	Distribusi Gambaran Nilai Ambang Pendengaran Berdasarkan Lama Terpapar Bising	47

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

Bising adalah campuran bunyi dengan berbagai frekuensi dan intensitas, yang tidak dikehendaki oleh yang mendengarnya (Hefler. 1992). Di negara-negara industri, bising merupakan masalah utama kesehatan kerja. Kemajuan peradaban telah menggeser perkembangan industri ke arah penggunaan mesin-mesin, alat transportasi berat dan lain sebagainya. Akibatnya kebisingan makin dirasakan mengganggu dan dapat memberikan dampak pada kesehatan (Arifiani N, 2004; Bashiruddin J, 2003).

Suara keras atau bising pada waktu lama akan menyebabkan kelelahan telinga (*fatigue*) sehingga mengakibatkan sensitifitas persepsi menurun dan bila lebih lama akan menyebabkan adaptasi dan pemulihan menjadi sangat lambat dan lama. Bila suara keras atau bising tersebut tidak dapat diadaptasi, maka proses kelelahan akan terus terjadi dan akan menjadi menetap (Arifiani N, 2004; Bashiruddin J 2003; Balley, 1998; Chadwick, D. 1989).

Menurut WHO (1995), diperkirakan hampir 14% dari total tenaga kerja negara industri terpajan bising melebihi 90 dB di tempat kerjanya. Diperkirakan lebih dari 20 juta orang di Amerika terpajan bising 85 dB atau lebih. Di Indonesia, di pabrik peleburan besi baja prevalensi NIHL 31,55% pada tingkat pajanan kebisingan 85-105 dB (Sundari,1997). Di perusahaan Plywood di Tangerang, prevalensi NIHL 31,81% dengan pajanan kebisingan 86,1-108,2 dB (Lusianawaty). Penelitian Zuldidzaan (1995) pada awak pesawat helicopter TNI AU dan AD mendapatkan pajanan bising antara 86-117 dB dengan prevalensi NIHL 27,16% (Tana L, Halim S, Ghani L, 2002; Roestam AW, 2004; Soemanegara R, 1989; Oedono, RMT. 1998).

Dari gambaran berikut maka pajanan bising terus menerus lebih dari 90 dB akan menyebabkan suatu *noise damage* yang disebut *Noise Induced Hearing loss* (NIHL), yaitu bila sumber bunyi tersebut keras dan berlangsung lama. Pengaruh diluar pendengaran adalah gangguan psikologis seperti gangguan tidur dan gangguan kenyamanan pendengaran. Pengaruh utama kebisingan terhadap kesehatan adalah kerusakan indera pendengaran yang menimbulkan ketulian sensorineural yang progresif, trauma akustik, tinitus, rekrutmen dan gangguan diskriminasi (Balley, 1998; Chadwick, D. 1989).

Menurut Eka Savitri, 2000, peningkatan nilai ambang pendengaran yang bermakna dapat terjadi pada karyawan PT.INCO yang bekerja lebih dari 10 tahun pada lingkungan bising lebih dari 85 dB.

Menurut Didiet Setioboedi, 2002, terdapat hubungan antara lama kerja dengan kejadian penurunan pendengaran permanen akibat trauma akustik maupun ketulian pada peserta latihan tembak Brimob POLDA Sulawesi selatan, dimana semakin lama lama kerja semakin banyak mengalami penurunan pendengaran permanen akibat trauma akustik.

Menurut Rodrigo Limmon, 2003, terjadi perubahan temporer berupa peningkatan ambang pendengaran pada semua frekuensi pendengaran sekitar 7,3 dB pada karyawan diskotik di Makassar yang mendapat pajanan bising.

Pengaruh bising terhadap kesehatan manusia tergantung pada beberapa faktor antara lain kerentanan individu, lamanya pajanan 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, Adkins,WY. 1993; Cooper JC ,1984)

Salah satu profesi yang beresiko tinggi menderita *Noise Induced Hearing loss* adalah mereka yang bekerja di pangkalan udara, salah satunya teknisi Skadron Udara 11 TNI AU Lanud Hasanuddin yang selalu berada di lingkungan pangkalan udara yang rutin harus melakukan pemeriksaan dan pemeliharaan terhadap pesawat tempur yang akan tinggal landas maupun mendarat, dimana beresiko mengalami penurunan

ambang pendengaran akibat bising pesawat (Marc Raynal, Michel Kossowski, Agnes Job, 2006).

Keberadaan Skadron Udara 11 di Lanud Hasanuddin diawali dengan datangnya pesawat F-16 ke Indonesia. Pesawat A-4E Skyhawk buatan Amerika dengan mesin single turbo jet mulai beroperasi dibawah Skadron Udara 11 pada akhir tahun 1980 sebagai pesawat tempur taktis. Dan pada tanggal 20 September 2003 bertambah 4 pesawat Sukhoi buatan Rusia dengan mesin double turbo jet yang melengkapi kekuatan armada TNI-AU dengan komposisi 2 pesawat Sukhoi tipe 27SK (single seater) dan 2 pesawat Sukhoi tipe 30MK (double seater) yang menggantikan pesawat A-4E Skyhawk sampai sekarang (Sanubari IB., Sumarno T.Putu Dunia IB.,Rudy T,Isbandi,Anggoro,Sutejo,dkk,2003).

Pada awalnya, penurunan ambang pendengaran akibat bising (bunyi pesawat) tersebut tidak dikeluhkan oleh teknisi yang terpajan bising tetapi pada pemeriksaan audiometri dapat ditemukan penurunan nilai ambang pendengaran terutama pada frekuensi 4000 Hz dan bersifat sensorineural. Bila pajanan bising berlangsung terus menerus dalam kurun waktu yang lama, maka penurunan nilai ambang pendengaran dapat meluas ke frekuensi yang lebih rendah dan atau frekuensi yang lebih tinggi (Tana L, Halim S, Ghani L, 2002; Sindhusakti JS, 2001).

Menurut NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*) 1996, program pencegahan yang dapat dilakukan untuk mengantisipasi penurunan ambang pendengaran akibat trauma akustik antara lain :

1. Monitoring pajanan bising
2. Kontrol *engineering* dan administrasi
3. Evaluasi audiometri
4. Penggunaan alat pelindung diri
5. Pendidikan dan motivasi
6. Evaluasi program
7. Audit program

Pangkalan Udara Hasanuddin merupakan tempat dengan tingkat kebisingan yang tinggi, yang dihasilkan oleh bunyi pesawat udara. Banyak faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya penurunan ambang pendengaran akibat bising, untuk itu perlu diketahui **bagaimana hubungan faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya penurunan ambang pendengaran akibat bising**, sehubungan dengan hal tersebut, maka penelitian ini perlu dilakukan (Osguthorpe, JD. 1988; Chambel 2003; Kathleen C. M. Campbell, 2005).

Penelitian yang menghubungkan penurunan ambang pendengaran dengan faktor yang mempengaruhinya telah banyak dilakukan pada industri dengan tingkat kebisingan yang tinggi, namun penelitian pada

teknisi pesawat tempur TNI AU belum pernah dilakukan terutama di Pangkalan Udara Hassanuddin, Makassar.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dalam latar belakang masalah berikutnya maka dapat dirumuskan pertanyaan penelitian sebagai berikut : **“Bagaimana pengaruh tingkat kebisingan pesawat tempur Skadron Udara 11 TNI AU yang dapat mengakibatkan penurunan ambang pendengaran?”**

I. 3. Tujuan Penelitian

I.3.1. Tujuan Umum :

Menilai ambang pendengaran dan hubungan faktor-faktor yang mempengaruhi nilai ambang pendengaran tersebut, pada petugas teknisi Skadron Udara 11 TNI AU yang bekerja di lingkungan pangkalan udara dan secara periodik melakukan pemeriksaan dan pemeliharaan terhadap pesawat yang akan tinggal landas maupun mendarat yang berada di lingkungan Lanud Hasanuddin.

I.3.2. Tujuan Khusus:

1. Mengukur nilai ambang pendengaran pada teknisi pesawat Skadron Udara 11 TNI AU Lanud Hasanuddin .
2. Menilai hubungan umur terhadap penurunan ambang pendengaran pada teknisi pesawat Skadron Udara 11 TNI AU Lanud Hasanuddin .
3. Menilai hubungan lama kerja terhadap penurunan ambang pendengaran pada teknisi pesawat Skadron Udara 11 TNI AU Lanud Hasanuddin .

4. Menilai hubungan penggunaan alat pelindung telinga terhadap penurunan ambang pendengaran pada teknisi pesawat Skadron Udara 11 TNI AU Lanud Hasanuddin .
5. Menilai hubungan lama terpajan bising terhadap penurunan ambang pendengaran pada teknisi pesawat Skadron Udara 11 TNI AU Lanud Hasanuddin.

I.4. Manfaat Penelitian

1. Untuk menambah khasanah ilmu pengetahuan khususnya neurootologi tentang pengaruh dan efek yang dapat ditimbulkan bahaya terpajan bising.
2. Memberikan masukan untuk melakukan pemeriksaan audiometri rutin tiap tahun terhadap petugas teknisi yang terpajan bising untuk mengetahui kondisi pendengarannya dan bila terjadi penurunan ambang pendengaran agar segera dilakukan evaluasi dan perencanaan tindak lanjutnya.
3. Memberikan Informasi faktor-faktor yang dapat mengakibatkan terjadi penurunan ambang pendengaran akibat terpajan bising yang berlebihan agar pola kebijakan dapat ditetapkan dalam upaya pencegahan penurunan ambang pendengaran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Anatomi Telinga Dalam

Bentuk telinga dalam sangat kompleks sehingga disebut "Labirin". Derivat vesikel otika pada embrio membentuk suatu rongga terpisah dari dunia luar yaitu labirin membran yang terisi endolimfe, yang merupakan satu-satunya cairan ekstraseluler dalam tubuh yang tinggi kadar kaliumnya dan rendah natriumnya. Labirin membran dikelilingi oleh cairan perilimfe (tinggi natrium, rendah kalium) yang terdapat dalam kapsula bertulang yang disebut Labirin Osseus. Labirin Osseus dan Labirin Membran memiliki bagian vestibuler dan bagian kokhlea. Bagian vestibuler (pars superior) berkaitan dengan faal keseimbangan, sementara bagian kokhlea (pars inferior) merupakan organ pendengaran kita (Bailey BJ 1998; Adams GL, Boies LR, Higler PA 1987).

Kokhlea melingkar secara spiral seperti rumah siput dengan dua setengah putaran. Aksis dari spiral tersebut dikenal sebagai modiolus, berisi berkas ganglion spiralis corti dan suplai arteri dari arteri vertebralis. Serabut saraf kemudian berjalan menerobos suatu lamina tulang yaitu lamina spiralis osseus, untuk mencapai sel-sel sensorik organ corti yang disebut "*Hair cells*". Rongga kokhlea osseus terbagi menjadi tiga bagian

oleh duktus kokhlearis yang panjangnya 35 mm dan berisi endolimfe. Bagian atasnya adalah skala vestibuli, berisi perilimfe dan dipisahkan dari duktus kokhlearis oleh membrana Reissner yang tipis. Bagian bawahnya adalah skala tympani juga mengandung perilimfe dan dipisahkan dari duktus kokhlearis oleh lamina spiralis osseus dan membrana basilaris. Perilimfe pada dua skala berhubungan pada apeks kokhlea spiralis, tepat setelah ujung buntu duktus kokhlearis melalui suatu celah yang dikenal sebagai helikotrema. Membrana basilaris sempit pada basis kokhlea sesuai untuk nada tinggi dan melebar pada apeks untuk nada rendah (Bailey BJ 1998).

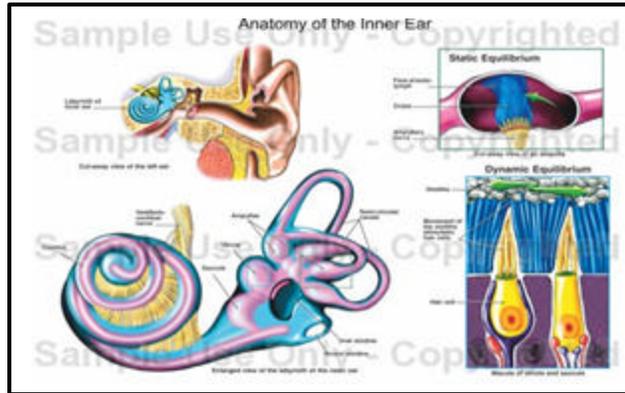
Organ corti terletak diatas membrana basilaris dari basis ke apeks, yang mengandung sel sensoris pendengaran. Untuk satu kokhlea, jumlah sel rambut dalam kurang lebih 3000 dan sel rambut luar kurang lebih 12000. Sel-sel ini menggantung lewat lubang-lubang lengan horizontal dari suatu jungkat-jungkit yang dibentuk oleh sel-sel penyokong (Ganong, WF. 2001).

Ujung saraf aferen dan eferen menempel pada ujung bawah sel rambut. Pada bagian permukaan sel-sel rambut terdapat stereosilia yang tertanam pada suatu membrane diatasnya yang cenderung datar, bersifat gelatinosa dan aseluler, dikenal sebagai membrana tektoria. Membrana tektoria disekresi dan disokong oleh limbus yang terletak di medial (Ganong, WF. 2001).

Bagian keseimbangan telinga dalam terdiri dari vestibulum (sakulus, utrikulus) dan kanalis semisirkularis (KSS anterior, posterior, lateral). Utrikulus dan sakulus mengandung makula yang terdapat sel rambut sensoris. Selapis Gelatinosa menutupi sel rambut, sehingga siliannya tertanam (Ganong, WF. 2001).

Pada lapisan gelatinosa ini terdapat otolit yaitu kristal kalsium yang bentuknya khas dengan berat jenis yang lebih besar daripada endolimfe. Karena otolit merupakan bentuk gelatinosa dan selanjutnya akan membengkokkan silia sel-sel rambut sehingga menimbulkan rangsangan pada sel reseptor (Bailey BJ 1998).

Sakulus dihubungkan dengan utrikulus melalui suatu duktus sempit yaitu Duktus Reuniens, kemudian dihubungkan dengan duktus endolimfatik menuju saku endolimfatikus. Makula utrikulus letaknya tegak lurus terhadap makula sakulus. Aliran ketiga kanalis semisirkularis bermuara pada utrikulus. Masing-masing kanalis mempunyai satu ujung yang melebar membentuk ampula dan mengandung sel-sel rambut Krista. Sel-sel rambut menonjol pada suatu kupula gelatinosa. Gerakan endolimfe dalam kanalis semisirkularis akan menggerakkan kupula yang selanjutnya akan membengkokkan silia sel-sel rambut krista dan merangsang sel reseptor pada sel reseptor krista ampularis (Bailey BJ 1998).



Gambar.1. Anatomi Telinga Dalam (Mills,JH., Adkins,WY. 1993)

II.2. Fisiologi Pendengaran

Bunyi yang dihantarkan melalui udara akan mencapai aurikulum, selanjutnya melalui meatus akustikus eksternus dan menggetarkan membran timpani. Selanjutnya getaran bunyi akan melalui media padat yaitu ossikula auditiva. Dalam perjalanannya getaran bunyi akan mengalami perkuatan melalui efek pengungkit rantai ossikula yang memberikan kekuatan sebesar 1,3 kali dan efek hidrolik membran timpani sebesar 17 kali. Perkuatan bunyi ini diperlukan agar bunyi mampu merambat terus ke perilimfe. Getaran bunyi yang telah diperkuat selanjutnya menggerakkan stapes yang persis menutupi membran foramen ovale. Dorongan kearah perilimfe mengakibatkan membran sekundaria terdorong keluar dan sebaliknya. Pada frekuensi sonik gerakan perilimfe dalam skala vestibuli juga menyebabkan gerakan langsung kearah skala media dan menekan membrana basilaris. Gerakan membrana basilaris akan menyebabkan gesekan membrana tektoria terhadap rambut-rambut sel sensoris. Pergerakan sel rambut tadi akan mengalami perubahan

kimawi yang akhirnya menghasilkan listrik biologik pada dinding sel. Ujung-ujung saraf VIII yang menempel pada dasar sel sensorik menimbulkan impuls. Selanjutnya impuls diteruskan ke ganglion spiralis corti, N. VIII, Nukleus kokhlearis di medula oblongata, kolikulus inferior, korpus genikulatum medial dan sampai pada kortek auditorius pada lobus temporalis serebri (Mills, JH., Adkins, WY. 1993).

II.3. Ketulian

a. Pengertian Ketulian

Ketulian berarti menurunnya ambang pendengaran seseorang dibanding orang normal. Dalam penelitian ini yang dimaksud dengan ketulian disamakan dengan ditulis dalam buku-buku sebagai "*Deafness*" atau "*Hearing loss*" yaitu kurang pendengaran atau gangguan pendengaran, yang masih dapat dipakai berkomunikasi dengan atau tanpa bantuan alat (Bailey BJ 1998; Dhingra 1998).

b. Jenis-jenis Ketulian

Pada garis besarnya ketulian terdiri dari tuli konduktif, tuli sensorineural, dan tuli campuran. Tuli konduktif disebabkan oleh kerusakan pada sistem konduksi dalam telinga, yaitu pada meatus akustikus eksternus, membran timpani, tulang-tulang pendengaran, dan cavum timpani. Ketulian jenis ini prognosisnya adalah relatif lebih baik. Tuli sensorineural, yang disebabkan oleh kerusakan pada organ corti, saraf pendengaran (N.VIII) dan atau pusat pendengaran di otak. Prognosis untuk kembalinya pendengaran adalah jelek, sebab hanya

dapat ditolong dengan pemakaian alat bantu dengar (ABD) atau implant kokhlea. Tuli campuran merupakan kombinasi antara kedua jenis ketulian tersebut diatas, yaitu disebabkan oleh kerusakan pada sistem konduksi maupun sistem sensorineural (Bailey BJ 1998).

c. Derajat Ketulian

Derajat ketulian atau kuantitas ketulian dapat diukur dengan audiometer. Derajat ketulian ditentukan dengan membandingkan rata-rata kehilangan intensitas pendengaran pada frekuensi percakapan terhadap skala I.S.O. 1964 sebagai berikut :

Derajat Pendengaran	Kehilangan Pendengaran
Normal	-10 sampai 26 dB
Tuli ringan	27 sampai 40 dB
Tuli sedang	41 sampai 55 dB
Tuli sedang berat	56 sampai 70 dB
Tuli berat	71 sampai 90 dB
Tuli total	lebih dari 90 dB

II.4. Bising

a. Definisi Bising

- a. Bising adalah suara apapun yang tidak dikehendaki oleh yang mendengarnya.

- b. Bising adalah suara yang disebabkan oleh gelombang akustik dengan intensitas dan frekuensi yang acak.
- c. Bising adalah suara yang mengganggu.
- d. Bising adalah campuran bunyi dengan berbagai frekuensi dan intensitasnya yang tidak dikehendaki oleh yang mendengarnya (Hefler. 1992). Bising mempunyai konotasi fisik, fisiologik, dan psikologik. Secara fisik bising merupakan bunyi yang kompleks dan tanpa periodisitas. Namun bising ini dapat diukur dan dianalisa sifatnya. Secara fisiologik bising merupakan, signal yang tidak memberi informasi, intensitasnya bervariasi dalam satu saat. Secara psikologik, bising ialah bunyi yang tidak menyenangkan dan tidak disukai.

b. Klasifikasi bising

Menurut sumbernya diantaranya dikenal : (Hefler, 1992)

- a. Bising lalu lintas jalan raya
- b. Bising pesawat udara yang mendarat dan tinggal landas
- c. Bising industri
- d. Bising mesin cuci pakaian
- e. Bising oleh musik disko
- f. Bising ledakan petasan, amunisi

Menurut intensitasnya dapat dikemukakan contoh-contoh :

- g. Bising jalan raya yang ramai 80 dB
- h. Klakson mobil 100 dB

i. Deru pesawat jet 120 dB

Menurut irama dan frekuensinya dapat digolongkan sebagai berikut:

- j. Bising kontinyu adalah kebisingan dengan waktu interval yang kurang dari satu detik
- k. Bising intermitten adalah bising yang tidak terus menerus dimana derajat bising dapat menurun sampai derajat rendah atau tidak berbahaya antara masa-masa pajanan bising berbahaya.
- l. Bising impulsif atau impacted adalah kebisingan dengan waktu interval maksimum lebih dari satu detik biasanya berupa ledakan.

c. Pengaruh bising

Dampak stimulasi bising (*Auditory effects*) adalah :

1. Adaptasi
2. Penurunan ambang dengar temporer (TTS)
3. Penurunan ambang dengar permanen (PTS)

Adaptasi merupakan fenomena yang segera terjadi, ketika bunyi sampai ke telinga dan meninggikan ambang dengar. Bila bunyi itu dilanjutkan, maka terjadi kelelahan auditorik dan terjadi kenaikan ambang dengar temporer. Transisi dari adaptasi ke kelelahan tampak penurunan aktifitas, sebagai akibat aktifitas organ sebelumnya. Derajat kelelahan bertambah secara progresif, sesuai dengan intensitas dan lama

rangsangan. Kelelahan fisiologik yang berlangsung lebih dari satu menit dan dapat kembali normal setelah beristirahat kurang dari 16 jam merupakan kelelahan murni (Ligtenberg,V. 1982).

Apabila telinga normal terpajan bising pada intensitas yang merusak selama periode yang cukup lama, akan terjadi penurunan ambang pendengaran yang temporer, yang akan hilang setelah beristirahat 16 jam atau bahkan dapat sampai beberapa hari. Penurunan ambang dengar sementara merupakan fenomena yang fisiologik yang disebut sebagai Penurunan ambang dengar sementara (*Temporary Threshold Shift = TTS*) (Ligtenberg,V. 1982).

Bila waktu pajanannya lebih lama atau intensitasnya lebih besar, akan tercapai suatu tingkatan penurunan ambang yang tidak dapat kembali lagi ketinggian pendengaran semula. Keadaan ini disebut ketulian akibat bising atau penurunan ambang dengar permanen (*Permanen Threshold Shift = PTS*) atau Penurunan Pendengaran Permanen Akibat Trauma Akustik (P3ATA) (Ligtenberg,V. 1982; Bailey BJ 1998).

Penurunan ambang dengar yang disebabkan oleh bising pada awalnya sama sekali tidak dikeluhkan oleh penderita. Pada pemeriksaan audiometri memperlihatkan gambar audiogram yang biasanya menunjukkan penurunan nilai ambang pendengaran pada frekuensi 4000 Hz. Jika waktu pajanan lebih lama maka akan meluas ke frekuensi yang lebih rendah dan atau lebih tinggi (Ligtenberg,V. 1982; Bailey BJ 1998).

Pengaruh bising selain terhadap pendengaran dapat juga menyebabkan *non auditory effects* terutama pada pajanan yang dibawah 85 dB. Efek yang sering ditemukan adalah : (Ligtenberg,V. 1982; Bailey BJ 1998)

- a) Perasaan yang tidak enak, tidak menyenangkan.
- b) Mudah tersinggung.
- c) Palpitasi.
- d) Susah tidur.
- e) Peningkatan kadar adrenalin dalam darah.
- f) Konstriksi pembuluh darah.
- g) Peningkatan peristaltik lambung dan usus.

d. Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya penurunan ambang pendengaran akibat bising : (Ligtenberg,V. 1982; Bailey BJ 1998)

a. Intensitas bunyi

Bunyi yang berintensitas lebih dari 85 dB dapat menyebabkan kerusakan pada reseptor pendengaran yang terdapat di organ corti 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

Batasan waktu dan pajanan kebisingan (Ligtenberg, V. 1982)

<i>Intensitas bunyi (dB)</i>	<i>Jangka waktu pajanan/jam</i>
90	8
92	6
95	4
97	3
100	2
102	1,5
105	1
110	0,5
115	0,25 atau kurang

d. Lama kerja total

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

e. Kerentanan individu

Ini adalah faktor yang paling sulit diperkirakan sebelumnya. Sebagian orang yang bekerja pada suasana bising yang hebat mungkin mempunyai pendengaran yang cukup baik, namun orang lain yang bekerja pada suasana yang kurang bising dalam waktu singkat sudah mengalami kekurangan pendengaran yang cukup hebat.

f. Umur pekerja

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

g. Penyakit telinga yang ada

Telinga dengan kelainan konduktif kurang rentan terhadap bising.

h. Sifat lingkungan tempat bising yang ditimbulkan, Akustik ruangan memainkan peranan penting. Papan-papan yang berbunyi, ruangan yang bergema, dan dinding yang memantulkan akan memperkuat intensitas bising.

i. Jarak dari sumber bising.

j. Posisi telinga terhadap bising

II.5. Patofisiologi penurunan fungsi pendengaran akibat bising

Secara umum bising menimbulkan kerusakan di telinga dalam. Lesinya sangat bervariasi dari disosiasi organ Corti, membran basilaris pecah atau rusak, perubahan stereosilia dan organ subseluler. Bising juga menimbulkan efek pada sel ganglion, saraf, membran tektoria, pembuluh darah dan stria vaskularis. Adanya efek iskemia pada organ Corti setelah pajanan bising menyebabkan penurunan tekanan O_2 pada duktus koklearis. Pada keadaan anoksia ini akan terjadi kerusakan ireversibel pada sel-sel rambut (Lonsbury-Martin, BL., Martin, GK., Luebke, AE. 1996).

Jenis kerusakan pada struktur organ tertentu yang ditimbulkan tergantung pada intensitas, lama pajanan dan frekuensi. Penelitian dengan intensitas bunyi 120 dB dan kualitas bunyi nada murni sampai bising dengan waktu pajanan 1-4 jam menimbulkan beberapa tingkatan kerusakan sel rambut. Kerusakan juga dapat dijumpai pada sel penyangga, pembuluh darah dan serat saraf aferen. Kerusakan organ Corti berupa destruksi sel rambut dengan kerusakan terberat berada di bagian basal kokhlea. Hal ini sesuai dengan bagian kokhlea yang terdekat dengan oval window yang menerima bunyi dengan frekuensi tinggi. Kerusakan kokhlea akibat frekuensi dan intensitas tinggi terpusat pada frekuensi 4000 Hz, di mana keadaan ini sesuai dengan getaran terbesar pada membran basilaris dan organ Corti. Sekitar 10 mm dari oval window terdapat sel rambut yang mempunyai amplitudo paling besar dan menerima energi terbesar pada pajanan bising, yang disebut sebagai reseptor 4000 Hz. Karena hubungannya dengan serabut saraf sering juga disebut 4000 Hz *nerve fibers*. Tempat ini merupakan lokus minoris pada organ Corti (Bailey BJ 1998).

Kerusakan telinga akibat bunyi berlebihan disebut trauma akustik. Ditinjau dari kejadiannya, trauma akustik dibagi menjadi dua yaitu : (Lonsburry-Martin, BL., Martin, GK., Luebke, AE. 1996; Bailey BJ 1998)

II.5.1. Trauma Akustik Akut

Trauma akustik akut dalam beberapa kepustakaan dikenal sebagai "*acoustic trauma*". Merupakan ketulian permanen, segera, dan berat yang

diakibatkan oleh pajanan bising dalam intensitas tinggi (umumnya lebih dari 140 dB) dalam durasi singkat. Pajanan seperti ini dapat meregangkan jaringan telinga dalam yang rumit melewati batas ketahanannya dan merusaknya. Sel-sel sensorik organ corti dapat terlepas dari membrana basilaris, mengalami deteriorisasi dan seringkali ditemukan mengambang dalam skala media, dan selanjutnya kelak diganti oleh jaringan parut. Sel-sel sensorik yang oedem ditemukan pada sisi-sisi lesi dan tanda-tanda kerusakan tampak jelas pada serabut saraf tak bermielin organ corti. Dalam waktu singkat setelah terpajan, individu mengalami apa yang disebut "*Compound Threshold Shift (CTS)*" yang memberi gambaran bahwa ketulian memiliki komponen TTS dan PTS. Batas pendengaran secara parsial pulih dalam 1-2 minggu pasca pajanan. Pemulihan ini menunjukkan hilangnya TTS dan yang sisa adalah penurunan pendengaran sampai 60 dB pada satu atau lebih frekuensi tinggi.

Bila pada trauma akustik akut telinga dirusak secara mekanik, maka pada trauma akustik kronik lebih banyak berperan proses metabolik. Intensitas bising maksimum lebih berpengaruh daripada durasi pajanan. Bising dalam lingkungan yang mampu menyebabkan trauma akustik akut biasanya datang dari ledakan, seperti petasan yang diledakkan dekat telinga (170 dB), mainan pistol yang ditembakkan dekat telinga (155 dB) atau senapan berburu, tembakan pistol (160-170 dB). Sifat ketuliannya dapat bersifat tuli konduktif (bila terjadi ruptur membran timpani) tapi pada kerusakan kokhlea umumnya bersifat tuli campuran.

II.5.2.Trauma Akustik Kronik

Trauma akustik kronik, dalam beberapa kepustakaan dikenal sebagai "*Noise Induced Hearing Loss (NIHL)*", merupakan ketulian permanen bilateral, selaku tuli sensorineural yang diakibatkan oleh pajanan-pajanan bising dengan intensitas yang berbahaya dalam waktu lama. Kelainan patologik yang terdapat pada trauma akustik kronik adalah degenerasi sel sensorik organ corti, utamanya yang terletak pada lingkaran basal dari kokhlea. Sebagai gejala dini ialah menurunnya hantaran udara dan hantaran tulang pada frekuensi 4000 Hz. Meskipun pada kedua tipe sel rambut bisa mengalami degenerasi, namun sel rambut luar lebih sensitif terhadap bising yang lebih lama atau lebih kuat intensitasnya. Dengan pajanan bising yang lebih lama atau lebih kuat intensitasnya, terjadi kerusakan atau kehilangan sel rambut luar, sel rambut dalam dan sel penyokong yaitu pilar-pilar luar dan dalam. Sel rambut dan sel penyokong yang hilang dalam lesi fokal dapat meningkat secara perlahan mencapai 100% sel-sel diseluruh organ corti. Lesi dimana tidak ada lagi sel-sel organ corti yang bisa dikenali pada membran basilaris disebut "*OC Wipeout*". Akhirnya ganglion spiralis yang menginervasi bagian degeneratif organ corti secara progresif menghilang , termasuk bagian sentral yang membentuk bagian akustik N.VIII. Sekali sel-sel sensorik rusak maka tidak akan digantikan lagi. Selama masa pemulihan diantara beberapa pajanan bunyi, daerah organ corti yang rusak di sembuhkan dengan membentuk jaringan parut. Kenaikan ambang pendengaran yang

menetap dapat terjadi setelah 3,5 sampai 19 tahun terjadi pemajanan, ada yang mengatakan baru setelah 10-15 tahun setelah terjadi pemajanan. Penderita mungkin tidak menyadari bahwa pendengarannya telah berkurang dan baru diketahui setelah dilakukan pemeriksaan audiometri nada murni.

Faktor-faktor yang memudahkan ketulian pada trauma akustik kronik adalah :

1. Intensitas bising melebihi batas, yaitu diatas 85 dB.
2. Jangka waktu pajanan bising melampaui batas.

II.5.3.Perubahan histopatologi telinga akibat kebisingan

Perubahan histopatologi yang terjadi pada telinga akibat kebisingan adalah sebagai berikut : (Ligtenberg,V. 1982; Michael G 2007)

1. Kerusakan pada sel sensoris.

Pada pemeriksaan post mortem penderita dengan gangguan pendengaran akibat kebisingan, didapatkan degenerasi pada daerah basal dari duktus kokhlearis pada jarak 9-13 mm, dimana kerusakan sel-sel rambut luar dimulai pada jarak 9 mm, mencapai maksimal pada Jarak 11 mm dan kembali normal pada jarak 13 mm. Daerah basal membran ini memberi respon maksimal pada frekuensi 4000 Hz. Sel-sel sensoris ini metabolismenya sangat aktif, sehingga mudah sekali mengalami stres. Pada kebisingan akan terjadi peningkatan metabolisme yang diikuti peningkatan

endoplasmik retikulum dan pada stadium lanjut akan terjadi pembengkakan dan robekan dari sel.

2. Kerusakan pada stria vaskularis.

Suara dengan intensitas yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan stria vaskularis. Hal ini terjadi oleh karena penurunan bahkan penghentian aliran darah pada stria vaskularis dan ligamen spiralis sesudah terjadi rangsangan suara dengan intensitas tinggi sehingga diduga kerusakan pada sel sensoris adalah sekunder akibat kerusakan stria vaskularis.

3. Kerusakan pada serabut saraf dan ujung saraf.

Pada umumnya kerusakan serabut saraf dan ujung saraf merupakan akibat sekunder dari kerusakan sel-sel sensoris.

4. Kerusakan pada limbus spiralis, ligamen spiralis dan prominen spiralis.

II.5.4. Diagnosis banding Noise Induced Hearing Loss (NIHL)

Berbagai kelainan yang menimbulkan tuli neurosensoris dapat menjadi diagnosis banding NIHL, seperti tuli oleh karena obat ototoksik, presbiakusis, tuli saraf herediter, tuli karena kelainan metabolik, otosklerosis kokhlea, tuli saraf mendadak, tuli akibat kelainan/lesi di susunan saraf pusat, sindrom Meniere, neuroma akustik dan tuli organik (Bailey BJ 1998).