

**PENGARUH TINGKAT KEBISINGAN PESAWAT
HERKULES DAN HELIKOPTER TERHADAP
TERJADINYA GANGGUAN PENDENGARAN
PADA PENERBANG TNI AU**

TESIS

**Disusun untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Mencapai Derajat Spesialisasi I
Program Studi Ilmu Kesehatan Telinga Hidung Tenggorok Bedah Kepala Leher**



Oleh

Dewi Pratiwi

S9208002

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS I
ILMU KESEHATAN THT-KL FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET**

SURAKARTA
commit to user
2012

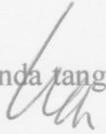
**PENGARUH TINGKAT KEBISINGAN PESAWAT
HERKULES DAN HELIKOPTER TERHADAP
TERJADINYA GANGGUAN PENDENGARAN
PADA PENERBANG TNI AU**

TESIS

Oleh

**Dewi Pratiwi
S9208002**

Dewan Pembimbing

Jabatan	Nama	Tanda tangan	Tanggal
Pembimbing I	Prof. Dr. dr. Harsono Salimo, Sp.A(K) NIP. 19441226 197310 1 001	
Pembimbing II	dr. Sudarman, Sp.THT-KL (K) NIP. 19450712 197610 1 001	

Telah dinyatakan memenuhi syarat
Pada tanggal.....2012

Mengetahui,

Ketua Program Studi PPDS I IK THT-KL FK UNS



dr. Sarwastuti Hendradewi, Sp THT-KL, Msi Med
NIP. 19651121 201001 2 001

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini, Peneliti :

Nama : Dewi Pratiwi

NIM : S9208002

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis yang berjudul **“Pengaruh Tingkat Kebisingan Pesawat Herkules dan Helikopter Terhadap Terjadinya Gangguan Pendengaran pada Penerbang TNI AU”** adalah betul-betul karya saya sendiri. Hal-hal yang bukan karya saya, dalam tesis tersebut diberi tanda *citasi* dan ditunjukkan dalam daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan tesis dan gelar yang saya peroleh dari tesis tersebut.

Surakarta, Oktober 2012

Yang Membuat Pernyataan

Dewi Pratiwi

DAFTAR RIWAYAT HIDUP**A. IDENTITAS**

Nama : Dr. DEWI PRATIWI
NIM : S9208002
Tempat/ Tanggal lahir : Jakarta, 15 Mei 1981
Agama : Kristen protestan
Jenis Kelamin : Perempuan

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. TK KUSUMA WIJAYA – Jakarta : Tahun 1986 - 1987
2. SDK LEMUEL – Jakarta : Tahun 1987 - 1993
3. SMP TARAKANITA I – Jakarta : Tahun 1993 - 1996
4. SMUN 8 – Jakarta : Tahun 1996 - 1999
5. FK UNPAD – Bandung : Tahun 1999 - 2006
6. PPDS I IK THT-KL FK UNS Surakarta : Januari 2008 - sekarang
7. Magister Kedokteran Keluarga Minat Biomedik Pascasarjana UNS : Januari 2008 - sekarang

C. RIWAYAT PEKERJAAN

1. Dokter di Unit Kesehatan Kementerian Negara Koperasi dan UKM Jakarta

D. RIWAYAT KELUARGA

1. NAMA ORANG TUA : HEDY SUPRAPTO
AGNES SRI SUMARNI, SE
2. NAMA SUAMI : LETTU KES. Dr ANDREAS CAHYO
NUGROHO

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan tesis ini, sebagai salah satu persyaratan dalam memperoleh gelar sebagai peserta Program Pendidikan Dokter Spesialis I Ilmu Kesehatan Telinga Hidung Tenggorok – Kepala Leher Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret/ RSUD dr. Moewardi Surakarta dan mencapai derajat Magister Kedokteran Keluarga Universitas Sebelas Maret.

Dengan segala kerendahan hati disadari bahwa tanpa bimbingan semua staf pendidik dan bantuan semua pihak yang terlibat, maka karya ilmiah ini tidak akan bisa diselesaikan. Terima kasih penulis sampaikan kepada Prof. Dr. Ravik Karsidi, Drs., MS, selaku rektor UNS, Prof. Dr. Ir. Ahmad Yunus M.S, selaku Direktur Program Studi Pascasarjana UNS dan Dr. Hari Wujoso, dr., SpF., M.M, selaku Ketua Program Studi Kedokteran Keluarga, Afiono Agung Prasetyo, dr., Ph.D., selaku Ketua Minat Ilmu Biomedik Program Pascasarjana, Ari Natalia Probandari, dr., MPH. PhD., yang telah memberikan kesempatan pada penulis untuk mengikuti pendidikan mencapai derajat Magister Kedokteran Keluarga di Program Pascasarjana UNS Surakarta.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktur RSUD dr. Moewardi, drg. Basuki Soetardjo, MMR dan Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Maret Surakarta Prof. Dr. Zaenal Arifin Adnan, dr.,
commit to user
SpPD KR-FINASIM.

Ucapan terima kasih yang tidak terhingga penulis sampaikan kepada Prof. Dr. dr. Harsono Salimo, SpA (K) dan dr. Sudarman, SpTHT-KL (K) selaku pembimbing, yang telah memberikan nasihat, dukungan dan bimbingan pada penyusunan tesis ini serta dr. Sarwastuti Hendradewi Sp THT-KL M.Kes, selaku Ketua Program Studi PPDS I Ilmu Kesehatan THT-KL Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret dan dr. Vicky Eko Nurcahyo H, Sp. THT-KL, M.Sc, selaku Sekretaris Program Studi PPDS I Ilmu Kesehatan THT-KL Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret yang telah memberi nasihat dan dukungan pada penelitian ini.

Kepada dr. Made Setiamika Sp THT-KL (K) serta dr. Djoko SS. Sp THT-KL(K), MBA, MARS, Msi, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya atas bimbingan selama penulis mengikuti pendidikan spesialisasi di bidang Ilmu Kesehatan THT-KL dan program Magister Kedokteran Keluarga.

Terima kasih penulis sampaikan kepada Prof. Dr. Bhisma Murti, dr. MPH, MSc, PhD atas bimbingan, perhatian dan kesediaannya meluangkan waktu serta masukan yang diberikan selama membimbing penulis dalam menyelesaikan tesis ini.

Kepada seluruh staf pengajar Ilmu Kesehatan THT-KL FK UNS:

1. Prof. EM.Dr. Muhardjo, dr., DHA, Sp.THT-KL(K)
2. dr. Sutomo Sudono, SpTHT-KL(K)
3. Almarhum dr. Chairul Hamzah, SpTHT-KL(K)
4. dr. Sudargo, Sp THT-KL *commit to user*

5. dr. Bambang Suratman, SpTHT-KL(K)
6. dr. Hadi Sudrajad, Sp.THT-KL, Msi.Med
7. dr. Imam Prabowo, Sp.THT-KL
8. dr. Putu Wijaya Kandhi, Sp.THT-KL
9. dr. Novi Primadewi, Sp.THT-KL, M.Kes

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala bimbingan dan arahan selama proses pendidikan dan penyelesaian penelitian ini.

Terima kasih kepada teman sejawat residen THT-KL dan seluruh paramedis RSUD Dr. Moewardi dan semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Kepada kedua orang tua Hedy Suprpto dan Agnes Sri Sumarni yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan, semangat serta biaya kepada penulis. Tak lupa kepada mertua, Bapak Wismijarso dan Ibu Elsy Nurhandayani serta kakak dan adik yang selalu memberikan dukungan dan semangat kepada penulis.

Untuk suami tercinta Lettu Kes. dr. Andreas Cahyo Nugroho terima kasih yang tidak terhingga atas segala kesabaran, pengertian, dorongan semangat, cinta, kasih sayang dan doa yang tulus sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

Pada kesempatan ini pula penulis menyampaikan maaf yang setulus-tulusnya kepada semua guru, teman sejawat, paramedis dan karyawan di lingkungan Bagian Ilmu Kesehatan Telinga Hidung Tenggorok Bedah Kepala dan

Leher Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret atas semua kesalahan selama menempuh pendidikan dokter spesialis, dan magister kedokteran keluarga.

Penulis menyadari karya ilmiah ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan, agar di kemudian hari penulis dapat menghasilkan karya yang lebih baik lagi.

Semoga Tuhan Yesus memberkati kita semua, Amin.



Surakarta, Oktober 2012

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Lembar Pernyataan	iii
Daftar Riwayat Hidup	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	ix
Daftar Tabel	xiii
Daftar Gambar	xv
Daftar Lampiran	xvi
Daftar Singkatan	xvii
Abstrak	xix
Abstract	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	5
1. Tujuan Umum	5
2. Tujuan Khusus	5
D. Manfaat Penelitian	5
1. Manfaat di Bidang Akademis	5

2. Manfaat di Bidang Pelayanan	6
3. Manfaat bagi TNI AU	6
4. Manfaat bagi Satuan Kerja	6
5. Manfaat bagi Kedokteran Keluarga	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Kebisingan	8
1. Definisi	8
2. Sumber Kebisingan	9
3. Karakteristik Fisik Suara	10
4. Karakteristik Mekanik Suara	13
5. Jenis Kebisingan	13
6. Standar Nilai Ambang Batas Kebisingan	14
7. Faktor yang Mempengaruhi Kebisingan	17
8. Pengukuran Tingkat Kebisingan	18
9. Jenis Pesawat Terbang Berdasarkan Tingkat Kebisingannya.....	20
10. Sumber Bising Pesawat Terbang	21
B. Anatomi dan Fisiologi Alat Pendengaran	21
1. Anatomi Alat Pendengaran	21
2. Fisiologi Pendengaran	27
C. Gangguan Pendengaran Akibat Bising	27
1. Definisi	27
2. Kecepatan	28
3. Dampak Paparan Bising	29

4. Faktor-faktor yang Berperan	33
5. Pembagian	36
6. Patogenesis	37
7. Perubahan Histopatologi Telinga Akibat Kebisingan	43
8. Biomolekuler	43
9. Diagnosis	46
10. Akibat Ketulian terhadap Aktivitas sebagai Tenaga Kerja	49
11. Penatalaksanaan	50
12. Prognosis	51
13. Pencegahan	51
D. Kerangka Teori	60
E. Kerangka Konsep	61
F. Hipotesis	63
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	64
A. Tempat dan Waktu	64
B. Jenis Penelitian	64
C. Populasi dan Sampel	65
D. Kriteria Inklusi dan Eksklusi	65
E. Besar Sampel	67
F. Variabel Penelitian	68
G. Definisi Operasional	69
H. Cara Kerja Penelitian	74

	I. Alur Penelitian	79
BAB IV	HASIL PENELITIAN	80
	A. Hasil Pengukuran Tingkat Kebisingan Pesawat	80
	B. Karakteristik Subjek Penelitian	81
	C. Gambaran Pengaruh Variabel Penelitian	85
	D. Analisis Multivariat	87
BAB V	PEMBAHASAN	89
	A. Pembahasan	89
	B. Keterbatasan Penelitian	103
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	104
	Daftar Pustaka	xxi
	Lampiran	107



DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
2.1.	Nilai Ambang Kebisingan Menurut Kep Menaker no. KEP-51/MEN/1999.....	15
2.2.	Nilai Ambang Kebisingan Menurut DOL OSHA.....	16
2.3.	Pedoman Pemakaian APT.....	59
4.1.	Hasil pengukuran tingkat kebisingan pesawat herkules dan helikopter.....	80
4.2.	Distribusi subyek penelitian berdasarkan umur.....	81
4.3.	Distribusi subyek penelitian berdasarkan jam terbang.....	82
4.4.	Distribusi subyek penelitian berdasarkan lama kerja.....	83
4.5.	Distribusi derajat gangguan pendengaran pada penerbang pesawat herkules dan helikopter TNI AU.....	83
4.6.	Pengaruh tingkat kebisingan pesawat, jam terbang, masa kerja, umur, dan pemakaian APT terhadap gangguan pendengaran pada penerbang pesawat herkules dan helikopter.....	85
4.7.	Hasil analisis regresi logistik ganda pengaruh tingkat kebisingan pesawat, jam terbang, lama kerja, umur, dan	

pemakaian APT terhadap gangguan pendengaran pada

penerbang pesawat hercules dan helikopter.....

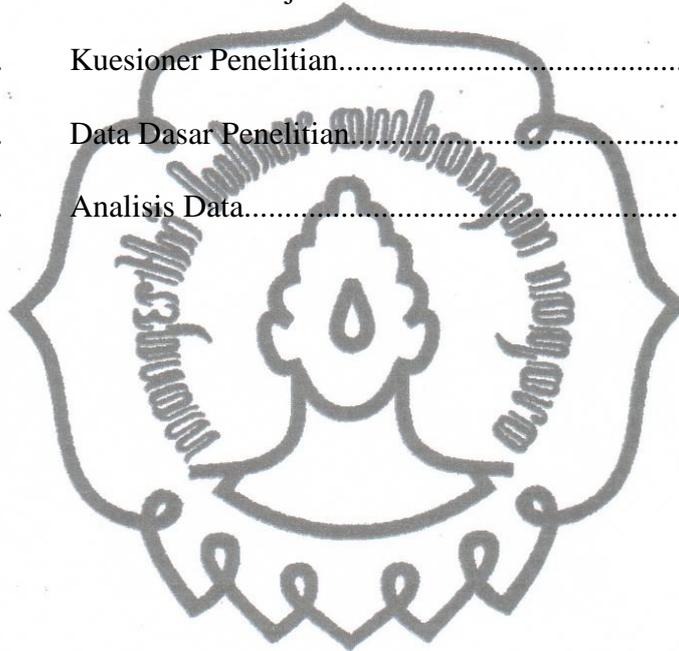


DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
2.1.	Anatomi Telinga.....	22
2.2.	Organ Korti.....	41
2.3.	Ilustrasi audiogram yang memperlihatkan <i>noise notch</i>	47
2.4.	Audiogram dengan takik pada 4 kHz.....	47
2.5.	APT: sumbat telinga (<i>earplug</i>).....	58
2.6.	APT: tutup telinga (<i> earmuff</i>).....	58
2.7.	APT: helmet.....	59
2.8.	Kerangka Teori Penelitian.....	61
2.9.	Kerangka Konsep Penelitian.....	62
3.1.	Alur Penelitian.....	79
4.1.	Nilai rata-rata ambang pendengaran pada kelompok kasus dan kontrol.....	84

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. <i>Ethical Clearance</i>	107
Lampiran 2 Surat Ijin Penelitian di Lakespra.....	108
Lampiran 2. Formulir Persetujuan.....	109
Lampiran 3. Kuesioner Penelitian.....	110
Lampiran 4. Data Dasar Penelitian.....	114
Lampiran 5. Analisis Data.....	117



DAFTAR SINGKATAN

ABD	: Alat Bantu Dengar
APT	: Alat Pelindung Telinga
ARPTS	: <i>Age Related Permanent Treshold Shift</i>
BM	: <i>Basilar Membrane</i>
DOL OSHA	: <i>Department of Labour Occupational Safety and Healthy Act</i>
EAC	: <i>Ear Auditory Canal</i>
HCP	: <i>Hearing Conservation Programmes</i>
HPD	: <i>Hearing Protection Devices</i>
LAKESPRIA	: Lembaga Kesehatan Penerbangan
IHC	: <i>Inner Hair Cell</i>
LAKESPRIA	: Lembaga Kesehatan Penerbangan dan Ruang Antariksa
NAB	: Nilai Ambang Batas
NI	: <i>Notch Index</i>
NIHL	: <i>Noise Induced Hearing Loss</i>
NIPTS	: <i>Noise Induced Permanent Treshold Shift</i>
NITTS	: <i>Noise Induced Temporary Treshold Shift</i>
OHC	: <i>Outer Hair Cell</i>
OR	: <i>Odds Ratio</i>
PTS	: <i>Permanent Treshold Shift</i>
SNHL	: <i>Sensorineural Hearing Loss</i>
STS	: <i>Standard Treshold Shift</i>
TAB	: Tuli Akibat Bising
TM	: <i>Tectorial Membrane</i>

TTS : *Temporary Treshold Shift*

TWA : *Time Weighted Average*

TNI AU : *Tentara Nasional Indonesia Angkatan Udara*

TTS : *Temporary Threshold Shift*



ABSTRAK

Dewi Pratiwi, S9208002. 2012. PENGARUH TINGKAT KEBISINGAN PESAWAT HERKULES DAN HELIKOPTER TERHADAP TERJADINYA GANGGUAN PENDENGARAN PADA PENERBANG TNI AU. Pembimbing I : Prof. DR. Harsono Salimo, dr. SpA (K), Pembimbing II : Dr. Sudarman, SpTHT-KL (K). Tesis: Program Pendidikan Dokter Spesialisasi I Bidang Studi Ilmu Kesehatan Telinga Hidung Tenggorok – Kepala Leher, Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Latar Belakang: Penerbang pesawat militer terpapar oleh bising dengan intensitas yang tinggi dan hal ini akan menyebabkan terjadinya gangguan pendengaran yang bersifat sensorineural atau *Noise Induced Hearing Loss* (NIHL). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tingkat kebisingan pesawat hercules dan helikopter terhadap terjadinya gangguan pendengaran pada penerbang TNI AU.

Bahan dan Cara: Penelitian ini merupakan studi epidemiologi bersifat observasional analitik dengan desain kasus kontrol, yang dilakukan di LAKESPRO Dr. Saryanto Jakarta. Penelitian dimulai sejak Desember 2011 sampai Mei 2012. Sampel penelitian dipilih dengan teknik *consecutive sampling*, sebanyak 80 orang yang terdiri dari 40 kasus dan 40 kontrol. Diagnosis NIHL ditegakkan dari hasil pemeriksaan fisik THT dan pemeriksaan audiometri nada murni. Pengukuran tingkat kebisingan pesawat dengan menggunakan alat *sound level meter*, sedangkan faktor risiko lainnya diketahui dari data kuesioner. Analisis statistik menggunakan univariat, bivariat dengan *chi square* dan multivariat dengan regresi logistik ganda model faktor risiko.

Hasil: Dari 40 kelompok kasus dan 40 kelompok kontrol, didapatkan hasil bahwa tingkat kebisingan pesawat adalah faktor risiko yang berpengaruh terhadap terjadinya NIHL. Penerbang yang terpapar oleh bising helikopter memiliki risiko untuk mengalami gangguan pendengaran akibat bising (NIHL) 2.67 kali lebih besar daripada penerbang yang terpapar oleh bising hercules, setelah mengontrol pengaruh dari faktor perancu jam terbang, lama kerja, umur dan riwayat pemakaian APT. Hasil tersebut didapatkan bermakna secara statistik. (OR=2,67; CI-95%=1,01–7,07; p=0,048)

Kesimpulan: Tingkat kebisingan pesawat merupakan faktor risiko yang berpengaruh terhadap terjadinya NIHL

Kata kunci: Tingkat kebisingan pesawat, Penerbang militer, *Noise Induced Hearing Loss*

Abstract

Dewi Pratiwi, S9208002. 2012. The Effect of Hercules and Helicopter Noise Level on the Occurrence of Noise Induced Hearing Loss in Air Force Pilots. Advisor I : Prof. Dr. Harsono Salimo, dr. SpA (K), co-Advisor : Dr. Sudarman, SpTHT-KL (K). Thesis: Resident of ORL –HNS Sebelas Maret University, Surakarta.

Background: Air force pilots are expose to high level intensity of noise and this will cause a sensorineural hearing loss, known as Noise Induced Hearing Loss. The Aim of this study is to know the effect of hercules and helicopter noise level on the occurrence of noise induced hearing loss in air force pilots.

Matherial and Methods: This study is an epidemiologic, analytic observational study with case control design, that took a place in LAKESPRA Dr. Saryanto Jakarta. The study started from December 2011 until May 2012. The samples study were selected with consecutive sampling method, with total samples of 80 pilots which consist of 40 case group and 40 control group. NIHL was diagnosed from ENT examination and pure tone audiometry. Airplane noise level were measured with sound level meter, and the other risk factors were collected from the questionnaire. Data were analyzed with univariat, bivariat (chi square) and multivariat statistic, with double logistic regression.

Result: From 40 case group and 40 control group, were found that noise level of the aircraft was the influence risk factor to the occurrence of noise induced hearing loss (NIHL). Pilots who were exposed to helicopter noise will have the risk of noise induced hearing loss 2.67 times higher than pilots who were exposed to hercules noise, after controlling of counfounding factors flight hours, duration of work, age, the use of hearing protection devices. The results was statistically significant. (OR=2,67; CI-95%=1,01–7,07; p=0,048)

Conclusion: Aircraft noise level was the influence risk factor to the occurrence of noise induced hearing loss.

Keywords: Aircraft Noise Level, Air Force Pilots, Noise Induced Hearing Loss

commit to user

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG MASALAH

Gangguan pendengaran akibat pajanan bising sering dijumpai pada pekerja industri di negara maju maupun negara sedang berkembang, terutama yang belum menerapkan sistem perlindungan dengan baik. Bising lingkungan kerja merupakan masalah utama pada kesehatan kerja di berbagai negara. Demikian pula dalam bidang kedirgantaraan, pesawat-pesawat udara dengan mesin berteknologi maju, baik untuk kepentingan sipil sebagai pesawat transportasi udara maupun untuk kepentingan militer TNI AU sebagai pesawat tempur dan transportasi udara, membawa risiko akibat pajanan bising pesawat di bidang keselamatan dan kesehatan kerja serta lingkungan. Para penerbang khususnya penerbang pesawat militer, sesuai dengan tugasnya para penerbang tersebut, akan selalu terpajan oleh bising dengan intensitas yang relatif lebih tinggi dan dalam waktu yang cukup lama.

Nilai Ambang Batas (NAB) kebisingan yang ditetapkan oleh Keputusan Menteri Tenaga Kerja (Kepmenaker) RI Nomor 51 tahun 1999 adalah 85 dB selama 8 jam/hari atau 40 jam/minggu, dan *National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH)* telah menetapkan bahwa tingkat kebisingan 85 dBA selama 8 jam sebagai nilai ambang batas pajanan kebisingan yang diperbolehkan (*Recommended Exposure Limit/REL*). (Depnakertrans 1999, Tambunan 2005)

Kelainan atau gangguan pendengaran yang disebabkan oleh bising dengan intensitas 85-120 dB dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan hilangnya fungsi pendengaran seseorang yang bersifat *Sensori Neural Hearing Loss* (SNHL). Jenis gangguan pendengaran ini lebih dikenal dengan istilah *Noise Induced Hearing Loss* (NIHL). Bising dengan intensitas di atas 85 dB dan berlangsung lama akan mengakibatkan degenerasi organ korti yang menetap dan ireversibel. Meski manusia memiliki mekanisme adaptasi terhadap lingkungan yang mengganggu kesehatannya, namun proses adaptasi ini selain berjalan relatif lambat juga mengenal batas toleransi. Di luar batas toleransi tersebut menyebabkan kesakitan. (Mansyur 2003, Achmadi dkk 1994) Selain mekanisme adaptasi tersebut, fungsi pendengaran dipengaruhi beberapa faktor antara lain tingkat kebisingan, umur, pendidikan, status kesehatan, riwayat gangguan kesehatan pendengaran pada keluarga, hobi, masa kerja dan pemakaian Alat Pelindung Telinga (APT). (*National Safety Council* 1986) Karena gangguan pendengaran akibat bising ini bersifat ireversibel dan tidak dapat dilakukan tindakan pembedahan maupun tindakan medis yang lain, program konservasi pendengaran terutama diagnosis dini sebelum terjadi gangguan pendengaran menjadi sangat penting. (Bashiruddin dkk 2005)

Laporan WHO, tahun 1998 sebagaimana yang disampaikan oleh Direktorat Jenderal Pemberantasan Penyakit Menular dan Penyehatan Lingkungan, Departemen Kesehatan (Depkes) RI, menyatakan bahwa 6-12 % penduduk dunia telah menderita dampak kebisingan dalam berbagai bentuk dan diperkirakan angka tersebut akan terus meningkat. *Gangguan fungsi pendengaran akibat*

pajanan bising menempati urutan pertama dalam daftar penyakit akibat kerja di Amerika dan Eropa dengan proporsi 35 %, sedangkan di Indonesia berkisar 30 % sampai dengan 50 %. (Depkes RI 1995, Soetirto 2007) Penelitian tentang gangguan pendengaran akibat bising di Indonesia telah banyak dilakukan. Sindhusakti DS (2000) melakukan penelitian pada penduduk yang bertempat tinggal di sekitar lebih kurang 50 meter dari ujung timur landasan pacu Bandara Adi Sumarmo Boyolali, didapatkan tingkat kebisingannya adalah sebesar 81.04 dB. Dari penelitian tersebut ditemukan sebanyak 58.3% penduduk dan 53.6% penduduk yang bertempat tinggal di dua desa yang berdekatan dengan landasan pacu menderita tuli sensorineural akibat bising. Pada penelitian Widana IDKK (2006) pada teknisi (*ground crew*) pesawat tempur TNI AU di Lanud Iswahyudi, proporsi gangguan pendengaran akibat bising (NIHL) adalah sebesar 11.2 %. Penelitian oleh Hanum K (2004) mengenai faktor-faktor risiko yang mempengaruhi Tuli Akibat Bising (TAB) pada penerbang TNI AU mendapatkan bahwa TAB berkaitan dengan total jam terbang, masa kerja dan tekanan darah, dimana subyek dengan total jam terbang 500 jam atau lebih mempunyai risiko TAB hampir 2,5 kali lipat. Berdasarkan data hasil pemeriksaan berkala personel TNI AU di Lembaga Kesehatan Penerbangan dan Antariksa (Lakespra) Dr. Saryanto Jakarta, periode Januari sampai dengan Desember 2005 menunjukkan proporsi NIHL sebesar 13.5 %, termasuk di antaranya proporsi NIHL pada penerbang TNI AU sebesar 10.12 %.(Widana IDKK 2006, Diskes TNI AU 2005)

Dalam dunia penerbangan, secara garis besar terdapat dua jenis pesawat, yaitu pesawat *rotary wing* dan pesawat *fixed wing*. Pesawat jenis *rotary wing*

memiliki intensitas bising yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan pesawat jenis *fixed wing*, selain itu juga memiliki efek getaran yang tinggi, yang berpengaruh buruk bagi pendengaran. Dalam dunia militer, pesawat jenis *fixed wing* di antaranya adalah C-130 Herkules, F27/F28 Fokker, CN/Cassa 235, BO-737 Boeing, sedangkan pesawat jenis *rotary wing*, yaitu helikopter puma SA 330 dan superpuma NAS 332. Dari kedua jenis pesawat tersebut, pesawat herkules dari jenis pesawat *fixed wing* dan helikopter dari jenis pesawat *rotary wing* merupakan pesawat militer yang mobilitasnya cukup tinggi dalam dunia militer.

Mengingat pesawat militer jenis *rotary wing* (helikopter) selain memiliki intensitas bising yang tinggi juga memiliki efek getaran yang tinggi, yang berpengaruh buruk bagi pendengaran dibandingkan dengan pesawat jenis *fixed wing* (herkules), dengan demikian peneliti ingin melakukan penelitian mengenai pengaruh tingkat kebisingan pesawat herkules dan helikopter terhadap terjadinya gangguan pendengaran pada penerbang TNI AU.

B. RUMUSAN MASALAH

Apakah terdapat pengaruh tingkat kebisingan pesawat herkules dan helikopter terhadap terjadinya gangguan pendengaran pada penerbang TNI AU?

C. TUJUAN PENELITIAN

1. Tujuan Umum

- Untuk menilai pengaruh tingkat kebisingan pesawat hercules dan helikopter terhadap terjadinya gangguan pendengaran pada penerbang TNI AU.

2. Tujuan Khusus

- Untuk mengidentifikasi gambaran kasus gangguan pendengaran berdasarkan tingkat kebisingan pesawat hercules dan helikopter, jam terbang, lama kerja, umur penerbang, riwayat pemakaian APT terhadap terjadinya gangguan pendengaran pada penerbang TNI AU.
- Untuk menganalisis model akhir pengaruh tingkat kebisingan pesawat hercules dan helikopter setelah dikontrol oleh faktor risiko jam terbang, lama kerja, umur penerbang, riwayat pemakaian APT terhadap terjadinya gangguan pendengaran pada penerbang TNI AU.

D. MANFAAT PENELITIAN

1. Manfaat di Bidang Akademis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan bahan acuan untuk melakukan penelitian selanjutnya dan dapat berperan dalam mengembangkan bagian THT komunitas Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret/RSUD Dr. Moewardi Surakarta.

2. Manfaat di Bidang Pelayanan

Sebagai bahan acuan untuk melaksanakan program konservasi pendengaran bagi para pekerja industri khususnya industri penerbangan militer, yang terpajan oleh bising lingkungan kerja.

3. Manfaat bagi TNI AU

Sebagai bahan masukan guna penyusunan kebijakan tentang pengendalian dampak kebisingan, dalam rangka pencegahan kecelakaan dan penyakit akibat kerja karena bising dan mendukung terwujudnya “zero accident”, yang berarti meningkatkan kesiapan tempur (*combat readiness*) demi terlaksananya tugas pokok TNI AU secara optimal.

4. Manfaat bagi Satuan Kerja

Sebagai bahan acuan dalam menyusun/membuat, melaksanakan dan mengevaluasi program perlindungan pekerja dari bahaya bising di tempat kerja yang lebih efektif (*Effective Hearing Conservation Programs*), agar terlindung dari dampak negatif bahaya bising, dan pekerja lebih produktif khususnya dalam menunjang keberhasilan pelaksanaan tugas.

5. Manfaat bagi Kedokteran Keluarga

Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai dasar untuk memberikan informasi kepada masyarakat khususnya yang berprofesi sebagai penerbang militer, mengenai bahaya pajanan bising pesawat terbang militer terhadap pendengaran, sehingga diharapkan dapat berperilaku aman (*safe behaviour*) dengan selalu menggunakan APT saat

bekerja, untuk mencegah terjadinya gangguan pendengaran oleh karena kebisingan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. KEBISINGAN

1. Definisi

Suara merupakan manifestasi energi dari pergerakan perambatan getaran melalui media udara, air, logam dan lain-lain yang dapat didengar oleh telinga manusia.(Nasri 1997) Suara di tempat kerja akan berubah menjadi bising yang merupakan salah satu bahaya kerja (*occupational hazard*) apabila keberadaannya dirasakan mengganggu atau tidak diinginkan, baik secara fisik karena menyakitkan telinga, maupun psikis karena mengganggu konsentrasi dan kelancaran komunikasi.(Tambunan 2005) Kebisingan didefinisikan sebagai bunyi yang tidak diinginkan, yang dapat mengakibatkan kerusakan pendengaran dan berperan dalam terjadinya kecelakaan kerja. (*National safety council 1986*)

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 718/Menkes/Per/XI/1987 tentang Kebisingan yang berhubungan dengan Kesehatan, bahwa kebisingan adalah terjadinya bunyi yang tidak dikehendaki, mengganggu dan/atau membahayakan kesehatan.(Depkes RI 1995) Menurut Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI No. Kep-51/Men/1999 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika di Tempat Kerja, menyatakan bahwa kebisingan adalah semua suara yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat-alat proses produksi dan/atau alat-alat kerja, yang pada tingkat tertentu dapat menimbulkan gangguan pendengaran.(Depnakertrans 1999)

2. Sumber Kebisingan

Sumber kebisingan berasal dari aktivitas alam (misalnya angin, gas, cairan) serta berasal dari aktivitas buatan manusia (misalnya suara mesin, kipas angin, tembakan, alat-alat transportasi, proses kerja di pabrik).(Gabriel 1996)

Sumber utama kebisingan di tempat kerja adalah sebagai berikut:
(Tambunan 2005)

a. Bunyi mesin

Jenis mesin yang menimbulkan kebisingan di tempat kerja sangat bervariasi, demikian pula karakteristik bising yang dihasilkan. Mesin pembangkit tenaga listrik seperti genset, mesin diesel, mesin kendaraan bermotor, mesin pesawat dan sebagainya menjadi sumber kebisingan.

b. Alat kerja

Proses menggerinda permukaan metal, penghalusan permukaan benda kerja, penyemprotan, pengupasan cat (*sand blasting*), pengelingan (*riveting*), memalu (*hammering*), dan pemotongan (*cutting*), penggergajian rantai (*chain-saw*) serta penggergajian putar (*circular blade*) menimbulkan kebisingan.

c. Aliran material

Aliran gas, air, atau material-material cair dalam pipa, proses penambahan tekanan (*high pressure processes*), pencampuran beberapa material serta proses transportasi (air, darat dan udara) menimbulkan kebisingan.

d. Manusia/pekerja

Dibandingkan dengan sumber kebisingan lainnya, tingkat kebisingan dari suara manusia memang jauh lebih kecil, namun tetap diperhitungkan sebagai sumber kebisingan di tempat kerja.

3. Karakteristik Fisik Suara

Suara memiliki karakteristik fisik sebagai berikut: (Nasri 1997)

a. *Sound Power (P)*.

Kekuatan suara adalah total energi yang dipancarkan oleh suara per satuan waktu, $P=\text{Watt}$.

b. *Sound Intensity (I)*.

Intensitas suara adalah energi suara rata-rata yang ditransmisikan melalui gelombang suara menuju arah perambatan dalam media (udara, air, benda dan lain-lain). $I=\text{watt/m}^2$.

c. *Sound Pressure (p)*

Tekanan suara adalah daya tekan suara per satuan luas. $p=\text{Newton/m}^2$.

d. Frekuensi.

Frekuensi adalah jumlah satuan getar yang dihasilkan dalam satuan waktu (detik). Rentang frekuensi suara yang dapat didengar manusia berkisar antara 20 - 20.000 Hz. Suara percakapan manusia mempunyai rentang frekuensi 250 - 4000 Hz. Frekuensi

suara < 20 Hz disebut *infra-sound*, sedangkan frekuensi suara > 20.000 Hz disebut *ultra-sound*.

e. Panjang Gelombang

Panjang gelombang adalah jarak yang ditempuh oleh perambatan suara untuk satu siklus. $C/f = \lambda$ (m). Lambang dari panjang gelombang adalah lambda (λ) dan satuannya adalah *feet* atau meter.

Panjang gelombang adalah satu area penting dari suara, contohnya gelombang suara yang mempunyai panjang gelombang lebih besar dibandingkan dengan suatu rintangan, maka gelombang suara itu sedikit dipengaruhi oleh rintangan tersebut, gelombang suara akan berputar melewati rintangan itu. Memutarnya gelombang suara melewati rintangan disebut "*diffraction*" (lenturan). Jika gelombang suara lebih kecil dibandingkan dengan rintangannya maka suara akan dipantulkan atau dihamburkan ke berbagai arah. Akibat dari lenturan/*diffraction*, sebuah dinding tidak efektif dipakai sebagai penghalang gelombang suara frekuensi rendah tapi dinding merupakan barrier yang efektif untuk menghalangi gelombang suara frekuensi tinggi.

f. Amplitudo

Amplitudo adalah satuan kuantitas suara yang dihasilkan oleh suatu sumber suara pada arah tertentu. Suatu gelombang suara dapat muncul hanya dalam media yang mempunyai massa (*inertia*)

dan elastisitas. Karena udara mempunyai massa dan elastisitas, sehingga sesuatu gelombang suara dapat menyebar di dalamnya.

g. Periode

Periode adalah waktu yang dibutuhkan untuk satu siklus amplitudo, satuan periode adalah detik.

h. Kecepatan bunyi

Gelombang bunyi membutuhkan media seperti udara, air, benda padat dan lain-lain untuk merambat. Kecepatan gelombang bunyi pada material gas dipengaruhi oleh temperatur gas. Kecepatan bunyi adalah satuan kecepatan perpindahan perambatan udara/satuan waktu (C=m/det). Kecepatan bunyi pada suhu udara 30⁰C adalah 349.6 m/det, sedangkan pada suhu 20⁰C adalah 343.8 m/det.

i. *Loudness*

Loudness sebagai keras atau nyaringnya suara yaitu bergantung pada tekanan suara (*sound pressure*) dan frekuensi. Karena pendengaran manusia lebih peka terhadap frekuensi tinggi, maka suara dengan frekuensi tinggi akan terdengar lebih keras dibandingkan suara dengan frekuensi rendah, walaupun intensitas atau tekanan suaranya sama. Kerasnya suara atau *loudness* adalah respon subyektif seseorang terhadap intensitas atau tekanan suara.

4. Karakteristik Mekanik Suara

Gelombang suara termasuk gelombang mekanik. (Tambunan, 2005) Sama seperti umumnya gelombang mekanik, suara memiliki karakteristik dalam penyebaran gelombang, yaitu dapat dipantulkan (*reflection*), dapat digabungkan (*interfered*), dapat dibelokkan (*refraction*) dan dapat didefraksi (*diffraction*).

5. Jenis Kebisingan

Berdasarkan sifat dan spektrum frekuensi bunyi, bising dapat dibagi atas: (Suma'mur PK 1993, Roestan AW 2004)

- a. Bising kontinyu dengan spektrum frekuensi luas (*steady state wide band noise*)

Bising jenis ini merupakan bising yang relatif tetap dalam batas amplitudo kurang lebih 5 dB untuk periode 0.5 detik berturut-turut. Contoh: dalam kokpit pesawat, kipas angin, suara dapur pijar.

- b. Bising kontinyu dengan spektrum frekuensi sempit (*steady state, narrow band noise*)

Bising ini relatif tetap dan hanya pada frekuensi tertentu saja (misal 5000, 1000 atau 4000 Hz), misalnya suara gergaji sirkuler, suara katup gas.

- c. Bising terputus-putus (*intermittent noise*)

Kebisingan tidak berlangsung terus menerus, melainkan ada periode relatif tenang. Contoh kebisingan ini adalah suara lalu lintas, kebisingan di lapangan terbang.

d. Bising impulsif (*impact/impulsive noise*)

Bising jenis ini memiliki perubahan tekanan suara melebihi 40 dB dalam waktu sangat cepat dan biasanya mengejutkan pendengarnya. Contoh bising impulsif misalnya suara ledakan mercon, tembakan, meriam.

e. Bising impulsif berulang-ulang

Sama seperti bising impulsif, tetapi terjadi berulang-ulang misalnya pada mesin tempa.

Bising yang dianggap lebih sering merusak pendengaran adalah bising yang bersifat kontinyu, terutama yang memilikis spektrum frekuensi lebar dan intensitas yang tinggi.

6. Standar Nilai Ambang Batas Kebisingan

Nilai Ambang Batas (NAB), adalah standar faktor tempat kerja yang dapat diterima tenaga kerja tanpa mengakibatkan penyakit atau gangguan kesehatan dalam pekerjaannya sehari-hari untuk waktu tidak melebihi 8 jam sehari atau 40 jam seminggu. Tingkat intensitas maksimal untuk “*Noise exposure time*” atau waktu paparan kebisingan selama 8 jam, 40 jam per minggu adalah 85 desibel. Jika kebisingan lebih dari 85 dBA, waktu kerjanya harus diperpendek. Jika lamanya shift lebih dari 8 jam, maka tingkat kebisingan yang ada harus diturunkan.

NAB kebisingan menurut Surat Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor: Kep-51/Men/1999 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisik di tempat kerja untuk kebisingan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1. Nilai Ambang Kebisingan menurut Kep Menaker no. KEP-51/MEN/1999

Waktu Pemaparan per-hari		Intensitas (dBA)
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
28.12	Detik	115
14.06		118
7.03		121
3.52		124
1.75		127
0.88		130
0.44		133
0.22		136
0.11		139

Sumber: Departemen Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI 1999

Seperti diketahui, NAB kebisingan di tempat kerja yang berlaku di Indonesia adalah 85 dBA, sedangkan jumlah, jenis pengukuran dan penilaian berkala ditentukan oleh sifat dan besarnya bahaya yang mungkin ditimbulkan oleh kebisingan. Oleh karena itu, perlu diusahakan agar kebisingan di tempat kerja lebih rendah dari NAB tersebut, melalui tindakan teknis, dan apabila tidak mungkin dilakukan, pemakaian alat pelindung diri yang memenuhi syarat harus diadakan. (Suma'mur PK 1993)

Di USA telah ditentukan batas waktu pemaparan bising yang diperkenankan, seperti yang dikeluarkan DOL OSHA (*Department of Labour Occupational Safety and Health Act*) dalam tabel berikut ini: (*Criteria for A Recommended Standard 1998*)

Tabel 2.2. Nilai Ambang Kebisingan menurut DOL OSHA

Waktu Paparan per-hari (jam)	Intensitas Kebisingan (dBA)
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1	105
½	110
¼	115

Sumber: *Criteria for A Recommended Standard 1998*

7. Faktor yang Mempengaruhi Kebisingan

Tingkat kebisingan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya:

(Widiapura 1993)

1. Sumber suara, yang meliputi keadaan konstruksi, metode kerja dan keadaan mesin
2. Jarak, yaitu jauh dan dekatnya jarak dari sumber bising akan menentukan tingkat kebisingan yang diterima. Dengan upaya memperbesar jarak dapat menurunkan tingkat kebisingan yang diterima.
3. Media, yaitu media penghantar bunyi meliputi zat padat, zat cair dan gas yang mempunyai sifat penghantar yang berbeda.
4. Suhu udara, yaitu semakin tinggi suhu udara, cepat rambat bunyi semakin cepat sehingga tingkat kebisingan semakin tinggi pula. Kecepatan suara di udara berkisar 349.6 m/det (pada suhu 30⁰C).
5. Arah dan kecepatan angin, yaitu bila orang yang menerima bunyi berada pada posisi searah dengan arah angin, maka bunyi yang diterima akan lebih tinggi dibandingkan dengan pada posisi berlawanan dengan arah angin.
6. Kelembaban, yaitu semakin lembab udara, maka cepat rambat bunyi semakin tinggi, sehingga kebisingan yang diterima semakin tinggi.
7. Penghalang, yaitu adanya penghalang seperti dinding/tembok berfungsi sebagai penghambat atau penyerap kebisingan. Kemampuan suatu penghalang untuk menghambat kebisingan dipengaruhi oleh karakteristik material dan jarak.

8. Penerima, yaitu karakteristik pekerja seperti jenis pekerjaan, cara kerja, waktu kerja serta penggunaan alat pelindung diri/telinga akan mempengaruhi tingkat kebisingan yang diterimanya.

8. Pengukuran Tingkat Kebisingan

Tingkat kebisingan merupakan fungsi amplitudo gelombang suara dan dinyatakan dalam satuan desibel (dB). Alat untuk mengukur tingkat kebisingan adalah *Sound Level Meter*. Alat ini mampu mengukur kebisingan di antara 30-130 dB dan frekuensi-frekuensi dari 20-20.000.(Tambunan 2005, Suma'mur PK 1993) Pengukuran kebisingan ditujukan untuk membandingkan hasil pengukuran suatu saat dengan standar yang ditetapkan, serta merupakan langkah awal untuk pengendalian.(Soetirto 2007)

Sound Level Meter terdiri dari mikrofon, *amplifier*, sirkuit “*attenuator*” dan beberapa alat lainnya. *Sound Level Meter* dibuat berdasarkan standar ANSI (*American National Standard Institute*) tahun 1977.(Nasution AK 1991, Stach 1998) Untuk melihat efek kebisingan terhadap pendengaran, tingkat kebisingan (*sound level*) diukur dengan *Sound Level Meter* melalui jaringan penyaring yang terstandarisasi, yang dikenal dengan skala A (*A-weighting*). Alat tersebut akan meredam amplitudo bunyi pada frekuensi di bawah 500 Hz dan di atas 10.000 Hz, dimana hal ini berkaitan dengan kerasnya bunyi yang didengar. Tingkat kebisingan yang diukur dengan jaringan penyaring tersebut, dituliskan sebagai dBA.(Richard L et al. 2004, Humes LE et al. 2006)

Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup no. 48 tahun 1996 tanggal 25 November 1996, pengukuran tingkat kebisingan dapat dilakukan dengan dua cara :

1) Cara sederhana

Dengan sebuah *sound level meter*, diukur tingkat tekanan bunyi dBA selama 10 (sepuluh) menit untuk tiap pengukuran. Pembacaan dilakukan setiap 5 (lima) detik.

2) Cara Langsung

Dengan sebuah *integrating sound level meter* yang mempunyai fasilitas pengukuran LTMS, yaitu Leq dengan waktu ukur setiap 5 detik, dilakukan pengukuran selama 10 (sepuluh) menit. Waktu pengukuran dilakukan selama aktifitas 24 jam (LSM) dengan cara pada siang hari tingkat aktifitas yang paling tinggi selama 10 jam (LS) pada selang waktu 06.00 - 22. 00 dan aktifitas dalam hari selama 8 jam (LM) pada selang 22.00 - 06.00. Setiap pengukuran harus dapat mewakili selang waktu tertentu dengan menetapkan paling sedikit 4 waktu pengukuran pada siang hari dan pada malam hari paling sedikit 3 waktu pengukuran, sebagai contoh :

- L1 diambil pada jam 7.00 mewakili jam 06.00 - 09.00
- L2 diambil pada jam 10.00 mewakili jam 09.00 - 11.00
- L3 diambil pada jam 15.00 mewakili jam 14.00 - 17.00
- L4 diambil pada jam 20.00 mewakili jam 17.00.- 22.00
- L5 diambil pada jam 23.00 mewakili jam 22.00 - 24.00
- L6 diambil pada jam 01.00 mewakili jam 24.00 - 03.00

- L7 diambil pada jam 04.00 mewakili jam 03.00 - 06.00

Keterangan :

- Leq : *Equivalent Continuous Noise Level* atau Tingkat Kebisingan Sinambung Setara ialah nilai tertentu kebisingan dari kebisingan yang berubah-ubah (fluktuatif selama waktu tertentu, yang setara dengan tingkat kebisingan dari kebisingan yang ajeg (*steady*) pada selang waktu yang sama. Satuannya adalah dBA.
- LTMS = Leq dengan waktu sampling tiap 5 detik
- LS = Leq selama siang hari
- LM = Leq selama malam hari
- LSM = Leq selama siang dan malam hari.

9. Jenis Pesawat Terbang Berdasarkan Tingkat Kebisingannya

Berdasarkan tingkat kebisingannya, pesawat terbang dibedakan menjadi:
(Smith et al. 2004)

a. Pesawat *fixed wing*

Yaitu pesawat yang bersayap tetap dan menggunakan mesin jet atau baling-baling yang menempel pada sayapnya sebagai sumber tenaga atau penggerak pesawat. Pesawat jenis ini mempunyai tingkat kebisingan yang cukup tinggi. Contoh pesawat *fixed wing* adalah *Hercules, Fokker, CN-235, Boeing, Airbus, Sukhoi, Hawk 100/200*.

b. Pesawat *rotary wing*

Yaitu pesawat yang menggunakan baling-baling yang menempel pada atap pesawat sebagai tenaga daya angkat bagi pesawat tersebut. Pesawat ini di samping mempunyai intensitas bising yang sangat tinggi dibanding pesawat *fixed wing* karena mesinnya yang tepat berada di atas kepala penerbang, juga mempunyai efek getaran yang tinggi pula, yang berefek kurang baik untuk indera pendengaran. Contoh pesawat *rotary wing* adalah Helikopter.

10. Sumber Bising Pesawat Terbang

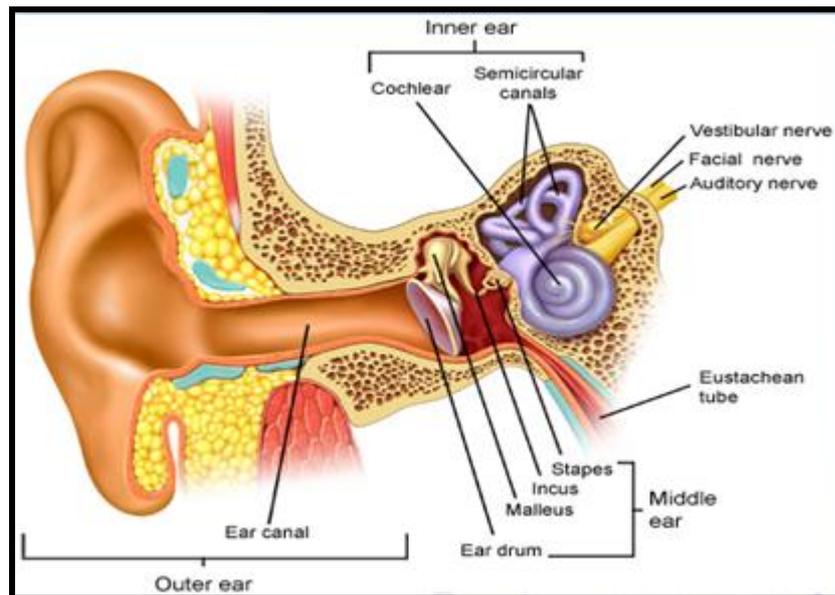
Sumber bising utama pada pesawat terbang adalah: (Smith et al 2004)

- a. *Turbojet engine noise*, yaitu kebisingan yang dikeluarkan dari pergerakan mesin dan berakselerasi dengan udara luar melalui *nozel*.
- b. *Turbofan engine noise*, yaitu kebisingan yang dihasilkan oleh kompresor dan turbin.
- c. *Aerodynamic noise*, yaitu kebisingan yang dihasilkan oleh aliran udara di bawah badan pesawat terbang, rongga-rongga pesawat, roda gigi pendaratan dan bagian permukaan pesawat.
- d. *Propeller aircraft noise*, yaitu kebisingan yang berasal dari kekuatan gas di turbin atau dari kerja piston mesin pesawat.

B. ANATOMI DAN FISILOGI ALAT PENDENGARAN

1. Anatomi Alat Pendengaran

Secara anatomis, telinga manusia terdiri dari tiga bagian, yaitu telinga luar, telinga tengah, dan telinga dalam.



Gambar 2.1. Anatomi Telinga

Sumber: Wright A 1997

a. Telinga Luar

Telinga luar terdiri atas daun telinga dan liang telinga. Daun telinga (aurikula/pinna) merupakan lipatan kulit yang membungkus fibrokartilago kecuali pada bagian lobulus dan antara tragus-anti heliks. Lubang liang telinga disebut meatus akustikus eksternus, sementara salurannya disebut kanalis auditorius eksternus.

Telinga bagian luar berfungsi sebagai mikrofon, yaitu menampung gelombang suara dan menyebabkan membran timpani bergetar. Semakin tinggi

frekuensi getaran semakin cepat pula membran tersebut bergetar, begitu pula sebaliknya.(Boies et al. 1997, Wright A 1997)

b. Telinga Tengah

Telinga tengah secara anatomis dibagi menjadi: membran timpani, kavum timpani, tuba eustachius, dan atrium mastoid beserta selulaenya.

Kavum timpani berbentuk kubus tidak beraturan dengan volume \pm 2.5 cc.

Isi dari kavum timpani: (Boies et al. 1997, Wright A 1997)

- a. Tulang pendengaran: maleus, inkus, stapes
- b. Ligamen: malei lateral, malei superior, inkudis posterior
- c. Tendo otot: m. tensor timpani, m. stapedius
- d. Saraf: korda timpani, n. stapedius

Membran timpani merupakan batas lateral telinga tengah, tempat melekatnya manubrium maleus. Pada bagian atas manubrium maleus terdapat insersi otot tensor timpani yang dipersarafi oleh nervus trigeminus. Kontraksi otot tensor timpani akan menarik manubrium maleus ke arah anteromedial, mengakibatkan membran timpani bergerak ke arah dalam, sehingga jumlah energi suara yang masuk dibatasi.(Puel 1996, Mills et al. 2006)

Otot lain yang juga berfungsi melindungi kokhlea adalah otot stapedius, yang dipersarafi oleh cabang stapediale nervus fasialis. Kontraksi otot stapedius menyebabkan lempeng kaki (*foot plate*) stapes menjauhi tingkap lonjong, sehingga jumlah energi suara yang diteruskan ke telinga dalam dibatasi. Aktivitas dari otot stapedius disebut reflek stapedius dan pada manusia baru timbul bila intensitas bunyi di atas 80 dB SPL, dalam bentuk **refleks** bilateral dengan sisi homolateral yang lebih

kuat. Refleks otot ini berfungsi melindungi kokhlea dan efektif pada frekuensi kurang dari 2 kHz.(Puel 1996, Mills et al. 2006)

c. Telinga Dalam

Labirin (telinga dalam) mengandung organ pendengaran dan keseimbangan, terletak pada pars petrosa os temporal.(Boies et al. 1997)

Labirin terdiri dari :

1. Labirin bagian tulang
terdiri dari : kanalis semisirkularis, vestibulum dan kokhlea.
2. Labirin bagian membran
terletak didalam labirin bagian tulang, terdiri dari : kanalis semisirkularis, utrikulus, sakulus, sakus dan duktus endolimfatikus serta kokhlea.

Antara labirin bagian tulang dan membran terdapat suatu ruangan yang berisi cairan perilimfe yang berasal dari cairan serebrospinalis dan filtrasi dari darah. Di dalam labirin bagian membran terdapat cairan endolimfe yang diproduksi oleh stria vaskularis dan diresorpsi pada sakus endolimfatikus. (Boies et al. 1997, Wright A 1997)

Kokhlea

Kokhlea terletak didepan vestibulum menyerupai rumah siput dengan panjang $\pm 30 - 35$ mm. Kokhlea membentuk $2 \frac{1}{2} - 2 \frac{3}{4}$ kali putaran dengan sumbunya yang disebut modiolus yang berisi berkas saraf dan suplai darah dari arteri vertebralis. Kemudian serabut saraf ini berjalan ke lamina spiralis ossea untuk mencapai sel-sel sensorik organ Korti. Kokhlea bagian tulang dibagi dua

oleh suatu sekat. Bagian dalam sekat ini adalah lamina spiralis ossea dan bagian luarnya adalah lamina spiralis membranasea, sehingga ruang yang mengandung perilimfe terbagi 2 yaitu skala vestibuli dan skala timpani. Kedua skala ini bertemu pada ujung kokhlea yang disebut helikotrema. Skala vestibuli berawal pada foramen ovale dan skala timpani berakhir pada foramen rotundum. Pertemuan antara lamina spiralis ossea dan membranasea ke arah perifer membentuk suatu membran yang tipis yang disebut membran Reissner yang memisahkan skala vestibuli dengan skala media (duktus kokhlearis). Duktus kokhlearis berbentuk segitiga, dihubungkan dengan labirin tulang oleh jaringan ikat penyambung periosteal dan mengandung *end organ* dari n.kokhlearis dan organ Korti. Duktus kokhlearis berhubungan dengan sakulus dengan perantaraan duktus Reunien.(Boies et al. 1997, Wright A 1997)

Organ Korti terletak diatas membran basilaris yang mengandung organel-organel penting untuk mekanisme saraf perifer pendengaran. Organ Korti terdiri dari satu baris sel rambut dalam yang berisi kira-kira 3000 sel dan 3 baris sel rambut luar yang berisi kira-kira 12.000 sel. Sel-sel ini menggantung lewat lubang-lubang lengan horisontal dari suatu jungkat-jungkit yang dibentuk oleh sel-sel penyokong. Ujung saraf aferen dan eferen menempel pada ujung bawah sel rambut. Pada permukaan sel rambut terdapat stereosilia yang melekat pada suatu selubung yang cenderung datar yang dikenal sebagai membran tektoria. Membran tektoria disekresi dan disokong oleh limbus.(Boies et al. 1997, Wright A 1997)

Vaskularisasi

Vaskularisasi telinga dalam berasal dari a. auditori interna (a. labirintin) yang berasal dari a. serebelli inferior anterior atau langsung dari a. basilaris yang merupakan suatu *end artery* dan tidak mempunyai pembuluh darah anastomosis. Setelah memasuki meatus akustikus internus, arteri ini bercabang 3 yaitu: (Boeis et al. 1997, Wright A 1997)

1. Arteri vestibularis anterior

Memberikan vaskularisasi ke makula utrikuli, sebagian makula sakuli, krista ampularis, kanalis semisirkularis superior dan lateral serta sebagian dari utrikulus dan sakulus.

2. Arteri vestibulokokhlearis

Memberikan vaskularisasi ke makula sakuli, kanalis semisirkularis posterior, bagian inferior utrikulus dan sakulus serta putaran basal dari koklea.

3. Arteri kokhlearis

yang memasuki modiolus dan menjadi pembuluh-pembuluh arteri spiral yang memberikan vaskularisasi ke organ Korti, skala vestibuli, skala timpani sebelum berakhir pada stria vaskularis.

Aliran vena pada telinga dalam melalui 3 jalur utama:

1. Vena auditori interna

Memberikan vaskularisasi ke putaran tengah dan apikal kokhlea.

2. Vena akuaduktus kokhlearis dan berakhir pada sinus petrosus inferior.

3. Vena akuaduktus vestibularis

commit to user

Memberikan vaskularisasi ke kanalis semisirkularis sampai utrikulus. Vena ini mengikuti duktus endolimfatikus dan masuk ke sinus sigmoid.

Inervasi

N. akustikus bersama N. fasialis masuk ke dalam porus dari meatus akustikus internus dan bercabang dua sebagai N. vestibularis dan N. koklearis. Pada dasar meatus akustikus internus terletak ganglion vestibulare dan pada modiolus terletak ganglion spirale.

2. Fisiologi Pendengaran

Getaran suara ditangkap oleh daun telinga yang diteruskan ke liang telinga dan mengenai membran timpani sehingga membran timpani bergetar. Getaran ini diteruskan ke tulang-tulang pendengaran yang berhubungan satu sama lain. Selanjutnya stapes menggerakkan foramen ovale yang juga menggerakkan perilimfe dalam skala vestibuli. Getaran diteruskan melalui membran Reissner yang mendorong endolimfe dan membran basalis ke arah bawah dan perilimfe dalam skala timpani akan bergerak sehingga foramen rotundum terdorong ke arah luar. (Soetirto I 2007)

Pada waktu istirahat, ujung sel rambut Korti berkelok, dan dengan terdorongnya membran basal, ujung sel rambut itu menjadi lurus. Rangsangan fisik ini berubah menjadi rangsangan listrik akibat adanya perbedaan ion Natrium dan Kalium yang diteruskan ke cabang-cabang N. VIII, kemudian meneruskan rangsangan itu ke pusat sensorik pendengaran di otak melalui saraf pusat yang ada di lobus temporalis. (Soetirto I 2007, Wright 1997)

C. GANGGUAN PENDENGARAN AKIBAT BISING

1. Definisi

Bising yang intensitasnya 85 dB atau lebih dapat mengakibatkan degenerasi pada reseptor pendengaran korti di telinga dalam. Yang sering mengalami degenerasi adalah alat korti untuk reseptor bunyi berfrekuensi 3000 Hz sampai dengan 6000 Hz dan yang teberat kerusakan alat korti adalah untuk reseptor bunyi 4000 Hz.(Soetirto I 2007)

Gangguan pendengaran akibat bising (NIHL) adalah tuli akibat terpapar oleh bising yang cukup keras dalam jangka waktu yang cukup lama dan biasanya diakibatkan oleh bising lingkungan kerja. Sifat gangguannya adalah tuli sensorineural tipe kokhlea dan umumnya terjadi pada kedua telinga.(Soetirto I 2001)

2. Kekerapan

Bising lingkungan kerja merupakan masalah utama pada kesehatan kerja di berbagai negara. Sedikitnya 7 juta orang (35 % dari total populasi industri di Amerika dan Eropa) terpajan bising 85 dB atau lebih.(Heggins II 2011)

Di Amerika lebih dari 5,1 juta pekerja terpajan bising dengan intensitas lebih dari 85 dB. Barrs melaporkan pada 246 orang tenaga kerja yang memeriksakan telinga untuk keperluan ganti rugi asuransi, ditemukan 85 % menderita tuli saraf, dan dari jumlah tersebut 37 % didapatkan gambaran takik pada frekuensi 4000 Hz dan 6000 Hz.(Rabinowitz PM 2011)

Gangguan fungsi pendengaran akibat terpajan bising menempati urutan pertama dalam daftar penyakit akibat kerja di Amerika dan Eropa dengan proporsi

35 %, sedangkan di Indonesia berkisar 30 % sampai dengan 50 %. (Depkes RI 1995, Soetirto 2007) Penelitian tentang gangguan pendengaran akibat bising di Indonesia telah banyak dilakukan. Sindhusakti DS (2000) melakukan penelitian pada penduduk yang bertempat tinggal di sekitar lebih kurang 50 meter dari ujung timur landasan pacu Bandara Adi Sumarmo Boyolali, didapatkan tingkat kebisingannya adalah sebesar 81.04 dB. Dari penelitian tersebut ditemukan sebanyak 58.3% penduduk dan 53.6% penduduk yang bertempat tinggal di dua desa yang berdekatan dengan landasan pacu menderita tuli sensorineural akibat bising. Pada penelitian Widana IDKK (2006) pada teknisi (*ground crew*) pesawat tempur TNI AU di Lanud Iswahyudi, proporsi gangguan pendengaran akibat bising (NIHL) adalah sebesar 11.2 %. Penelitian oleh Hanum K (2004) mengenai faktor-faktor risiko yang mempengaruhi Tuli Akibat Bising (TAB) pada penerbang TNI AU mendapatkan bahwa TAB berkaitan dengan total jam terbang, masa kerja dan tekanan darah, dimana subyek dengan total jam terbang 500 jam atau lebih mempunyai risiko TAB hampir 2,5 kali lipat. Berdasarkan data hasil pemeriksaan berkala personel TNI AU di Lembaga Kesehatan Penerbangan dan Antariksa (Lakespra) Dr. Saryanto Jakarta, periode Januari sampai dengan Desember 2005 menunjukkan proporsi NIHL sebesar 13.5 %, termasuk di antaranya proporsi NIHL pada penerbang TNI AU sebesar 10.12 %.(Diskes TNI AU 2005)

3. Dampak Paparan Bising

Dampak kebisingan pada manusia dapat dibedakan menjadi dua golongan yaitu dampak non-auditori (*non auditory effects*) dan dampak auditori (*auditory effects*). (National Safety Council 1986)

a. Dampak non-auditori

Akibat paparan kebisingan, pada sepuluh menit pertama tubuh manusia akan melakukan penyesuaian fungsi biologi dengan cara meningkatkan denyut jantung, yang akan mengakibatkan terjadinya nyeri atau sakit kepala, peningkatan tekanan darah dan frekuensi pernapasan. Selain itu hormon adrenalin dan kortisol juga meningkat, sehingga meningkatkan kadar gula dan lemak dalam darah. Dapat terjadinya berbagai macam stress seperti mudah marah, penurunan tingkat konsentrasi, kelelahan, depresi dan gangguan tidur. Juga terjadi peningkatan peristaltik sistem gastrointestinal. Beberapa hasil penelitian telah membuktikan bahwa kebisingan di atas 55 dBA selain terasa mengganggu, juga mengakibatkan penurunan kinerja. (Berglund et al. 1996)

Dampak lain akibat paparan bising adalah meningkatnya absenteisme, penurunan tingkat produktivitas karena kelelahan dan penurunan konsentrasi, peningkatan biaya produksi, penurunan kualitas kerja, produksi dan gangguan komunikasi. (Jeyaratnam et al. 1996) Kebisingan juga dapat berdampak terjadinya gangguan kenyamanan (*annoyance*) bagi orang yang terpajan. Berbagai reaksi psikologis akan timbul pada orang yang mengalami gangguan bising, biasanya reaksi yang timbul bergantung pada status fisik, perilaku dan motivasi pribadi seseorang. (National Safety council 1986)

Sulit untuk memprediksi terjadinya gangguan kenyamanan karena persepsi dalam penerimaan bising seseorang dengan yang lainnya berbeda. Seseorang mungkin dapat menikmati bising sedangkan orang lainnya tidak menghendaki. Umumnya suara terputus-putus (*intermittent*), dengan intensitas dan frekuensi bising yang tinggi sangat mengganggu.

b. Dampak auditori

Dampak auditori akibat bising adalah terjadinya gangguan pendengaran. Gangguan pendengaran akibat bising (NIHL) adalah gangguan pendengaran yang berkembang secara perlahan dalam jangka waktu yang cukup lama (beberapa tahun) diakibatkan oleh karena terpajan kebisingan yang keras secara terus-menerus atau terputus-putus.

Ciri khas NIHL antara lain sebagai berikut: (*The American College of Occupational and Environmental Medicine (ACOEM) 2003*)

- 1) Kerusakan bersifat sensori-neural, mempengaruhi sel-sel rambut telinga bagian dalam.
- 2) Gangguan pendengaran terjadi secara bilateral (pada kedua telinga).
- 3) Gambaran audiogram terdapat takik (*dip/notch*) di frekuensi 3000, 4000 atau 6000 Hz dan membaik pada frekuensi 8000 Hz.
- 4) Paparan kebisingan saja tidak menyebabkan gangguan pendengaran yang lebih besar dari pada 75 dB pada frekuensi tinggi dan 40 dB pada frekuensi rendah.
- 5) Pada umumnya, paparan kebisingan yang terus-menerus selama beberapa tahun lebih destruktif daripada paparan kebisingan yang terputus-putus.

Akan tetapi, pajanan kebisingan pada tingkat tinggi walau sesaat dapat mengakibatkan gangguan pendengaran yang bermakna.

Dampak auditori akibat bising, dapat berupa: (Dobie RA 2006)

1. Trauma akustik

Trauma akustik menimbulkan inflamasi pada elemen sensori-neural di telinga bagian dalam. Akibat terpajan bising tinggi/kuat yang tiba-tiba seperti ledakan bom atau terjadi trauma langsung pada kepala/telinga menyebabkan perforasi membran timpani, atau terjadi dislokasi serta kerusakan tulang-tulang pendengaran, sehingga timbul trauma akustik.

2. Peningkatan ambang pendengaran sementara atau *Temporary Threshold Shift* (TTS)

Akibat terpajan bising di tempat kerja, mula-mula pekerja merasa terganggu, tetapi lama-kelamaan akan menjadi terbiasa, dan suara bising yang tinggi tidak lagi dirasakan, artinya bahwa pekerja tersebut telah mengalami gangguan pendengaran. Setelah pekerja tersebut keluar dari tempat kerja yang bising, maka pendengarannya sedikit demi sedikit akan pulih seperti semula. Hal tersebut berarti gangguan pendengaran yang dialami bersifat sementara. Waktu yang dibutuhkan untuk pemulihan sangat tergantung pada tingkat kebisingan, lama pajanan, jenis bising, serta kerentanan/kepekaan seseorang. Biasanya dibutuhkan waktu beberapa menit sampai paling lama 10 hari. Bila penurunan ambang pendengaran kurang dari 30 dB, maka pemulihan biasanya terjadi setelah 16 jam bebas dari bising.

3. Peningkatan ambang pendengaran menetap atau *Permanent Treshold Shift* (PTS)

Pekerja yang mengalami perubahan ambang dengar sementara, namun terus berlanjut terpajan oleh bising sebelum pemulihan secara bertahap terjadi, maka akan terjadi perubahan ambang pendengaran menetap. Gangguan pendengaran yang menetap ini mula-mula terjadi pada frekuensi 4000 Hz, kemudian berkembang pada frekuensi 2000, 1000 dan 500 Hz, yang merupakan frekuensi bicara manusia. Jika ini terjadi, akibatnya pekerja akan mengalami kesulitan dalam berkomunikasi. Gangguan bersifat permanen, tidak dapat disembuhkan. Perubahan ambang pendengaran yang menetap dapat terjadi setelah 3,5 sampai 20 tahun terjadi pajanan bising, ada yang mengatakan baru setelah 10-15 tahun setelah terjadi pajanan bising. Penderita mungkin tidak menyadari bahwa pendengarannya telah berkurang dan baru diketahui setelah dilakukan pemeriksaan audiogram.

4. Faktor-faktor yang Berperan

Fungsi pendengaran dipengaruhi beberapa faktor antara lain tingkat kebisingan, umur, pendidikan, status kesehatan, riwayat gangguan kesehatan pendengaran pada keluarga, hobi, masa kerja dan penggunaan alat pelindung telinga. (*National Safety Council 1986*)

a) Tingkat kebisingan

Semakin besar dosis bising yang diterima seseorang (pekerja), semakin besar potensi terjadi gangguan pendengaran. Berdasarkan Keputusan Menteri

Kesehatan dan Keputusan Direktur Jenderal PPM & PLP tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja, tingkat kebisingan maksimal selama satu hari adalah 85 dBA untuk lama pajanan 8 jam.

b) Umur

Sensitivitas pendengaran seseorang akan berkurang dengan bertambahnya umur. Semakin tua umur, semakin besar terjadi gangguan pendengaran. Pada umur tua relatif akan mengalami penurunan kepekaan rangsangan suara karena adanya faktor proses penuaan (presbikusi) yaitu proses degeneratif organ pendengaran yang umumnya dimulai sejak usia 40 tahun ke atas, dan ambang pendengaran turun 0.5 dBA per tahun. Orang yang berumur 30 tahun mampu mendengar suara 4 dB pada frekuensi 8000 Hz, sedangkan pada umur 60 tahun hanya mampu mendengar suara minimal 40 dB pada frekuensi 8000 Hz. Penurunan kemampuan pendengaran karena bertambahnya umur disebut dengan presbikus. (Nasri 1997)

c) Tingkat pendidikan

Pekerja dengan tingkat pendidikan yang rendah lebih berpotensi mengalami gangguan pendengaran daripada tingkat pendidikan yang lebih tinggi. *Training* tentang keselamatan (*Safety Training*) adalah komponen penting dalam program keselamatan untuk menyakinkan bahwa semua pekerja telah memahami dan bertindak sesuai persyaratan keselamatan serta terhindar dari potensi bahaya di tempat kerja. (Roughton JE dan Mercurio JJ 2002) Persepsi seseorang pekerja terhadap faktor risiko bahaya yang ada di lingkungannya (termasuk bahaya bising) banyak dipengaruhi oleh pengalaman maupun tingkat pengetahuan yang dimiliki seseorang yang selanjutnya ditunjukkan melalui sikap dan perilaku.

Training akan berpengaruh terhadap aspek kognitif para pekerja dalam bersikap dan berperilaku (termasuk perilaku bekerja yang aman serta perilaku dalam menggunakan alat pelindung diri/telinga).

d) Status kesehatan

Status kesehatan yang buruk lebih berpotensi terjadi gangguan pendengaran, diantaranya adalah, kejadian cedera/trauma pada kepala atau telinga yang pernah dialaminya, terjadinya penyakit infeksi (TBC, sifilis, otitis media) yang disebabkan oleh virus (campak, cacar), penyakit pada organ telinga bagian dalam atau pada saraf pendengaran, penyakit metabolik seperti DM dan hipertensi/stroke. Di samping itu, riwayat pemakaian obat-obat yang bersifat ototoksik seperti aspirin, antibiotik kina, kebiasaan minum dan merokok serta lain-lainnya juga dapat mempengaruhi sel-sel saraf pendengaran. (*National Safety Council* 1986)

e) Riwayat gangguan pendengaran pada keluarga

Para pekerja yang memiliki keluarga (ayah, ibu, kakak, nenek dan saudara) dengan riwayat gangguan kesehatan pendengaran sebelum usia 50 tahun lebih berpotensi terjadi gangguan pendengaran dibandingkan para pekerja yang keluarganya tidak memiliki riwayat gangguan kesehatan pendengaran. Hal tersebut terkait dengan gangguan pendengaran yang berhubungan dengan faktor keturunan (*National Safety Council* 1986)

f) Hobi

Beberapa hobi/aktivitas para pekerja dapat mempengaruhi terjadinya gangguan pendengaran, misalnya hobi yang berkaitan dengan lingkungan bertekanan tinggi

misalnya menyelam (hiperbarik), hobi yang berkaitan dengan pajanan bising tinggi misalnya menembak dengan senjata api, balap motor/mobil, mendengarkan musik keras dan lain-lain. Makin banyak hobi yang berhubungan dengan bising makin besar terjadinya risiko gangguan pendengaran. (*National Safety Council* 1986)

g) Masa kerja

Makin lama masa kerja di tempat bising, makin besar risiko terjadinya gangguan pendengaran. Gangguan pendengaran terjadi 5-10 tahun setelah pekerja bekerja di tempat bising (Dobie RA 2006)

h) Penggunaan alat pelindung telinga (APT)

Alat pelindung telinga merupakan suatu alat yang digunakan untuk melindungi organ pendengaran (telinga) manusia dari bahaya pajanan bising yang tinggi. Semakin sering seseorang tidak menggunakan APT saat bekerja di tempat bising yang tinggi, semakin besar risiko terjadinya gangguan pendengaran. (*National Safety Council* 1986)

5. Pembagian

Secara umum efek kebisingan terhadap pendengaran dapat dibagi atas 2 kategori yaitu : (Melnick W 1994, Heggins II 2011, Brookhouser PE et al. 2011)

a. Peningkatan Ambang Dengar Sementara (PADS) / *Noise Induced Temporary Threshold Shift* (NITTS)

Paparan terhadap bising yang keras selama berjam-jam dapat menyebabkan hilang pendengaran sensorineural yang bersifat sementara (NITTS) dan akan kembali normal dalam 24 jam. Makin sering terpapar bising makin besar

pergeserannya. TTS terjadi pada frekuensi sedikit di atas frekuensi bising yang kita dengar, dengan demikian frekuensi terbaik yang bisa kita dengar (frekuensi bicara), menjadi frekuensi yang paling rentan terjadinya pergeseran (TTS). Karena suara dengan frekuensi tinggi (misal 4 kHz) lebih berbahaya dibandingkan dengan suara dengan frekuensi rendah (misal 0.5 kHz) pada intensitas suara yang sama, maka risiko terjadinya gangguan dengar karena bising tidak bisa diperkirakan dari pengukuran desibel-nya saja. Estimasi tingkat bahaya terjadinya NIHL didasarkan pada pengukuran desibel dengan skala A (dBA), yang memberikan derajat yang berat pada frekuensi yang berbahaya bagi pendengaran manusia (1-5kHz) dan derajat yang lebih ringan pada frekuensi yang lebih rendah. Paparan bising yang kontinyu lebih tinggi risikonya untuk terjadinya TTS dibandingkan paparan bising yang terputus-putus (*interrupted*) dengan durasi yang sama. Hal ini karena terjadinya pemulihan selama masa istirahat. (Dobie RA 2006)

b. Peningkatan Ambang Dengar Menetap (PADM) / *Noise Induced Permanent Threshold Shift* (NIPTS)

Dikatakan bahwa untuk merubah NITTS menjadi NIPTS diperlukan waktu bekerja dilingkungan bising selama 10 – 15 tahun, tetapi hal ini bergantung juga kepada : (Melnick W 1994)

1. tingkat suara bising
2. kepekaan seseorang terhadap suara bising.

NIPTS biasanya terjadi disekitar frekuensi 4 kHz dan perlahan-lahan meningkat dan menyebar ke frekuensi sekitarnya. NIPTS mula-mula tanpa

keluhan, tetapi apabila sudah menyebar sampai ke frekuensi yang lebih rendah (2 dan 3 kHz) 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 3 – 6 kHz, dan setelah beberapa waktu gambaran audiogram menjadi datar pada frekuensi yang lebih tinggi. Kehilangan pendengaran pada frekuensi 4 kHz akan terus bertambah dan menetap setelah 10 tahun dan kemudian perkembangannya menjadi lebih lambat.

6. Patogenesis

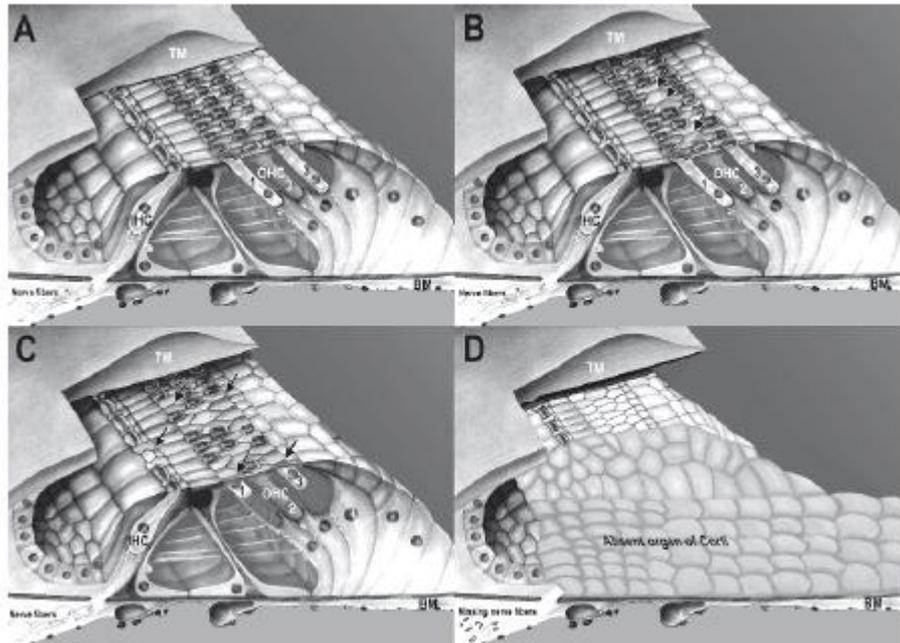
Meskipun histopatologi yang berkaitan dengan NIHL adalah cedera pada sel-sel telinga bagian dalam, patogenesisnya melibatkan interaksi di antara ketiga divisi sistem auditori, yaitu telinga bagian luar, tengah, dan dalam. Keterlibatan telinga luar terutama pada karakteristik resonansi dari kanal auditori eksternal (*Ear Auditory Canal/ EAC*). Pipa yang membuka pada satu sisi memiliki frekuensi resonansi yang inheren, yang ditentukan terutama oleh panjang pipa. Rata-rata panjang EAC manusia adalah 25 mm, dengan menggunakan nilai ini dalam formula: frekuensi resonansi = kecepatan suara/4 x panjang EAC, hal ini berarti bahwa rata-rata frekuensi resonansi dari telinga manusia adalah 3200 Hz. Konfigurasi dari EAC akan mengamplifikasi suara dengan frekuensi menengah sebesar 20 dB. Hal tersebut mempunyai kepentingan klinis ganda. Studi memperlihatkan bahwa penurunan pendengaran terberat terjadi pada ½-1 oktaf

lebih tinggi dari suara yang masuk. Bising dengan spektrum yang lebar (*broadband noise*) seperti pada bising industri akan diubah oleh resonansi EAC menjadi bising 3 Hz. Hal ini berkaitan dengan karakteristik dip 4 Hz tergambar pada audiogram, pada individu yang terpapar bising. Hal yang kedua, variabilitas yang signifikan di antara individu yang berbeda sebagai respon terhadap paparan bising yang sama. Variabilitas ini dapat dijelaskan karena adanya perbedaan konfigurasi EAC dan resonansi yang inheren. (Henderson D dan Hamernik RP 1995)

Kontribusi telinga tengah pada respon terhadap bising adalah kerja dari reflek akustik. Struktur telinga tengah yang terlibat dalam reflek ini adalah otot tensor timpani yang melekat pada kepala maleus dan otot stapedius yang melekat pada kepala stapes. Dua saraf kranial, yaitu trigeminal (V) dan fasial (VII), berpartisipasi dalam reflek ini. Stimulasi reflek oleh bising kontinyu yang tiba-tiba akan menyebabkan kontraksi otot. Kerja dari tensor timpani adalah untuk menegangkan membran timpani, dengan menarik maleus ke arah medial sementara stapedius akan menarik perpendikular stapes ke arah aksisnya pada foramen ovale. Kombinasi aksi dari kedua otot ini adalah mengeraskan struktur telinga tengah dan dengan demikian akan mengurangi energi suara yang mencapai telinga bagian dalam. Sistem ini paling efektif dalam melemahkan suara dengan frekuensi rendah (< 2 kHz). Penelitian pada manusia dan hewan telah memperlihatkan bahwa malfungsi dari reflek akustik berkaitan dengan lebih mudah terjadinya peningkatan ambang dengar sementara maupun permanen. Secara spesifik, pasien-pasien dengan Bell's palsy lebih rentan terjadi TTS pada

sisi paralisis fasial bila terpapar dengan bising. Perbedaan dalam latensi reflek, ambang, kekuatan kontraksi otot dan resistensi terhadap adaptasi telah diteliti dan dapat menjelaskan perbedaan antar individu pada NIHL.(Henderson D dan Hamernik RP 1995)

Tuli akibat bising mempengaruhi organ korti di koklea terutama sel-sel rambut. Daerah yang pertama terkena adalah *Outer Hair Cell* (OHC) yang menunjukkan adanya degenerasi yang meningkat sesuai dengan intensitas dan lama paparan. Stereosilia pada sel-sel rambut luar menjadi kurang kaku sehingga mengurangi respon terhadap stimulasi. Hal ini mungkin akibat beberapa karakteristik OHC, seperti lokasinya yang dekat dengan pergeseran membran basilar maksimal, gaya geser (*shearing forces*) langsung dari stereosilia pada OHC terhadap membran tektorial, dan kurangnya sel-sel penyangga di sekitar OHC. Dengan bertambahnya intensitas dan durasi paparan akan dijumpai lebih banyak kerusakan seperti hilangnya stereosilia. Daerah yang pertama kali terkena adalah daerah basal. Dengan hilangnya stereosilia, sel-sel rambut mati dan digantikan oleh jaringan parut. Semakin tinggi intensitas paparan bunyi, sel-sel rambut dalam dan sel-sel penunjang juga rusak. Dengan semakin luasnya kerusakan pada sel-sel rambut, dapat timbul degenerasi pada saraf yang juga dapat dijumpai di nukleus pendengaran pada batang otak.(Dobie RA 2006)



Gambar 2.2. Organ korti: (A) organ korti yang belum rusak, dimana seluruh IHC dan OHC (1,2,3) bisa terlihat; (B) kerusakan tingkat dini yang diakibatkan oleh bising, dimana 3 OHC hilang (tanda panah); (C) kerusakan tingkat menengah, dimana 11 OHC dan 1 IHC hilang (lihat tanda panah); (D) kerusakan tingkat lanjut dimana seluruh bagian dari organ korti menghilang dan digantikan oleh epitel skuamous tidak berdiferensiasi pada membran basilar (BM). Serabut saraf pada daerah tersebut juga menghilang

Sumber: Humes LE et al. 2006

Dari sudut makromekanikal ketika gelombang suara lewat, membrana basilaris meregang sepanjang sisi ligamentum spiralis, dimana bagian tengahnya tidak disokong. Pada daerah ini terjadi penyimpangan yang maksimal. Sel-sel penunjang disekitar sel rambut dalam juga sering mengalami kerusakan akibat paparan bising yang sangat kuat dan hal ini kemungkinan merupakan penyebab mengapa baris pertama sel rambut luar yang bagian atasnya bersinggungan dengan *phalangeal process* dari sel pilar luar dan dalam merupakan daerah yang paling sering rusak. (Wright A 1997)

commit to user

Energi mekanis ditransduksikan ke dalam peristiwa intraseluler yang memacu pelepasan neurotransmitter dengan cara berikut. Saluran transduksi berada pada membran plasma pada masing-masing silia, baik didaerah *tip* atau sepanjang tangkai (*shaft*), yang dikontrol oleh *tip links*, yaitu jembatan kecil diantara silia bagian atas yang berhubungan satu sama lain. Gerakan mekanis pada barisan yang paling atas membuka ke saluran menyebabkan influks K^+ dan Ca^{++} dan menghasilkan depolarisasi membran plasma. Pergerakan daerah yang berlawanan akan menutup saluran serta menurunkan jumlah depolarisasi membran. Apabila depolarisasi mencapai titik kritis dapat memacu peristiwa intraseluler. Telah diketahui bahwa sel rambut luar memiliki sedikit afferen dan banyak efferen. Gerakan mekanis membrana basilaris merangsang sel rambut luar berkontraksi sehingga meningkatkan gerakan pada daerah stimulasi dan meningkatkan gerakan mekanis yang akan diteruskan ke sel rambut dalam dimana neurotransmisi terjadi. Kerusakan sel rambut luar mengurangi sensitifitas dari bagian koklea yang rusak. (Wright A 1997)

Kekakuan silia berhubungan dengan *tip links* yang dapat meluas ke daerah basal melalui lapisan kutikuler sel rambut. Liberman dan Dodds memperlihatkan keadaan akut dan kronis pada awal kejadian dan kemudian pada stimulasi yang lebih tinggi, fraktur daerah basal dan hubungan dengan hilangnya sensitifitas saraf akibat bising. Fraktur daerah basal menyebabkan kematian sel. Paparan bising dengan intensitas rendah menyebabkan kerusakan minimal silia, tanpa fraktur daerah basal atau kerusakan *tip links* yang luas. Tetapi suara dengan intensitas tinggi dapat menyebabkan kerusakan *tip links* sehingga menyebabkan kerusakan

yang berat, fraktur daerah basal dan perubahan-perubahan sel yang irreversibel.(Alberty PW 1991)

7. Perubahan Histopatologi Telinga Akibat Kebisingan

Lokasi dan perubahan histopatologi yang terjadi pada telinga akibat kebisingan adalah sebagai berikut: (Oedono RMT 1996)

1. Degenerasi pada sel sensoris
 - a. degenerasi pada daerah basal dari duktus koklearis
 - b. oedema dan lisis dari sel-sel sensoris
 - c. anoksia

2. Degenerasi pada stria vaskularis

Suara dengan intensitas tinggi dapat menyebabkan degenerasi stria vaskularis oleh karena penurunan bahkan penghentian aliran darah pada stria vaskularis dan ligamen spiralis sesudah terjadi rangsangan suara dengan intensitas tinggi.

3. Degenerasi pada serabut saraf dan “*nerve ending*”

8. Biomolekuler

Pajanan terhadap bising yang intens akan menyebabkan trauma pada sel-sel rambut. Bila kerusakan yang terjadi melampaui kemampuan sel untuk memperbaiki dirinya (*repair*), sel-sel tersebut akan mati. Penelitian terkini memperlihatkan bahwa sel-sel rambut dapat mati melalui jalur (*pathway*) yang berbeda.(Bohne et al. 2007, Hu BH 2002) Beberapa sel mati akibat apoptosis,

yang merupakan bentuk aktif kematian sel yang memerlukan suplai energi yang persisten, sementara beberapa lainnya mati akibat nekrosis, suatu bentuk pasif kematian sel akibat dari disintegrasi dini sel.

Apoptosis dan nekrosis merupakan dua bentuk kematian sel yang berbeda secara substansial dalam hal karakteristik morfologik dan biologiknya. Secara morfologik, sel-sel yang mengalami apoptosis akan menyusut. Bagian nukleusnya akan memadat (*condense*) dan bagian sel-selnya akan menyusut. Sebaliknya, sel-sel yang mengalami nekrosis, bagian sel-sel dan nukleusnya akan membengkak. Dengan semakin bertambahnya volume sel, membran sel akan pecah. Secara biologik, sel-sel apoptotik menggambarkan aktivasi sekelompok enzim yang terkait apoptosis (*apoptosis-related enzymes*) yang kemudian akan mencerna struktur-struktur selular. (Bohne et al. 2007)

Penelitian terkini telah mengidentifikasi molekul-molekul apoptotik (Hu et al. 2009, Yamashita et al. 2008) yang berperan dalam menimbulkan sinyal kematian sel dari satu organel selular ke organel selular lainnya. Kaskade transduksi sinyal ini menjadi target potensial bagi intervensi farmakologik yang akan memblok transduksi sinyal kematian, memperlambat atau bahkan membalikkan program kematian sel.

Penyebab kematian sel rambut sangat kompleks. Daya mekanik yang berkaitan dengan overstimulasi akustik akan secara langsung menimbulkan trauma pada struktur kokhlear. Sel-sel rambut dapat terluka pada bagian struktur penyangganya akibat pajanan bising impulsif, seperti suara tembakan atau

ledakan. Struktur kokhlear juga menjadi target dari molekul-molekul toksik yang dihasilkan oleh stress metabolik setelah suatu trauma akustik. Salah satu molekul toksik yaitu *Reactive Oxidative Species* (ROS), yang sangat reaktif akibat keberadaan *unpaired valence shell electrode*. Meski molekul toksik tersebut merupakan produk natural dari produksi energi selular, namun overproduksi akibat produksi energi yang berlebihan atau disrupsi dari kemampuan antioksidan akan menimbulkan stress oksidatif. Stress oksidatif akan mengenai banyak struktur selular yang vital untuk keberlangsungan hidup sel, seperti membran plasma, mitokondria dan nukleus sel. (Hu et al 2009)

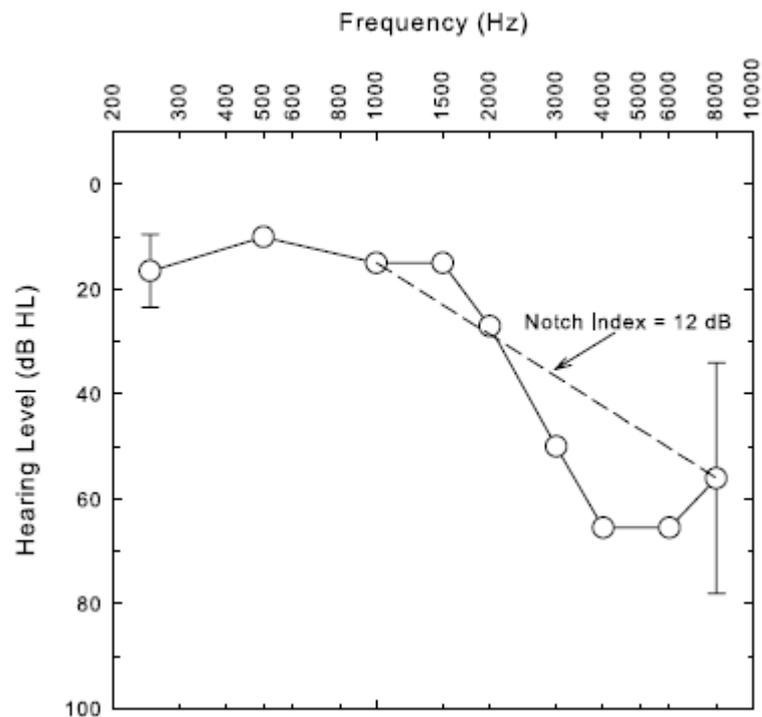
Sel akan memasuki jalur apoptotik atau nekrotik dalam suatu keadaan stress, hal tersebut berkaitan dengan sejumlah faktor. Salah satunya adalah level stress oksidatif yang mengenai sel. Penelitian telah memperlihatkan bahwa level moderat dari stress oksidatif akan memicu kematian sel yang rusak melalui apoptosis.(Galan et al. 2001) Sebaliknya, stress oksidatif berat akan menimbulkan kematian sel nekrotik. Faktor lain yang mengatur kecenderungan terjadinya kematian sel, yaitu status energi dari sel. (Hu 2007, Hu et al. 2008) Karena apoptosis membutuhkan energi, kekurangan energi akan memblok proses apoptosis. Secara spesifik, bila sel dapat mempertahankan produksinya, sel akan mati akibat apoptosis. Bila sel kehilangan produksinya, ia akan mati akibat nekrosis.

9. Diagnosis

Untuk menegakkan diagnosis NIHL, diperlukan anamnesis, pemeriksaan fisik, dan pemeriksaan audiometri (idealnya dalam beberapa tahun). Perlu ditanyakan adanya riwayat paparan bising dengan intensitas dan durasi yang berbahaya. Sangat membantu bila dilakukan pengukuran kebisingan pada tempat bekerja. Anamnesis yang cermat mengenai riwayat pekerjaan perlu ditanyakan, termasuk pekerjaan dalam bidang militer, yang seringkali terpapar dengan bising. Etiologi lain dari gangguan dengar sensorineural (herediter, obat-obat ototoksik, cedera kepala, dll) harus disingkirkan dari anamnesis. Pemeriksaan fisik diperlukan untuk menyingkirkan kelainan pada telinga luar dan telinga tengah dan juga kelainan pada sistem saraf pusat. (Dobie RA 2006)

Audiometri nada murni pada kasus-kasus dini biasanya memperlihatkan *noise notch* (takik) pada frekuensi 3,4, atau 6 kHz (tidak patognomonik untuk NIHL), namun takik ini akan menghilang dalam beberapa tahun dengan semakin beratnya paparan bising dan semakin bertambahnya usia. Keberadaan *noise notch* dapat ditentukan secara objektif, yaitu dengan cara menarik garis lurus yang menghubungkan ambang pendengaran pada frekuensi 1 dan 8 kHz. Bila ambang pendengaran di antara frekuensi 1 dan 8 kHz (terutama pada frekuensi 2,3, dan 4 kHz) berada di bawah garis tersebut, hal ini mengindikasikan keberadaan dari *noise notch*. (Coles et al. 2000) Dobie RA dan Rabinowitz PM (2002) mendeskripsikan lebih lanjut mengenai *Notch Index* (NI), yang merupakan hasil pengurangan rata-rata nilai ambang pendengaran pada frekuensi 2, 3 dan 4 kHz dengan rata-rata nilai ambang pendengaran pada frekuensi 1 dan 8 kHz. Bila

didapatkan nilai NI yang lebih besar dari 0 dB, maka keberadaan *notch* dianggap positif, namun bila nilainya kurang dari 0 dB, keberadaan *notch* dianggap negatif.



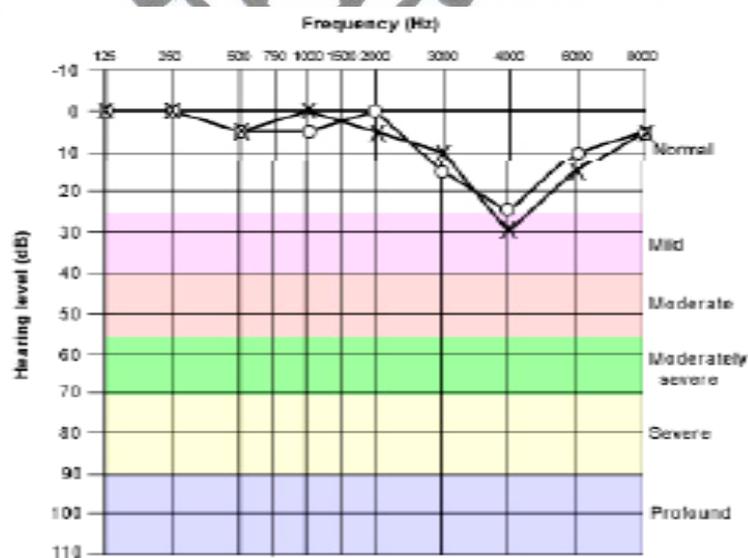
Gambar 2.3. Ilustrasi audiogram yang memperlihatkan *noise notch*
Sumber: Humes LE et al. 2006

Gambaran audiogram yang asimetris, lebih besar dari 15 dB mengesankan adanya etiologi lain atau paparan bising yang asimetris. Pistol dan senapan laras panjang merupakan penyebab tersering dari NIHL yang asimetris. Penting perlu ditanyakan mengenai penggunaan alat pelindung dengar, tipe apa yang digunakan dan sejak kapan mulai digunakan. (Dobie RA 2006)

Pemeriksaan audiometri berseri pada para pekerja yang terpapar bising, sepanjang waktu karirnya sangat penting untuk dilakukan. pemeriksaan laboratorium dan radiologi tidak bernilai untuk menegakkan diagnosis NIHL,

namun kadang diperlukan untuk menyingkirkan kelainan lain, terutama neuroma akustik. *The American College of Occupational and Environmental Medicine* telah merevisi kebijakannya untuk menegakkan diagnosis NIHL: (ACOEM 2003)

- Selalu sensorineural, mengenai sel-sel rambut di telinga bagian dalam
- Karena kebanyakan paparan bising selalu simetris, gangguan pendengaran yang terjadi biasanya bilateral.
- Biasanya, tanda awal dari gangguan pendengaran karena paparan bising adalah gambaran takik (*notch*) pada audiogram, pada frekuensi 3, 4, atau 6 kHz, dan kembali normal pada frekuensi 8 kHz. Gambaran takik ini berlawanan dengan gambaran audiogram yang disebabkan oleh usia lanjut, yang juga memberikan gambaran turunnya pendengaran pada frekuensi tinggi, namun dengan pola penurunan yang landai (*down-sloping*) tanpa disertai gambaran membaik pada frekuensi 8 kHz.



Gambar 2.4. Audiogram dengan takik pada 4 kHz

Sumber: Bashiruddin J dkk. 2005

commit to user

- Paparan bising saja tidak menyebabkan kehilangan pendengaran lebih dari 75 desibel pada frekuensi tinggi dan 40 desibel pada frekuensi yang lebih rendah. Namun, individu dengan usia lanjut yang juga terpapar bising dapat mengalami kehilangan pendengaran lebih dari nilai tersebut.
- Tingkat (laju) kehilangan pendengaran akibat paparan bising yang kronis, lebih besar terjadi selama 10-15 tahun pertama paparan dan menurun dengan semakin meningkatnya ambang dengar. Hal ini berlawanan dengan gangguan dengar karena usia, yang progresifitasnya semakin meningkat dengan berjalannya waktu.
- Kebanyakan bukti ilmiah menyebutkan bahwa telinga dengan riwayat paparan bising terdahulu tidak menjadi lebih sensitif terhadap paparan bising di masa mendatang dan bahwa gangguan dengar yang terjadi karena bising tidak akan bertambah berat (tidak progresif) begitu paparan terhadap bising dihentikan.
- Dalam melakukan anamnesis tentang riwayat paparan bising, perlu diingat bahwa risiko terjadinya gangguan dengar karena bising akan semakin meningkat secara signifikan pada paparan kronik di atas 85 dBA selama rata-rata 8 jam waktu terpapar (*Time Weighted Average/ TWA*). Secara umum, paparan bising yang kontinu dalam beberapa tahun lebih bersifat merusak dibandingkan dengan paparan bising yang terputus-putus yang memberikan kesempatan untuk istirahat pada telinga.

10. Akibat Ketulian Terhadap Aktivitas Sebagai Tenaga Kerja

Akibat ketulian terhadap aktivitas sebagai tenaga kerja dibedakan atas:
(Melnick W 1994, Dobie RA 2006)

1. *Hearing Impairment*

Didefinisikan sebagai kerusakan fisik telinga baik yang ireversibel (NIPTS) maupun yang reversibel (NITTS)

2. *Hearing Disability*

Didefinisikan sebagai kesulitan mendengarkan akibat *hearing impairment*, misalnya:

- a) Problem komunikasi di tempat kerja
- b) Problem dalam mendengarkan musik
- c) Problem mencari arah/asal suara
- d) Problem membedakan suara

Secara ringkas dapat dikatakan efek *hearing impairment* terhadap *disability* berbeda pada setiap individu, tergantung fungsi psikologis dan aktivitas sosial yang bersangkutan.

3. *Handicap*

Ketidakmampuan atau keterbatasan seseorang untuk melakukan suatu tugas yang normal dan berguna baginya.

Menurut WHO diklasifikasikan sebagai berikut:

a) *Orientation handicap*

Yaitu ketidakmampuan/ keterbatasan dalam mengikuti pembicaraan. *commit to user*

b) *Physical independence handicap*

Yaitu ketidakmampuan/ keterbatasan untuk mandiri.

c) *Occupational handicap*

Yaitu ketidakmampuan/ keterbatasan dalam bekerja dan memilih karir.

d) *Economic self-sufficiency handicap*

e) *Social integration handicap*

Yaitu ketidakmampuan/ keterbatasan dalam melakukan aktivitas normal harian, seperti respon terhadap alarm atau pesan lisan.

f) *Inability to cope with occupational requirement*

Yaitu ketidakmampuan/ keterbatasan yang mengakibatkan berkurangnya penghasilan.

Kebisingan sangat merugikan tenaga kerja, terutama bila sampai terjadi NIHL dan juga merugikan perusahaan karena *performance* tenaga kerja yang menurun, biaya kesehatan yang membengkak, serta kompensasi bila terjadi NIHL karena pekerjaan. Oleh karena itu pencegahan terhadap gangguan pendengaran ini perlu diprioritaskan. Program pencegahan ini dikenal dengan istilah Program Konservasi Pendengaran (*Hearing Conservation Programmes/HCP*)

11. Penatalaksanaan

Sesuai dengan penyebab ketulian, penderita sebaiknya dipindahkan kerjanya dari lingkungan bising. Bila tidak mungkin dipindahkan dapat dipergunakan alat

pelindung telinga yaitu berupa sumbat telinga (*ear plugs*), tutup telinga (*ear muffs*) dan pelindung kepala (*helmet*). Oleh karena tuli akibat bising adalah tuli saraf koklea yang bersifat menetap (irreversibel), bila gangguan pendengaran sudah mengakibatkan kesulitan berkomunikasi dengan volume percakapan biasa, dapat dicoba pemasangan alat bantu dengar (ABD). Apabila pendengarannya telah sedemikian buruk, sehingga dengan memakai ABD pun tidak dapat berkomunikasi dengan adekuat, perlu dilakukan psikoterapi supaya pasien dapat menerima keadaannya. Latihan pendengaran (*auditory training*) juga dapat dilakukan agar pasien dapat menggunakan sisa pendengaran dengan ABD secara efisien dibantu dengan membaca ucapan bibir (*lip reading*), mimik dan gerakan anggota badan serta bahasa isyarat untuk dapat berkomunikasi. (Soetirto I 2007, Dobie RA 2006, Heggins II 2011)

12. Prognosis

Oleh karena jenis ketulian akibat terpapar bising adalah tuli saraf kokhlea yang sifatnya menetap, dan tidak dapat diobati secara medikamentosa maupun pembedahan, maka prognosinya kurang baik. Oleh sebab itu yang terpenting adalah pencegahan terjadinya ketulian. (Roestan AW 2004, Soetirto I 2007)

13. Pencegahan

Pencegahan dengan program konservasi pendengaran merupakan hal yang paling baik dilakukan dengan melakukan identifikasi sumber bising melalui survei kebisingan, melakukan analisis kebisingan dengan mengukur kebisingan

menggunakan *sound level meter*, melakukan pemeriksaan pendengaran secara berkala dengan menggunakan audiometri, menerapkan sistem komunikasi, informasi dan edukasi serta menerapkan penggunaan APT secara ketat dan melakukan pencatatan dan pelaporan data.

Tujuan utama perlindungan terhadap pendengaran adalah untuk mencegah terjadinya NIHL yang disebabkan oleh kebisingan di lingkungan kerja melalui HCP. (Dobie RA 2006)

Tujuan dari program konservasi pendengaran: (Roestan AW 2004)

Umum:

- Meningkatkan produktifitas kerja melalui pencegahan ketulian akibat bising di tempat kerja dengan melaksanakan program konservasi pendengaran yang melibatkan seluruh unsur dalam perusahaan.

Khusus:

- Mengetahui tingkat kebisingan pada lokasi kerja sesuai karakteristik kegiatannya
- Meningkatkan upaya pencegahan ketulian akibat bising melalui upaya mengurangi paparan terhadap pekerja, baik secara teknis maupun administratif
- Deteksi dini adanya kasus NIHL dan mencegah TTS yang timbul menjadi permanen
- Meningkatkan pengetahuan karyawan mengenai kebisingan dan pengaruhnya terhadap kesehatan

- Meningkatkan disiplin dan kesadaran dalam penggunaan alat pelindung terhadap kebisingan
- Menumbuhkan perubahan perilaku karyawan dan semua unsur terkait ke arah yang mendukung program di atas, melalui program promosi kesehatan di tempat kerja

Komponen pokok dari HCP, meliputi: (Roestan AW 2004)

a. Survey paparan kebisingan

Identifikasi area dimana pekerja terpapar dengan level kebisingan yang berbahaya. Pada daerah kerja yang telah ditetapkan tadi, dilakukan penelitian tingkat kebisingan (analisis kebisingan). Untuk mengukur tingkat intensitas kebisingan digunakan *sound level meter*.

b. Pengendalian kebisingan

Pada dasarnya pengendalian kebisingan dapat dilakukan terhadap:

Terhadap sumbernya, dengan cara:

- Desain akustik, dengan mengurangi vibrasi, mengubah struktur dan lainnya
- Substitusi alat
- Mengubah proses kerja

Terhadap perjalanannya, dengan cara:

- Jarak diperjauh
- Akustik ruangan
- *Enclosure*

Terhadap penerimanya, dengan cara:

commit to user

- Alat pelindung telinga
- *Enclosure* (misal: dalam *control room*)
- Administrasi dengan rotasi dan mengubah jadwal kerja

Selain itu, juga dapat dilakukan dengan:

Pengendalian secara teknis (*engineering control*):

- Pemilihan *equipment*/proses yang lebih sedikit menimbulkan bising
- Dengan melakukan perawatan (*maintenance*)
- Melakukan pemasangan penyerap bunyi
- Mengisolasi dengan melakukan peredaman (material akustik)
- Menghindari kebisingan

Pengendalian secara administratif (*administrative control*):

- Melakukan shift kerja
- Mengurangi waktu kerja
- Melakukan pelatihan (*training*)

Pengendalian kebisingan dapat dilakukan juga dengan pengendalian secara medis yaitu dengan cara pemeriksaan kesehatan secara teratur.

c. Audiometri secara periodik

Pada keadaan dimana pengendalian baik teknis maupun administratif tidak dapat mengurangi kebisingan kurang dari 85 dB TWA, program audiometri berkala harus dilakukan. Perubahan audiometri nada murni sebesar 10 dB atau lebih mengindikasikan adanya penurunan pendengaran. OSHA menetapkan *standard threshold shifts* (STS) sebesar 10 dB atau lebih peningkatan ambang dengar pada rata-rata frekuensi 2, 3, dan 4 kHz. Para pekerja yang

commit to user

memperlihatkan STS atau yang terpapar dengan bising lebih dari 90 dBA TWA harus menggunakan *Hearing Protection Devices/ HPD (earplugs, earmuffs)*.

Terhadap karyawan yang bekerja di area bising, dilakukan pemeriksaan pendengarannya secara berkala setahun sekali. Sebelum diperiksa karyawan harus dibebaskan dari kebisingan di tempat kerjanya selama 16-24 jam.

Pengukuran audiometrik sebaiknya dilakukan pada :

- a. *Pre-employment* (sebelum bekerja)
- b. Sebelum penugasan awal di daerah kerja yang bising
- c. Secara berkala (periodik/tahunan)

Pekerja yang terpapar kebisingan > 85 dBA selama 8 jam sehari, pemeriksaan dilakukan setiap tahun atau 6 bulan tergantung tingkat intensitas bising.

- d. Saat pindah tugas keluar dari tempat bising
- e. Saat pensiun/purna tugas

Ada beberapa macam audiogram untuk pemeliharaan pendengaran, yaitu:

- Audiogram dasar (*baseline audiogram*), pada awal pekerja bekerja di kebisingan
- Monitor (*monitoring audiogram*), dilakukan kurang dari setahun setelah audiogram sebelumnya
- Tes ulangan (*retest audiogram*)
- Tes konfirmasi (*confirmation audiogram*), dilakukan bagi pekerja yang *retest audiogram*-nya konsisten menunjukkan adanya perubahan tingkat pendengaran

- Tes akhir (*exit audiogram*), dilakukan bilamana pekerja berhenti bekerja

d. Penggunaan Alat Pelindung Telinga (APT)

Beberapa faktor yang mempengaruhi penggunaan APT:

- a. Kecocokan; alat pelindung telinga tidak akan memberikan perlindungan bila tidak dapat menutupi liang telinga rapat-rapat.
- b. Nyaman dipakai; tenaga kerja tidak akan menggunakan APT ini bila tidak nyaman dipakai.
- c. Penyuluhan khusus, terutama tentang cara memakai dan merawat APT tersebut.

Jenis-jenis APT:

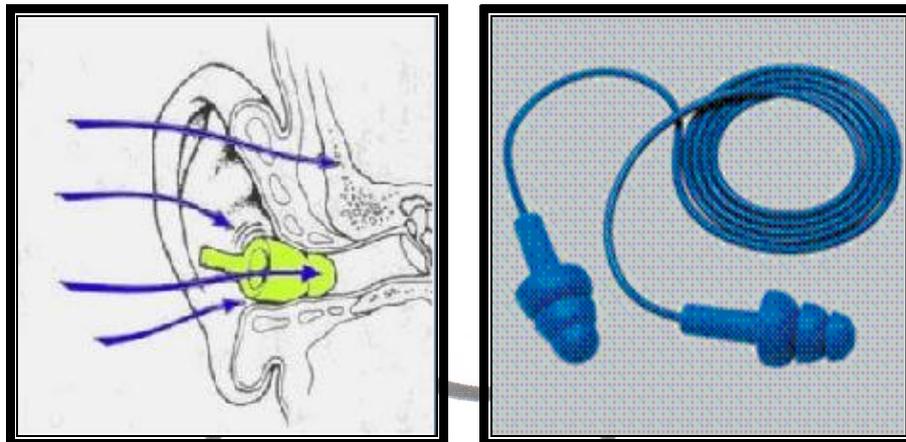
- a. Sumbat telinga (*earplugs/insert device/aural insert protector*)

Dimasukkan ke dalam liang telinga sampai menutup rapat sehingga suara tidak mencapai membran timpani.

Beberapa tipe sumbat telinga :

- *formable type*
- *custom-molded type*
- *premolded type*

Sumbat telinga bisa mengurangi kebisingan 8-30 dB. Biasanya digunakan untuk proteksi sampai dengan 100 dB.

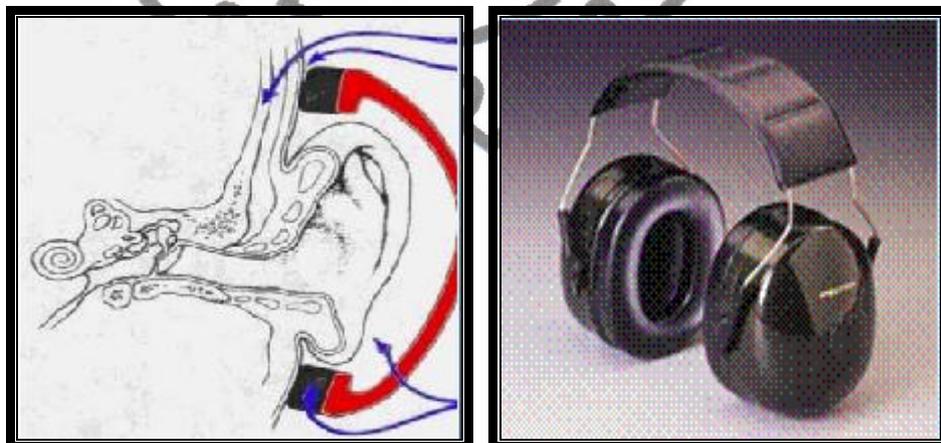


Gambar 2.5. APT: sumbat telinga (*earplug*)

Sumber: Brookhouser PE et al. 2011

b. Tutup telinga (*earmuff/protective caps/circumaural protectors*)

Menutupi seluruh telinga eksternal dan dipergunakan untuk mengurangi kebisingan 25-40 dB. Digunakan untuk proteksi sampai dengan 110dB.



Gambar 2.6. APT: tutup telinga (*earmuff*)

Sumber: Brookhouser PE et al, 2011

c. *Helmet/ enclosure*

Menutupi seluruh kepala dan digunakan untuk mengurangi kebisingan 40-50 dB

commit to user



Gambar 2.7. APT: helmet
Sumber: Al-Jammaly RZ 2008

Pemilihan APT :

- a. *Earplug* bila bising antara 85-200 dBA
- b. *Earmuff* bila di atas 100 dBA
- c. Kemudahan pemakaian, biaya, kemudahan membersihkan dan kenyamanan.

Pedoman yang sering digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 2.3. Pedoman pemakaian APT

TWA/dBA	Pemakaian APT	Pemilihan APT
<85	Tidak wajib/perlu	Bebas memilih
85-89	<i>Optional</i>	Bebas memilih
90-94	Wajib	Bebas memilih
95-99	Wajib	Pilihan terbatas
>100	Wajib	Pilihan sangat terbatas

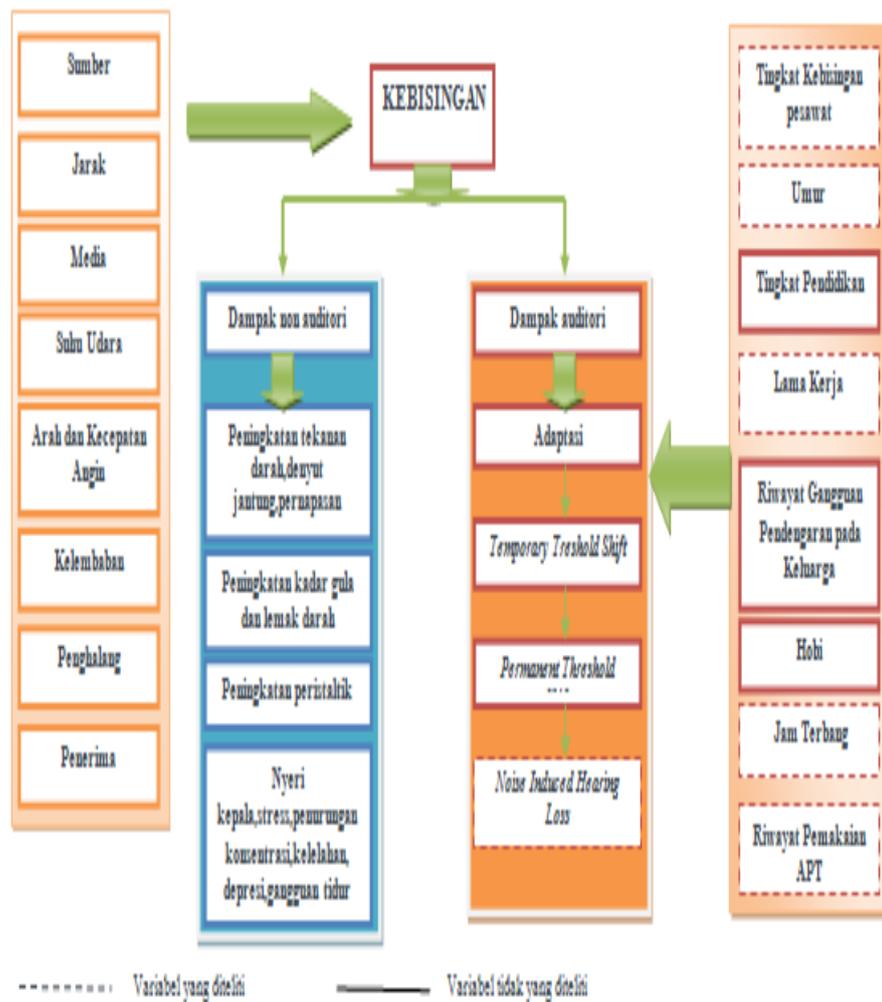
Sumber: Mansyur 2003

APT ini harus tersedia di tempat kerja tanpa harus membebani pekerja dari segi biaya, perusahaan harus menyediakan APT ini. Cara terbaik sebenarnya bukan penggunaan APT tetapi pengendalian secara teknis pada sumber suara.

e. Edukasi, motivasi, dan konseling

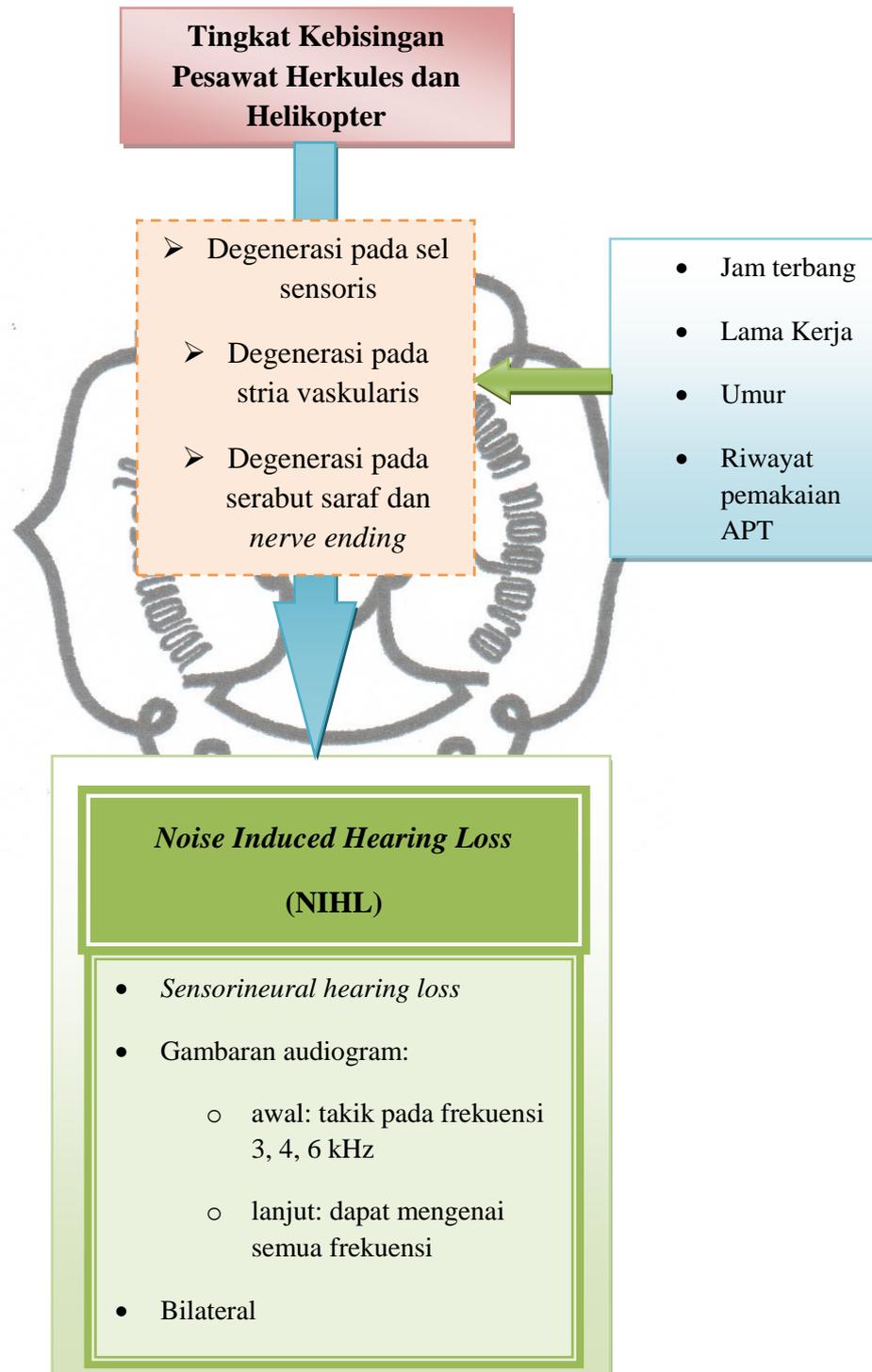
Program edukasi dan motivasi menekankan bahwa program konservasi pendengaran sangat bermanfaat untuk melindungi pendengaran tenaga kerja, dan mendeteksi perubahan ambang pendengaran akibat paparan bising. Tujuan edukasi adalah untuk menekankan keuntungan tenaga kerja jika mereka memelihara pendengaran dan kualitas hidupnya. Lebih lanjut penyuluhan tentang hasil audiogram mereka, sehingga tenaga kerja termotivasi untuk berpartisipasi melindungi pendengarannya sendiri. Juga melalui penyuluhan diharapkan tenaga kerja mengetahui alasan melindungi telinga serta cara penggunaan APT.

D. KERANGKA TEORI



Bagan 2.7. Kerangka Teori Penelitian

E. Kerangka Konsep



Bagan 2.9. Kerangka Konsep Penelitian
commit to user

F. Hipotesis

- Terdapat pengaruh dari tingkat kebisingan pesawat hercules dan helikopter terhadap terjadinya gangguan pendengaran pada penerbang TNI AU.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. TEMPAT DAN WAKTU

Penelitian dilakukan di Lembaga Kesehatan Penerbangan dan Ruang Antarksa (LAKESPRO) Dr. Saryanto, dengan waktu penelitian dimulai dari bulan Desember 2011 sampai dengan bulan Mei 2012.

B. JENIS PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi epidemiologi bersifat observasional analitik dengan desain kasus kontrol (*case control*), dimana sekelompok individu yang mengalami gangguan pendengaran akibat bising (NIHL) dibandingkan dengan sekelompok individu yang tidak mengalami gangguan pendengaran akibat bising, pada penerbang pesawat militer TNI AU di beberapa Skadron Udara. Kedua kelompok kemudian dilihat ke belakang (retrospektif) dan dicatat, dicari atau diukur tingkat kebisingan di masing-masing pesawat militer yang digunakannya, apakah berpengaruh terhadap terjadinya gangguan pendengaran (NIHL) pada penerbang TNI AU setelah faktor-faktor risiko lainnya (jam terbang, lama kerja umur, riwayat pemakaian APT) dikontrol/dikendalikan.

C. POPULASI DAN SAMPEL

Populasi target adalah penerbang pesawat militer jenis hercules dan helikopter. Populasi terjangkau adalah penerbang pesawat militer jenis hercules dan helikopter, yaitu penerbang pesawat hercules dari Skadron Udara 31 dan penerbang helikopter dari Skadron Udara 6 dan Skadron Udara 8 yang menjalani pemeriksaan di LAKESPRA Dr. Saryanto.

Sampel penelitian dipilih dengan cara *non-probability sampling*, yaitu dengan teknik *consecutive sampling*, dimana setiap subyek yang memenuhi kriteria penelitian dimasukkan dalam penelitian sampai kurun waktu tertentu, sehingga jumlah subyek penelitian yang diperlukan terpenuhi.

D. KRITERIA INKLUSI DAN EKSKLUSI

1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi Kasus

a. Kriteria Inklusi:

- Personel organik di Skadron Udara 6, Skadron Udara 8, Skadron Udara 31 yang mengalami gangguan pendengaran akibat bising (NIHL).
- Profesi/kualifikasi: penerbang militer TNI AU.
- Umur penerbang: 25-40 tahun.
- Status pendengaran sebelum menjadi penerbang adalah normal.

- Bersedia sebagai responden dalam penelitian.

b. Kriteria Eksklusi:

- Terdapat penyakit di telinga, baik di telinga luar maupun telinga tengah.
- Terdapat riwayat penggunaan obat-obatan ototoksik.
- Riwayat trauma kepala atau telinga.
- Riwayat hipertensi, diabetes melitus, hiperlipidemia.
- Gangguan pendengaran konduksi (*Conductive Hearing Loss*) maupun campuran (*Mixed Hearing Loss*).
- Memiliki hobi yang berhubungan dengan lingkungan bertekanan tinggi misalnya menyelam ataupun hobi yang berkaitan dengan paparan bising, misalnya menembak, balap motor/mobil, mendengarkan musik keras.
- Memiliki riwayat gangguan pendengaran di keluarga.

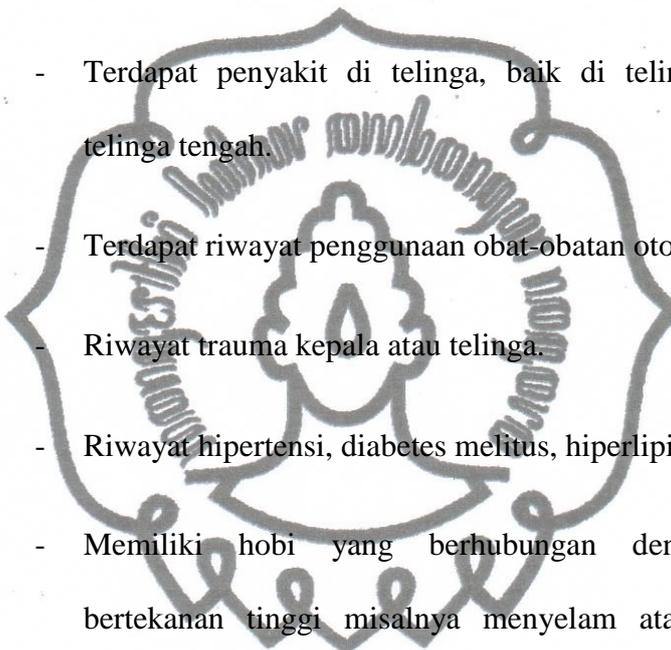
2. Kriteria Inklusi dan Eksklusi Kontrol

a. Kriteria Inklusi:

- Personel organik di Skadron Udara 6, Skadron Udara 8, Skadron Udara 31 yang tidak mengalami gangguan pendengaran (NIHL).

- Profesi/kualifikasi: penerbang militer TNI AU.
- Umur penerbang: 25-40 tahun.
- Bersedia sebagai responden dalam penelitian.

b. Kriteria Eksklusi:

- 
- Terdapat penyakit di telinga, baik di telinga luar maupun telinga tengah.
 - Terdapat riwayat penggunaan obat-obatan ototoksik.
 - Riwayat trauma kepala atau telinga.
 - Riwayat hipertensi, diabetes melitus, hiperlipidemia.
 - Memiliki hobi yang berhubungan dengan lingkungan bertekanan tinggi misalnya menyelam ataupun hobi yang berkaitan dengan paparan bising, misalnya menembak, balap motor/mobil, mendengarkan musik keras.
 - Memiliki riwayat gangguan pendengaran di keluarga.

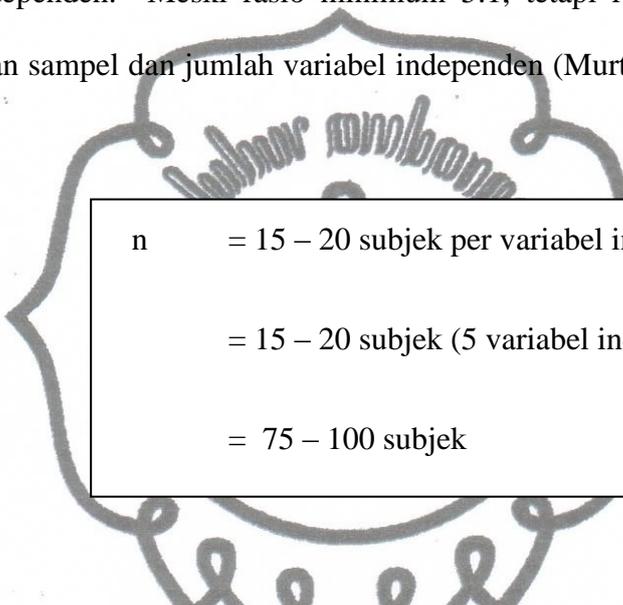
E. BESAR SAMPEL

Studi observasional umumnya membutuhkan analisis multivariat untuk mengontrol faktor-faktor perancu. Karena analisis statistik dilakukan pada masing-masing tingkat atau strata dari faktor perancu, maka ukuran sampel untuk desain penelitian yang menggunakan analisis multivariat membutuhkan ukuran

commit to user

sampel yang lebih besar daripada desain yang tidak menggunakan analisis multivariat (Murti B 2006, Thabane 2005).

Rasio jumlah subjek dan jumlah variabel independen dalam analisis multivariat tidak boleh kurang dari 5:1, artinya tidak kurang dari 5 subjek per variabel independen. Meski rasio minimum 5:1, tetapi rasio yang dianjurkan antara ukuran sampel dan jumlah variabel independen (Murti B, 2006; Hair et al., 1998):



n	= 15 – 20 subjek per variabel independen
	= 15 – 20 subjek (5 variabel independen)
	= 75 – 100 subjek

Berdasarkan perhitungan di atas, maka besar sampel minimal penelitian ini adalah 75 – 100 sampel. Pada penelitian ini diambil sejumlah 80 sampel, dan dengan menggunakan perbandingan kasus dan kontrol 1:1, maka besar sampel untuk kelompok kasus dan kelompok kontrol, masing-masing adalah 40. Jadi jumlah total sampel penelitian ini sebesar 80 orang penerbang TNI AU.

F. VARIABEL PENELITIAN

- 1) Variabel Bebas: Tingkat kebisingan pesawat hercules dan helikopter.
- 2) Variabel Tergantung: Gangguan pendengaran akibat bising (NIHL).

- 3) Variabel Perancu: jam terbang, lama kerja, umur, riwayat pemakaian APT.

G. DEFINISI OPERASIONAL

a. Tingkat kebisingan

- Definisi: tingkat tekanan bunyi yang dihasilkan oleh pesawat hercules dan helikopter saat *take off*, selama penerbangan (*in flight*), dan *landing*
- Cara ukur : dengan sebuah *sound level meter*, diukur tingkat tekanan bunyi db (A) selama 10 (sepuluh) menit untuk tiap pengukuran. Pembacaan dilakukan setiap 5 (lima) detik.
- Hasil ukur : dikategorikan menjadi 2, yaitu:
 - 1) Tingkat kebisingan hercules
 - 2) Tingkat kebisingan helikopter
- Skala ukur : nominal

b. *Noise Induced Hearing Loss*

- Definisi : gangguan pada organ pendengaran yang disebabkan oleh pajanan bising yang cukup keras dalam waktu yang cukup lama dan disebabkan oleh bising di lingkungan kerja. Pada pemeriksaan audiometri nada murni didapatkan tuli saraf (*SNHL*), dengan penurunan ambang pendengaran terutama di *commit to user*

frekuensi tinggi (3–6 kHz). Gangguan pendengaran yang didapatkan bilateral, dan bila gambaran audiogram kedua telinga nampak asimetris, perbedaannya tidak melebihi 15 dB.(Dobie RA 2006)

- Alat ukur : Rion audiometer AA-72A
- Cara ukur : dengan melakukan pemeriksaan otoskopi, timpanometri, dan audiometri nada murni. Sebelum dilakukan pemeriksaan audiometri nada murni, subyek dipastikan bebas dari kebisingan selama minimal 24 jam.

Otoskopi:

Subyek duduk berhadapan dengan dokter yang memeriksa, kemudian alat otoskopi dimasukkan ke dalam liang telinga. Normal bila membran timpani utuh, refleksi cahaya baik, tidak ada retraksi, *bulging* ataupun perforasi. Bila otoskopi dalam batas normal, maka pemeriksaan dilanjutkan dengan pemeriksaan timpanometri.

Timpanometri:

Pemeriksaan dilakukan dengan alat timpanometer, dimana setelah subyek duduk lalu alat timpanometer dimasukkan ke dalam liang telinga, kemudian alat tersebut akan mencatat kondisi telinga tengah subyek. Pemeriksaan timpanometri dalam batas normal

bila tergambar kurva tipe A. Bila timpanometri dalam batas normal, maka pemeriksaan dilanjutkan dengan pemeriksaan audiometri nada murni.

Audiometri nada murni:

Subyek diminta duduk tenang, dipasang *headphone* dan diminta memberikan respon bila mendengar suara yang dibunyikan. Pemeriksaan dilakukan pada frekuensi 0.5, 1, 2, 3, 4, 6, 8 kHz pada masing-masing telinga.

- Hasil ukur : dikategorikan menjadi 2, yaitu:
 - 1) NIHL
 - 2) Non NIHL
- Skala ukur : nominal.

c. Jam terbang

- Definisi : jumlah jam terbang yang dijalani sebagai penerbang pesawat militer TNI AU, terhitung mulai Surat Keputusan tentang penugasan dalam jabatan.
- Alat ukur : kuesioner.
- Cara ukur : responden mengisi kuesioner kemudian data kuesioner di *cross check* dengan data daftar riwayat hidup personal di Dinas Personil Lanud setempat, kemudian dilakukan pembulatan

ke atas untuk 500 jam terbang atau lebih, serta pembulatan ke bawah bila kurang dari 500 jam terbang.

- Hasil ukur : dikategorikan menjadi 2, yaitu:

1) < 500 jam terbang

2) ≥ 500 jam terbang

- Skala ukur: nominal.

d. Lama kerja

- Definisi : lama bekerja yang dijalani sebagai penerbang pesawat militer TNI AU, terhitung mulai Surat Keputusan tentang penugasan dalam jabatan.

- Alat ukur : kuesioner.

- Cara ukur : responden mengisi kuesioner kemudian data kuesioner di *cross check* dengan data daftar riwayat hidup personal di Dinas Personil Lanud setempat, kemudian dilakukan pembulatan ke atas untuk 5 tahun atau lebih, serta pembulatan ke bawah bila kurang dari 5 tahun masa kerja.

- Hasil ukur : dikategorikan menjadi 2, yaitu:

3) < 5 tahun

4) ≥ 5 tahun

- Skala ukur: nominal.

e. Umur penerbang

- Definisi: jumlah tahun lahir para penerbang pesawat militer TNI AU, yang dihitung sejak tanggal lahir sampai dengan saat pengambilan data dilakukan.
- Alat ukur : kuesioner
- Cara ukur : responden mengisi kuesioner, kemudian data kuesioner dilakukan pembulatan ke atas untuk 6 bulan atau lebih serta pembulatan ke bawah bila kurang dari 6 bulan.
- Hasil ukur : dikategorikan menjadi 2, yaitu:
 - 1) < 35 tahun
 - 2) ≥ 35 tahun

- Skala ukur: nominal.

f. Riwayat pemakaian APT

- Definisi : riwayat kebiasaan pemakaian APT selama bertugas mengoperasikan pesawat.
- Alat ukur : kuesioner

- Cara ukur : responden mengisi kuesioner, kemudian data kuesioner di *cross check* dengan hasil anamnesis pada saat melakukan *medical check up* di Lakespra Dr. Saryanto..

- Hasil ukur : dikategorikan menjadi 2, yaitu:

1) selalu

2) tidak selalu

- Skala ukur: nominal.

H. CARA KERJA PENELITIAN

1. Persiapan

- a. Mencari dan mengumpulkan bahan kepustakaan
- b. Menyusun usulan judul penelitian
- c. Menghubungi bagian yang terkait dan berdiskusi dengan pembimbing
- d. Menyusun usulan penelitian

2. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian merupakan alat bantu bagi peneliti dalam pengumpulan data. Jenis instrumen yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *Sound Level Meter* untuk mengukur tingkat kebisingan pesawat, otoskopi untuk memeriksa kelainan di telinga luar, timpanometri untuk memeriksa kelainan di telinga tengah, audiometri nada murni untuk

menentukan ambang pendengaran. Sedangkan metode pengumpulan data tentang faktor risiko lainnya (jenis pesawat, jam terbang, lama kerja, umur penerbang, riwayat pemakaian APT) menggunakan instrumen berupa kuesioner, yaitu sejumlah daftar pertanyaan yang diberikan kepada subyek penelitian dengan maksud agar subyek bersedia memberikan respon sesuai apa yang peneliti maksudkan.

3. Pengumpulan Data

a. Cara pengumpulan data penerbang pesawat militer TNI AU

Data penerbang pesawat militer TNI AU diperoleh dari Lembaga Kesehatan Penerbangan dan Ruang Antariksa (LAKESPRO) Dr. Saryanto, dimana seluruh penerbang secara rutin melakukan pemeriksaan kesehatan secara berkala di lembaga tersebut.

b. Cara pengumpulan data gangguan pendengaran

Data gangguan pendengaran yang diperoleh merupakan data primer, dengan melakukan pemeriksaan audiometri kepada subyek penelitian. Dari hasil pemeriksaan audiometri tersebut, dikelompokkan menjadi kelompok kasus, yaitu kelompok yang terdiri dari subyek yang mengalami gangguan pendengaran (NIHL), dan kelompok kontrol, yaitu kelompok subyek yang tidak mengalami gangguan pendengaran (NIHL).

c. Cara pengumpulan data kebisingan kerja

Cara pengumpulan data tentang kebisingan lingkungan kerja dilakukan dengan melakukan pengukuran tingkat kebisingan dengan alat *Sound Level Meter* di lokasi kerja (Skadron Udara 6, Skadron Udara 8, dan Skadron Udara 31) pada tiap jenis pesawatnya (Helikopter dan C-130 Herkules).

d. Cara pengumpulan data faktor risiko lainnya

Pengukuran faktor risiko lainnya (jenis pesawat, jam terbang, lama kerja, umur, riwayat pemakaian APT) dilakukan dengan metode kuesioner, yang diisi oleh subyek yang telah ditetapkan sebagai sampel penelitian. Pengisian kuesioner dilakukan pada suatu ruangan khusus dan sebelum dilakukan pengisian, terlebih dahulu diberikan penjelasan mengenai petunjuk mengisi kuesioner.

I. RENCANA ANALISIS

Analisis data bertujuan untuk memperoleh gambaran dari masing-masing variabel, membandingkan dan menguji teori/konsep dengan informasi yang ditemukan di lapangan, menemukan adanya konsep baru dari data yang dikumpulkan dan mencari penjelasan apakah konsep baru yang diuji berlaku umum atau hanya berlaku pada kondisi tertentu. Analisis data suatu penelitian yang dilakukan bergantung dari jenis penelitian, jenis sampel, jenis data/variabel, dan asumsi kenormalan distribusi data. Proses analisis data dikerjakan dengan bantuan program komputer (SPSS 19.0).

Karakteristik sampel data kontinyu dideskripsikan dalam n , $mean$, SD , nilai minimum dan maksimum. Karakteristik sampel data kategorikal dideskripsikan dalam n dan persentase.

Pengaruh tingkat kebisingan pesawat terhadap gangguan pendengaran, dengan mengontrol sejumlah faktor perancu (*confounding factor*) dianalisis dengan model regresi logistik ganda:

$$\ln \frac{p}{1-p} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5$$

Keterangan:

- \ln = logaritme natural
- p = probabilitas untuk gangguan pendengaran
- $1-p$ = probabilitas untuk tidak gangguan pendengaran
- x_1 = tingkat kebisingan pesawat
- x_2 = jam terbang
- x_3 = lama kerja
- x_4 = umur
- x_5 = riwayat pemakaian APT

Pengaruh variabel yang diteliti ditunjukkan oleh OR:

OR = 1 → tidak ada pengaruh perbedaan sumber bising antara helikopter dan hercules terhadap gangguan pendengaran.

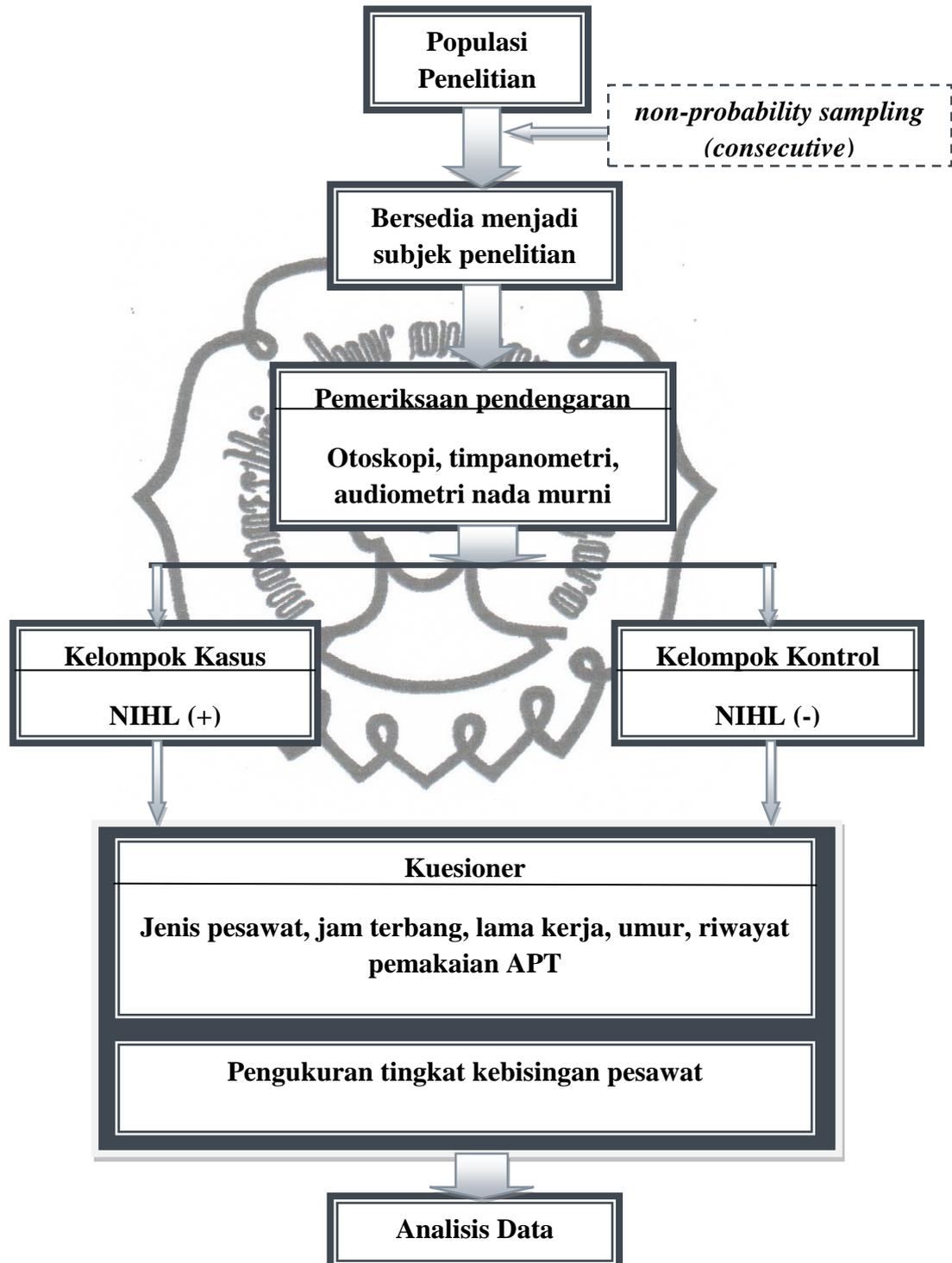
OR > 1 → sumber bising helikopter meningkatkan risiko gangguan pendengaran lebih besar daripada hercules.

$1/\sim < OR < 1 \rightarrow$ sumber bising hercules meningkatkan risiko gangguan pendengaran lebih besar daripada helikopter.

Kemaknaan statistik dari OR diuji dengan Uji Wald, hasilnya ditunjukkan oleh nilai p.



I. ALUR PENELITIAN



Bagan 3.1. Alur Penelitian

BAB IV

HASIL PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan sejak Desember 2011 sampai dengan Mei 2012 di Lembaga Kesehatan Penerbangan dan Ruang Antariksa (LAKESPRRA). Pada penelitian ini jumlah responden adalah 80 sampel. Berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi, seluruhnya memenuhi syarat penelitian.

A. Hasil Pengukuran Tingkat Kebisingan Pesawat

Pesawat terbang militer yang diukur tingkat kebisingannya dalam penelitian ini adalah pesawat Herkules C-130 dan Helikopter Super Puma NAS 332. Pengukuran tingkat kebisingan pesawat dilakukan di dalam kokpit penerbang saat *take off*, selama penerbangan (*in flight*), dan *landing* dengan menggunakan alat *Sound Level Meter*.

Tabel 4.1. Hasil pengukuran tingkat kebisingan pesawat herkules dan helikopter

Jenis pesawat	Tingkat kebisingan		
	<i>take off</i>	<i>in flight</i>	<i>landing</i>
Herkules	95 dB	94 dB	94 dB
Helikopter	104 dB	99 dB	106 dB

Dari tabel 4.1 didapatkan bahwa tingkat kebisingan helikopter lebih besar dibandingkan dengan tingkat kebisingan herkules. Herkules terukur lebih bising

pada saat *take off* dibandingkan saat *landing*, namun sebaliknya, helikopter terukur lebih bising pada saat *landing* dibandingkan saat *take off*.

B. Karakteristik Subjek Penelitian

Tabel 4.2. Distribusi subyek penelitian berdasarkan umur

Umur (tahun)	Kasus	Kontrol	Jumlah n (%)
	n (%)	n (%)	
21 – 25	3 (60)	2 (40)	5 (100)
26 – 30	11 (36,7)	19 (63,3)	30 (100)
31 – 35	19 (65,5)	10 (34,5)	29 (100)
36 – 40	7 (43,8)	9 (56,2)	16 (100)
Jumlah	40	40	80

Dari tabel 4.2. didapatkan bahwa gangguan pendengaran akibat bising pada kelompok kasus sudah mulai didapatkan pada kelompok umur 21-25 tahun, dengan kasus terbanyak didapatkan pada kelompok umur 31-35 tahun. *Mean* umur penerbang pada kelompok kasus adalah $32,10 \pm 4,06$ tahun, pada kelompok kontrol, $31,20 \pm 4,51$ tahun, dan *mean* total, $31,65 \pm 4,28$ tahun. Umur termuda 25 tahun, sedangkan umur tertua 40 tahun.

Tabel 4.3. Distribusi subyek penelitian berdasarkan jam terbang

Jam terbang (jam)	Kasus n (%)	Kontrol n (%)	Jumlah n (%)
0 – 500	12 (70,6)	5 (29,4)	17 (100)
501 – 1000	5 (71,4)	2 (28,6)	7 (100)
1001 – 1500	9 (52,9)	8 (47,1)	17 (100)
1501 – 2000	2 (22,2)	7 (77,8)	9 (100)
2001 – 2500	1 (12,5)	7 (87,5)	8 (100)
2501 – 3000	9 (69,2)	4 (30,8)	13 (100)
3001 – 3500	0 (0)	4 (100)	4 (100)
3501 – 4000	1 (25)	3 (75)	4 (100)
4001 – 4500	0 (0)	0 (0)	0 (0)
4501 – 5000	1 (100)	0 (0)	1 (100)
Jumlah	40	40	80

Dari tabel 4.3 didapatkan bahwa gangguan pendengaran akibat bising pada kelompok kasus sudah mulai didapatkan pada kelompok jam terbang 240-500 jam, dan kasus terbanyak juga didapatkan pada kelompok jam terbang tersebut. *Mean* jam terbang pada kelompok kasus adalah $1925,13 \pm 1003,59$ jam, pada kelompok kontrol, $1488,48 \pm 1145,39$ jam, dan *mean* total, $1706,80 \pm 1092,31$ jam. Jam terbang minimum adalah 240 jam dan jam terbang maksimum adalah 4700 jam.

Tabel 4.4. Distribusi subyek penelitian berdasarkan lama kerja

Masa kerja (tahun)	Kasus	Kontrol	Jumlah
	n (%)	n (%)	n (%)
0 – 5	11 (34,4)	21 (65,6)	32 (100)
6 – 10	19 (65,5)	10 (34,5)	29 (100)
11 – 15	9 (50)	9 (50)	18 (100)
16 – 20	1 (100)	0 (0)	1 (100)
Jumlah	40	40	80

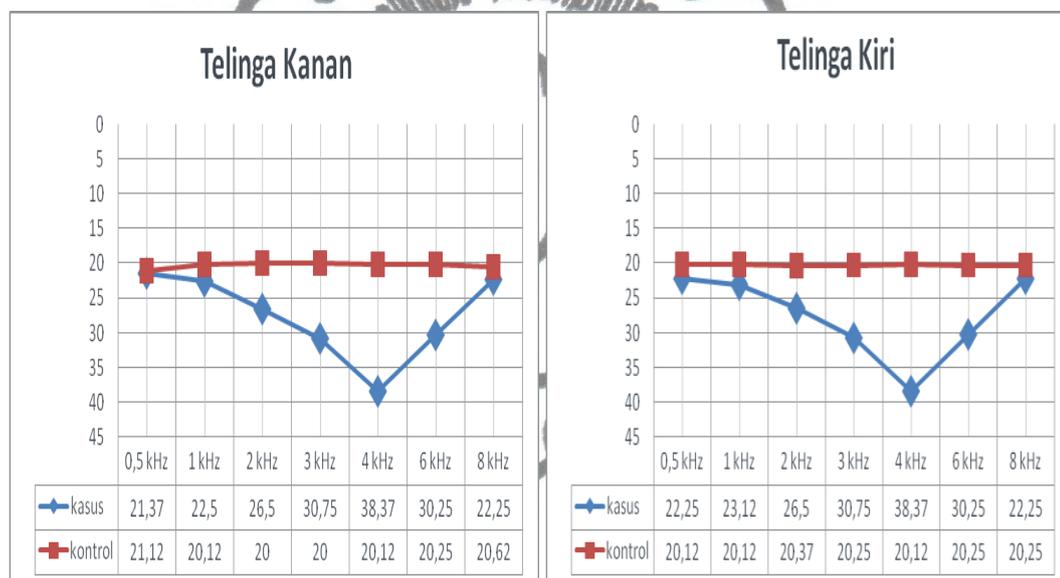
Dari tabel 4.4. didapatkan bahwa gangguan pendengaran akibat bising pada kelompok kasus sudah mulai didapatkan pada kelompok lama kerja 0-5 tahun, dengan kasus terbanyak didapatkan pada kelompok lama kerja 6-10 tahun. *Mean* lama kerja pada kelompok kasus adalah $7,95 \pm 3,87$ tahun, pada kelompok kontrol, $6,23 \pm 4,48$ tahun, dan *mean* total, $7,09 \pm 4,25$ tahun. Lama kerja minimum adalah 0 tahun (11 bulan) dan lama kerja maksimum adalah 16 tahun.

Tabel 4.5. Distribusi derajat gangguan pendengaran pada penerbang pesawat hercules dan helikopter TNI AU

Hasil pemeriksaan audiometri nada murni		Kelompok			
		Kasus*		Kontrol	
		Telinga kanan	Telinga kiri	Telinga kanan	Telinga kiri
NIHL	Ringan	39	39	-	-
	Sedang	-	-	-	-
	Sedang berat	1	1	-	-
	Berat	-	-	-	-
	Sangat berat	-	-	-	-
Normal	-	-	40	40	

*didapatkan gambaran *notch* (takik) di frekuensi 4 kHz pada sejumlah 25 kasus

Dari tabel 4.5 didapatkan peningkatan rata-rata nilai ambang pendengaran pada frekuensi 0,5, 1, 2, dan 4 kHz, dengan derajat ringan, sejumlah 39 kasus. Sisanya, sejumlah 1 kasus didapatkan peningkatan rata-rata nilai ambang pendengaran pada frekuensi 0,5, 1, 2, dan 4 kHz dengan derajat sedang berat. Peningkatan nilai ambang pendengaran terutama didapatkan pada frekuensi tinggi, 3 - 6 kHz. Kasus yang memberikan gambaran takik di frekuensi 4 kHz, didapatkan sejumlah 25.



Gambar 4.1 Nilai rata-rata ambang pendengaran pada kelompok kasus dan kontrol

Jika dirata-rata nilai ambang pendengaran pada kelompok kasus, pada masing-masing telinga kanan dan kiri, tampak memberikan gambaran takik (*noise notch*) pada frekuensi 4 kHz. Nilai *Notch Index* (NI) pada telinga kanan dan kiri, masing-masing adalah 9,5 dB dan 9,19 dB.

C. Gambaran Pengaruh Variabel-variabel Penelitian

Untuk mengetahui pengaruh variabel tingkat kebisingan pesawat, jam terbang, lama kerja, umur, dan pemakaian APT terhadap variabel gangguan pendengaran akibat bising (NIHL), maka dilakukan analisis bivariat (*chi-square*).

Tabel 4.6. Pengaruh tingkat kebisingan pesawat, jam terbang, masa kerja, umur, dan pemakaian APT terhadap gangguan pendengaran pada penerbang pesawat herkules dan helikopter

Variabel	Kategori	Kasus	Kontrol	Jumlah	p	OR
		n (%)	n (%)	n (%)		
Tingkat kebisingan	Helikopter	25 (62,5)	15 (37,5)	40 (100)	0,025	2,78
	Herkules	15 (37,5)	25 (62,5)	40 (100)		
Jam terbang	≥ 500 jam	36 (55,4)	29 (44,6)	65 (100)	0,045	3,41
	< 500 jam	4 (26,7)	11 (73,3)	15 (100)		
Lama kerja	≥ 5 tahun	33 (58,9)	23 (41,1)	56 (100)	0,015	3,48
	< 5 tahun	7 (29,2)	17 (70,8)	24 (100)		
Umur	≥ 35 tahun	10 (47,6)	11 (52,4)	21 (100)	0,799	0,88
	< 35 tahun	30 (50,8)	29 (49,2)	59 (100)		
Pemakaian APT	Tidak selalu	14 (70)	6 (30)	20 (100)	0,039	3,05
	Selalu	26 (43,3)	34 (56,7)	60 (100)		

Tabel 4.6 memperlihatkan faktor risiko potensial dari masing-masing kelompok kasus dan kontrol. Penerbang pada kelompok kasus lebih banyak didapatkan pada penerbang helikopter, memiliki jam terbang ≥ 500 jam, lama kerja ≥ 5 tahun, dan tidak selalu memakai APT dibandingkan penerbang pada kelompok kontrol. Faktor risiko umur ≥ 35 tahun secara umum didapatkan dalam jumlah yang sebanding pada kelompok kasus dan kontrol.

Dari tabel 4.6 hasil analisis bivariat menunjukkan bahwa variabel-variabel tingkat kebisingan pesawat, jam terbang, lama kerja, umur dan pemakaian APT memiliki nilai p lebih kecil dari nilai $\alpha=0.05$. Dengan demikian berarti bahwa ada perbedaan yang bermakna antara penerbang yang terpapar oleh bising helikopter dibandingkan dengan herkules, antara penerbang dengan jam terbang ≥ 500 jam dibandingkan dengan jam terbang < 500 jam, antara penerbang dengan lama kerja ≥ 5 tahun dibandingkan dengan yang memiliki lama kerja < 5 tahun, dan antara penerbang yang tidak selalu memakai APT dengan yang selalu memakai APT terhadap terjadinya gangguan pendengaran akibat bising (NIHL).

Sedangkan untuk variabel umur penerbang, nilai p lebih besar dari nilai $\alpha=0.05$. Dengan demikian berarti bahwa tidak ada perbedaan yang bermakna antara responden yang berumur < 35 tahun dengan yang berumur ≥ 35 tahun terhadap terjadinya gangguan pendengaran akibat bising (NIHL).

Nilai Odds Ratio (OR) dari masing-masing variabel pada tabel di atas, menunjukkan bahwa:

1. Penerbang yang terpajan oleh bising pesawat helikopter mempunyai risiko terjadinya gangguan pendengaran (NIHL) 2,78 kali dibandingkan dengan penerbang yang terpajan oleh bising pesawat herkules.
2. Penerbang yang mempunyai jam terbang ≥ 500 jam mempunyai risiko terjadinya gangguan pendengaran (NIHL) 3,41 kali dibandingkan dengan penerbang yang mempunyai jam terbang < 500 jam.

3. Penerbang yang mempunyai lama kerja ≥ 5 tahun mempunyai risiko terjadinya gangguan pendengaran (NIHL) 3,48 kali dibandingkan dengan penerbang yang mempunyai lama kerja < 5 tahun.
4. Penerbang yang tidak selalu memakai APT mempunyai risiko terjadi gangguan pendengaran (NIHL) 3,05 kali dibandingkan dengan penerbang yang selalu memakai APT.

D. Analisis Multivariat

Dalam penelitian ini, analisis multivariat digunakan untuk mengetahui kekuatan hubungan variabel independen dengan variabel dependen. Mengingat variabel dependen (gangguan pendengaran) dalam penelitian ini bersifat kategorik dikotom, maka dilakukan analisis multivariat dengan menggunakan analisis regresi logistik ganda.

Analisis multivariat dilakukan melalui tahapan pemilihan variabel penting yang dapat masuk ke dalam uji regresi logistik ganda, yaitu variabel dari hasil analisis bivariat (uji *chi square*) dengan nilai $p < 0,25$. Sejumlah 4 variabel yaitu variabel tingkat kebisingan pesawat, jam terbang, lama kerja dan riwayat pemakaian APT, masing-masing memiliki nilai $p < 0,25$, sehingga memenuhi syarat sebagai kandidat yang akan disertakan dalam analisis multivariat dengan regresi logistik yang akan diuji secara bersama-sama.

Tabel 4.7. Hasil analisis regresi logistik ganda pengaruh tingkat kebisingan pesawat, jam terbang, lama kerja, umur, dan pemakaian APT terhadap gangguan pendengaran pada penerbang pesawat herkules dan helikopter

Variabel	OR	CI-95%		p
		Batas bawah	Batas atas	
Tingkat kebisingan helikopter	2,67	1,01	7,07	0,048
Jam terbang \geq 500 jam	1,40	0,21	9,53	0,731
Lama kerja \geq 5 tahun	3,48	0,71	17,10	0,124
Tidak selalu memakai APT	3,56	1,07	11,82	0,039
N penerbang = 80				
-2 Log likelihood = 95,15				
Nagelkerke $R^2 = 23,8\%$				

Dari tabel 4.7. didapatkan bahwa, terdapat hubungan positif antara tingkat kebisingan pesawat dengan risiko mengalami gangguan pendengaran akibat bising (NIHL). Penerbang yang terpapar oleh bising helikopter memiliki risiko untuk mengalami gangguan pendengaran akibat bising (NIHL) 2,67 kali lipat daripada penerbang yang terpapar oleh bising herkules, dimana hubungan tersebut didapatkan signifikan secara statistik (OR=2,67; CI-95%=1,01–7,07; p=0,048). Kesimpulan tersebut didapat setelah mengontrol pengaruh dari faktor perancu jam terbang, lama kerja, umur dan pemakaian APT.

BAB V

PEMBAHASAN

A. PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan pada 80 penerbang pesawat militer hercules dan helikopter, yang melakukan pemeriksaan berkala setiap tahunnya di lembaga milik TNI AU, LAKESPRRA, antara bulan Desember 2011 sampai dengan Mei 2012. Penerbang yang diikutsertakan dalam penelitian ini terdiri atas 40 penerbang hercules dan 40 penerbang helikopter yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi, dimana dalam salah satu kriteria inklusi untuk kelompok kasus disebutkan bahwa status pendengaran subyek penelitian sebelum menjadi penerbang adalah normal.

Desain penelitian menggunakan studi kasus kontrol. Kekuatan desain studi kasus kontrol, antara lain dapat dilakukan dengan waktu penelitian relatif singkat, biaya lebih murah dibandingkan dengan studi eksperimen maupun Kohort. Desain penelitian ini juga sesuai untuk mempelajari kasus-kasus yang jarang atau kasus dengan periode laten yang panjang, seperti kasus NIHL dalam penelitian ini, yang memiliki periode laten yang panjang (kasus baru terdeteksi setelah bertahun-tahun terpapar oleh bising). Peneliti juga memiliki keleluasaan menentukan rasio ukuran sampel kasus dan kontrol yang optimal, sehingga tepat untuk meneliti kasus/penyakit yang jarang. Desain ini juga dapat menilai beberapa faktor risiko sekaligus, karena kemungkinan paparan terjadi secara

bersamaan atau tidak, serta dapat mengestimasi risiko relatif yang dinyatakan dengan *odds ratio*, untuk perbandingan faktor risiko pada kelompok kasus dengan kelompok kontrol.

Untuk memperoleh sampel yang representatif, sehingga dapat mewakili populasi induk, pemilihan sampel dilakukan dengan cara *non-probability sampling*, yaitu dengan teknik *consecutive sampling*. Pada *consecutive sampling*, setiap penerbang yang memenuhi kriteria penelitian dimasukkan dalam penelitian sampai kurun waktu tertentu, sehingga jumlah penerbang yang diperlukan terpenuhi. *Consecutive sampling* ini merupakan jenis *non-probability sampling* yang terbaik, dan seringkali merupakan cara yang paling mudah. (Sastroasmoro S dan Sofyan I 1995)

Faktor risiko yang diteliti dalam penelitian ini, yaitu tingkat kebisingan pesawat (hercules vs helikopter), jam terbang, lama kerja, pemakaian APT dan umur. Faktor risiko tersebut juga dikemukakan oleh Hong dan Kim (2001) yang mengidentifikasi faktor risiko dari NIHL, yaitu tingkat paparan bising, lama paparan bising, paparan bising di luar pekerjaan, riwayat penyakit telinga, riwayat pemakaian obat-obat ototoksik, merokok, hipertensi, dan pemakaian APT. Penulis lain juga menambahkan usia, faktor hereditas, dan riwayat trauma kepala. (Ferrite S dan Santana V 2005, Uchida Y et al. 2005, Smedje G et al. 2011)

Bising pesawat terbang termasuk ke dalam jenis bising kontinyu dengan spektrum frekuensi luas (*steady state wide band noise*). (Suma'mur PK 1993, Roestan AW 2004) Bising dengan rentang frekuensi 2-5 kHz lebih merusak

pendengaran manusia dibandingkan bising dengan energi yang sama pada frekuensi yang lebih rendah atau lebih tinggi.(Humes LE et al. 2006, Dobie RA 2006, Nasir HM dan K.G. Rampal 2012)

Dari hasil pengukuran tingkat kebisingan didapatkan bahwa tingkat kebisingan helikopter lebih tinggi dari hercules, baik saat *take off*, *inflight*, maupun *landing*, namun keduanya menghasilkan tingkat kebisingan yang melebihi batas aman (85 dBA). Pada penelitian ini didapatkan, tingkat kebisingan helikopter saat *landing* lebih besar dibandingkan saat *take off*, dan sebaliknya pada hercules. Hal ini sesuai dengan kepustakaan yang menyebutkan bahwa helikopter menimbulkan kebisingan yang lebih besar saat *landing* dibandingkan saat *take off*, sementara pesawat *fixed wing* (hercules) menimbulkan kebisingan yang lebih besar saat *take off* dibandingkan saat *landing*.(U.S.Army Center for Health Promotion and Preventive Medicine 2005, Novak D et al. 2008)

Jika merujuk pada standar yang dikeluarkan oleh Departemen Tenaga Kerja dan berdasarkan hasil pengukuran tingkat kebisingan dalam penelitian ini, maka batas waktu paparan yang aman untuk penerbang hercules (95 dBA) adalah 1 jam per hari, dan untuk penerbang helikopter (106 dBA) hanya 3,75 menit per hari. Hal ini disesuaikan dengan standar “aturan 3 dB”, dimana setiap kenaikan intensitas kebisingan sebesar 3 dB maka waktu paparan harus dikurangi setengahnya. Bila melebihi batas yang telah ditetapkan, maka bising berisiko mengakibatkan kerusakan pada organ pendengaran.(Departemen Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI 1999)

Subjek penelitian berusia 25-40 tahun (*mean* kasus: $32,10 \pm 4,06$ tahun, *mean* kontrol: $31,20 \pm 4,51$ tahun). Jam terbang berkisar antara 240 - 4700 jam, dengan *mean* untuk kelompok kasus adalah $1925,13 \pm 1003,59$ jam, dan untuk kelompok kontrol adalah $1488,48 \pm 1145,39$ jam. Lama kerja berkisar antara 11 bulan - 16 tahun, dengan *mean* untuk kelompok kasus adalah $7,95 \pm 3,87$ tahun, dan untuk kelompok kontrol adalah $6,23 \pm 4,48$ tahun. Riwayat pemakaian APT secara kontinyu lebih banyak didapatkan pada kelompok kontrol dibandingkan kelompok kasus (56,7 % vs 43,3 %).

Sejumlah 80 subjek penelitian, dilakukan pemeriksaan audiometri nada murni untuk menegakkan diagnosis dari NIHL. Pemeriksaan audiometri nada murni, meski bukan merupakan indikator yang sempurna untuk mendeteksi kelainan yang terjadi pada kokhlea, namun dianggap cukup mewakili dan telah digunakan secara luas untuk mendeteksi adanya suatu gangguan pendengaran akibat bising. Pola audiogram yang didapatkan setelah terjadinya paparan terhadap bising kontinyu spektrum luas (bising pesawat), memberikan informasi yang berharga mengenai luas dan derajat keparahan dari kerusakan yang terjadi pada kokhlea. Disebutkan bahwa untuk bising kontinyu spektrum luas, kerusakan terberat terjadi pada frekuensi tinggi yang terdapat pada bagian basal kokhlea. Kerusakan ini secara akurat akan tercermin pada pola audiogram, dimana adanya suatu *noise notch* menandakan adanya kerusakan sel-sel sensori pada bagian basal kokhlea, yang merupakan daerah untuk bunyi frekuensi tinggi. (Ylikoski ME dan Ylikoski JS 1994, Humes LE et al. 2006, Mills dan Adkins WY 2006)

Pemeriksaan audiometri nada murni dilakukan setelah subyek penelitian bebas dari kebisingan selama minimal 24 jam, untuk menyingkirkan kemungkinan adanya pergeseran nilai ambang sementara (*temporary threshold shift*). Bila terpapar bising dengan intensitas yang besar (92-120 dBA), nilai ambang pendengaran mulai mengalami pergeseran kurang dari 30 menit setelah terpapar. Setelah paparan terhadap bising kontinyu, secara umum, nilai ambang pendengaran akan kembali pulih 24-48 jam setelah bebas dari paparan bising. (Humes LE et al. 2006)

Gambaran audiogram (gb. 4.1) yang yang diperoleh dari nilai rata-rata ambang pendengaran pada kelompok kasus, memperlihatkan peningkatan ambang pendengaran pada telinga kanan dan kiri, mulai dari frekuensi 2-6 kHz, yang kemudian diikuti dengan pemulihan nilai ambang pendengaran pada fekuensi 8 kHz. Gambaran audiogram dengan pola seperti ini dikenal dengan istilah *noise notch*, yang tidak selalu nampak pada individu dengan NIHL. (McBride DI dan S. Williams 2012, Mills dan Adkins WY 2006, Dobie RA 2006, Chang TY et al. 2011)

Untuk mengenali keberadaan *noise notch* secara objektif, menurut Dobie RA dan Rabinowitz PM (2002), yaitu dengan cara menghitung *notch index* (NI). Bila didapatkan nilai NI yang lebih besar dari 0 dB, maka keberadaan *notch* dianggap positif. Pada penelitian ini nilai NI pada telinga kanan dan kiri, masing-masing adalah 9,5 dB dan 9,19 dB, yang berarti mengindikasikan keberadaan *noise notch* positif.

Dari sejumlah 40 kasus NIHL, didapatkan peningkatan ambang pendengaran terutama pada frekuensi tinggi, yaitu pada frekuensi 2-6 kHz, dengan sejumlah 25 kasus memberikan gambaran *notch* pada frekuensi 4 kHz. Hal ini sesuai dengan kepustakaan yang menyebutkan bahwa kebisingan akan merusak pertama-tama sel rambut luar pada bagian basal organ korti, dimana terdapat frekuensi tinggi di dalamnya. (Kuronen P 2004) Disebutkan juga bahwa telinga manusia lebih sensitif pada frekuensi antara 1-5 kHz dan terdapatnya mekanisme protektif dari reflek akustik untuk frekuensi < 2 kHz. (Mills dan Adkins WY 2006, Dobie RA 2006) Penelitian terdahulu telah membuktikan bahwa frekuensi terburuk yang terkena pada NIHL terjadi pada $\frac{1}{2}$ -1 oktaf lebih tinggi dari frekuensi suara bising, dimana bising spektrum luas (bising pesawat) akan diubah oleh mekanisme resonansi dari liang telinga luar menjadi bising berfrekuensi 3 kHz. Hal inilah yang menyebabkan terjadinya *notch* di frekuensi 4 kHz pada individu yang terpapar oleh bising. (Rosen EJ et al. 2001)

Penelitian yang dilakukan oleh Jaruchinda P et al. (2005) pada penerbang helikopter, juga mendapatkan hal yang serupa, yaitu peningkatan ambang pendengaran didapatkan terutama pada frekuensi 3-6 kHz. Sementara penelitian sebelumnya pada penerbang helikopter TNI AU, dari 187 penerbang didapatkan sejumlah 32 kasus NIHL yang memberikan gambaran takik pada frekuensi 4 kHz. (Hanum K 2004)

NIHL berdampak pada hilangnya pendengaran pada bunyi-bunyi frekuensi tinggi, sehingga kemudian akan terjadi kesulitan dalam berkomunikasi terutama untuk kata-kata yang mengandung huruf konsonan, dimana huruf konsonan terdiri

dari bunyi-bunyi dengan rentang frekuensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan huruf hidup. (United States Army Medical Department Center 2008, Al-Jammaly RZ 2008) Gangguan ini tidak akan terlihat pada kondisi lingkungan yang tenang, dan baru terasa saat ada bising latar belakang (*background noise*), seperti saat berada di antara kerumunan orang yang sedang berbicara. Dan bila paparan bising berlanjut, kehilangan pendengaran akan semakin bertambah berat dan bersifat ireversibel, sehingga akan mengganggu kemampuan individu untuk berfungsi secara sosial dan profesional dalam pekerjaannya. (Dobie RA dan Van Hemel S 2005, Humes LE et al. 2006, United States Army Medical Department Center 2008)

Dalam penelitian ini, dari sejumlah 40 kasus, 39 kasus dengan NIHL derajat ringan dan belum mengenai frekuensi percakapan. Sementara 1 kasus didapatkan dengan NIHL derajat sedang berat dan sudah mengenai frekuensi percakapan. Dari data yang diperoleh dari kuesioner kebanyakan penerbang dengan NIHL tidak mengakui adanya kesulitan berkomunikasi dalam melakukan pekerjaannya, kecuali pada satu penerbang dengan NIHL derajat sedang berat.

Dari 40 kasus NIHL, didapatkan kebanyakan dengan derajat ringan. Hal ini sesuai dengan kepustakaan yang menyebutkan bahwa paparan bising saja tidak menyebabkan peningkatan ambang pendengaran lebih dari 75 dB pada frekuensi tinggi dan 40 dB pada frekuensi rendah. (Dobie RA 2006) Hasil serupa juga didapatkan pada penelitian yang dilakukan oleh Widana IDKK (2006) pada para

teknisi (*ground crew*) pesawat tempur TNI AU di Lanud Iswahyudi, dimana didapatkan NIHL dengan derajat ringan dan sedang.

Pada penelitian ini didapatkan hubungan yang bermakna antara tingkat kebisingan pesawat (helikopter) dengan NIHL ($p=0,025$), dengan risiko terjadinya NIHL 2,78 kali lebih besar pada penerbang yang terpajan oleh bising helikopter dibandingkan dengan penerbang yang terpajan oleh bising herkules.

Dari hasil pengukuran tingkat kebisingan dengan *sound level meter*, helikopter memang terbukti memiliki tingkat kebisingan yang lebih tinggi dari herkules. Pada penelitian oleh Raynal M (2006), pada 500 penerbang militer di Perancis, didapatkan bahwa penerbang pesawat tempur dan helikopter berisiko lebih tinggi mengalami NIHL dibandingkan dengan penerbang pesawat angkut.

Pesawat militer baik jenis *fixed wing* maupun *rotary wing*, secara umum memiliki tingkat kebisingan yang setara atau lebih dari 100 dB, dimana nilai tersebut melampaui NAB kebisingan yaitu 85 dB(A). Pesawat jenis *rotary wing* mempunyai intensitas bising yang lebih tinggi dibanding pesawat *fixed wing* karena mesinnya yang tepat berada di atas kepala penerbang, selain itu mempunyai efek getaran yang tinggi pula, yang berefek kurang baik untuk indera pendengaran.(Jaruchinda P et al. 2005, Humes LE 2006, Al-Jammaly, 2008) Getaran dikatakan menyebabkan perubahan ambang dengar sementara (TTS) yang lebih besar setelah suatu paparan bising.(Rosen J 2001, Nasir, HM dan K.G. Rampal. 2012)

Helikopter mengeluarkan suara bising terutama pada frekuensi rendah yang umumnya tidak membahayakan pendengaran. Namun demikian, frekuensi rendah akan menyamarkan (*masking*) suara pembicaraan terutama pada frekuensi menengah dan frekuensi tinggi. Karenanya, penerbang cenderung mengatur sistem komunikasi pada level yang maksimum sehingga tingkat intensitas bising semakin besar dan membahayakan pendengaran. (Lederman N 2001, Lago TL dan Sven J 2002)

Pada penelitian ini didapatkan hubungan yang bermakna antara jam terbang ≥ 500 jam dengan NIHL ($p=0,045$), dengan risiko terjadinya NIHL 3.41 kali lebih besar pada penerbang dengan jam terbang ≥ 500 jam dibandingkan dengan penerbang dengan jam terbang < 500 jam.

Penelitian yang dilakukan pada penerbang militer Amerika Serikat di Fort Rucker, didapatkan hubungan antara jumlah jam terbang dengan meningkatnya risiko dari gangguan pendengaran. Sementara Fitzpatrick DT juga menemukan hubungan NIHL dengan usia maupun jam terbang, pada penelitian yang dilakukan pada 178 penerbang militer. (Owen MJP 1995)

Pada penelitian ini didapatkan hubungan yang bermakna antara lama kerja ≥ 5 tahun dengan NIHL ($p=0,015$), dengan risiko terjadinya NIHL 3,48 kali lebih besar pada penerbang dengan lama kerja ≥ 5 tahun dibandingkan dengan penerbang dengan lama kerja < 5 tahun.

Pada penelitian epidemiologi oleh Cruickshanks KJ (2003), didapatkan bahwa insidensi 5 tahun kejadian penurunan pendengaran adalah 21%. Sementara dalam sebuah studi yang dilakukan pada para pekerja industri, *commit to user*

membuktikan bahwa paparan terhadap bising dengan intensitas ≥ 85 dB(A) selama lebih dari 5 tahun, berhubungan dengan terjadinya penurunan pendengaran sebesar 28.3 dB pada frekuensi 4 kHz.(Chang TY et al. 2011)

Paparan bising jangka panjang akan menjadi berbahaya sebagai akibat dari akumulasi efek kebisingan pada kokhlea seiring berjalannya waktu paparan. Paparan terhadap kebisingan dalam jangka panjang akan menyebabkan pergeseran nilai ambang pendengaran yang bersifat sementara (TTS) dan kemudian pada akhirnya akan bersifat permanen (PTS), jika paparan bising terus berlanjut.(Hong OS dan Kim MJ 2001, Gueera MR et al. 2005, Al-Jammaly RZ 2009, Nasir HM dan KG Rampal 2012)

Penelitian serupa menyebutkan bahwa pergeseran nilai ambang pendengaran akan meningkat dengan bertambahnya tahun paparan, dimana peningkatan ini berjalan dengan cepat dalam kurun waktu 10-15 tahun paparan pada frekuensi 4 kHz dan dalam kurun waktu 10-20 tahun pada frekuensi 2 kHz dan kemudian menurun dengan semakin menurunnya ambang pendengaran.(Humes LE et al. 2006)

Pada penelitian ini didapatkan hubungan yang bermakna antara riwayat pemakaian APT dengan NIHL ($p=0,039$), dengan risiko terjadinya NIHL 3,05 kali lebih besar pada penerbang yang tidak selalu memakai APT dibandingkan dengan penerbang yang selalu memakai APT.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Wagstaff AS dan Per A (2009), didapatkan bahwa penurunan nilai ambang pendengaran yang dialami oleh

penerbang helikopter serupa dengan yang dialami oleh penerbang pesawat *fixed wing* dan petugas kontrol lalu lintas bandara, meski penerbang helikopter terpapar oleh bising dengan intensitas yang lebih tinggi (90-95 dB). Hal tersebut diduga karena APT yang digunakan oleh penerbang helikopter dinilai memiliki efek yang positif untuk meredam kebisingan, dibandingkan dengan APT yang digunakan oleh penerbang pesawat *fixed wing*.

Karena tingkat kebisingan yang lebih tinggi, penerbang pesawat militer jenis pesawat tempur dan helikopter menggunakan APT jenis helmet yang dikombinasi dengan APT jenis *ear plug*, sementara penerbang pesawat angkut seperti hercules hanya menggunakan APT jenis *ear muff*. Alat Pelindung Telinga tersebut sekaligus juga berfungsi sebagai alat komunikasi.

Ear plug dapat meredam kebisingan hingga 45 dB di berbagai frekuensi, biasanya digunakan untuk proteksi sampai dengan 100 dB. APT ini sangat efektif bila digunakan bersamaan dengan helmet. Helmet dapat meredam kebisingan hingga 40 – 50 dB. *Ear muff* digunakan menutupi kedua telinga, dapat meredam kebisingan hingga 41 dB di berbagai frekuensi dan dapat untuk proteksi dari kebisingan hingga 110 dB.(Brookhouser PE et al. 2011)

Helmet dikatakan merupakan APT terbaik untuk meredam kebisingan, karena helmet menutupi kepala secara penuh, sehingga mengurangi transmisi konduksi tulang.(Paakkonen R dan K.Lehtomaki 2005) Namun dalam penggunaan secara bersamaan dengan *ear plug* seringkali menimbulkan ketidaknyamanan, karena intensitas suara menjadi mengecil, sehingga pemakai

harus lebih berkonsentrasi dalam mendengarkan suara yang didengarnya.(Ribera JE et al. 1995) Hal ini juga terjadi pada penerbang helikopter dalam penelitian ini, dimana seringkali penerbang melepas *ear plug* selama penerbangan, dan hanya menggunakan helmet. Dengan demikian proteksi terhadap suara kebisingan helikopter menjadi tidak optimal.

Pemakaian APT sebagai cara utama dalam konservasi pendengaran, bagaimanapun juga memiliki beberapa keterbatasan, terutama dalam konteks di bidang militer. Misalnya, terdapat beberapa paparan tak terduga terhadap bising dengan intensitas tinggi yang ekstrim, seperti dalam kondisi perang atau latihan perang, dimana pada kondisi tersebut, sangat mungkin paparan tunggal pun akan menyebabkan penurunan pendengaran yang signifikan. Selain itu, APT konvensional akan meredam suara dengan jumlah yang sama tanpa memperhatikan tingkat kebisingan. Akibatnya, APT yang didesain untuk melindungi pemakainya terhadap bising intensitas tinggi juga menimbulkan kesulitan untuk mendengar bunyi dengan intensitas yang lebih rendah, seperti suara komandan, sesama prajurit yang lain ataupun suara musuh yang mendekat. (Mrena et al. 2004, Humes LE et al. 2006)

Alat pelindung telinga tidak bisa memberikan perlindungan yang efektif kecuali bila dipakai secara konsisten.(Rosen EJ et al. 2001) Ketepatan pemasangan *ear plug* perlu selalu diperhatikan untuk menghindari risiko terjadinya NIHL. Dalam sebuah penelitian dikatakan bahwa pelatihan pemasangan *ear plug* akan meningkatkan kemampuan *ear plug* dalam meredam

suara sebesar 10 dB.(Toivonen M et al. 2002, Paakkonen R dan K. Lehtomaki 2005)

Alat Pelindung Telinga menjadi pertahanan utama untuk personel militer terhadap NIHL. Keefektifan APT bergantung pada seberapa baik fungsinya dan seberapa sering alat tersebut digunakan. Namun data mengenai pemakaian APT oleh personel militer dalam 30 tahun terakhir ini mendapatkan bahwa hanya separuh dari personel militer yang selalu menggunakan APT.(Humes L.E, 2006) Kepatuhan menggunakan APT sangat penting untuk program konservasi pendengaran dapat berjalan dengan efektif.

Pada penelitian ini tidak didapatkan hubungan yang bermakna antara umur ≥ 35 tahun dengan NIHL ($p=0,799$), dengan risiko terjadinya NIHL 0,88 kali pada penerbang yang berusia ≥ 35 tahun dibandingkan dengan penerbang yang berusia < 35 tahun. Hal tersebut berarti dalam penelitian ini faktor umur ≥ 35 tahun tidak terbukti menjadi faktor risiko terhadap terjadinya NIHL.

Hasil berbeda didapatkan oleh Humes et al. (2006) dimana pada tentara AL yang berusia > 35 tahun di Amerika, didapatkan setidaknya para pelaut tersebut mengalami penurunan pendengaran derajat ringan (> 25 dB) pada frekuensi tinggi. Dalam hal ini, penambahan usia merupakan faktor risiko penting terhadap insidensi dan progresifitas dari penurunan pendengaran. Fitzpatrick menemukan hubungan antara umur dan jam terbang dengan risiko terjadinya NIHL pada sejumlah 178 penerbang militer Amerika.(Humes LE et al. 2006) Penelitian lain menyatakan prevalensi NIHL 4 kali lebih besar pada pekerja yang

berusia > 40 tahun, dibandingkan dengan pekerja yang berusia lebih muda. Hal ini konsisten dengan penelitian terdahulu yang menyebutkan bahwa mereka yang berusia tua lebih rentan terhadap kebisingan. (Nasir HM dan KG Rampal 2012)

Gangguan pendengaran terkait usia (ARPTS) dapat terjadi karena berkurangnya sel rambut kokhlea yang bersifat progresif, dimana hal tersebut diperkirakan mulai terjadi pada usia 40 tahun. Kemudian juga Schuknecht mengestimasi bahwa sebanyak 2100 neuron kokhlear hilang setiap dekadanya, dan bila kehilangan neuron ini telah mencapai > 50% populasi neuron, maka akan mulai terjadi gangguan pendengaran. (Roland PS dan Ravi NS 2006)

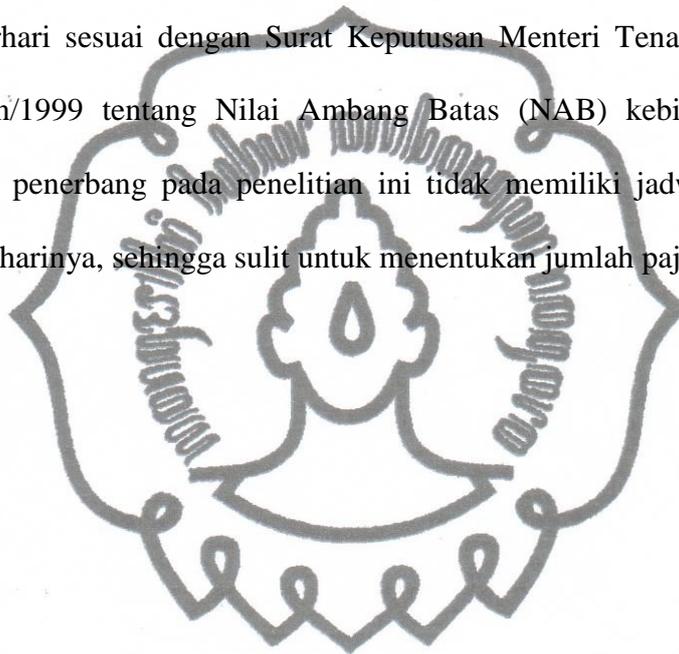
Gangguan pendengaran terkait usia (ARPTS) perlu dibedakan dengan NIHL. Gangguan pendengaran terkait usia merupakan proses yang mengalami akselerasi (tingkat penurunan pendengaran semakin cepat dengan berjalannya waktu), sementara NIHL merupakan proses yang mengalami deselerasi (tingkat penurunan pendengaran semakin melambat dengan berjalannya waktu). Baik kebisingan maupun usia tua (*aging*), keduanya sama-sama menyebabkan penurunan pendengaran frekuensi tinggi, dan pola penurunan pendengaran secara spesifik dari keduanya akan semakin terlihat jelas perbedaannya saat mencapai usia 60-70 tahun. (Humes LE et al. 2006)

Pada penelitian ini, dari hasil analisis multivariat didapatkan tingkat kebisingan pesawat adalah faktor yang berpengaruh terhadap terjadinya NIHL. Penerbang yang terpajan oleh bising helikopter memiliki risiko untuk mengalami gangguan pendengaran akibat bising (NIHL) 2,67 kali lebih besar daripada penerbang yang terpajan oleh bising perkotaan, setelah mengontrol pengaruh dari

faktor perancu jam terbang, lama kerja, umur dan pemakaian APT (OR=2,67; CI-95%=1,01–7,07; p=0,048).

B. KETERBATASAN PENELITIAN

Penelitian ini mempunyai keterbatasan yaitu tidak menggunakan jumlah pajanan perhari sesuai dengan Surat Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor: Kep-51/Men/1999 tentang Nilai Ambang Batas (NAB) kebisingan. Hal ini disebabkan, penerbang pada penelitian ini tidak memiliki jadwal terbang yang tetap setiap harinya, sehingga sulit untuk menentukan jumlah pajanan per-hari.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Tingkat kebisingan pesawat merupakan faktor risiko yang berpengaruh terhadap terjadinya gangguan pendengaran akibat bising (NIHL). Penerbang yang terpapar oleh bising helikopter memiliki risiko untuk mengalami gangguan pendengaran akibat bising (NIHL) 2,67 kali lebih besar daripada penerbang yang terpapar oleh bising hercules, dimana hubungan tersebut didapatkan signifikan secara statistik (OR=2,67; CI-95%=1,01–7,07; p=0,048). Kesimpulan tersebut didapat setelah mengontrol pengaruh dari variabel perancu jam terbang, lama kerja, umur dan pemakaian APT.

B. SARAN

Mengingat gangguan pendengaran akibat bising (NIHL) tidak dapat dikoreksi dengan tindakan medis ataupun pembedahan, maka penting sekali untuk melakukan program konservasi pendengaran yang meliputi:

1. Melakukan pengukuran tingkat kebisingan berbagai jenis pesawat yang dimiliki oleh TNI agar dapat mengidentifikasi area dimana penerbang terpapar dengan level kebisingan yang berbahaya

commit to user

2. Melakukan pengendalian terhadap kebisingan baik secara teknis maupun secara administratif. Pengendalian secara teknis misalnya dengan memilih komponen pesawat yang lebih sedikit menimbulkan bising, melakukan perawatan (*maintenance*) pesawat, memasang peredam bunyi. Pengendalian secara administratif misalnya dengan melakukan *shift* kerja untuk mengurangi waktu paparan bising.
3. Melakukan pemeriksaan audiometri secara berkala setiap 6 bulan - 1 tahun, tergantung tingkat paparan bising, untuk evaluasi program konservasi pendengaran dan deteksi sedini mungkin gangguan pendengaran akibat kebisingan (NIHL).
4. Menggunakan APT secara benar dan konsisten dan melakukan pelatihan mengenai cara pemakaian APT yang tepat.
5. Memberikan edukasi, motivasi dan konseling kepada para penerbang. Program edukasi dan motivasi menekankan bahwa program konservasi pendengaran sangat bermanfaat untuk melindungi pendengaran penerbang, dan mendeteksi perubahan ambang pendengaran akibat paparan bising. Tujuan edukasi adalah untuk menekankan keuntungan penerbang jika memelihara pendengaran dan kualitas hidupnya. Lebih lanjut penyuluhan tentang hasil audiogramnya, sehingga penerbang termotivasi untuk berpartisipasi melindungi pendengarannya sendiri.

Perlu dilakukan evaluasi pada para penerbang yang sudah mengalami gangguan pendengaran akibat bising (NIHL), mengenai kemampuannya untuk dapat melakukan pekerjaannya dengan efektif dan aman.

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai faktor-faktor risiko lainnya dari NIHL, agar dapat mengidentifikasi penerbang-penerbang yang berisiko tinggi mengalami NIHL sedini mungkin.

