

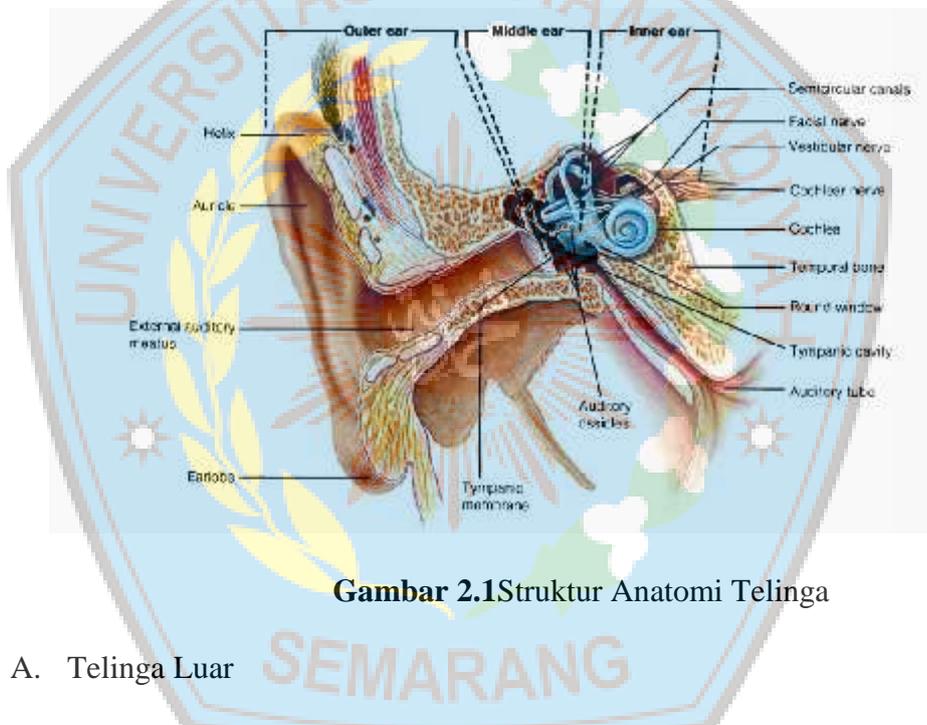
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Anatomi Telinga

Telinga sebagai indera pendengar terdiri atas tiga bagian yaitu telinga luar, telinga tengah dan telinga dalam. Berikut adalah struktur anatomi telinga.



Gambar 2.1 Struktur Anatomi Telinga

A. Telinga Luar

Telinga luar berfungsi untuk menangkap rangsang getaran bunyi dari luar. Telinga luar terdiri dari (*pinna auricularis*) atau daun telinga, (*canalis auditorius externus*) atau liang telinga sampai membrantimpani bagian lateral.⁹ Daun telinga terdiri atas tulang rawan elastin dan kulit yang berfungsi mengumpulkan gelombang suara, sedangkan liang telinga berfungsi menghantarkan suara menuju membran timpani.

Liang telinga merupakan saluran yang berbentuk seperti huruf S, dengan sepertiga bagian luar memiliki kerangka tulang rawan dan dua pertiga bagian dalamrangkanya terdiri dari tulang sejati. Liang telinga mengandung rambut-rambut halus dan kelenjar sebacea yang panjangnya sekitar 2,5 – 3 cm. Rambut-rambut halus tersebut berfungsi sebagai pelindung liang telinga dari kotoran, debu, maupun serangga, sementara kelenjar sebacea berfungsi sebagai penghasil serumen. Serumen merupakan hasil produksi dari kelenjar sebacea, kelenjar seruminosa, epitel kulit yang terlepas dan partikel debu.¹⁰

B. Telinga Tengah

Telinga tengah merupakan rongga yang berisi udara dan menjaga tekanan udara tetap seimbang. Telinga tengah berbentuk kubus yang berfungsi menghantarkan bunyi dari telinga luar ke telinga dalam. Bagian depan ruang telinga dibatasi oleh membran timpani, sedangkan bagian dalam dibatasi oleh foramen ovale dan foramen rotundum. Pada ruang tengah telinga terdapat bagian-bagian sebagai berikut:¹¹

1. Membran Timpani

Membran timpani berfungsi sebagai penerima gelombang bunyi.⁹ Setiap ada gelombang bunyi yang memasuki lorong telinga akan diterima oleh membran timpani, selanjutnya membran timpani akan menggelembung ke arah dalam menuju ke telinga tengah dan akan menyentuh tulang-tulang pendengaran yaitu *maleus*, *inkus* dan *stapes*. Tulang-tulang pendengaran akan meneruskan gelombang bunyi tersebut ke telinga bagian dalam.¹¹

2. Tulang-Tulang Pendengaran

Tulang-tulang pendengaran terdiri atas (*malleus*) tulang martil, (*inkus*) tulang landasan dan (*stapes*) tulang sanggurdi. Ketiga tulang tersebut membentuk rangkaian tulang yang melintang pada telinga tengah dan menyatu dengan membran timpani.¹²

3. Tuba Auditiva Eustachii

Tuba auditiva eustachii atau saluran eustachii adalah saluran penghubung antara ruang telinga tengah dengan rongga faring.⁹ Adanya saluran eustachius, memungkinkan keseimbangan tekanan udara antara rongga telinga tengah dengan udara luar.¹¹

C. Telinga Dalam

Telinga dalam berfungsi menerima getaran bunyi yang dihantarkan oleh telinga tengah dan terletak di dalam pars petrosa ossis temporalis, bagian medial menghadap telinga tengah.⁹ Telinga dalam disebut juga sebagai labirin yang terdiri atas dua bagian yaitu (*labirintus osseus*) labirin tulang dan (*labirintus membranaceus*) labirin membran. Labirin tulang merupakan rongga yang terbentuk pada tonjolan tulang pelipis yang berisikan cairan perilimfe. Dalam labirin tulang terdapat vestibulum, kanalis semisirkularis dan koklea. Di dalam koklea inilah terdapat organ corti yang berfungsi untuk mengubah getaran mekanik gelombang bunyi menjadi impuls listrik yang akan dihantarkan ke pusat pendengaran. Labirin membran terletak pada bagian yang sama dengan bagian labirin tulang, namun tempatnya lebih dalam dan dilapisi oleh sel epitel serta berisi cairan endolimfe.¹¹

Telinga dalam terdiri dari (*koklea*) rumah siput yang berupa dua setengah lingkaran dan vestibuler yang terdiri dari 3 buah kanalis semi-sirkularis.⁹ Ujung atau puncak koklea disebut helikotrema, menghubungkan (*skala timpani*) bagian bawah dengan (*skala vestibuli*) bagian atas. Diantara skala timpani dan skala vestibuli terdapat (*skala media*) atau disebut juga *duktus koklearis*.¹¹ Bagian-bagian yang penting dalam pendengaran yaitu:

1. Vestibulum

Merupakan bagian tengah labirin tulang terletak posterior terhadap koklea dan anterior terhadap canalis semisircularis. Pada dinding lateral terdapat *fenestra vestibuli* yang ditutupi basis stapedis dan ligamentum annularenya, dan *fenestra kokleae* yang ditutupi oleh membrana timpani secundaria. Di dalam vestibulum terdapat *utricleus* dan *sacculus* labirin membran.¹³

2. Koklea

Berbentuk seperti rumah siput, dan bermuara ke dalam bagian anterior vestibulum. Umumnya terdiri dari satu pilar sentral disebut modiolus koklea dan modiolus ini dikelilingi tabung tulang yang sempit sebanyak dua setengah putaran. Setiap putaran selanjutnya mempunyai radius putaran yang lebih kecil sehingga bangunan keseluruhannya berbentuk kerucut. Koklea bagian apex menghadap anterolateral dan basis menghadap posteromedial. Putaran basal pertama dari koklea ini tampak sebagai promontorium pada dinding medial telinga tengah.¹⁴

Modiolus punya basis yang lebar terletak pada dasar meatus acusticus internus. Modiolus ditembus oleh cabang – cabang n. koklearis. Pinggir spinal, yaitu lamina spiralis mengelilingi modiolus dan menonjol ke dalam canalis dan membagi canalis ini. Membrana basilaris terbentang dari pinggir bebas lamina spiralis sampai ke dinding luar tulang, sehingga membelah canalis koklearis menjadi skala vestibuli di sebelah atas dan skala timpani di sebelah bawah. Perilimfe di skala vestibuli di pisahkan dari kavum timpani oleh basis stapedius dan ligamentum annulare pada fenestra vestibuli. Perilimfe di dalam skala timpani dipisahkan dari kavum timpani oleh membrana timpani secundaria pada fenestra koklea.¹⁴

Terdapat pula duktus koklearis berbentuk segitiga pada potongan melintang dan berhubungan dengan sacculus melalui duktus

reunions. Epitel sangat khusus yang terletak di atas membrana basilaris membentuk (*organ corti*) organ spiralis dan mengandung reseptor-reseptor sensorik untuk pendengaran.¹⁴

3. Kanalis Semisirkularis

Kanalis semisirkularis saling berhubungan secara tidak lengkap dan membentuk lingkaran yang tidak lengkap. Pada irisan melintang koklea tampak skala vestibuli sebelah atas, skala timpani di sebelah bawah dan skala media (duktus koklearis) diantaranya. Skala vestibuli dan skala timpani berisi perilimfa, sedangkan skala media berisi endolimfa. Ion dan garam yang terdapat di perilimfa berbeda dengan endolimfa. Hal ini penting untuk pendengaran. Dasar skala vestibuli disebut sebagai membran vestibuli (*Reissner's membrane*) sedangkan dasar skala media adalah membran basalis. Pada membran ini terletak organ corti.¹⁴

2.1.2 Fisiologi Pendengaran

Proses mendengar diawali dengan ditangkapnya gelombang suara oleh daun telinga dan dihantarkan melalui udara atau tulang lewat meatus acusticus externus. Gelombang suara yang masuk kemudian menggetarkan membran timpani ke depan dan ke belakang akibat perubahan tekanan udara. Pergerakan membran timpani tergantung intensitas dan frekuensi gelombang suara.¹⁵

Membran timpani akan bergerak secara lambat apabila intensitas dan frekuensi yang masuk rendah, dan akan bergetar secara cepat apabila intensitas atau frekuensi yang masuk tinggi. Getaran yang diterima kemudian diamplifikasi dan dihantarkan melalui tulang-tulang pendengaran (*malleus, incus, stapes*). Energi getar yang telah teramplifikasi akan menggetarkan

tingkap lonjong sehingga perilimfe dan skala vestibuli bergerak. Lalu getaran diteruskan melalui membran reissner yang mendorong endolimfa, sehingga akan menimbulkan gerak relatif antara membran basilaris dan membran tektoria. Proses ini merupakan rangsangan mekanik yang menyebabkan terjadinya defleksi stereosilia sel-sel rambut, sehingga terjadi pelepasan ion bermuatan listrik dari badan sel dan terjadilah pelepasan neurotransmitter ke badan sinaps yang menimbulkan potensial aksi pada saraf auditorius, lalu dilanjutkan ke nukleus auditorius sampai ke korteks pendengaran (*area 39-40*) pada lobus temporalis.¹⁶

Gerakan cairan di dalam perilimfe ditimbulkan oleh getaran jendela oval mengikuti dua jalur: (1) gelombang tekanan mendorong perilimfe pada membrana vestibularis ke depan, kemudian mengelilingi helikotrema menuju membrana basilaris yang akan menyebabkan jendela bundar menonjol ke luar dan ke dalam rongga telinga tengah untuk mengkompensasi peningkatan tekanan, dan (2) “jalan pintas” dari skala vestibuli melalui membrana basilaris ke skala timpani. Perbedaan kedua jalur ini adalah transmisi gelombang tekanan melalui membrana basilaris menyebabkan membran ini bergetar secara sinkron dengan gelombang tekanan.¹⁷

Organ corti menumpang pada membrana basilaris, sehingga sel-sel rambut juga bergerak naik turun sewaktu membrana basilaris bergetar. Rambut-rambut tersebut akan membengkok ke depan dan ke belakang sewaktu membrana basilaris menggeser posisinya pada membran tektorial sehingga menyebabkan saluran-saluran ion gerbang mekanis terbuka dan tertutup secara bergantian. Hal ini mengakibatkan perubahan potensial berjenjang di reseptor, yang menimbulkan perubahan potensial berjenjang di reseptor, sehingga terjadi perubahan pembentukan potensial aksi yang merambat ke otak. Gelombang suara diterjemahkan menjadi sinyal saraf yang dipersepsikan otak sebagai sensasi suara.¹⁸

2.1.3 Bising

A. Definisi Bising

Bunyi didefinisikan sebagai gelombang yang bergerak di udara atau sesuatu yang menghasilkan suara dan dapat merangsang mekanisme pendengaran. Bunyi berasal dari suatu benda yang menghasilkan suatu getaran yang menghasilkan suara. Bunyi memiliki suatu intensitas dan frekuensi. Intensitas adalah arus energi per satuan luas yang dinyatakan dalam satuan desibel (dB). Intensitas dipengaruhi keras atau lembutnya suara, semakin keras suara maka intensitas semakin tinggi dan sebaliknya semakin lembut suara maka intensitas semakin kecil. Sedangkan frekuensi adalah jumlah getaran yang terjadi dalam waktu satu detik yang dinyatakan dalam satuan hertz (Hz). Berdasarkan sistem pendengaran manusia frekuensi suara dibagi menjadi tiga, frekuensi infrasonik (0-20.000 Hz), frekuensi audible/normal (20-20.000 Hz), frekuensi ultrasonik (>20.000 Hz).¹⁹ Intensitas dan frekuensi bunyi juga menentukan kualitas bunyi tersebut, jika bunyi yang ditangkap telinga lebih dari intensitas dan frekuensi normal yang mampu ditangkap manusia maka dapat disebut sebagai kebisingan.²⁰

Bising adalah bunyi yang tidak dikehendaki atau tidak diinginkan. Secara audiologi bising adalah campuran nada murni berbagai frekuensi. Bising dalam kesehatan kerja diartikan sebagai suara yang dapat menurunkan pendengaran baik secara kuantitatif (peningkatan ambang pendengaran) maupun secara kualitatif (penyempitan spectrum pendengaran), berkaitan dengan faktor intensitas, frekuensi, durasi, dan pola waktu.²¹

Berdasarkan KEPMENAKER No.51 tahun 1999 bising tempat kerja adalah semua suara yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat-alat proses produksi atau alat-alat yang pada tingkat tertentu dapat menimbulkan ketulian.⁷ Sedangkan dari Kep.Men-48/MEN.LH/11/1996, kebisingan adalah bunyi yang tidak diinginkan dari suatu usaha atau kegiatan dalam tingkat

waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan.²²

Berdasarkan keputusan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa kebisingan merupakan bunyi atau suara yang tidak dikehendaki yang dapat mengganggu kesehatan, kenyamanan, serta dapat menimbulkan penurunan pendengaran.

B. Sumber Bising

Sumber bising di tempat kerja pada umumnya berasal dari mesin-mesin pembangkit tenaga, pesawat dan peralatan-peralatan yang digunakan dalam proses produksi. Kebisingan yang timbul akibat penggunaan alat kerja dalam proses kerja diakibatkan oleh adanya tumbukan atau benturan peralatan kerja yang pada umumnya terbuat dari benda keras atau logam. Sedangkan kebisingan yang ditimbulkan oleh pergerakan udara, gas, atau cairan diakibatkan oleh adanya gesekan antara molekul gas atau udara tersebut yang mengakibatkan timbulnya suara atau kebisingan.²³ Sumber bising dibagi menjadi tiga kelompok, antara lain:

1. Mesin, disebabkan oleh karena mesin yang bergetar karena kurang memadainya peredam atau bunyi mesin itu sendiri karena gesekan atau putaran. Bunyi mesin sangat tergantung pada:
 - a) Jumlah silinder
Semakin banyak jumlah silindernya maka akan menyebabkan semakin tingginya bunyi bising yang ditimbulkan.
 - b) Putaran motor
Semakin besar putaran motornya maka semakin tinggi pula tingkat kebisingannya.
 - c) Berat jenis motor
Semakin besar berat jenis motornya maka semakin tinggi pula tingkat kebisingan yang ditimbulkan.

d) Jumlah daun propeller

Semakin banyak jumlah daun propellernya maka akan semakin tinggi pula tingkat bisingnya.

e) Umur mesin

Semakin tua umur mesinnya maka akan semakin tinggi pula intensitas bising yang timbul.

2. Peralatan yang bergetar/berputar untuk melakukan suatu proses kerja. Bunyi timbul sebagai efek dari peralatan kerja yang bergetar/bergesek yang terbuat dari campuran metal.

3. Aliran udara atau gas dengan tekanan tertentu keluar melalui outlet menimbulkan bising. Bila aliran udara terjepit, suara yang keluar akan keras sekali karena berfrekuensi tinggi.²³

C. Jenis Bising

Berdasarkan sumbernya kebisingan di tempat kerja diklasifikasikan ke dalam dua jenis golongan besar, antara lain:

1. *Steady noise* (kebisingan tetap), dipisahkan lagi menjadi dua jenis, yaitu :

a) *Discrete frequency noise* (kebisingan dengan frekuensi terputus). Kebisingan ini berupa “nada-nada” murni pada frekuensi yang beragam, contohnya suara mesin, suara kipas, dan sebagainya.

b) *Broad band noise*. Kebisingan dengan frekuensi terputus dan *broad band noise* sama-sama digolongkan sebagai *steady noise* (kebisingan tetap). Perbedaannya adalah *broad band noise* terjadi pada frekuensi yang lebih bervariasi (bukan “nada” murni).

2. *Unsteady noise* (kebisingan tidak tetap), dibagi lagi menjadi tiga jenis, yaitu:

- a) *Fluctuative noise* (kebisingan fluktuatif). Kebisingan yang selalu berubah-ubah selama rentang waktu tertentu.
- b) *Intermittent noise*. Kebisingan yang terputus-putus dan besarnya dapat berubah-ubah, contohnya kebisingan lalu lintas.
- c) *Impulsive noise*. Kebisingan impulsif dihasilkan oleh suara-suara berintensitas tinggi dan dalam waktu relatif singkat.²⁴

Berdasarkan sifat dan spektrum frekuensi bunyi, bising dapat dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu:

- a. Kebisingan kontinyu dengan spektrum frekuensi yang luas. Bising ini relatif tetap dalam batas kurang lebih 5 dB untuk periode 0,5 detik berturut-turut. Misalnya mesin, kipas angin, dapur pijar, dan lain-lain.
- b. Kebisingan kontinyu dengan spektrum frekuensi sempit. Bising ini juga relatif tetap, akan tetapi ia hanya mempunyai frekuensi tertentu saja (pada frekuensi 500 Hz, 1000 Hz, dan 4000 Hz). Misalnya gergaji sirkuler, katup gas, dan lain-lain.
- c. Kebisingan terputus-putus. Bising ini tidak terjadi secara terus menerus, melainkan ada periode relatif tenang. Misalnya suara lalu lintas, suara pesawat terbang di bandara, dan lain-lain.
- d. Kebisingan impulsif sesaat. Bising jenis ini memiliki perubahan tekanan suara melebihi 40 dB dalam waktu sangat cepat dan biasanya mengejutkan pendengarnya. Misalnya seperti pukulan, tembakan senjata api, meriam, ledakan, dan lain-lain.
- e. Kebisingan impulsif berulang. Sama seperti bising impulsif, hanya saja disini terjadi secara berulang-ulang. Misalnya mesin tempa di perusahaan, dan lain-lain.²¹

Berdasarkan pengaruhnya terhadap manusia, bising dapat dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu:

- a. *Irritating noise* (bising yang mengganggu).

Bising jenis ini intensitasnya tidak terlalu keras dan tidak terlalu berbahaya. Misalnya mendengkur.

- b. *Masking noise* (bising yang menutupi).

Bising jenis ini merupakan bunyi yang menutupi pendengaran yang jelas. Secara tidak langsung bunyi ini akan membahayakan kesehatan dan keselamatan tenaga kerja, karena teriakan atau isyarat tanda bahaya tenggelam dalam bising dari sumber lain.

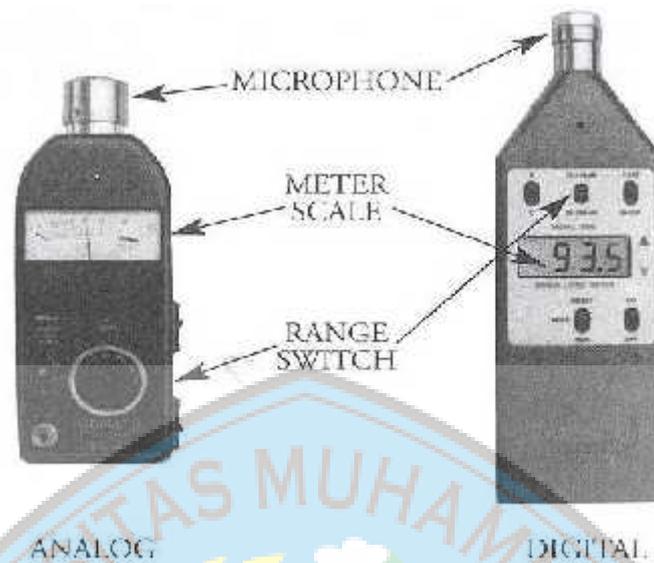
- c. *Damaging/injurious noise* (bising yang merusak).

Bising jenis ini adalah bunyi yang intensitasnya melebihi NAB. Bunyi jenis ini akan merusak atau menurunkan fungsi pendengaran.²¹

D. Cara Pengukuran Bising

Pengukuran kebisingan dapat dilakukan melalui survei kebisingan pada tempat atau lingkungan yang akan diteliti (*walk through survey*) dengan menggunakan alat seperti *sound survey meter*, *sound level meter* (SLM), *octave band analyzer*, *narrow band analyzer*. Alat yang sering digunakan dalam analisis pengukuran kebisingan adalah *sound level meter* (SLM) dan *octave band analyzer*.²⁵

Sound level meter (SLM) merupakan suatu alat yang sering digunakan untuk mengukur intensitas suara dan berfungsi untuk mengukur kebisingan dengan intensitas suara antara 30-130 dalam satuan dB (desibel) dan pada frekuensi antara 20-20.000 Hz. Sound level meter terdiri atas mikrofon, amplifier, skala indikator, sirkuit elektronik attenuator, dan tiga jaringan perespon frekuensi.³



Gambar 2.2 Sound Level Meter

Prinsip kerja sound meter level didasarkan pada getaran yang terjadi. Lokasi pengukuran dilakukan pada kawasan atau daerah dimana terdapat orang yang banyak melakukan aktivitas. Jarak sumber bising dari lokasi pengukuran harus diketahui. Titik pengukuran diusahakan pada 5 tempat yang berbeda.²⁶

Cara pengukuran kebisingan menggunakan sound meter level dapat dilakukan dengan cara sederhana dan cara langsung.²⁶ Cara sederhana dilakukan dengan sebuah sound level meter diukur tingkat tekanan bunyi dB (A) selama 10 menit untuk tiap pengukuran dan pembacaan dilakukan setiap 5 detik. Sedangkan cara langsung prinsip pengukurannya dengan integrating sound level meter yang mempunyai fasilitas pengukuran LTM5, yaitu Leq dengan waktu pengukuran 5 detik, dan dilakukan pengukuran selama 10 menit. Evaluasi hasil pengukuran dengan baku mutu kebisingan yang ditetapkan dengan toleransi +3 dB (A).²⁷

E. Nilai Ambang Batas Bising (NAB)

Nilai ambang batas kebisingan (NAB) adalah batas maksimal tingkat kebisingan yang diperbolehkan ditimbulkan ke lingkungan dari suatu usaha

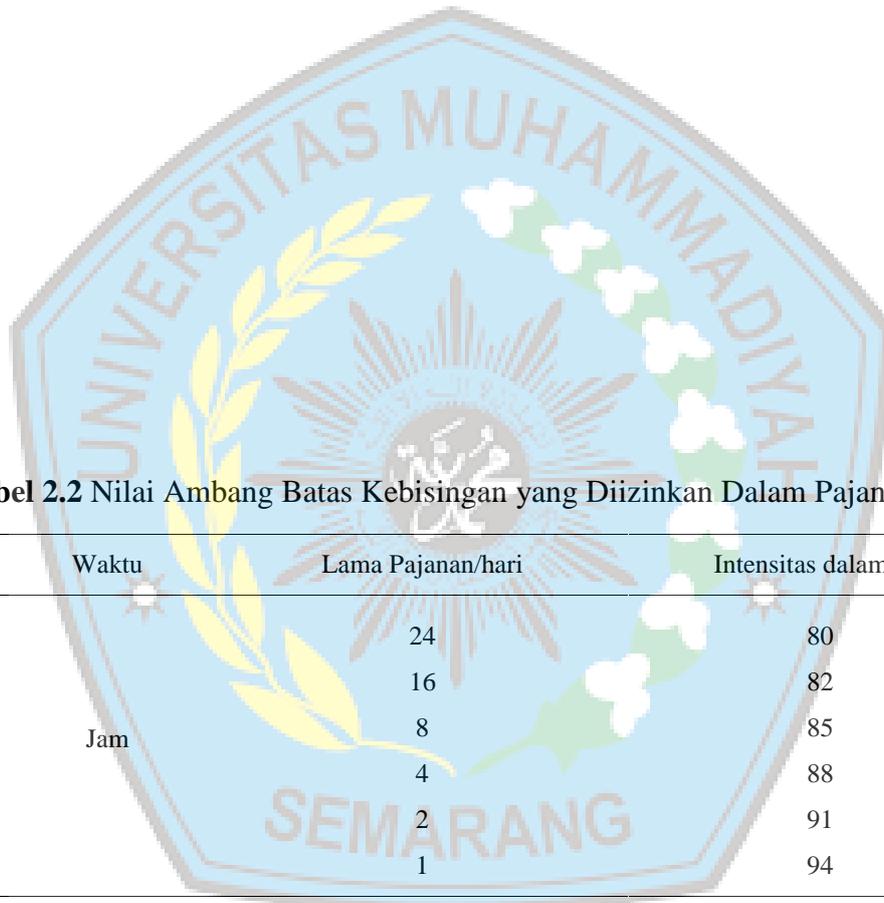
atau kegiatan sehingga tidak menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan. Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor KEP-48/MENLH/11/1996 pemerintah telah menetapkan nilai ambang batas kebisingan untuk setiap kawasan.²²

Tabel 2.1 Nilai Ambang Batas Kebisingan Berdasarkan Kawasan

Peruntukan Kawasan/Lingkungan Kegiatan	Tingkat Kebisingan (dB)
1. Lingkungan kegiatan	
• Rumah sakit atau sejenisnya	55
• Sekolah atau sejenisnya	55
• Tempat ibadah atau sejenisnya	55
2. Peruntukan Kawasan	
• Perumahan dan pemukiman	55
• Perkantoran dan perdagangan	65
• Perdagangan dan jasa	70
• Ruang terbuka hijau	50
• Industry	70
• Pemerintah dan fasilitas umum	60
• Tempat rekreasi	70

Berdasarkan keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi PER 13/MEN/X/2011, nilai ambang batas kebisingan yang diizinkan untuk pajanan selama 24 jam per hari adalah intensitas bising 80 dB. Sedangkan

nilai ambang batas paparan bising pada industri sebesar 85 dB untuk paparan bising selama 8 jam atau 40 jam per minggu.²⁸



Tabel 2.2 Nilai Ambang Batas Kebisingan yang Diizinkan Dalam Paparan Perhari

Waktu	Lama Paparan/hari	Intensitas dalam dB
Jam	24	80
	16	82
	8	85
	4	88
	2	91
	1	94
Menit	30	97
	15	100
	7,50	103
	3,75	106
	1,88	109
	0,94	112

	28,12	115
	14,06	118
	7,03	121
	3,52	124
Detik	1,76	127
	0,88	130
	0,44	133
	0,22	136
	0,11	139

2.1.4 Ketulian Akibat Bising

A. Definsi Ketulian

Ketulian adalah menurunnya atau hilangnya fungsi pendengaran pada salah satu atau kedua telinga. Sedangkan ketulian akibat bising adalah menurunnya atau hilangnya fungsi pendengaran akibat paparan suara yang keras secara kontinyu, dapat bersifat reversibel maupun irreversibel.¹⁹ Di Indonesia sendiri ketulian akibat bising ialah ketulian yang disebabkan karena terpajan bising yang cukup keras dan dalam waktu lama dan biasanya diakibatkan oleh bising lingkungan kerja. Ketulian tersebut biasanya terjadi akibat kerusakan fungsi anatomis telinga baik telinga luar, tengah, dan dalam karena pajanan bising tersebut.⁵

Berdasarkan karakteristiknya, ketulian dibagi menjadi tuli konduktif, tuli sensorineural, dan tuli campuran.¹⁹ Derajat ketulian ditentukan dari ambang dengar berdasarkan audiogram. Klasifikasi derajat ketulian menurut *International Standard Organization (ISO)* dan *American Standard Association (ASA)*, yaitu:²⁹

Table 2.3 Derajat Ketulian Menurut ISO dan ASA.

Derajat Ketulian	ISO	ASA
Pendengaran Normal	10-25 dB	10-15 dB

Ringan	26-40 dB	16-29 dB
Sedang	41-55 dB	30-44 dB
Sedang Berat	56-70 dB	45-59 dB
Berat	71-90 dB	60-79 dB
Sangat Berat	Lebih 90 dB	Lebih 80 dB

1. Ketulian Jenis Konduktif

Ketulian konduktif terjadi karena adanya gangguan hantaran gelombang suara ke telinga dalam akibat adanya gangguan pada telinga luar atau telinga tengah yaitu mulai kanalis auditorius eksternus, membran timpani, rantai tulang pendengaran, kavum timpani, tingkap lonjong, tingkap bulat dan tuba Eustachius. Ketulian jenis ini, terjadi karena transmisi gelombang suara tidak dapat mencapai telinga dalam secara efektif. Ini disebabkan karena beberapa gangguan atau lesi pada liang telinga luar, rantai tulang pendengaran, ruang telinga tengah, fenestra ovalis, fenestra rotunda, dan tuba auditiva. Pada bentuk yang murni/tanpa komplikasi biasanya tidak ada kerusakan pada telinga dalam, maupun jalur persyarafan pendengaran nervus vestibulokoklearis (N.VIII).³⁰

Gejala yang ditemui pada ketulian konduktif adalah seperti berikut:

- a. Adanya riwayat penyakit telinga luar atau tengah seperti riwayat keluar cairan dari telinga, dan rasa penuh pada telinga.
- b. Adanya riwayat kerusakan membran timpani yang disebabkan oleh trauma dan sebagainya.
- c. Adanya riwayat infeksi telinga sebelumnya yang bisa disebabkan karena kebiasaan mengorek-ngorek telinga
- d. Perasaan seperti adanya cairan dalam telinga dan seolah-olah bergerak dengan perubahan posisi kepala.
- e. Dapat disertai tinnitus (biasanya suara nada rendah atau mendengung).
- f. Bila kedua telinga terkena, biasanya penderita berbicara dengan suara lembut (*soft voice*) khususnya pada penderita otosklerosis.

- g. Kadang-kadang penderita mendengar lebih jelas pada suasana ramai (*Paracusis Willisii*).
- h. Seringkali penderita juga mengeluh sulit mendengar suara-suara bila ia sedang mengunyah makanan yang menimbulkan suara.³⁰

Pemeriksaan fisik pada telinga luar dan tengah dapat menunjukkan penyebab ketulian konduktif. Pada pemeriksaan fisik dijumpai adanya sekret dalam liang telinga luar, perforasi pada membran timpani, ataupun keluarnya cairan dari telinga tengah. Sedangkan pada otosklerosis terdapat gangguan pada rantai tulang pendengaran.³⁰

Hasil pemeriksaan fungsi pendengaran berupa tes bisik, dijumpai penderita tidak dapat mendengar suara bisik pada jarak lima meter dan sukar mendengar kata-kata yang mengandung nada rendah. Sementara pemeriksaan garputala pada penderita ketulian konduktif didapatkan hasil tes Rinne negatif, yaitu pada sesaat setelah bunyi tak lagi terdengar melalui hantaran tulang dan garputala dipindahkan ke depan telinga, penderita tidak dapat mendengar bunyi yang dihasilkan. Sedangkan pada pemeriksaan Weber, akibat meningkatnya kemampuan hantaran tulang pada telinga yang sakit, maka akan terjadi lateralisasi bunyi ke telinga yang sakit, atau telinga yang lebih parah tingkat ketulian konduktifnya bila terjadi pada kedua telinga. Dan pada pemeriksaan garputala yang membandingkan hantaran tulang penderita dengan pemeriksa atau tes Schwabach didapatkan hasil memanjang.³⁰

Penentuan ketulian konduktif secara pasti melalui pemeriksaan audiometri. Adapun kriteria khusus yang dipertimbangkan dalam menentukan ketulian jenis ini diantaranya:

- a. Hantaran tulang haruslah lebih baik daripada hantaran udara, dengan ambang dengar normal atau < 25 dB.
- b. Terdapat gap atau perbedaan ambang dengar hantaran udara atau tulang 10 dB pada dua frekuensi berdekatan, terutama pada frekuensi rendah.
- c. Ambang dengar hantaran udara > 25 dB.
- d. Tidak terdapat gangguan diskriminasi.³⁰

2. Ketulian Jenis Sensorineural

Ketulian sensorineural adalah berkurangnya pendengaran yang terjadi akibat adanya kerusakan atau malfungsi pada koklea, saraf pendengaran (N.VIII), dan batang otak, sehingga bunyi tidak dapat diproses sebagaimana mestinya. Secara umum ketulian jenis ini bersifat *Irreversible* dan sangat mengganggu dalam berkomunikasi sehari-hari. Bila kerusakan terbatas pada sel rambut di koklea, maka sel ganglion dapat bertahan atau mengalami degenerasi *transneural*. Dan bila sel ganglion rusak, maka N.VIII akan mengalami degenerasi *wallerian*.³¹

Ketulian jenis sensorineural dibagi atas ketulian koklea dan retrokoklea. Ketulian sensorineural koklea disebabkan oleh (*aplasia*) kongenital, presbikusis, labirintis yang dikarenakan virus/bakteri, trauma pada labirin atau N.VIII, penggunaan obat ototoksik seperti (streptomisin, kanamisin, garamisin, neomisin, kina, asetosal atau alkohol). Selain itu, ketulian sensorineural juga dapat disebabkan oleh tuli mendadak (*sudden deafness*), trauma kapitis, dan akibat pajanan bising. Sedangkan ketulian sensorineural retrokoklea disebabkan oleh neuroma akustik, tumor sudut pons, mieloma multiple, cedera otak, perdarahan otak, dan sebagainya.¹⁹

Gejala yang ditemui pada ketulian sensorineural adalah seperti berikut:

- a. Terdapat riwayat trauma kepala, trauma akustik, riwayat pemakaian obat-obatan ototoksik, ataupun penyakit sistemik sebelumnya.
- b. Selain hantaran udara, hantaran tulang juga mengalami gangguan. Hal ini disebabkan karena terjadi hambatan dalam transmisi seluruh impuls saraf.
- c. Jika ketulian bilateral dan dalam waktu yang lama, biasanya penderita akan berbicara dalam suara yang sangat keras dan bertekanan.

- d. Sulit untuk mendengar apabila berada di tempat keramaian (*cocktail party's deafness*)
- e. Sulit membedakan bunyi-bunyi konsonan terutama yang berada pada frekuensi lemah.
- f. Jika terdapat tinnitus, biasanya bernada tinggi atau terdengar seperti berbisik.
- g. Ambang dengar hantaran udara dan tulang mengalami penurunan dan cenderung berhimpit sehingga tidak ditemukan gap.³⁰

Pemeriksaan fisik atau otoskopi didapatkan liang telinga luar maupun selapur gendang telinga tampak normal. Pada pemeriksaan fungsi pendengaran berupa tes bisik, didapatkan bahwa penderita tidak dapat mendengar percakapan bisik pada jarak lima meter dan sukar mendengar kata-kata yang mengandung nada tinggi (huruf konsonan). Sedangkan pada pemeriksaan menggunakan garputala didapatkan hasil tes Rinne positif, hantaran udara lebih baik dari hantaran tulang. Pada tes Weber dijumpai laterasi ke arah telinga yang sehat atau yang lebih sehat bila terjadi pada kedua telinga. Sementara tes Schwabach terdapat pemendekan pada hantaran tulang.³⁰

- i. Penyebab ketulian sensorineural yang berasal dari Koklea.
 - a) Labirinthitis (virus/bakteri)

Merupakan suatu proses radang yang melibatkan telinga dalam, paling sering disebabkan oleh otitis media kronik dan berat. Penyebab lainnya bisa disebabkan oleh meningitis dan infeksi virus. Pada otitis, kolesteatom paling sering menyebabkan labirinitis, yang mengakibatkan kehilangan pendengaran mulai dari yang ringan sampai yang berat.³²

Pada labirintitis virus, terjadi kerusakan pada organ Corti, membrana tektoria dan selubung myelin saraf akustik. Labirinthitis serosa

terjadi ketika toksin bakteri dan mediator inflamasi host misalnya sitokin, enzim dan komplemen melewati membran tingkap bundar dan menyebabkan inflamasi labirin. Kondisi ini dihubungkan dengan penyakit telinga tengah akut atau kronis. Toksin, enzim dan produk inflamasi lainnya menginfiltrasi skala timpani dan membentuk suatu presipitat halus di bagian medial dari membran tingkap bundar. Penetrasi agen inflamasi ke endolimfe pada membran basilaris koklea mengakibatkan tuli sensorineural frekuensi sedang-tinggi.³²

b) Obat ototoksik

Obat ototoksik merupakan obat yang dapat menimbulkan gangguan fungsi dan degenerasi seluler telinga dalam dan saraf vestibuler. Gejala utama yang dapat timbul akibat ototoksisitas ini adalah tinnitus, vertigo, dan ketulian yang bersifat sensorineural.

Ada beberapa obat yang tergolong ototoksik, diantaranya:

- Antibiotik
 - Aminoglikosida : streptomisin, neomisin, kanamisin, gentamisin, tobramisin, amikasin dan yang baru adalah netilmisin dan sisomisin.
 - Golongan macrolide : eritromisin
 - Antibiotic lain: kloramfenikol
- Loop diuretic : furosemid, ethyrynic acid, dan bumetanides
- Obat anti inflames : salisilat seperti aspirin
- Obat anti malaria : kina dan klorokuin
- Obat anti tumor : bleomisin, cisplatin

Kerusakan yang ditimbulkan oleh preparat ototoksik tersebut antara lain:

- Degenerasi stria vaskularis. Kelainan patologi ini terjadi pada penggunaan semua jenis obat ototoksik.
- Degenerasi sel epitel sensori. Kelainan patologi ini terjadi pada organ korti dan labirin vestibular, akibat penggunaan antibiotika aminoglikosida sel rambut luar lebih terpengaruh daripada sel

rambut dalam, dan perubahan degeneratif ini terjadi dimulai dari basal koklea dan berlanjut terus hingga akhirnya sampai ke bagian apeks

- Degenerasi sel ganglion. Kelainan ini terjadi sekunder akibat adanya degenerasi dari sel epitel sensori. Umumnya efek yang ditimbulkan bersifat irreversible, kendatipun bila dideteksi cukup dini dan pemberian obat dihentikan, sebagian ketulian dapat dipulihkan.³²

c) Presbikusis

Presbikusis ini terjadi akibat dari proses degenerasi yang terjadi secara bertahap oleh karena efek kumulatif terhadap pajanan yang berulang. Presbikusis dipengaruhi oleh banyak faktor, terutama faktor lingkungan, dan diperburuk oleh penyakit yang menyertainya. Adapun faktor-faktor tersebut diantaranya adalah adanya suara bising yang berasal dari lingkungan kerja, lalu lintas, alat-alat yang menghasilkan bunyi, termasuk musik yang keras. Selain itu, presbikusis juga bisa dipengaruhi oleh faktor herediter, dan penyakit-penyakit seperti aterosklerosis, diabetes, hipertensi, obat ototoksik, dan kebiasaan makan yang tinggi lemak.³²

Proses degenerasi yang terjadi secara bertahap ini akan menyebabkan perubahan struktur koklea dan N.VIII. Pada koklea perubahan yang mencolok ialah atrofi dan degenerasi sel-sel rambut penunjang pada organ Corti. Proses atrofi disertai dengan perubahan vascular juga terjadi pada stria vaskularis, pada dinding lateral koklea. Selain itu terdapat pula perubahan, berupa berkurangnya jumlah dan ukuran sel-sel ganglion dan saraf. Hal yang sama terjadi juga pada myelin akson saraf.³²

Ada 4 tipe presbikusis berdasarkan patologi tempat terjadinya perubahan/degenerasi di koklea, yaitu:

- Presbikusis sensorik

Pada tipe ini terjadi atrofi epitel yang disertai dengan hilangnya sel rambut sensoris pada organ Corti. Proses ini dimulai dari basal

koklea dan secara perlahan berlanjut sampai ke bagian apeks lapisan epitel koklea. Perubahan pada epitel ini menyebabkan ketulian pada nada tinggi.

- Presbikusis neural

Terjadi atrofi pada sel-sel saraf di koklea dan pada jalur hantaran suara ke saraf pusat. Jadi gangguan primer terdapat pada sel-sel saraf, sementara sel-sel rambut di koklea masih dipertahankan. Pada tipe ini, diskriminasi kata-kata relatif lebih terganggu dengan hanya sedikit gangguan sel rambut.

- Presbikusis metabolik (strial presbikusis)

Terjadinya atrofi pada stria vaskularis, dimana stria vaskularis tampak menciut akan tetapi masih memberi skor diskriminasi yang bagus terhadap suara walaupun proses degenerasi menyebabkan ketulian sedang hingga berat.

- Presbikusis mekanik (presbikusis konduktif koklear)

Terjadi oleh karena penebalan dan pengerasan membran basalis koklea.³²

d) Tuli mendadak

Tuli mendadak merupakan gangguan pendengaran sensorineural berat yang terjadi tiba-tiba tanpa diketahui pasti penyebabnya. Tuli mendadak didefinisikan sebagai penurunan pendengaran sensorineural 30 dB atau lebih paling sedikit tiga frekuensi berturut-turut pada pemeriksaan audiometri dan berlangsung dalam waktu kurang dari tiga hari. Iskemia koklea merupakan penyebab utama tuli mendadak, keadaan ini dapat disebabkan oleh karena spasme, trombosis atau perdarahan arteri auditiva interna. Pembuluh darah ini merupakan suatu *end artery* sehingga bila terjadi gangguan pada pembuluh darah ini koklea sangat mudah mengalami kerusakan. Iskemia mengakibatkan degenerasi luas pada sel-sel ganglion stria vaskularis dan ligamen spiralis, kemudian diikuti dengan pembentukan jaringan ikat dan penulangan. Kerusakan sel-sel rambut tidak luas dan membrana basilaris jarang terkena.³²

e) Kongenital

Ketuli sensorineural yang tergolong kongenital onset awalnya adalah disebabkan oleh faktor keturunan, ditemukan bahwa 60-70 % bersifat otosomal resesif, 20-30% bersifat otosomal dominan sedangkan 2% bersifat *X-linked*. Ketulian sensorineural kongenital dapat berdiri sendiri atau sebagai salah satu gejala dari suatu sindrom, antara lain *Sindrom Usher* (retinitis pigmentosa dan ketulian sensorineural kongenital) *Sindrom Waardenburg* (ketulian sensorineural kongenital dan canthus medial yang bergeser ke lateral, pangkal hidung yang melebar, rambut putih bagian depan kepala dan heterokromia iridis) dan *Sindrom Alport* (gangguan penengaran sensorineural kongenital dan nefritis).³²

f) Trauma

Trauma pada telinga dapat dibagi menjadi dua bentuk yaitu trauma akustik dan trauma mekanis. Diantara kedua bentuk trauma, trauma akustik merupakan trauma paling umum penyebab ketulian sensorineural. Fraktur tulang temporal dapat menyebabkan ketulian sensorineural unilateral dan ketulian konduksi. Ketulian sensorineural terjadi jika fraktur tersebut melibatkan labirin. Trauma dapat menimbulkan perpecahan pada foramen ovale sehingga perilimfe bocor ke telinga. Pasien tiba-tiba mengalami kehilangan pendengaran, bersama dengan tinnitus dan vertigo.³²

g) Ketulian akibat bising

Bising dengan intensitas 85 dB atau lebih dapat mengakibatkan kerusakan reseptor pendengaran organ corti pada telinga dalam dan dapat menimbulkan ketulian. Daerah pertama yang terkena adalah sel-sel rambut luar bagian basal yang menunjukkan adanya peningkatan degenerasi sesuai dengan intensitas dan lama paparan. Stereosilia pada sel-sel rambut luar menjadi kurang kaku sehingga mengurangi respon terhadap stimulasi. Dengan bertambahnya intensitas dan durasi paparan

akan dijumpai lebih banyak kerusakan seperti hilangnya stereosilia yang menimbulkan sel-sel penunjang menjadi rusak dan sel-sel rambut akan mati, sehingga digantikan oleh jaringan parut. Dengan semakin luasnya kerusakan pada sel-sel rambut, dapat timbul degenerasi pada saraf yang juga dapat dijumpai di nukleus pendengaran pada batang otak.³²

h) Penyakit Meniere

Penyakit Meniere merupakan penyakit yang terdiri dari trias atau sindrom Meniere yaitu vertigo, tinnitus dan ketulian sensorineural. Penyebab pasti dari penyakit meniere belum diketahui, tapi dipercaya penyebab dari penyakit ini berhubungan dengan hidrops endolimfe atau kelebihan cairan di telinga dalam. Ini disebabkan cairan endolimfe keluar dari saluran yang normal mengalir ke area lain yang menyebabkan terjadinya gangguan. Ini mungkin dihubungkan dengan pembengkakan sakus endolimfatik atau jaringan di sistem vestibuler dari telinga dalam yang merangsang organ keseimbangan.³²

Gejala klinis penyakit ini disebabkan adanya hidrops endolimfe pada koklea dan vestibulum. Hidrops yang terjadi mendadak dan hilang timbul diduga disebabkan oleh:

- Meningkatnya tekanan hidrostatik pada ujung arteri
- Meningkatnya tekanan osmotik ruang kapiler
- Berkurangnya tekanan osmotik di dalam kapiler
- Tersumbatnya jalan keluar sakus endolimfatikus sehingga terjadi penimbunan cairan endolimfe.³²

Hal-hal tersebut pada awalnya menyebabkan pelebaran skala media dimulai dari daerah apeks koklea kemudian dapat meluas mengenai bagian tengah dan basal koklea. Hal tersebut yang menjelaskan terjadinya ketulian sensorineural nada rendah penyakit Meniere.³²

ii. Penyebab ketulian sensorineural yang berasal dari Retrokoklea.

a) Neuroma Akustik

Neuroma akustik adalah tumor intrakrania yang berasal dari selubung *sel Schwann* nervus vestibuler atau nervus koklearis. Lokasi tersering berada di *cerebellopontin angel*. Neuroma akustik berasal dari saraf vestibularis dengan gambaran makroskopis berkapsul, konsistensi keras, berwarna kuning kadang putih atau translusen dan bisa disertai komponen kistik maupun perdarahan.³²

Neuroma akustik ini diduga berasal dari titik dimana glia (*central*) *nerve sheats* bertransisi menjadi *sel Schwann* dan *fibroblast*. Lokasi transisi ini biasanya terletak di dalam kanalis auditoris internus. Tumor akan tumbuh dalam kanalis auditoris internus dan menyebabkan pelebaran diameter dan kerusakan dari bibir bawah porus. Selanjutnya akan tumbuh dan masuk ke *cerebellopontin angel* mendorong batang otak dan *cerebellum*. Tuli akibat neuroma akustik ini terjadi akibat:

- Trauma langsung terhadap nervus koklearis
- Gangguan suplai darah ke koklea.³²

Trauma langsung yang progresif menyebabkan ketulian sensorineural yang berjalan progresif lambat sedangkan pada gangguan suplai darah koklea ditemukan ketulian sensorineural mendadak dan berfluktuasi.³²

Tuli sensorineural retrokoklea selain disebabkan karena neuroma akustik juga biasanya disebabkan oleh tumor sudut pons serebelum, mieloma multipel, cedera otak, perdarahan otak, serta kelainan pada otak lainnya.³² Tuli sensorineural retrokoklea cenderung lebih mengancam jiwa bila dibandingkan dengan tuli sensorineural koklea. Hal ini mungkin disebabkan oleh karena tuli sensorineural retrokoklea paling sering dicetuskan oleh adanya trauma ataupun kelainan pada otak.³²

3. Ketulian Jenis Campuran

Ketulian campuran merupakan kombinasi dari ketulian jenis konduktif dan ketulian jenis sensorineural. Mula-mula ketulian jenis ini adalah disebabkan karena jenis hantaran (misalnya otosklerosis), kemudian

berkembang lebih lanjut menjadi gangguan sensorineural. Dapat pula sebaliknya, mula-mula diawali dengan ketulian jenis sensorineural, lalu kemudian disertai dengan gangguan hantaran (misalnya presbikusis), kemudian terkena infeksi otitis media. Kedua gangguan tersebut dapat terjadi bersama-sama. Misalnya trauma kepala yang berat sekaligus mengenai telinga tengah dan telinga dalam.³⁰

Gejala yang timbul juga merupakan kombinasi dari kedua komponen gejala ketulian jenis hantaran dan sensorineural. Pada pemeriksaan fisik atau otoskopi tanda-tanda yang dijumpai sama seperti pada ketulian jenis sensorineural. Pada tes bisik dijumpai penderita tidak dapat mendengar suara bisik pada jarak lima meter dan sukar mendengar kata-kata baik yang mengandung nada rendah maupun nada tinggi. Pemeriksaan garputala didapatkan hasil tes Rinne negatif. Tes Weber lateralisasi ke arah yang sehat. Dan tes Schwabach didapatkan hasil memendek.³⁰

B. Patofisiologi Penurunan Fungsi Pendengaran Akibat Bising

Organ pendengaran kita hanya dapat menerima suara bising pada batas-batas tertentu saja. Jika batas atau dengan kata lain ambang batas ini dilampaui dan dalam waktu paparan yang cukup lama, maka akan mengakibatkan daya pendengaran seseorang menurun.³³ Bising dengan frekuensi tinggi akan lebih dulu menyebabkan ketulian. Ketulian akibat bising (*Noise Induced Hearing Loss / NIHL*) ialah ketulian yang terjadi akibat terpajan bising yang tinggi dan dalam waktu yang lama dan biasanya diakibatkan oleh bising lingkungan kerja.³⁴

Kebisingan merupakan salah satu faktor utama penyebab ketulian. Jenis ketulian akibat bising yang sering dijumpai adalah tuli sensorineural dan umumnya terjadi pada kedua telinga.³² Paparan bising secara terus menerus terhadap membran timpani oleh suara dengan frekuensi 3000 – 6000 Hz (*Hertz*) atau bising yang intensitasnya lebih dari 85 dB (*desibel*) atau lebih, dapat menyebabkan robeknya sel-sel rambut organ corti, kerusakan pada

reseptor-reseptor saraf pendengaran pada organ corti, sampai terjadi destruksi total organ corti, sehingga mengakibatkan penurunan pendengaran.³¹

Proses masuknya pajanan bising ke manusia dimulai dari adanya gelombang suara yang mencapai membran timpani. Gelombang ini akan mengakibatkan getaran pada selaput telinga tersebut. Setelah sampai pada selaput telinga, getaran diteruskan ke bagian tengah telinga yaitu tulang malleus, incus, dan stapes. Kemudian fluida yang digerakan oleh telinga bagian tengah diantarkan ke dalam koklea yang berada pada bagian telinga dalam.³⁵

Fluida yang telah masuk ke bagian dalam telinga akan menggetarkan ribuan sel berbentuk rambut halus dan mengkonversikan getaran tersebut menjadi impuls bagi saraf pendengaran. Impuls yang dihasilkan kemudian dikirim ke otak, di tahan sekitar 0,1 detik dan diterjemahkan menjadi suara yang bisa didengar. Proses masuknya gelombang suara sampai diterjemahkan oleh otak tersebut dapat merusak bagian telinga apabila gelombang yang dihasilkan tidak sesuai dengan kemampuan telinga. Penelitian menggunakan intensitas bunyi 120 dB dan kualitas bunyi nada murni sampai bising dengan pajanan 1 – 4 jam dapat menimbulkan beberapa kerusakan pada sel rambut. Kerusakan juga ditemui pada sel penyangga, pembuluh darah, dan sel efferen.³⁵

Stimulasi bising dengan intensitas sedang mengakibatkan perubahan ringan pada silia dan *Hensen's body*, sedangkan stimulasi dengan intensitas yang lebih keras dengan waktu pajanan yang lebih lama akan mengakibatkan kerusakan pada struktur sel rambut lain seperti mitokondia, granula lisosom, lisis sel, dan robekan di membran *reissner*. Pajanan bising dengan efek destruksi yang tidak begitu besar menyebabkan terjadinya *floppy silia* yang sebagian masih *reversible*. Kerusakan silia menetap ditandai dengan fraktur *rootlet* silia pada lamina retikularis. Sedangkan pajanan bising yang terpapar selama 5 – 10 tahun akan mengakibatkan perubahan metabolik dan vaskuler yang akhirnya menyebabkan penurunan degeneratif pada sel sensorik.¹⁴

Terpapannya bagian-bagian telinga oleh jenis dan intensitas kebisingan yang tidak sesuai dengan kemampuan telinga menyebabkan tingkat penurunan pendengaran, baik secara perlahan maupun secara drastis. Rentang frekuensi bunyi yang masih dapat didengar oleh manusia dalam keadaan normal adalah antara 20 – 20.000 Hz. Pada rentang frekuensi bunyi tersebut, pendengaran manusia akan menurun secara drastis di bawah 500 Hz dan akan naik di atas 4.000 Hz. Sensitivitas tertinggi telinga manusia terletak pada rentang 500 – 4.000 Hz. Jika terdapat kebisingan mencapai 120 dB dengan frekuensi 4.000 Hz, bahayanya akan berdampak pada sistem pendengaran manusia.³⁵ Kurangnya pendengaran akibat bising dapat ditegakkan berdasarkan anamnesis, pemeriksaan fisik, dan pemeriksaan penunjang berupa pemeriksaan audiometri.¹⁴ Hasil pemeriksaan audiometri pada kasus penurunan pendengaran akan didapatkan hasil berupa ambang dengar hantaran tulang dan ambang batas hantaran udara keduanya tidak normal dan saling berhimpitan membuat takik pada frekuensi 4.000 Hz.³⁶

Ketulian yang disebabkan kebisingan berkaitan erat dengan masa kerja, jam kerja dan lingkungan kerja dengan intensitas bising tinggi. Pekerja yang bekerja atau pernah bekerja di lingkungan bising dengan intensitas tinggi mempunyai faktor resiko lebih besar untuk menderita ketulian. Jika dilihat dari masa kerja, pekerja akan mulai terkena ketulian setelah bekerja selama lima tahun atau lebih. Namun jika dilihat berdasarkan jam kerjanya, pekerja berisiko lebih tinggi menderita ketulian jika bekerja lebih dari 8 jam/hari atau lebih pada intensitas kebisingan >85 dB atau lebih.³⁷ Menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor PER.13/MEN/X/2011 tentang nilai ambang batas faktor fisik di tempat kerja menyatakan manusia tidak diperbolehkan terpajan bising lebih dari 140 dB walaupun hanya sesaat.³⁸

C. Pemeriksaan Audiometri

Pemeriksaan ketulian yang paling efektif adalah pemeriksaan menggunakan audiometri. Hasil audiometri berupa audiogram yang

dihasilkan dari audiometer. Audiometer merupakan suatu perangkat elektronik yang digunakan untuk menguji pendengaran, audiometer mampu menghasilkan suara yang memenuhi syarat sebagai bahan pemeriksaan yaitu frekuensi 125-8000 Hz, dan intensitas suara yang dapat diukur -10 s/d 110 dB. Audiometri diklasifikasikan menjadi audiometri nada murni, audiometri khusus, dan audiometri objektif. Audiometri nada murni sering digunakan untuk menilai fungsi pendengaran secara kualitatif dan derajat ketulian secara kuantitatif. Audiometri khusus sering digunakan untuk menilai kualitas pendengaran, sedangkan audiometri objektif sering digunakan untuk screening ketulian.³⁹

Audiogram dibentuk oleh dua sumbu, yaitu sumbu vertikal dan sumbu horizontal. Sumbu vertikal menunjukkan rentang pembagian kuat suara, sedangkan sumbu horizontal menunjukkan rentang pembagian frekuensi suara. Pembacaan sumbu vertikal dimulai dari bagian atas untuk suara pelan (-10 dB) dan makin ke bawah untuk suara yang kuat. Pembacaan sumbu horizontal dimulai dari yang paling kiri untuk frekuensi suara terendah (125 Hz) dan makin ke kanan untuk frekuensi suara tinggi (8000 Hz). Standar pemeriksaan audiometri mengacu pada ketentuan *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA). Pelaksanaan tersebut dilakukan dengan nada-nada tunggal, kondisi udara, pengujian *hearing threshold* pada beberapa frekuensi seperti 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, dan 8000 Hz.³⁹

Frekuensi bunyi yang penting adalah 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 8000 Hz, (naik satu oktaf) dengan perincian sebagai berikut :

- a) Frekuensi antara 20 sampai 20.000 Hz adalah frekuensi yang dapat ditangkap oleh indera pendengaran manusia.
- b) Frekuensi antara 250 sampai 3000Hz, frekuensi ini sangat penting karena pada frekuensi ini manusia dapat melaksanakan komunikasi atau percakapan dengan baik.

- c) Frekuensi 4000 Hz yaitu frekuensi yang paling peka ditangkap oleh pendengaran manusia, biasanya ketulian akibat pemaparan kebisingan atau adanya pengurangan pendengaran terjadi pada frekuensi tersebut.^{18.40}

Mekanisme pemeriksaan pendengaran dilakukan melalui dua cara, yaitu dengan konduksi udara dan konduksi tulang. Konduksi udara dilakukan dengan cara penggunaan perangkat *headphone*. Pada cara ini penentuan batas tingkat suara terlemah yang masih dapat didengar dilakukan pada beberapa frekuensi yaitu antara 250-8000 Hz. Pada konduksi tulang cara pemeriksaan dilakukan berdasarkan proses penerimaan gelombang suara yang telah diubah menjadi getaran mekanis oleh tulang kranial dan diteruskan ke organ pendengaran bagian dalam. Pemeriksaan dilakukan menggunakan alat yang bernama *Bone Conduction Vibrator* yang diletakan di prosesus mastoideus. Hasil pemeriksaan ini akan dapat teridentifikasi sensitifitas saluran pendengaran bagian dalam manusia.³⁷

Cara membaca hasil audiometri adalah dengan melihat grafik audiogram yang dihasilkan. Grafik *Air Conductor* (AC) untuk menunjukkan hantaran udara, sedangkan *Bone Conductor* (BC) untuk menunjukkan hantaran tulang. Untuk membedakan pemeriksaan telinga kiri dan telinga kanan maka, hasil audiogram ditandai dengan warna biru untuk telinga kiri dan warna merah untuk telinga kanan. Jenis ketulian dan derajat ketulian dihitung menggunakan indeks Fletcher,²⁰ yaitu:

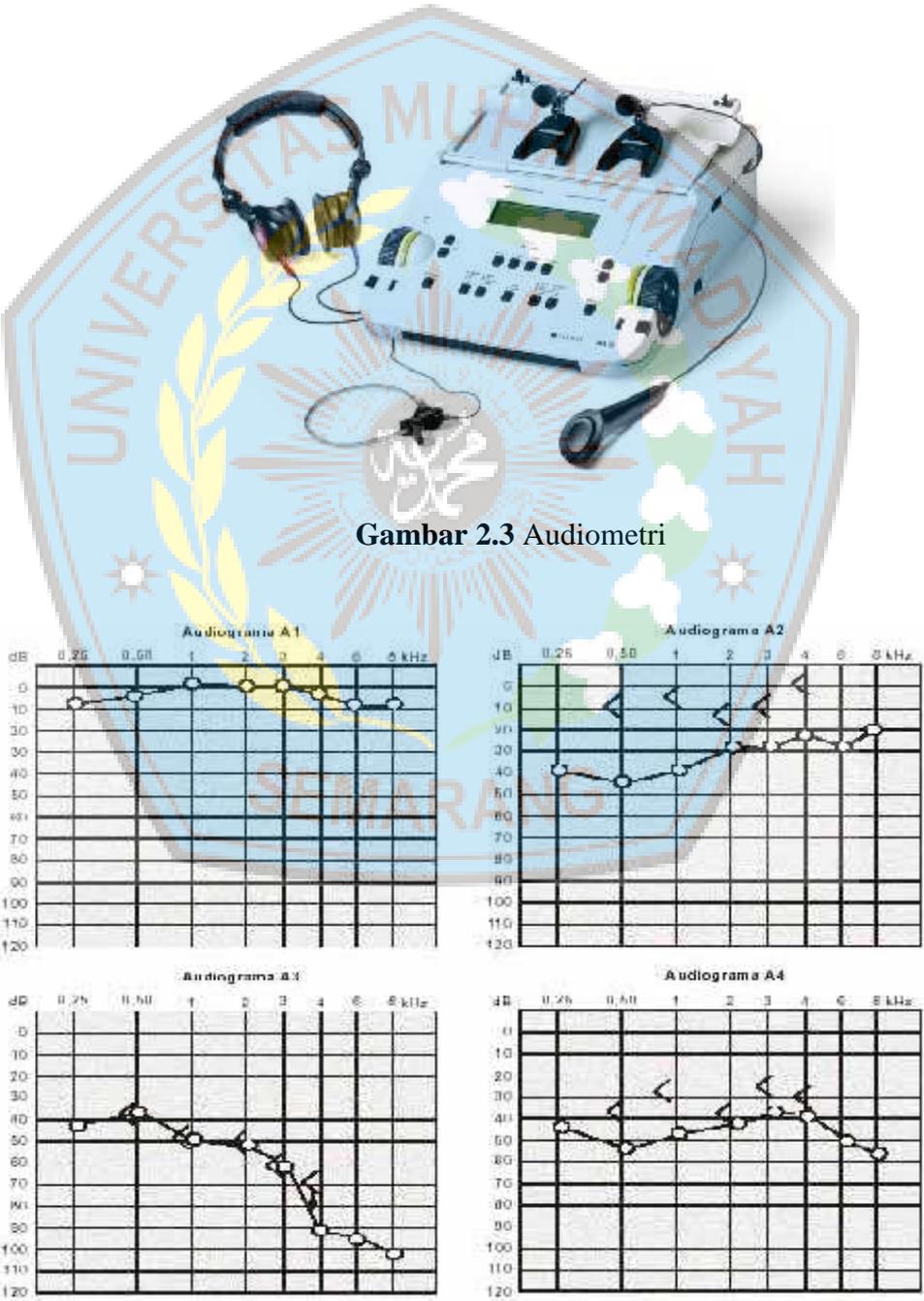
$$A \quad D \quad (A) = \frac{2 \quad H + 5 \quad H + 1 \quad H + 2 \quad H + 4 \quad H + 8 \quad 0 \quad H}{6}$$

Table 2.4 Ambang Batas Pendengaran

Ambang Batas Pendengaran (dB)	Derajat Penurunan
0 – 25	Normal
26 – 40	Ringan
41 – 60	Sedang
61 – 90	Berat

> 90	Sangat Berat
------	--------------

Berdasarkan gambar grafik audiogram, seseorang dikatakan normal jika konduksi udara lebih bagus daripada konduksi tulang. Hal ini dapat teridentifikasi melalui gambaran grafik audiogram jika AC dan BC saling berhimpit atau tidak ada gap dan terletak diatas garis normal (<25 dB).²⁰ Berikut adalah gambar audiogram.



Gambar 2.3 Audiometri

Gambar 2.4 Contoh Hasil Audiometri

Gambaran audiometri tersebut menunjukkan jenis ketulian yang dialami penderita. Hasil audiometri A1, menunjukkan gambaran pendengaran normal atau tidak ditemukannya ketulian. Audiometri pendengaran normal interpretasinya adalah AC dan BC kurang dari 25 dB, dan saling berhimpit atau tidak ada gap. Pada hasil audiometri A2 menunjukkan adanya gangguan tuli konduktif, karena pada audiometri A2 didapatkan BC normal atau kurang dari 25 dB dan AC turun lebih dari 25 dB, serta adanya gap antara AC dan BC. Sedangkan gambaran audiometri A3 menunjukkan adanya ketulian sensorineural, karena pada pemeriksaan audiometri didapatkan AC dan BC lebih dari 25 dB dan saling berhimpit atau tidak ada gap. Berdasarkan pemeriksaan audiometri A4 ditemukan adanya tuli campuran, karena pada hasil pemeriksaan didapatkan BC lebih dari 25 dB dan AC turun lebih besar dari BC, dan disertai adanya gap antara AC dan BC.^{41,42}

D. Diagnosis Ketulian Akibat Bising

Diagnosis ketulian akibat bising dapat ditegakkan melalui anamnesis, pemeriksaan fisik dan pemeriksaan penunjang.

1. Anamnesis

Diperlukan anamnesis yang terarah untuk menggali informasi lebih dalam dan luas tentang keluhan responden di tempat kerja. Sangat penting untuk mengetahui apakah keluhan tersebut adalah kongenital atau didapat, bersifat progresif atau lambat, berhubungan dengan sindroma lainnya atau tidak, ada tidaknya keterlibatan anggota keluarga dan faktor-faktor penyebab lainnya. Anamnesis yang bisa ditanyakan antara lain: keluhan utama telinga seperti (*tuli*) pekak, (*tinnitus*) berbisik, (*vertigo*) rasa pusing berputar, (*otalgia*) rasa nyeri, (*otorrhea*) keluar cairan dari telinga.¹⁹ Perlu ditanyakan juga apakah keluhan tersebut pada satu atau kedua telinga, timbul tiba-tiba atau bertambah berat, sudah berapa lama diderita, adanya riwayat trauma kepala, adanya telinga terpapar, adanya trauma

akustik, adanya pajanan bising, pemakaian obat ototoksik, pernah menderita penyakit infeksi virus, apakah ketulian ini sudah diderita sejak bayi sehingga terdapat gangguan bicara dan komunikasi, dan apakah gangguan lebih terasa di tempat yang bising atau lebih tenang.³⁰

2. Pemeriksaan fisik

Pemeriksaan fisik yang dapat dilakukan adalah pemeriksaan telinga dengan menggunakan otoskop. Otoskop adalah perangkat yang digunakan untuk memeriksa saluran telinga hingga membrane timpani. Alat ini memiliki cahaya dan juga lensa pembesar pada ujungnya sehingga dapat melihat bagian dalam telinga jika terjadi penyumbatan dengan adanya serumen atau adanya perforasi pada membrane timpani.

Langkah-langkah pemeriksaan dengan otoskop adalah sebagai berikut: (1) Tarik daun telinga ke arah belakang dan atas pada orang dewasa dengan tangan non dominan untuk meluruskan saluran telinga. Pertahankan tindakan ini sampai otoskop dilepas dari saluran telinga. Cara tersebut akan membuat saluran telinga menjadi lurus; (2) Peganglah otoskop pada tangan dominan, posisikan otoskop terbalik dan punggung tangan menahan pelipis dan pipip pasien. Posisi ini membantu mencegah insersi terlalu kuat dari alat, serta membantu menstabilkan tangan pemeriksa bila kepala pasien sewaktu-waktu bergerak; (3) Masukkan spekulum dengan perlahan, cegah jangan sampai mengenai dinding medial yang sensitif terhadap nyeri. Amati saluran telinga luar dari kemerahan, pembengkakan, keluarnya cairan, benda asing serta lesi; (4) Inspeksi membrane timpani, catatlah warnanya, kontour, serta integritas dari membrane timpani. Rasional secara normal membrane timpani nampak licin berkilauan, translucent, dan pearl-gray. Warna yang lain menunjukkan adanya infeksi, atau akumulasi dari cairan serosa dibelakang membrane timpani. Perforasi membrane timpani terlihat seperti area oval gelap atau lubang yang lebih besar pada membrane timpani; dan (5), Amati Umbo, bagian yang memegang tulang maleus, serta cahaya kerucut.⁴³

Pemeriksaan fisik lain yang dapat dilakukan selain menggunakan otoskop adalah tes berbisik, dan pemeriksaan menggunakan garputala. Tes bisik merupakan suatu tes pendengaran dengan memberikan suara bisik berupa kata-kata kepada telinga penderita dengan jarak tertentu. Hasil tes berupa jarak pendengaran, yaitu jarak antara pemeriksa dan penderita dimana suara bisik masih dapat didengar enam meter. Nilai rujukan normal untuk tes berbisik adalah 5/6 – 6/6.⁴⁴

Tes garputala merupakan tes kualitatif. Garputala yang digunakan biasanya 512 Hz, karena tidak terlalu dipengaruhi suara bising disekitarnya. Tes garputala terdiri dari tiga pemeriksaan, yaitu tes Rinne, tes Weber, dan tes Schwabach. Cara melakukan tes Rinne yaitu penala digetarkan, tangkainya diletakkan di prosesus mastoideus. Setelah tidak terdengar penala dipegang di depan telinga kira-kira 2 ½ cm. Bila masih terdengar disebut Rinne positif. Bila tidak terdengar disebut Rinne negatif.⁴⁴

Cara melakukan tes Weber adalah penala digetarkan dan tangkai garputala diletakkan di garis tengah kepala (di vertex, dahi, pangkal hidung, dan di dagu). Apabila bunyi garputala terdengar lebih keras pada salah satu telinga disebut Weber lateralisasi ke telinga tersebut. Bila tidak dapat dibedakan ke arah telinga mana bunyi terdengar lebih keras disebut Weber tidak ada lateralisasi.⁴⁴

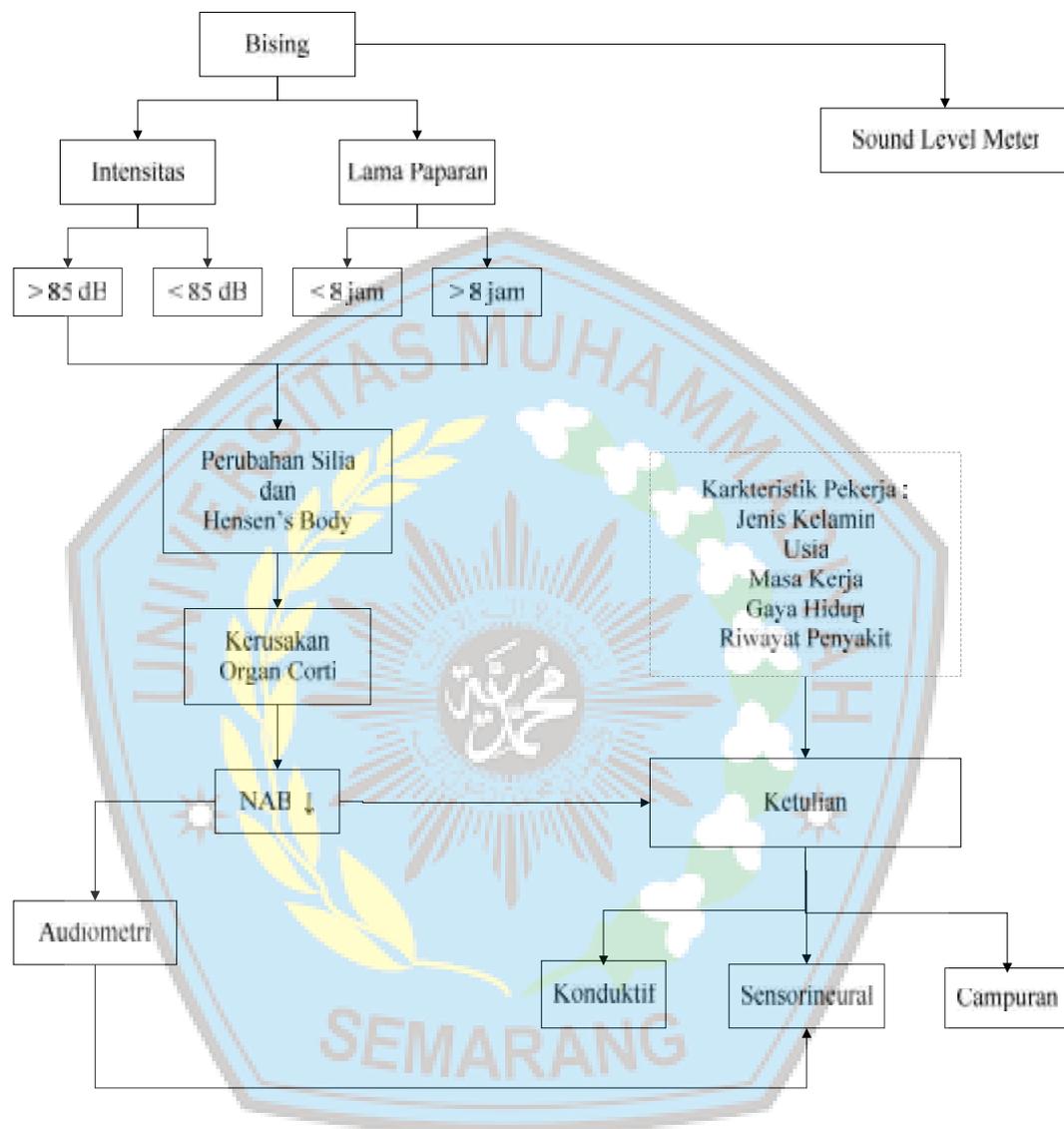
Cara melakukan tes Schwabach adalah garputala digetarkan, tangkai garputala diletakkan pada prosesus mastoideus sampai tidak terdengar bunyi. Kemudian tangkai garputala segera dipindahkan pada prosesus mastoideus telinga pemeriksa yang pendengarannya normal. Bila pemeriksa masih dapat mendengar disebut Schwabach memendek, bila pemeriksa tidak dapat mendengar, pemeriksaan diulang dengan cara sebaliknya, yaitu garputala diletakkan pada prosesus mastoideus pemeriksa lebih dulu. Bila penderita masih dapat mendengar bunyi disebut Schwabach memanjang dan bila pasien dan pemeriksa kira-kira sama-sama mendengarnya disebut Schwabach sama dengan pemeriksa.⁴⁴

3. Pemeriksaan penunjang

Pemeriksaan penunjang yang sering digunakan adalah tes menggunakan audiometri. Manfaat dari tes ini adalah dapat mengetahui keadaan fungsi pendengaran masing-masing telinga secara kualitatif (pendengaran normal, ketulian jenis konduktif, ketulian jenis sensorineural, dan ketulian jenis campuran). Dapat juga mengetahui derajat kekurangan pendengaran secara kuantitatif (normal, ringan, sedang, sedang berat, berat, dan sangat berat).⁴⁵

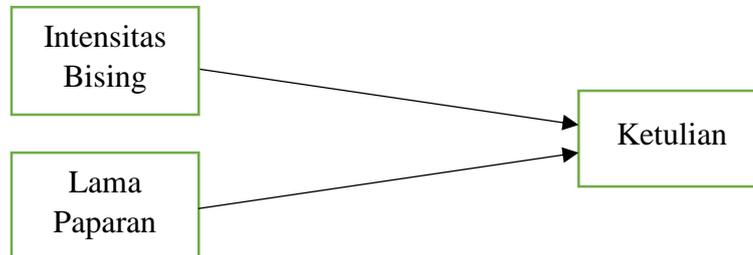
Tes audiometri yang paling populer adalah audiometri nada murni. Tes ini dilakukan pada suatu ruang kedap suara menggunakan alat yang khusus, tes ini dapat menentukan derajat keparahan ketulian yang berada dalam kisaran 250 – 8000 Hz. Pada setiap frekuensi, kehilangan pendengaran ini akan diukur dan diplot pada suatu grafik, dengan disertai referensi normalnya, untuk menghasilkan suatu audiogram hantaran udara.⁴⁶ Suatu batas ambang konduksi tulang dapat dihasilkan dengan meletakkan transdusen pada mastoid, dengan telinga yang sedang tidak diperiksa diberikan stimulus suara. Dengan membandingkan batas ambang hantaran udara dan hantaran tulang, maka didapatkan suatu tes Rinne yang akurat. Pada ketulian sensorineural, sensitifitas terhadap suara yang dihantarkan melalui tulang dan sensitifitas terhadap suara yang dihantarkan melalui udara adalah sama pada telinga yang sakit, dimana keduanya sama-sama menurun.⁴⁷

2.2 Kerangka Teori



Gambar 2.5 Skema Kerangka Teori

2.3 Kerangka Konsep



Gambar 2.6 Skema Kerangka Konsep

2.4 Hipotesis

Terdapat hubungan antara intensitas suara bising dan lama paparan bising di lingkungan kerja terhadap ketulian pada pekerja mebel di PT. Mandiri Abadi.

