

BAB II

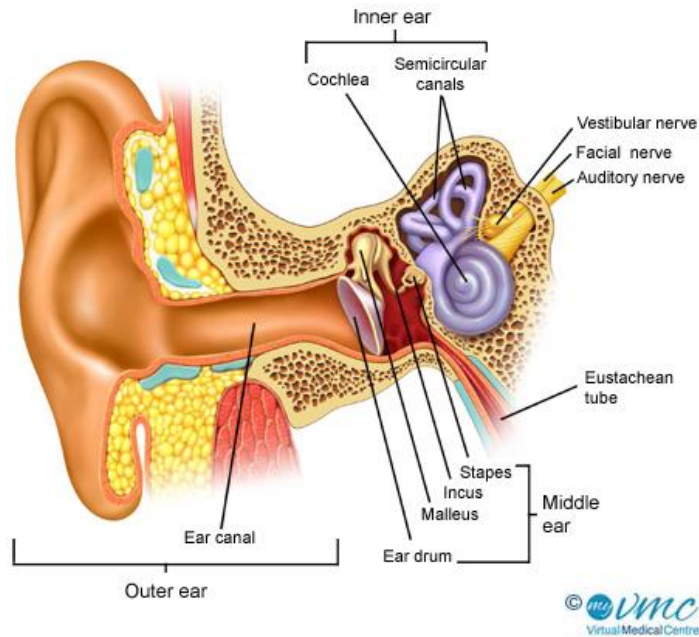
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Telinga

Telinga merupakan organ yang berfungsi sebagai indera pendengaran dan fungsi keseimbangan tubuh.⁹

2.1.1. Anatomi telinga

Masing masing telinga terdiri dari tiga bagian yaitu telinga luar, telinga tengah, dan telinga dalam. Bagian luar dan tengah telinga menyalurkan gelombang suara dari udara ke telinga dalam yang berisi cairan, dimana energi suara mengalami penguatan dalam proses ini. Telinga dalam berisi dua sistem sensorik berbeda :*koklea*, yang mengandung reseptor untuk mengubah gelombang suara menjadi impuls saraf sehingga kita dapat mendengar, dan *apparatus vestibularis*, yang penting bagi sensasi keseimbangan.



Gambar 1. Anatomi Telinga, sumber :Virtual Medica Centre

2.2 Fisiologi pendengaran

Proses mendengar diawali dengan ditangkapnya energi bunyi oleh daun telinga dalam bentuk gelombang yang dihantarkan melalui udara atau tulang ke koklea. Getaran tersebut menggetarkan membran timpani dan diteruskan ke telinga tengah melalui rangkaian tulang pendengaran yang akan memperkuat getaran melalui daya ungkit tulang pendengaran dan perkalian perbandingan luas membran timpani dan foramen ovale. Energi getar yang telah diperkuat ini akan diteruskan ke stapes yang menggerakkan foramen ovale sehingga cairan perilimfe pada skala vestibule bergerak.

Getaran akibat getaran perilymfe diteruskan melalui membran Reissner yang akan mendorong endolimfe, sehingga akan terjadi gerak relatif antara membran basilaris dan membran tektoria. Proses ini merupakan rangsang mekanik yang menyebabkan terjadinya defleksi stereosilia sel-sel rambut, sehingga kanal ion terbuka dan terjadi penglepasan ion bermuatan listrik dari badan sel. Keadaan ini menimbulkan proses depolarisasi sel rambut, sehingga melepaskan neurotransmitter ke dalam sinaps yang akan menimbulkan potensial aksi pada saraf auditorius, lalu dilanjutkan ke nukleus auditorius sampai ke korteks pendengaran (area 39-40) di lobus temporalis.¹⁰

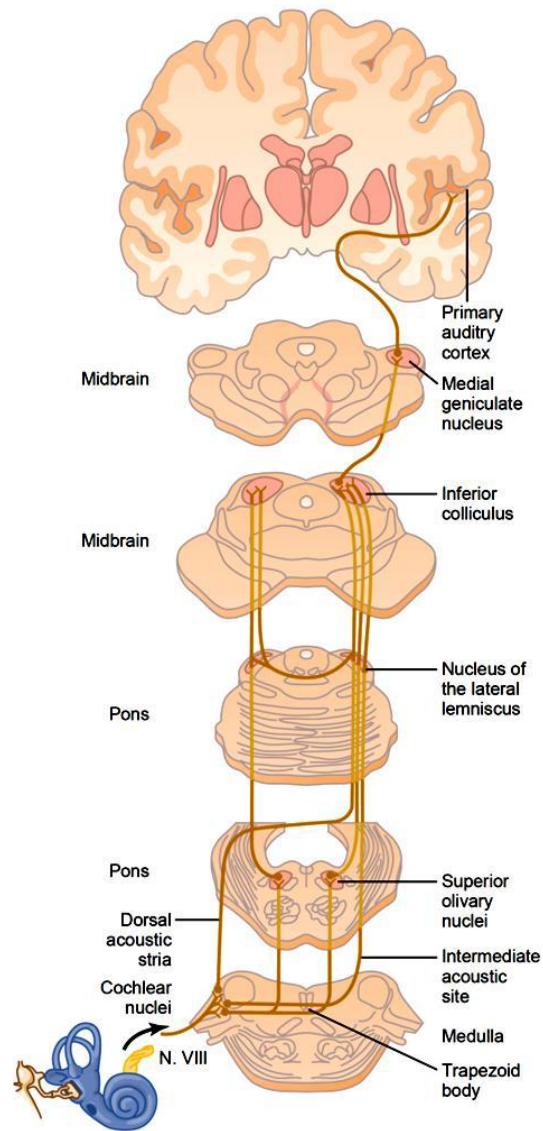
2.3 Mekanisme Pendengaran

Gelombang bunyi merupakan suatu gelombang getaran udara yang timbul akibat getaran suatu obyek. Bunyi yang didengar oleh setiap orang muda antara 20 dan 20.000 siklus per detik. Akan tetapi, batasan bunyi sangat tergantung pada intensitas. Bila intensitas kekerasan 60 dB di bawah 1 dyne/cm² tingkat tekanan bunyi, rentang bunyi menjadi 500 sampai 5000 siklus per detik. Pada orang yang lebih tua rentang frekuensi yang bisa didengar akan menurun dari pada saat seseorang berusia muda, frekuensi pada orang yang lebih tua menjadi 50 sampai 8000 siklus per detik atau kurang.¹¹

Kekerasan bunyi ditentukan oleh sistem pendengaran yang melalui tiga cara. Cara yang pertama di mana ketika bunyi menjadi keras, amplitudo getaran membran basilaris dan sel-sel rambut menjadi meningkat sehingga akan mengeksitasi ujung saraf

dengan lebih cepat. Kedua, ketika amplitudo getaran meningkat akan menyebabkan sel-sel rambut yang terletak di pinggir bagian membran basilar yang beresonansi menjadi terangsang sehingga menyebabkan penjumlahan spasial impuls menjadi transmisi yang melalui banyak serabut saraf. Ketiga, sel-sel rambut luar tidak akan terangsang secara bermakna sampai dengan getaran membrane basiler mencapai intensitas yang tinggi dan perangsangan sel-sel ini tampaknya yang menggambarkan pada sistem saraf bahwa hal tersebut sangat keras.¹¹

Jaras persarafan pendengaran utama menunjukkan bahwa serabut saraf dari ganglion spiralis Corti memasuki nucleus koklearis dorsalis ke ventralis yang terletak pada bagian atas medulla. Serabut sinaps akan berjalan melalui lemniskus lateralis. Dari lemniskus lateralis ada beberapa serabut yang berakhir di lemniskus lateralis dan sebagian besar lagi berjalan ke kolikus inferior di mana tempat semua atau hampir semua serabut pendengaran bersinaps. Jaras berjalan dari kolikus inferior ke nucleus genikulum medial, kemudian jaras berlanjut melalui radiasio auditorius ke korteks auditorik yang terutama terletak pada girus superior lobus temporalis.¹¹ Jaras saraf pendengaran ditampilkan pada gambar .



GAMBAR 2. Jaras saraf pendengaran, sumber: Guyton⁹

Pada batang otak terjadi persilangan antara kedua jaras di dalam korpus trapezoid dalam komisura di antara dua inti lemniskus lateralis dan dalam komisura yang menghubungkan dua kolikulus inferior. Adanya serabut kolateral dari traktus auditorius berjalan langsung ke dalam sistem aktivasi retikuler di batang otak. Pada

sistem ini akan mengaktivasi seluruh sistem saraf untuk memberikan respon terhadap bunyi yang keras. Kolateral lain yang menuju ke *vermis serebelum* juga akan di aktivasikan seketika jika ada bunyi keras yang timbul mendadak. Orientasi spasial dengan derajat tinggi akan dipertahankan oleh traktus serabut yang berasal dari koklea sampai ke korteks.¹¹

2.4. Faktor yang mempengaruhi pendengaran

2.4.1. Usia

Pada usia lanjut akan terjadi penurunan fungsi pendengaran, terutama untuk geombang bunyi dengan frekuensi tinggi atau sering disebut sebagai prebikusis. Proses ini dimulai pada awal masa dewasa, namun tidak mengganggu fungsi pemahaman pada saat melakukan percakapan hingga usia yang menua dengan kisaran usia 65 tahun ke atas.

2.4.2. Jenis Kelamin

Gangguan pendengaran yang terjadi pada laki-laki ambangnya lebih tinggi dibanding pada perempuan. Kejadian gangguan pendengaran pun presentasinya lebih tinggi pada laki-laki dibanding perempuan. Hal ini mungkin disebabkan oleh adanya perbedaan hormonal.¹²

2.4.3. Genetik

Gangguan pendengaran dapat diturunkan, sekitar 75-80% dari semua kasus diturunkan secara resesif dan sekitar 20-25% diturunkan secara autosom dominan, 1-2% secara x-linked, dan kurang dari 1% diturunkan melalui mitokondria.¹²

Tuli genetik dapat digolongkan menjadi 2 kelompok yaitu sindromik dan non sindromik, pada tuli sindromik timbul akibat ada penyakit yang menyertai, yang terhitung sekitar 30% dari seseorang yang tuli akibat genetik. Sedangkan tuli non sindromik terjadi bila tidak ada selain ketulian, golongan ini terhitung lebih banyak dibandingkan dengan golongan sindromik sebesar 70% dari total kasus. Tuli sindromik biasanya disertai dengan beberapa penyakit yang seperti *Usher syndrome*, *Stickler*, *Waardenburg syndrome*, *Alport*, dan *Neurofibromatosis type 2*. Penyakit terkait genetik ini sampai sekarang masih belum dapat dijelaskan secara detail karena etiologinya belum dapat diketahui. Pemetaan genetik telah dapat mengidentifikasi beberapa bentuk gen penyebab ketulian gen akibat *nonsyndromic deafness, autosomal dominant* (DFNA) dan *nonsyndromic deafness, autosomal recessive* (DFNB).¹²

Gen pertama yang berhasil dipetakan dari non sindromik yaitu DFNA 1, yang terjadi mutasi pada *diaphanous homolog* (DIAPH) terkait formin 1, yang mana terjadi perubahan pada basa tunggal yang diidentifikasi pada sebuah keluarga di Costa Rica dan terbukti menyebabkan gangguan pendengaran secara progresif, secara autosom dominan dan akan sempurna pada usia 30 tahun. Tipe gangguan pendengaran yang

sering ditemukan adalah tipe DFNB 1, yang biasa disebut tuli Connexin 26. Bentuk yang paling umum pada sindrom yang dominan termasuk di dalamnya adalah *Stickler Syndrome* dan *Waardenburg syndrome*. Sedangkan bentuk resesif yang umum ditemukan pada *Pendred syndrome*, serta sindrom akueduktus vestibuler yang besar dan juga *Usher syndrome*. Defek kongenital microtia dapat menimbulkan tuli parsial maupun komplet, tergantung daripada tingkat keparahan deformitas yang terjadi serta keterlibatan dari telinga tengah atau telinga dalam. Mutasi pada *penyebab Autosomal-Recessive Non syndromic Hearing Impairment (PTPRQ)*.¹²

2.5 Gangguan Pendengaran

Gangguan pendengaran dapat meliputi telinga luar, telinga tengah, dan telinga dalam.

2.5.1 Penyakit

Beberapa penyakit dapat menyebabkan timbulnya gangguan pendengaran, seperti campak yang merusak nervus VIII, meningitis dapat menyebabkan lesi pada saraf pendengaran atau pada koklea, penyakit autoimun misalnya *wegener granulomatosis* menyebabkan kerusakan pada koklea secara spesifik, meskipun sangat langka penyakit *autoimun* hanya menyerang koklea secara fisik tanpa melibatkan organ lain. *Parotitis* atau yang sering dikenal dengan mumps, menyebabkan tuli sensorineural terutama pada 90 dB atau lebih, dapat unilateral maupun bilateral. Presbikusis

mengakibatkan gangguan pendengaran secara progresif terkait umur dan umumnya pada frekuensi tinggi sekitar 2 kHz(*kilo hertz*).¹³

Adenoid yang tidak mengalami infolusi pada masa remaja akan menyebabkan obstruksi dari tuba eustachii, sehingga akan menyebabkan gangguan pada pendengaran, atau juga dapat menyebabkan infeksi otitis media.¹⁴

Pasien dengan HIV/AIDS lebih rentan terkena gangguan pendengaran. Infeksi *chlamydia* juga dapat menyebabkan kehilangan pendengaran pada bayi baru lahir yang terinfeksi melalui ibu. *Fetal alcohol syndrome* menyebabkan gangguan pendengaran pada 64% anak yang lahir dari ibu pecandu alkohol, karena alkohol dapat menyebabkan ototoksisitas dan juga alkohol mengganggu nutrisi janin. Bayi prematur menyebabkan sekitar 5% gangguan pendengaran sensorineural. Sifilis yang sering ditularkan oleh ibu yang hamil secara transplacental yang menyebabkan sepertiga kelahiran bayi mengalami tuli.¹⁵

Otosklerosis adalah terjadinya pengerasan dari tulang stapes yang terletak ditelinga tengah yang menyebabkan tuli konduksi. Meduloblastoma dan tumor otak yang lain juga dapat menyebabkan tuli akibat dari desakan pada nervus VIII, reseksi bedah, atau obat-obatan kemoterapi seperti cisplatin juga dapat menyebabkan gangguan pendengaran. *Superior canal dehiscence*, adalah suatu gangguan jarak antar tulang pendengaran, menyebabkan hilangnya fungsi pendengaran frekuensi rendah, tuli konduksi, autofoni, dan vertigo.¹⁶

Gangguan neurologis seperti *multiple sclerosis* dan stroke juga dapat menyebabkan gangguan fungsi pendengaran. *Multiple sclerosis* merupakan suatu gangguan autoimun yang merusak selubung mielin yang melapisi saraf, bila mielin ini rusak maka tidak dapat diperbaiki, tanpa adanya lapisan mielin ini maka saraf akan mudah rusak. Salah satunya adalah saraf pendengaran, yang menyebabkan tuli total. Sedangkan pada stroke lesi tergantung dari daerah yang terkena. *Charcot-marie-tooth* (CMT) adalah suatu varian IE (CMT1E) yang ditandai dengan demielinisasi yang menyebabkan tuli.¹⁶

2.5.2 Obat

Beberapa obat dapat menyebabkan kerusakan ireversibel pada telinga, sehingga penggunaannya sangat terbatas. Beberapa obat yang penting adalah golongan aminoglikosida, terutama gentamisin, obat kemoterapi cisplatin. Terdapat juga beberapa obat yang menyebabkan gangguan pendengaran secara reversibel, semisal obat biretik, aspirin, dan *non steroidal anti inflammatory drug* (NSAID), serta antibiotik golongan makrolida. Berdasarkan studi yang dilakukan di *Brigham and Woman's Hospital di Boston*, hubungan antara Obat Anti Inflamasi Non Steroid (OAINS) seperti ibuprofen angka kejadian kehilangan pendengaran meningkat pada wanita, terutama yang mengkonsumsi ibuprofen 6 kali atau lebih dalam seminggu. Sebagian menyebabkan tuli permanen. Pada 18 October 2007, U.S. *Food and Drug Administration* (FDA) mengumumkan tentang peringatan bahaya kemungkinan

kehilangan pendengaran secara mendadak pada obat berlabel *phosphodiesterase-5* (PDE5) inhibitors, yang umumnya digunakan pada pasien dengan disfungsi ereksi.¹⁶

2.5.3 Zat Kimia

Beberapa zat kimia seperti pelarut, timbal, toluene, bensin, sisa pembakaran mobil bersifat ototoksik yang bila ditambahkan dengan suara bising dapat menyebabkan penurunan fungsi pendengaran. Kehilangan pendengaran akibat zat kimia umumnya mengganggu pada frekuensi tinggi dan bersifat ireversibel. Karena zat kimia ini merusak koklea yang tentunya akan mengganggu sistem pendengaran. Beberapa zat kimia yang ototoksik seperti styrene, memiliki risiko yang lebih tinggi untuk menyebabkan tuli dibandingkan hanya terkena paparan bising saja. Penggunaan proteksi telinga dan pengendalian lingkungan yang bising saja tidak cukup untuk mencegah terjadinya hilangnya fungsi pendengaran akibat zat kimia ini, namun konsumsi antioksidan dapat mencegah sifat ototoksik pada derajat ringan. Beberapa zat kimia yang memiliki efek ototoksik : obat seperti misalnya anti malarial, antibiotik, antiinflamasi nonsteroid, antineoplastik, diuretik. Pelarut Asphyxiants seperti carbon monoxide dan hydrogen cyanide. Logam seperti timbal, merkuri, dan trimethyltin. Pestisida seperti paraquat dan organophosphates.¹⁶

2.5.4 Trauma Fisik

Adanya perlukaan pada telinga ataupun pada otak terutama pusat pendengaran dapat menimbulkan gangguan pada pendengaran. Orang dengan trauma pada kepala

lebih rentan terjadi penurunan fungsi pendengaran maupun tinnitus, baik sementara maupun permanen. Sedangkan lesi pada korteks asosiasi pendengaran akibat dari trauma fisik dapat menyebabkan tuli dan gangguan persepsi lainnya. Lokasi dimana lesi terjadi memiliki fungsi penting pada proses terjadinya penurunan fungsi dengar pada pasien. Sebuah studi yang dilakukan oleh *Clarke et al.* (2000) yang melakukan pemeriksaan pada tiga subyek tentang kemampuan mengidentifikasi sumber suara, apakah sumber suara bergerak atau diam, pada ketiga subjek menunjukkan yang mengalami trauma kepala pada korteks pendengaran tampak adanya penurunan fungsi dengar, yang menunjukkan bahwa lesi pada satu lokasi dapat menimbulkan defisit pada lokasi lain, dan dibutuhkan lesi yang besar untuk menimbulkan tuli.¹⁶

2.5.5 Bising

Bising dalam kesehatan diartikan sebagai bunyi yang dapat menurunkan pendengaran baik secara kuantitatif berupa peningkatan ambang pendengaran maupun secara kualitatif yaitu penyempitan spektrum pendengaran, dimana berkaitan erat dengan faktor intensitas, frekuensi, lama paparan dan pola waktu (Brasto, 2008).

2.5.5.1 Intensitas Bising

Intensitas bising atau intensitas suara adalah suatu vektor yang dihitung secara kuantitas dan merupakan hasil dari tekanan suara dan komponen partikel percepatan yang searah dengan vektor intensitas. Intensitas suara merupakan kekuatan suara dalam satuan area. Intensitas suara berhubungan langsung dengan kekuatan suara dan tekanan suara (Barron, 2003). Pada saat bicara, intensitas suara merupakan rata-rata aliran

energi suara yang melewati satuan unit pada daerah suara. Desibel sebagaimana digunakan dalam akustik, merupakan satuan yang mengekspresikan rasio dari dua kuantitas yang menunjukkan proporsi kekuatan. Intensitas suara tidak diukur langsung tetapi didapatkan dari pengukuran tekanan suara. Level intensitas suara diekspresikan dalam yaitu rasio logaritma intensitas suara di suatu lokasi (Basham dkk, 2003).

Kebisingan dengan intensitas tinggi cenderung berakibat lebih buruk daripada yang berintensitas rendah. Intensitas kebisingan diukur menggunakan *sound level meter* dengan satuan desibel atau dB. Batas pajanan bising yang diperkenankan tercantum dalam Tabel 2.1. Ighoroje, dkk (2004) mengatakan percakapan biasanya pada atau kurang dari 60 dB, paparan sehari-hari di atas rata-rata batas kebisingan yaitu diatas 85dB dirasakan tidak aman karena dapat merusak sel rambut. Seseorang yang terpapar 88 dB selama 4 jam mempunyai risiko yang sama dengan yang terpapar 91 dB dalam 2 jam atau 100 dB selama 15 menit atau 103 dB selama 7,5 menit (Levey dkk, 2012). Secara statistik, level tekanan suara antara 80-85 dB hanya memberi pengaruh sedikit pada pendengaran dalam jangka waktu lama. Tetapi masih bisa menurunkan ambang dengar pada frekuensi tinggi pada subjek yang sensitif (Plontke dan Zenner, 2004).

2.5.5.2 Frekuensi Bising

Sebuah frekuensi berhubungan dengan gelombang harmonik sederhana atau gelombang sinusoidal. Frekuensi ini berhubungan dengan frekuensi getaran dari suara dan tidak bergantung pada material yang menghantarkan suara. Frekuensi dinyatakan dalam Hertz (Hz) yaitu sama dengan putaran/detik. Pengertian fisika dari frekuensi gelombang suara penting dalam kontrol kebisingan. Suara yang tidak merusak telinga manusia adalah 16 Hz yaitu infrasonik hingga 16 kHz yaitu ultrasonik (Barron, 2003). Telinga manusia lebih sensitif terhadap suara dengan frekuensi rendah daripada frekuensi tinggi sehingga frekuensi tinggi menimbulkan pengaruh yang lebih buruk daripada frekuensi rendah (Rawool, 2012a).

2.5.5.3 Lama Paparan Bising

Berkaitan dengan pengaruhnya terhadap manusia, bising mempunyai satuan waktu atau lama pajanan yang dinyatakan dalam jam perhari atau jam per minggu (Bashiruddin, 2009). Lama paparan bising berpengaruh secara signifikan terhadap gangguan pendengaran terutama pada paparan bising dengan intensitas yang tinggi (Rawool, 2012a).

Tabel 2. Batas pajanan bising yang diperkenankan sesuai Keputusan Menteri Tenaga Kerja 1999

	Lama pajan/hari	Intensitas (dB)
Jam	24	80
	16	82
	8	85
	4	88
	2	91
	1	94
Menit	30	97
	15	100
	7,5	103
	3,75	106
	1,88	109
	0,94	112
Detik	28,12	115
	14,06	118
	7,03	121
	3,52	124
	1,76	127
	0,88	130
	0,44	133
	0,22	136
	0,11	139

Sumber : Menteri tenaga kerja tahun 1999

Tidak boleh terpajan lebih dari 140 dB, walau sesaat. Hasil dari penelitian oleh Ighoroje dkk (2004) mengenai gangguan pendengaran pada 150 orang pekerja industri menunjukkan bahwa setelah terpapar bising selama 4-8 tahun, lebih dari 90% dari pekerja mengalami peningkatan ambang dengar sementara atau menetap. Setelah 14 tahun atau lebih semua pekerja telah mengalami gangguan pendengaran.

Musisi yang terpapar bising yang kurang dari 95 dB akan menunjukkan gangguan pendengaran yang minimal (Emmerich dkk, 2008). Risiko ini akan meningkat sesuai dengan tingkat kebisingan serta lama paparan. Semakin tinggi paparan dalam seminggu akan meningkatkan risiko dari gangguan pendengaran. Untuk mengurangi risiko gangguan pendengaran harusnya paparan bising tidak melebihi batas pajanan bising yang diperkenankan sesuai Keputusan Menteri Tenaga Kerja 1999.

2.5.5.4 Pola Waktu Bising

Pola waktu atau variasi tempo merupakan deskripsi dari variasi energi sesuai dengan waktu (Basham dkk, 2003). Karakter pola waktu kebisingan secara parsial berpengaruh terhadap luasnya kerusakan sistem pendengaran. Berdasarkan pola waktu bising dibagi atas *continuous noise*, *time-varying noise*, *intermittent noise*, *impulse noise*. Kebisingan yang fluktuatif dengan jeda waktu yang cukup lama akan memberikan kesempatan pada sistem pendengaran untuk pulih dari *temporary threshold shifts* (Rawool, 2012a).

2.5.6 Efek auditorial pada pemaparan bising

2.5.6.1 Patologi dan lokasi kerusakan akibat bising

Bising dengan intensitas yang cukup tinggi menyebabkan kerusakan sekunder pada jaringan seluler koklea. Paparan bising dengan intensitas yang tinggi dan paparan dalam waktu yang lama menghasikan kerusakan pada jaringan penopang stereosilia dan terjadi kehilangan stereosilia. Kerusakan primer terjadi pada bagian dasar yang menghubungkan stereosilia dengan bagian atas sel rambut.

Pada saat stereosilia hilang maka sel rambut akan mati. Saat paparan bertambah sel rambut dalam dan sel penyokong koklea juga rusak. Hilangnya sel rambut secara luas mengakibatkan degenerasi neural yang mempengaruhi saraf pendengaran dan batang otak yang mengatur pendengaran (Dobie, 2006).

2.5.6.2 Adaptasi

Adaptasi atau respon kelelahan akibat rangsangan adalah keadaan dimana terdapat peningkatan ambang dengar segera akibat paparan bising. Pemulihan timbul secara eksponensial, pada paparan dengan intensitas 70 dB atau kurang dapat terjadi dalam 0,5 detik. Keadaan ini merupakan fenomena fisiologis yang disebabkan oleh kelelahan pada saraf telinga yang terpajan bising (Dobie, 2006).

2.5.6.3 Peningkatan ambang dengar sementara

Peningkatan ambang dengar sementara merupakan keadaan yang menyebabkan ambang dengar meningkat akibat paparan bising dengan intensitas cukup tinggi. Pemulihan terjadi dalam beberapa menit atau jam, jarang terjadi pemulihan dalam satuan detik. Seperti adaptasi, kelainan ini pun bergantung pada intensitas bunyi, frekuensi bunyi dan lama paparan. Peningkatan ambang dengar sementara terdiri atas dua bagian yaitu (Dobie, 2006; Roestam 2004): reaksi lebih, Reaksi lelah atau kelelahan fisiologik merupakan penurunan aktivitas organ karena intensitas paparan bising yang kuat dan waktu paparan lebih lama. Kelainan ini merupakan transisi dari adaptasi ke peningkatan ambang dengar sementara berjalan lama. Kelelahan fisiologik adalah terdapatnya peningkatan ambang dengar yang berlangsung lebih dari 2 menit dengan masa pemulihan lengkap

kurang dari 16 jam (Dobie, 2006; Roestam 2004).Peningkatan ambang dengar sementara berjalan lama, atau kelelahan patologik.Perbedaan kelainan ini dengan kelelahan fisiologik adalah terdapatnya perpanjangan masa pemulihan dan kadang-kadang pemulihan yang terjadi tidak sempurna.Batas antara kelelahan fisiologik dengan kelelahan patologik ialah intensitas 40 dB (Dobie, 2006; Roestam 2004).

2.5.6.4 Peningkatan ambang dengar menetap

Peningkatan ambang dengar menetap terjadi oleh karena telinga terkena paparan bising yang memiliki intensitas sangat tinggi dan berlangsung singkat atau terjadi karena intensitas paparan yang cukup tinggi dan berlangsung lama.(Dobie, 2006; Roestam 2004).

2.5.7 Diagnosa Gangguan Pendengaran Akibat Bising

Diagnosis tuli akibat bising dibuat berdasarkan anamnesis lengkap, pemeriksaan fisik dan pemeriksaan audiologi. Anamnesis harus dilakukan secermat mungkin, antara lain riwayat pajanan bising termasuk intensitas bising, lama paparan dalam sehari dan lama paparan dalam seminggu serta lama dalam lingkungan bising tersebut. Perlu juga diperhatikan mengenai riwayat ketulian dalam keluarga, penggunaan zat atau obat yang bersifat ototoksik serta trauma kepala.Penderita tuli akibat bising biasanya datang dengan keluhan utama kurang pendengaran. Bila sudah cukup berat disertai keluhan sukar menangkap percakapan dengan kekerasan biasa dan bila lebih berat lagi maka percakapan yang keras pun sulit dimengerti. Penderita tuli akibat bising juga sering mengeluh tinitus nada tinggi yang hilang timbul. Paparan

bising berulang menyebabkan maka tinitus akan menetap. Tinitus menjadi lebih mengganggu pada saat suasana sunyi atau pada saat penderita akan tidur, sehingga penderita mengeluh sukar tidur dan sulit berkonsentrasi (Dobie, 2006). Pemeriksaan fisik seringkali tidak menunjukkan kelainan yang berarti, kecuali pada penderita gangguan pendengaran yang berkaitan dengan penyakit sistemik seperti diabetes melitus (Hall dan Antonelli, 2006).

Pemeriksaan otoskopi telinga biasanya tidak menunjukkan kelainan. Pada pemeriksaan audiologi tes penala didapatkan hasil Rinne positif, Weber menunjukkan lateralisasi ke telinga yang pendengarannya lebih baik. Kesan jenis ketuliannya tuli *sensorineural*. Kelainan komponen konduktif yang menimbulkan gangguan pendengaran dan kelainan fungsi telinga tengah dapat dipastikan dengan timpanometri.

Tabel 3.Klasifikasi derajat gangguan pendengaran

Derajat gangguan pendengaran	Audiometri (rata-rata dari 500, 1000, 2000, 4000 Hz)	Deskripsi gangguan
0 (tidak ada gangguan)	25 dB atau kurang	Tidak ada atau ada gangguan sangat ringan, dapat mendengar bisikan
1 (gangguan ringan)	26-40 dB	Dapat mendengar atau mengulang kata kata dengan suara normal yang diucapkan dari jarak 1 meter
2 (gangguan sedang)	41-60 dB	Dapat mendengar atau mengulang kata kata dengan suara keras yang diucapkan
3 (gangguan berat)	61-80 dB	Dapat mendengar kata-kata yang diteriakkan pada telinga yang lebih baik
4 (gangguan sangat berat atau tuli)	81 dB atau lebih	Tidak dapat mendengar atau mengerti walaupun telah diteriakkan

Sumber : *World Health Organization (WHO) 1991*

Pemeriksaan audiometri nada murni menunjukkan tuli sensorineural pada frekuensi 3000 – 6000 Hz dan pada frekuensi 4000 Hz sering terdapat takik. Bila penderita tuli akibat bising masih terus menerus terpajan oleh bising, maka akan terjadi penurunan sensitivitas telinga pada frekuensi 1000 – 4000 Hz derajat gangguan pendengaran diklasifikasikan oleh WHO sesuai Tabel 2.4. Gambaran audiogram menunjukkan penurunan yang jelas dimulai pada frekuensi 1000 Hz atau 2000 Hz dengan titik terendah pada frekuensi 4000 Hz diikuti reaksi pemulihan pada frekuensi

8000 Hz. Secara klasik tuli akibat bising akan memberikan grafik *V-shaped signature*, atau *acoustic notch* pada 4000 Hz. (Hall dan Antonelli, 2006). Beberapa badan kesehatan di Amerika menetapkan standart untuk diagnosis gangguan pendengaran akibat bising sesuai pada Tabel 2.5. Ambang dengar didapatkan dari rata-rata ambang dengar pada frekuensi 500Hz, 1000Hz, 2000Hz, 4000Hz pada telinga yang lebih sehat. (World Health Organization, 1991).

Tabel 4. Pengukuran gangguan pendengaran akibat bising yang digunakan di Amerika Serikat

Pengukuran Gangguan Pendengaran	Kriteria
<i>Occupational Safety and Health Administration (OSHA) Standard Threshold Shift (STS)</i>	Perubahan 10 desibel dari batas dasar audiogram rata rata ambang pendengaran pada frekuensi 2000Hz, 3000Hz, 4000Hz.
<i>OSHA "recordable" hearing loss</i>	Terdapat pergeseran sekitar 10 desibel dari batas dasar rata-rata ambang dengar pada frekuensi 2000Hz, 3000Hz, dan 4000Hz, lebih besar atau sama dengan 25 desibel.
<i>American Medical Association (AMA) Hearing Impairment</i>	Ambang dengar rata-rata 500Hz, 1000Hz, 2000Hz dan 3000Hz lebih besar dari 25 desibel dengan monoaural impairment 1,5% dari tiap desibel lebih besar dari 25 desibel.

Sumber : Rabinowitz, 2011

Pemeriksaan audiologi khusus seperti *short increment sensitivity index* atau SISI, *alternate binaural loudness balance* atau ABLB, *monoaural loudness balance* atau MLB, audiometri bekesy dan audiometri tutur hasilnya menunjukkan adanya fenomena rekrutmen yang patognomonik untuk tuli saraf koklea.

Dengan kemajuan bidang teknologi kedokteran akhir-akhir ini membawa dampak yang memudahkan para klinisi untuk menegakkan diagnosis tuli akibat bising. Probst (2006a) berpendapat dengan teknik pemeriksaan *otoacoustic emission* (OAE) dapat mengetahui dengan jelas informasi kelainan sel rambut luar koklea secara obyektif.

2.6. Balap

Balap motor merupakan suatu kegiatan yang dilakukan secara terorganisasi dalam melakukan peraduan sepeda motor berdasarkan jenis, kecepatan, dan kapasitas mesin. Kegiatan ini biasanya dilakukan sebagai ajang olahraga berjenis hobby yang nantinya akan mengarah ke profesi apabila didukung dengan prestasi pembalap dan pendukungnya. Balap motor dilakukan di area yang dirancang khusus demi tercapainya keamanan dalam balap motor itu sendiri. *Federation Internationale de Motorcyclisme (FIM)* adalah badan Internasional yang berfungsi menaungi berbagai jenis kegiatan-kegiatan olah raga balap motor tersebut.⁵

2.6.1 Balap motor

Balap motor adalah olahraga otomotif yang menggunakan sepeda motor, balap motor memiliki berbagai macam jenis klasifikasi, pada penelitian ini komunitas balap motor resmi yang akan di sertakan dalam penelitian adalah balap motor jenis *road race*. Khususnya *road race*, cukup populer di Indonesia. Hampir tiap minggu di berbagai daerah di Indonesia *event* balap motor diselenggarakan. Selain *road race*, balap motor jenis lain yang cukup sering diadakan adalah *motorcross*, *drag bike*, *grasstrack* dan *supersport*.

2.6.2 Road race

Jadi dapat disimpulkan bahwa *road race* adalah kejuaraan balap sepeda motor yang dilakukan dengan kecepatan yang sangat tinggi didalam lintasan jalan aspal yang di pacu dengan mengelilingi sirkuit sesuai yang di perlombakan , dimana balapan ini dilakukan secara serentak bersama sama. *Road race* di Indonesia sendiri sering kali diselenggarakan di hari Sabtu dan Minggu. Motor yang digunakan untuk *road race* adalah motor produksi masal atau yang dijual secara umum di suatu negara, yang dimodifikasi dan diatur dalam buku peraturan. *Road race* di Indoensia sendiri telah ada sejak tahun 1970 an lalu. Dikatakan *road race* karena dari awal balapan ini memang menggunakan jalan raya sebagai lintasannya.Namun seiring perkembangan jaman, kini banyak dibangun sirkuit permanen khusus *road race*. Peraturan balap *road race* telah diatur oleh Ikatan Motor Indonesia (IMI) pusat. Baik itu meliputi regulasi tata perlombaan, regulasi peraturan pembalap, dan regulasi teknis seperti peraturan modifikasi apa saja yang dibolehkan. Di Indonesia sendiri, *road race* memiliki banyak event. Mulai dari Kejurda Provinsi, Kejurnas Motoprix Region, dan level tertinggi *road race* di tanah air yakni Indoprix.. Balap *road race* ini sebenarnya tak hanya sebatas level Indonesia maupun Asia saja. Namun *road race* tingkat dunia juga ada.Mungkin ini juga tak banyak diketahui. Balap *road race* kelas dunia adalah *World Super Bike* atau WSBK. WSBK merupakan *road race* kelas dunia yang sesungguhnya.

2.6.3 Komunitas balap resmi

Komunitas adalah sebuah kelompok sosial dari beberapa organisme yang berbagi lingkungan, umumnya memiliki ketertarikan dan habitat yang sama. Dalam komunitas, individu-individu di dalamnya dapat memiliki maksud, kepercayaan, sumber daya, preferensi, kebutuhan, risiko, kegemaran dan sejumlah kondisi lain yang serupa.

Komunitas berasal dari bahasa Latin *communitas* yang berarti kesamaan, kemudian dapat diturunkan dari *communis* yang berarti "sama, publik, dibagi oleh semua atau banyak". Berdasarkan minat, sekelompok orang yang mendirikan suatu komunitas karena mempunyai ketertarikan dan minat yang sama, misalnya balap motor. Komunitas berdasarkan minat memiliki jumlah terbesar karena melingkupi berbagai aspek, contoh komunitas balap motor yang bergerak di bidang olahraga ikut berpartisipasi dalam event yang dilaksanakan pada daerah tertentu. Tujuan dibentuknya komunitas yaitu untuk dapat saling membantu satu sama lain dalam menghasilkan sesuatu, sesuatu tersebut adalah tujuan yang telah di tentukan sebelumnya.

Manfaat dari komunitas, dapat menjalankan program dengan arah yang sama dan dapat saling memberikan informasi ter-update satu sama-lain. dapat menjalin hubungan yang baik dengan orang-orang yang memiliki pemikiran dan tujuan yang sama. Perlu diketahui bahwa suatu komunitas tidak akan berjalan dengan baik jika anggotanya tidak dapat mematuhi pada ketentuan-ketentuan komunitas itu sendiri, dan tidak berinteraksi satu sama lain, jadi

dalam komunitas harus mematuhi ketentuan-ketentuan yang ada dan harus saling berinteraksi.

Komunitas balap resmi memiliki perizinan yang sudah terdaftar pada Ikatan Motor Indonsia (IMI), yaitu organisasi induk dari olahraga bermotor baik mobil maupun sepeda motor di Indonesia. Komunitas balap resmi sepeda motor, anggota bebas memiliki sepeda motor yang berbeda jenis, seperti bebek, sport, dan matic. Pada komunitas balap resmi tidak ada batasan umur pada setiap anggota, karena komunitas berfungsi sebagai tempat untuk saling mengenal sesama dan berbagi informasi mengenai balap motor. Komunitas balap resmi memiliki jadwal latihan tertentu untuk melatih fisik, mental dan belajar bagaimana mengendarai sepeda motor pada kecepatan tinggi, yang pastinya sudah dilengkapi seragam pelindung (*wearpack*).

Komunitas balap resmi yang akan diteliti adalah komunitas Semarang Cornering Extreme (SCORE). Komunitas ini sudah berdiri sejak 12 April 2014 di Kota Semarang. Komunitas ini sudah memiliki 26 anggota, yang dibagi atas 1 orang ketua, 1 orang wakil, 2 orang bendahara dan 22 anggota. Kendaraan yang digunakan pada komunitas ini adalah sepeda motor bebek dengan merek Yamaha Jupiter MX 4 Tak 150 cc. Komunitas ini memiliki jadwal latihan yaitu satu minggu dua kali sesi latihan, setiap hari Kamis dan hari Minggu. Lama waktu yang digunakan untuk latihan komunitas ini yaitu tiga jam. Latihan dilakukan di Sirkuit Tawang Semarang, dengan kondisi jalan yang datar dan jalur yang berbelok-belok di lapangan terbuka. Sesuai lama waktu latihan,

peneliti akan meneliti lama paparan bising knalpot dan tajam pendengaran anggota yang mengikuti latihan rutin setiap minggunya.

2.7. Pemeriksaan tajam pendengaran

Pemeriksaan tajam pendengaran digunakan untuk mengetahui adanya gangguan pendengaran, jenis gangguan pendengaran dan derajat berat gangguan pendengaran. Ada beberapa tes yang sering digunakan untuk mengetahui adanya gangguan pendengaran yaitu

- a. Tes bisik
- b. Tes garpu tala yang dibagi menjadi :

Tes Rinne, Tes Weber, Tes Swabach

c. Audiometri Nada Murni

Audiometri nada murni adalah suatu alat elektronik yang menghasilkan bunyi relatif bebas bising ataupun energi suara pada kelebihan nada. Terdapat beberapa pilihan nada terutama dari oktaf skala: 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 dan 8000 Hz. Audiometer ini memiliki tiga bagian penting yaitu: Suatu osilator yang menghasilkan bunyi dengan berbagai frekuensi, Suatu peredam yang memungkinkan berbagai intensitas bunyi (umumnya dengan peningkatan 5 dB), dan suatu transduser untuk mengubah energi listrik menjadi energi akustik. Alat ini dapat digunakan menentukan tingkat intensitas terendah dalam dB dari tiap frekuensi yang masih dapat didengar, dengan kata lain “ambang” pendengaran dari bunyi tersebut.

Audiometer yang tersedia di pasaran terdiri dari enam komponen utama:

1. *oscillator*, yang menghasilkan berbagai nada murni
2. *amplifier*, untuk menaikkan intensitas nada murni sampai dapat terdengar
3. pemutus (*interrupter*), yang memungkinkan pemeriksa menekan dan mematikan tombol nada murni secara halus tanpa terdengar bunyi lain (klik)
4. *attenuator*, agar pemeriksa dapat menaikkan atau menurunkan intensitas ke tingkat yang dikehendaki;
5. *earphone*, yang mengubah gelombang listrik yang dihasilkan oleh audiometer menjadi bunyi yang dapat didengar;
6. sumber suara pengganggu (*masking*), yang sering diperlukan untuk meniadakan bunyi ke telinga yang tidak diperiksa.

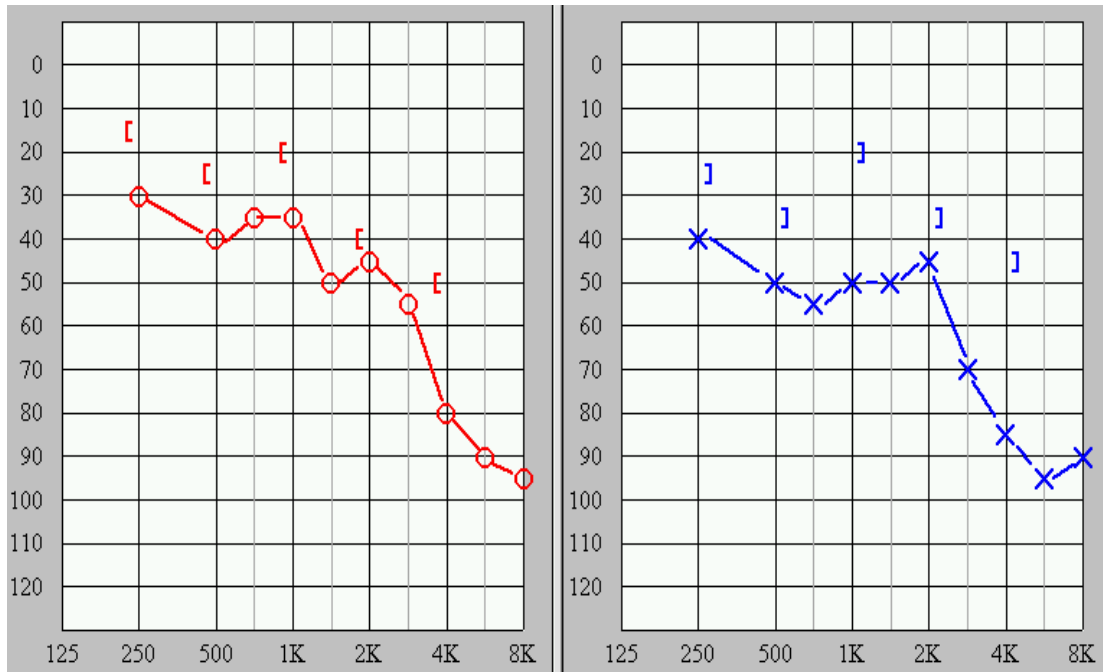
Tingkat ambang pendengaran yang didapat dari pemeriksaan pasien akan dibandingkan dengan audiometri "Nol". Audiometri nol adalah median ambang bunyi yang didapat dari suatu sampel yang sangat besar dari kelompok dewasa muda tanpa keluhan pendengaran, tanpa riwayat penyakit telinga dan tidak menderita flu akhir-akhir ini. Sehingga masing-masing frekuensi memiliki angkanya sendiri-sendiri, dan suatu alat kalibrasi nilai nol dirakitkan pada output audiometer. Karena "Nol" merupakan nilai rata-rata dari ambang kepekaan, maka harus tersedia intensitas yang lebih rendah untuk memeriksa pendengaran yang lebih peka. Intensitas audiometer berkisar antara -10 dB hingga 110 dB. Jika seorang pasien memerlukan intensitas sebesar 45 dB di atas

intensitas normal untuk menangkap bunyi tertentu, maka tingkat ambang pendengarannya adalah 45dB. Jika kepekaan pasien lebih dekat ke normal dan hanya memerlukan peningkatan 20 dB di atas normal, maka ambang tingkat pendengarannya adalah 20 dB. Dan jika pendengaran pasien 10 dB lebih peka dari pendengaran rata-rata, maka tingkat ambang pendengarannya ditulis dalam nilai negatif atau -10 dB.

2.7.1 Audiogram

Audiogram adalah gambaran kepekaan pendengaran pada berbagai frekuensi. Pemeriksaan direkam untuk masing-masing telinga secara terpisah, dimana frekuensi merupakan absis sedangkan intensitas sebagai ordinatnya.

Simbol standar untuk hantaran tulang dan hantaran udara dihubungkan dengan garis penuh seperti yang tergambar dalam audiogram. Simbol hantaran tulang digambarkan dengan garis putus-putus yaitu bila terdapat perbedaan, jika tidak, simbol hantaran tulang tidak dihubungkan. Warna tidak perlu berbeda untuk identifikasi simbol dari telinga mana. Namun seandainya menggunakan warna, maka warna merah harus digunakan untuk simbol telinga kanan dan biru untuk telinga kiri. Menggambar grafik telinga kanan dan kiri pada audiogram yang terpisah telah digunakan untuk menghindari kekacauan audiogram. (Boeis, 1997)



Gambar 3. Audiogram, sumber : Indonesia Digital Journals

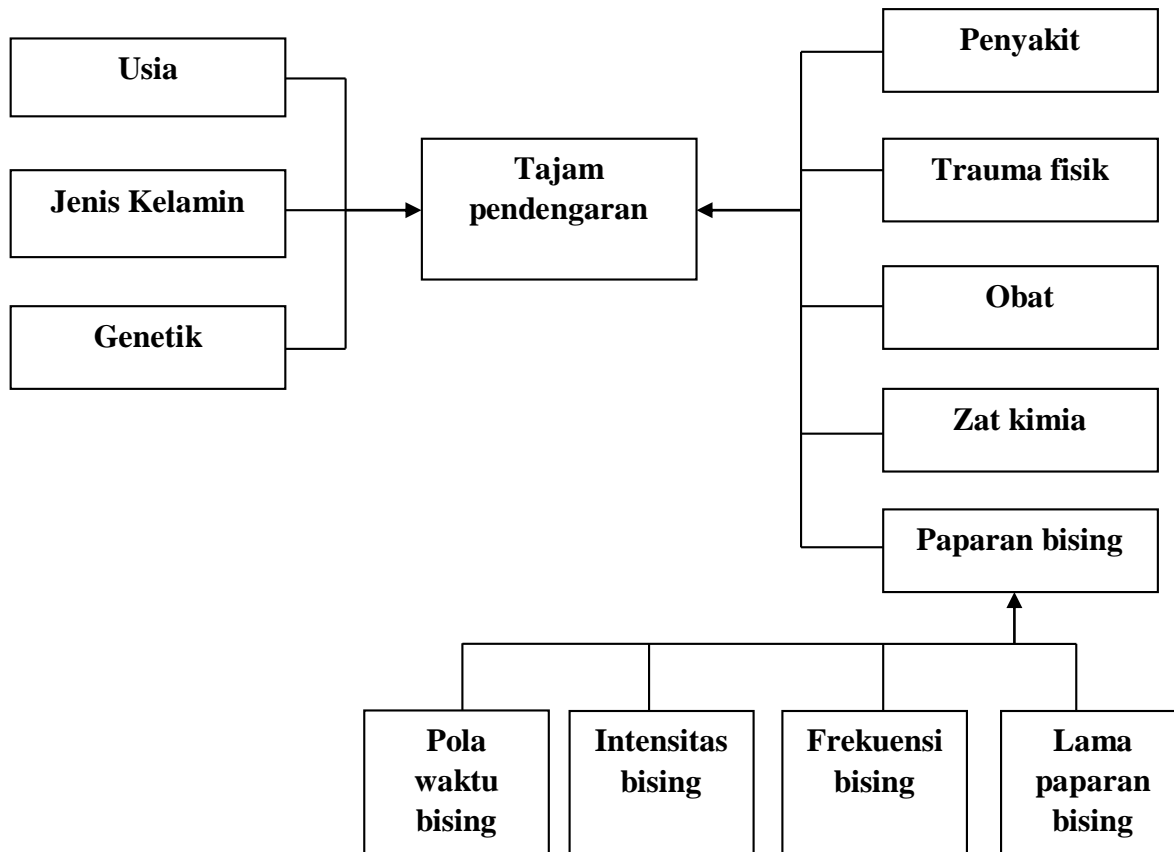
Tabel 5. Klasifikasi derajat ambang pendengaran

Klasifikasi	Ambang pendengaran
Normal	0 – 25 dB
Tuli ringan	26 – 40 dB
Tuli sedang	41 – 60 dB
Tuli berat	60 – 90 dB
Tuli sangat berat	lebih dari 90 dB

Sumber: Soepardi, Iskandar, Bashiruddin dan Ratna (2012)

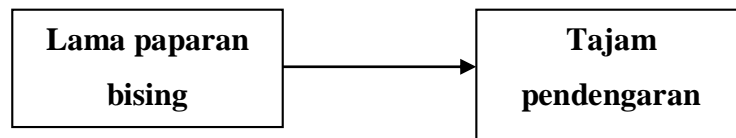
KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS

3.1 Kerangka Teori



Gambar 4. Kerangka Teori

3.2 Kerangka konsep



Gambar 5. Kerangka konsep

3.3 Hipotesis

Semakin lama paparan bising maka semakin berkurang tajam pendengaran pada komunitas balap resmi di Semarang.