

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN KERANGKA PEMIKIRAN

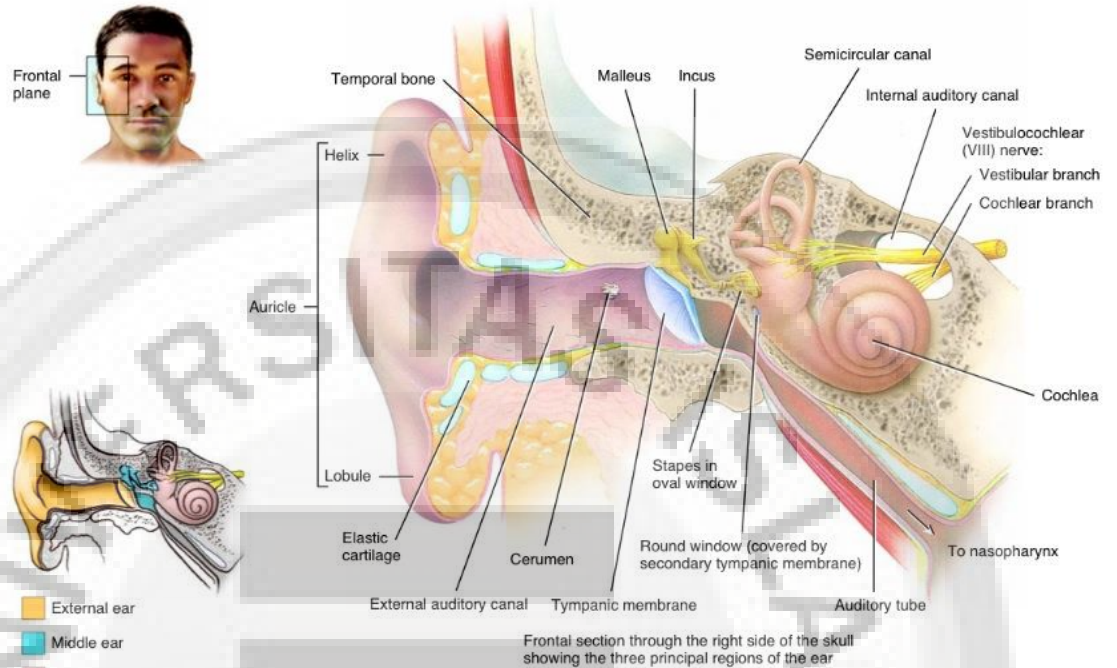
2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Anatomi Organ Pendengaran

Telinga adalah organ yang berfungsi dalam pendengaran dan juga keseimbangan tubuh. Telinga dapat dibagi menjadi tiga bagian besar: (1) telinga bagian luar, yang mengumpulkan gelombang suara dan akan membawanya ke telinga tengah; (2) telinga tengah, yang meneruskan gelombang suara ke fenestra ovalis; (3) telinga dalam, yang merupakan tempat beradanya reseptor bagi fungsi pendengaran maupun keseimbangan.^{24,25}

Telinga luar terdiri dari aurikula (pinna) yang mengumpulkan gelombang suara, kanalis auditorius eksternal, dan membran timpani yang memisahkan telinga luar dan telinga tengah. Telinga tengah terbentuk pada ruangan kecil di tulang temporal. Terdapat tulang-tulang pendengaran pada telinga tengah, yaitu maleus, inkus, dan stapes yang berguna untuk mentransmisikan gelombang suara ke telinga dalam. Selain tulang, terdapat pula otot-otot pendengaran yaitu muskulus stapedius dan muskulus tensor timpani. Pada telinga tengah terdapat pula pembukaan menuju kanal penghubung dengan nasofaring, yaitu tuba eustachius yang normalnya menutup dan pipih. Namun ketika manusia menguap atau menelan, tuba ini akan terbuka untuk menyamakan tekanan telinga tengah dengan tekanan atmosfer. Telinga dalam dibentuk oleh labirin tulang, yang di dalamnya terisi cairan perilimfe. Ada tiga bagian utama pada labirin tulang, yaitu

koklea, vestibul, dan kanalis semisirkularis. Di dalam labirin tulang terdapat labirin membran yang terisi oleh cairan endolimfe.²⁵



Gambar 2.1. Anatomi Organ Pendengaran

Dikutip dari: *Tortora*²⁴

Koklea pada tulang labirin terdiri dari tiga tuba yang melingkar dan saling bersisian: (1) skala vestibuli, (2) skala media, dan (3) skala timpani. Terdapat fenestra rotundum di ujung skala timpani. Diantara skala vestibuli dan skala media terdapat membrana vestibular, sedangkan skala media dan skala timpani dipisahkan oleh membrana basilar. Sel-sel rambut yang sensitif secara elektromekanik terletak pada organ corti, yang menempel pada permukaan membrana basilar. Impuls saraf akan distimulasi oleh sel rambut tersebut sebagai respon terhadap gelombang suara.²⁶ Bagian vestibul dan kanalis semisirkularis berperan dalam reseptor keseimbangan.²⁵

2.1.2 Fisiologi Pendengaran

Pada awalnya, gelombang suara akan dikumpulkan di aurikula dan kemudian dibawa menuju kanalis auditorius eksternal. Gelombang suara lalu akan menggetarkan membran timpani ke depan dan ke belakang. Getaran tersebut akan diteruskan ke tulang malleus yang bersinggungan dengan membran timpani. Kemudian getaran akan merambat ke tulang inkus dan tulang stapes. Selanjutnya, getaran tulang stapes akan merambat ke fenestra ovalis. Getaran pada fenestra ovalis berkekuatan lebih besar 20 kali lipat dibandingkan dengan kekuatan getaran pada membran timpani. Seiring dengan terdorongnya fenestra ovalis ke arah dalam, cairan perilimfe pada skala vestibuli akan terdorong. Tekanan akan merambat dari skala vestibuli ke skala timpani, dan selanjutnya mendorong fenestra rotundum ke luar menuju daerah telinga tengah. Tekanan dari cairan perilimfe juga akan merambat ke membrana vestibuli, lalu ke cairan endolimfe di dalam duktus koklear. Membrana basalis akan ikut bergetar setelah mendapatkan tekanan dari cairan endolimfe. Selanjutnya, sel-sel rambut yang terdapat di organ corti akan tergerak dan terjadi penegangan stereosilia yang akan membuat impuls saraf pada neuron urutan pertama pada serat saraf koklea. Kerasnya bunyi ditentukan oleh intensitasnya. Semakin tinggi intensitas bunyi, getaran pada membrana basilar yang dihasilkan akan semakin kuat, yang akan mengakibatkan lebih banyak lagi sel-sel rambut yang terstimulasi. Bunyi dengan intensitas tinggi juga memberikan frekuensi impuls saraf yang sampai ke otak lebih tinggi.²⁴

2.1.3 Intensitas Bunyi

Intensitas bunyi dapat diukur dengan satuan desibel (dB).²⁷ Alat yang digunakan untuk mengukur intensitas bunyi adalah *sound level meter*. Semakin tinggi intensitasnya, semakin besar pula kemungkinan paparan bunyi mengakibatkan kerusakan pada organ pendengaran. Untuk bekerja selama delapan jam, intensitas bunyi yang masih dapat ditolerir oleh telinga manusia adalah 85 dB.¹¹ Intensitas bunyi dapat dibedakan menjadi tiga tingkatan⁹, yaitu:

1) Paparan bising rendah: <85 dB

Contoh sumber paparan bising rendah antara lain percakapan dengan berbisik, percakapan sehari-hari, bunyi mesin *vacuum cleaner*, dan dering telepon rumah.⁶

2) Paparan bising sedang: 85-90 dB

Contoh sumber paparan bising sedang antara lain bunyi mesin pabrik, dan alat pemotong rumput.⁶

3) Paparan bising tinggi: >90 dB.

Contoh sumber paparan bising tinggi antara lain *bulldozer*, gergaji mesin, sirine ambulans, mesin jet, tembakan, dan roket yang sedang meluncur.⁶

Occupational Safety and Health Administration (OSHA) memaparkan bahwa setiap 3 dB peningkatan intensitas bunyi di atas 85 dB, maka waktu toleransi telinga terhadap bunyi (bising) tersebut akan berkurang setengahnya. Contohnya pada intensitas bunyi 88 dB, maka waktu maksimal untuk telinga terpajan bising tersebut adalah empat jam.⁶

Terdapat beberapa faktor yang meredam perambatan bunyi sehingga akan mempengaruhi besarnya intensitas bunyi yang diterima oleh pendengaran,

diantaranya adalah efek atmosferik, yaitu angin, suhu udara, kelembaban udara, dan juga permukaan lantai dasar.^{28,29}

1) Angin

Ketika angin berhembus, akan selalu terdapat gradien angin. Hal ini disebabkan oleh lapisan udara disekitar permukaan lantai dasar menjadi tidak bergerak dan akan menyebabkan gelombang udara yang merambat pada angin yang bergerak ke atas akan membelok semakin ke atas, sedangkan gelombang udara yang merambat pada angin yang bergerak ke bawah akan membelok semakin ke bawah. Hal ini akan menurunkan intensitas bunyi yang diterima oleh pendengaran.^{28,29}

2) Suhu Udara

Kecepatan rambatan bunyi bergantung pada suhu udara. Suhu udara yang tinggi menghasilkan kecepatan perambatan bunyi yang lebih tinggi.^{28,29}

3) Kelembaban Udara

Semakin tinggi kelembaban udara, semakin tinggi pula presentase molekul udara, yaitu molekul air. Molekul air lebih sedikit daripada molekul oksigen, nitrogen, ataupun karbon dioksida, dan semakin besar fraksi udara yang dibentuk oleh air, udara akan semakin sedikit dan semakin kurang padat. Rendahnya kepadatan udara akan menyebabkan perambatan bunyi semakin cepat, maka dari itu gelombang bunyi merambat lebih cepat pada kelembaban udara yang tinggi.³⁰

4) Permukaan Lantai Dasar

Apabila bunyi merambat diatas lantai dasar, redaman akan terjadi karena hilangnya energi akustik oleh pantulan. Hilangnya energi ini bergantung pada

permukaan lantai dasar. Lantai dasar yang rata dan keras akan menghasilkan sedikit absorpsi, sedangkan lantai dasar dengan tanah dan rumput tebal akan menghasilkan reduksi intensitas bunyi sekitar 10 dB per 100 meter pada 2000 Hz.^{28,29}

2.1.4 Jenis Pemeriksaan Pendengaran

Untuk mengetahui adanya gangguan pendengaran pada seseorang, dapat dilakukan beberapa tes, diantaranya adalah tes akuitas auditorius, tes audiometri, tes Rinne, dan tes Weber.

1) Akuitas Auditorius

Akuitas auditorius adalah tes yang dilakukan untuk memperkirakan kemampuan pendengaran. Subjek pada pemeriksaan ini harus menutup salah satu lubang telinganya terlebih dahulu. Selanjutnya, pemeriksa berdiri 1 atau 2 kaki (0,3 atau 0,6 meter) dari subjek penelitan, kemudian pemeriksa memulai tes ini sambil menutupi mulut agar subjek tidak membaca gerak bibir pemeriksa. Pemeriksa kemudian berbisik dengan perlahan ke arah telinga yang terbuka. Apabila subjek tidak dapat mengulang kata-kata yang dibisikkan oleh pemeriksa, maka pemeriksa boleh meningkatkan intensitas suaranya menjadi bisikan sedang dan bisikan keras.⁷

2) Tes Audiometri Nada Murni

Tes audiometri nada murni bersifat akurat untuk skrining gangguan pendengaran dengan sensitifitas 92% dan spesifisitas 94%, namun untuk melakukannya membutuhkan biaya yang cukup tinggi.³¹ Awal dari pemeriksaan ini adalah menjelaskan kepada subjek pemeriksaan untuk mengangkat tangan

ataupun mengatakan ada atau tidak ada bunyi apabila pemeriksa telah menyalakan bunyi. Subjek pemeriksaan diminta untuk memakai *headphone* yang dihubungkan dengan alat listrik yang menghasilkan bunyi nada murni dari berbagai frekuensi, dan dapat diatur intensitasnya. Subjek diminta duduk dengan nyaman pada kursi yang menghadap 30° dari pemeriksa dengan tujuan agar subjek tidak dapat melihat apakah pemeriksa melakukan sesuatu atau tidak. Hal tersebut dilakukan untuk menghindari hasil palsu. Telinga manusia normal mampu mendengar bunyi dengan rentang frekuensi 20-20.000 Hz, dan frekuensi yang paling penting dalam percakapan sehari-hari adalah 500-2.000 Hz. Pemeriksaan ini adalah penunjang utama diagnostik fungsi pendengaran.⁸ Intensitas bunyi akan diturunkan secara berangsur-angsur dan tes akan diakhiri pada intensitas terendah yang dapat didengar oleh subjek pemeriksaan. Hasil dari tes audiometri nada murni dituangkan pada audiogram dengan angka dalam satuan desibel.³²

Tabel 2.1 Interpretasi Tes Audiometri

Tingkatan Gangguan	Nilai ISO Audiometrik (rata-rata 500, 1000, 2000, 4000 Hz)	Deskripsi Gangguan
0 (Tidak ada gangguan)	25 dBHL atau kurang (telinga sehat)	Masalah pendengaran tidak ada, atau hanya sedikit. Dapat mendengar bisikan
1 (Gangguan ringan)	26-40 dBHL (telinga sehat)	Dapat mendengar dan mengulangi kalimat yang disebutkan dengan nada normal pada jarak 1 meter
2 (Gangguan sedang)	41-60 dBHL (telinga sehat)	Dapat mendengar dan mengulangi kalimat dengan nada tinggi pada jarak 1 meter
3 (Gangguan berat)	61-90 dBHL (telinga sehat)	Dapat mendengar beberapa kata yang diteriakkan pada telinga yang baik (telinga sehat)
4 (Gangguan profunda termasuk ketulian)	81 dBHL atau lebih (telinga sehat)	Tidak dapat mendengar dan mengerti walaupun telah diteriakkan kalimat

Dikutip dari: Occupational Noise-Induced Hearing Loss⁶

3) Tes Rinne

Tes Rinne dilakukan untuk melihat perbandingan antara hantaran tulang (*bone conduction*) dengan hantaran udara (*air conduction*). Alat yang dibutuhkan pada tes ini adalah garpu tala 512 Hz. Keuntungan dari tes Rinne adalah murah biaya yang dikeluarkan, biaya pemeliharaan alat yang murah, tidak dibutuhkannya kalibrasi ataupun penyeteman, dan ukuran alat yang kecil memudahkan untuk membawanya bepergian.³³ Tes ini memiliki spesifisitas 96% namun memiliki sensitifitas rendah, yaitu 55%.^{33,34} Prosedur tes Rinne dimulai dengan meletakkan dengan kuat ujung tangkai garpu tala pada tulang mastoideus setelah digetarkan. Tulang mastoideus berada di belakang telinga. Setelah responden tidak mendengar bunyi, garpu tala dipindahkan dengan cepat ke depan lubang telinga responden, kemudian pastikan apakah responden dapat mendengar bunyi tersebut. Hasil tes dikatakan normal atau terdapat tuli sensorineural apabila bunyi hantaran udara terdengar lebih lama dibandingkan hantaran tulang ($AC > BC$). Pada tuli konduktif, bunyi melalui hantaran tulang akan terdengar lebih lama atau sama dengan bunyi melalui hantaran udara ($BC \geq AC$).⁷ Tes Rinne dapat memberikan hasil *false negative* pada telinga yang menderita SNHL yang sedang di tes. Hal ini disebabkan karena stimulus BC dapat terdengar pada telinga yang tidak sedang di tes akibat adanya transmisi transkranial, sehingga BC akan terdengar seolah lebih keras dibandingkan AC. Oleh karena itu hasil tes Rinne pada pasien SNHL dan individu normal tidak dapat dibedakan, yang merupakan kelemahan tes ini.^{7,35}

4) Tes Weber

Tes Weber ditujukan untuk melihat lateralisasi. Untuk melakukan tes ini dibutuhkan garpu tala 512 Hz. Sama halnya seperti tes Rinne, keuntungan dari tes Weber adalah murah biaya yang dikeluarkan, biaya pemeliharaan alat yang murah, tidak dibutuhkannya kalibrasi ataupun penyeteman, dan ukuran alat yang kecil memudahkan untuk membawanya bepergian.³³ Namun tingkat akurasi tes ini tidak begitu tinggi, yaitu 60% pada sensitifitas dan 69% pada spesifisitas.³⁶ Untuk memulai tes ini, garpu tala digetarkan terlebih dahulu kemudian diletakkan dengan kuat ujung tangkainya pada puncak kepala atau pada tengah dahi responden. Hasil yang normal adalah bunyi akan terdengar pada kedua sisi dan sama kerasnya. Apabila terdapat tuli sensorineural unilateral, bunyi akan lateralisasi ke arah telinga yang tidak terganggu. Apabila terdapat tuli konduktif unilateral, akan terjadi lateralisasi ke arah telinga yang mengalami gangguan. Tes ini tidak dapat menentukan gangguan pendengaran bilateral.⁷

2.1.5 Jenis Gangguan Pendengaran

Gangguan pendengaran terbagi dalam beberapa kelompok besar, yaitu gangguan pendengaran konduktif, sensorineural, campuran, dan fungsional.

1) Gangguan Pendengaran Konduktif

Gangguan konduksi bunyi dari telinga luar ke telinga tengah menyebabkan gangguan pendengaran tipe konduktif. Gangguan ini terjadi ketika konduksi bunyi dengan hantaran udara terhambat. Etiologi gangguan ini diantaranya adalah dampak serumen, adanya benda asing pada kanal telinga, adanya tumor benigna pada telinga tengah, disfungsi tuba eustachius, karsinoma pada telinga luar, otitis

media, kolesteatoma, dan otosklerosis.²⁵ Gangguan pendengaran jenis ini masih dapat dikoreksi dengan pembedahan.² Mekanisme terjadinya gangguan pendengaran tipe ini adalah penurunan transmisi bunyi dari luar telinga menuju ke koklea. Etiologi tersering adalah otosklerosis dan kolesteatoma, yaitu timbulnya kista yang bersifat lokal dan jinak. Suara yang diterima oleh otak berkurang, namun tidak terdistorsi.¹⁴

2) Gangguan Pendengaran Sensorineural

Gangguan pendengaran tipe ini disebabkan oleh gangguan pada bagian telinga dalam, yaitu organ corti. Gangguan ini tidak dapat dikoreksi dengan cara apapun.² Gangguan tipe ini terjadi karena adanya cedera atau gangguan pada jalur pendengaran setelah koklea. Hal tersebut bisa terjadi karena adanya kerusakan sel rambut pada koklea ataupun cedera serabut saraf pendengaran (*Cranial Nerve VIII*). Suara yang diterima oleh otak akan berkurang dan terdistorsi.¹⁴ Etiologi gangguan pendengaran sensorineural diantaranya penuaan (*presbikusis*), penyakit Ménière, zat-zat ototoksik (contoh: arsen, etil, metal alkohol), penyakit sistemik (contoh: diabetes melitus), dan induksi bising (*NIHL*).²⁵

Noise-induced hearing loss bisa disebabkan oleh dua hal, yaitu sebab okupasional atau sebab yang berhubungan dengan pekerjaan, dan juga sebab non-okupasional. Gangguan yang disebabkan oleh sebab okupasional lebih sering terjadi walaupun cara pencegahannya tidak sulit. Gangguan pendengaran karena bising muncul perlahan setelah pajanan bising selama bertahun-tahun, pada pajanan yang stabil, gangguan ini mulai terjadi secara signifikan setelah 10 tahun.³⁷ Tes audiometri pada NIHL menunjukkan hasil tuli sensorineural pada frekuensi 3000-6000 Hz, dengan efek paling besar pada 4000 Hz.⁸

Homberg memaparkan bahwa bunyi dengan intensitas ≥ 72 dB akan diartikan sebagai bunyi yang mengganggu oleh otak manusia walaupun dengan alat pelindung telinga. Dornie dan Laakssonen kemudian meneliti lebih jauh tentang bunyi yang dianggap mengganggu tersebut. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa interpretasi kualitas bunyi yang mengganggu bisa saja memberikan peringatan bagi tubuh bahwa bunyi tersebut dapat mengganggu kesehatan, terutama kesehatan pendengaran. Disamping itu, sekresi kortisol urin menunjukkan peningkatan pada seseorang yang bekerja dengan bunyi yang tidak diinginkan. Kortisol urin menurun menjadi normal setelah tujuh hari peredaman bunyi tersebut.³⁷

Pajanan bising tidak hanya membuat sel rambut mati, tetapi juga membuat penyimpangan fungsi dari sel rambut yang masih hidup. Pada koklea yang terpajan bising juga ditemukan aktivitas apoptosis. Induksi terjadinya apoptosis ini mungkin saja distimulasi oleh signal kaskade *Src-protein tyrosine kinase* (PTK).³⁷

3) Gangguan Pendengaran Campuran

Jenis gangguan ini terjadi karena kombinasi gangguan pendengaran konduktif dan juga sensorineural.²⁵

4) Gangguan Pendengaran Fungsional

Gangguan jenis fungsional jarang terjadi. Gangguan jenis fungsional tidak disebabkan oleh kerusakan pada organ, namun faktor pencetusnya adalah kondisi emosi dan juga psikologis.²⁵ Kurangnya konsentrasi dan perhatian pada saat tes audiometri dapat menyebabkan hasil gangguan pendengaran fungsional. Biasanya hal ini terjadi pada anak-anak.³⁸

2.1.6. Profil Pabrik

Pabrik yang diteliti bergerak dibidang tekstil dan berlokasi di Majalaya, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat. Pabrik ini berdiri tahun 1982 dengan luas 2 hektar. Jumlah total karyawan pabrik adalah 325 orang dan terdiri dari 34 orang pekerja divisi non-mesin dan sisanya adalah pekerja divisi mesin, dan dari seluruh pekerja tersebut mayoritas telah bekerja di pabrik ini lebih dari 10 tahun. Terdapat 4 divisi pada pabrik ini, yaitu divisi mesin (*weaving*), dan non-mesin yang terdiri dari divisi persiapan, *grey* dan *quality control*, dan pengemasan (*packing*). Lama waktu tugas tiap pekerja adalah 8 jam, yang diselingi istirahat selama 1 jam. Pada waktu istirahat, semua mesin di pabrik dimatikan. Meskipun terdapat divisi yang terpapar bising mesin, pekerja pabrik tekstil ini tidak diwajibkan memakai alat pelindung diri (APD) pada telinga seperti *ear plug* ataupun *ear muff* untuk pencegahan terjadinya gangguan pendengaran, khususnya SNHL. Namun untuk mengurangi risiko terjadinya gangguan pendengaran, pabrik ini memiliki sistem pembagian waktu bertugas (*shift*) pada divisi mesin. Terdapat 3 *shift*, *shift* pertama adalah pukul 07.00-15.00, *shift* kedua adalah pukul 15.00-23.00, dan *shift* ketiga adalah pukul 23.00-07.00. Tidak terdapat pembagian *shift* pada divisi non-mesin. Divisi non-mesin bertugas pukul 08.00-16.00. Mesin pada pabrik ini dioperasikan sejak hari Minggu pukul 23.00 sampai hari Sabtu pukul 07.00, dan dimatikan ketika waktu istirahat.

Suhu udara disekitar pabrik pada awal tahun relatif rendah, yaitu sekitar 26°-27°C, sedangkan pada akhir tahun suhu akan cenderung lebih tinggi.³⁹ Suhu di dalam pabrik sendiri berkisar diatas 28°C. Terdapat 7 ruang kerja di dalam pabrik, yaitu satu ruangan persiapan, satu ruangan *grey* dan *quality control*, satu

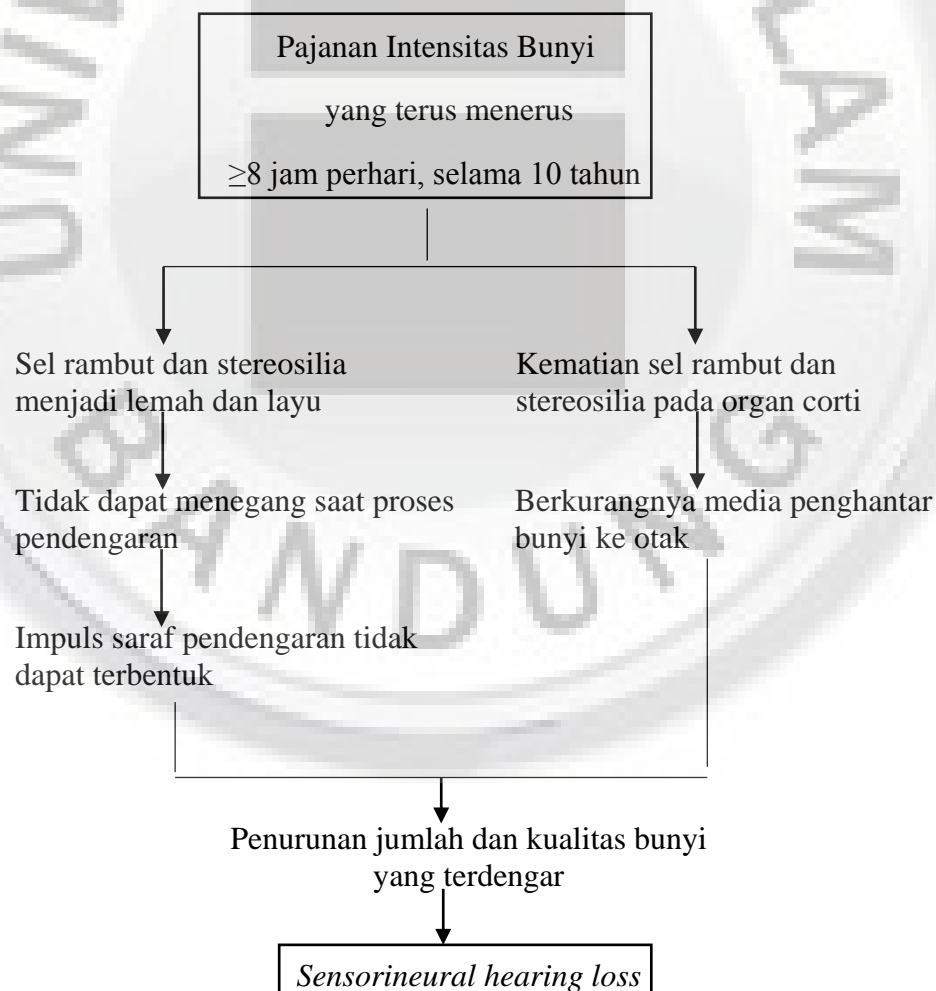
ruangan pengemasan, dan empat ruangan mesin (*weaving*). Ruangan mesin terbagi atas ruang *beatmex*, ruang C, ruang D, dan ruang lama. Walaupun memiliki fungsi yang sama, jenis mesin pada keempat ruang mesin berbeda-beda sehingga intensitas bunyinya berbeda-beda pula. Lantai dasar dalam pabrik adalah ubin yang rata dan keras, namun keempat ruangan mesin memiliki pintu besar yang selalu terbuka yang menghubungkannya dengan halaman yang beralaskan tanah dengan rumput yang cukup tebal. Pintu tersebut tidak terdapat pada ruangan non-mesin.

2.2. Kerangka Pemikiran dan Hipotesis

Pendengaran merupakan fungsi indera yang sangat membantu kehidupan dan produktifitas manusia. *Accident Compensation Corporation (ACC) New Zealand* menyebutkan bahwa penyebab utama keterbatasan aktivitas dan pergerakan manusia di dunia adalah gangguan pendengaran.¹ Ada banyak faktor risiko dan etiologi yang menyebabkan terjadinya gangguan pendengaran, salah satunya adalah bising.^{2,6} Bising dapat merusak telinga bagian dalam, yaitu organ corti yang berfungsi dalam penyampaian impuls saraf persepsi pendengaran.²⁵

Secara teoritis, gangguan pendengaran karena bising bersifat sensorineural.¹⁶ Umumnya, gangguan pendengaran ini terjadi setelah terpapar selama 10 sampai 15 tahun oleh bising, baik secara terus-menerus ataupun terputus-putus. Risiko gangguan pendengaran ini rendah pada intensitas kebisingan di bawah 85 dB, dan risiko akan meningkat pada intensitas bising di atas level tersebut. Untuk beraktivitas selama delapan jam, intensitas bising maksimal yang dapat ditolerir oleh telinga adalah 85 dB.⁶

Bising atau bunyi dengan intensitas tinggi akan merusak struktur sel rambut dan stereosilia pada organ corti dan membuatnya menjadi lemah dan layu sehingga tidak dapat menegang ketika terjadinya proses pendengaran. Selain itu, terjadi pula kematian sel rambut yang mengakibatkan berkurangnya media penghantaran bunyi menuju otak dari organ corti. Hal tersebut dapat membuat impuls saraf pada neuron urutan pertama pada serat saraf koklea terganggu dan juga berkurang. Akibatnya, akan terjadi gangguan pendengaran sensorineural akibat bising. Dengan penggunaan alat pelindung diri, intensitas bunyi yang masuk ke telinga akan diturunkan, sehingga waktu toleransi telinga terhadap bunyi akan meningkat.³⁷



Gambar 2.2 Bagan Kerangka Pemikiran
Dikutip dari: Shah¹⁴