

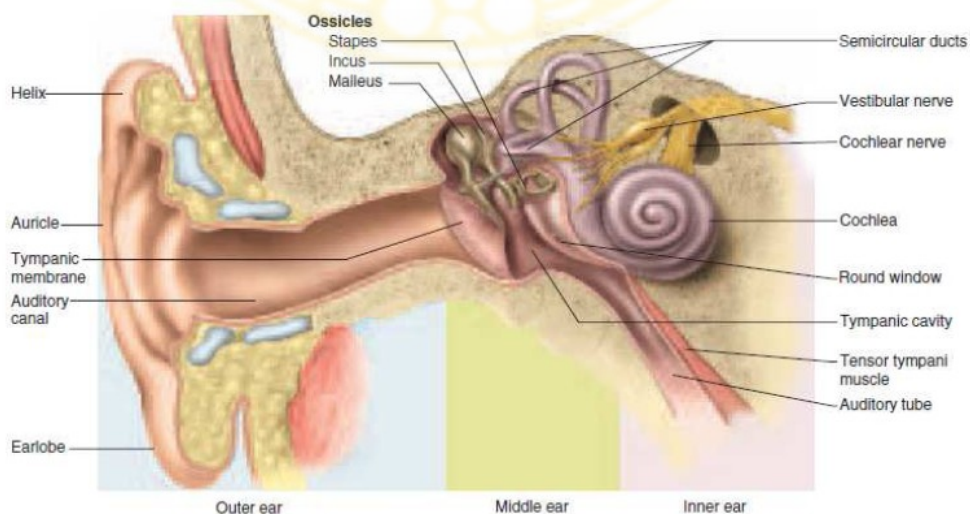
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Telinga

2.1.1 Anatomi dan Fisiologi Telinga

Telinga merupakan alat penerima gelombang suara atau gelombang udara kemudian gelombang mekanik ini diubah mejadi impuls pulsa listrik dan diteruskan ke korteks pendengaran melalui saraf pendengaran (Gabriel, 1988). Telinga merupakan organ pendengaran dan keseimbangan. Telinga manusia menerima dan mentransmisikan gelombang bunyi ke otak dimana bunyi tersebut akan di analisa dan di intrepretasikan. Cara paling mudah untuk menggambarkan fungsi dari telinga adalah dengan menggambarkan cara bunyi dibawa dari permulaan sampai akhir dari setiap bagian-bagian telinga yang berbeda. Telinga dapat dibagi menjadi 3 bagian (Syaiffudin, 2004) seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Struktur telinga (Saladin, 2003)

a. Telinga luar

Telinga luar terdiri dari daun telinga (*pinna*), saluran telinga (*canalis auditorius externus*) dan pada ujung terdapat gendang telinga (*membran timpani*) (Pearce, 2009). *Canalis auditorius externus* berfungsi untuk meningkatkan sensitivitas telinga dalam regio 3000 Hz - 4000 Hz. Kanal ini berukuran panjang sekitar 2,5 cm dengan sepertiga adalah tulang rawan sementara dua pertiga dalamnya berupa tulang. Kanal ini dapat diluruskan dengan cara mengangkat daun telinga ke atas dan ke belakang. *Membran timpani* berfungsi menyalurkan getaran di udara ke tulang-tulang kecil telinga tengah. Tekanan suara yang melebihi 160 dB dapat memecahkan gendang telinga. Apabila gendang telinga pecah, biasanya dapat sembuh kembali seperti jaringan lainnya. Karena gendang telinga sendiri terdiri dari sel-sel hidup.

b. Telinga tengah

Telinga tengah atau rongga timpani adalah bilik kecil yang mengandung udara. Rongga tersebut terletak sebelah dalam membran timpani yang memisahkan rongga itu dari meatus auditorius externa. Dalam telinga tengah bagian yang paling utama adalah osikulus. Yang terdiri dari : palu (*malleus*), landasan (*inkus*), dan sanggurdi (*stapes*). Getaran suara yang diterima oleh gendang telinga akan disampaikan ke tulang pendengaran. Setiap tulang pendengaran akan menyampaikan getaran ke tulang berikutnya. Tulang *stapes* yang merupakan tulang terkecil di tubuh meneruskan getaran ke koklea.

Osikulus ini berperan penting dalam menyesuaikan impedansi di gendang telinga dengan impedansi ruang-ruang berisi air di telinga dalam.

Tekanan suara di bagian dalam mengalami penguatan akibat kerja tulang-tulang tersebut sebagai tuas. Bahkan terjadi penguatan yang lebih besar karena luas gendang telinga yang relatif besar dibandingkan dengan luas jendela oval.

Pinggir *tuba eustachius* juga termasuk dalam telinga tengah. *Tuba Eustachius* menghubungkan ruangan pada telinga tengah ke kerongkongan. Dalam keadaan biasa, hubungan *tuba Eustachius* dan telinga tengah tertutup. Dan terbuka ketika mengunyah dan menguap. Hal ini menjelaskan mengapa penumpang pesawat terasa 'pekak sementara' ketika mendarat. Rasa 'pekak' tersebut disebabkan karena perbedaan tekanan antara udara di dalam pesawat dan udara disekeliling ketika mendarat. Tekanan udara di sekitar telah menurun, sedangkan tekanan pada telinga tengah masih tekanan udara biasa. Perbedaan ini dapat diatasi dengan mekanisme mengunyah sesuatu atau menguap.

c. Telinga dalam

Telinga dalam terdiri dari koklea, yaitu sebuah struktur kecil berbentuk spiral berisi cairan. Ketika gendang telinga bergerak, osikulus di telinga tengah menyebabkan *stapes* menekan membran lentur yang menutupi jendela oval koklea dan menyalurkan tekanan ke cairan ke dalam koklea. Getaran ini menyebabkan gerakan di membran basilaris fleksibel. Gerakan inilah yang merangsang sel-sel rambut atau *hair cells* di organ *corti* untuk kemudian menghasilkan pulsa-pulsa listrik (potensial aksi). Sinyal ini kemudian

disalurkan ke otak melalui saraf auditorius. Saraf ini memberikan informasi mengenai frekuensi dan intensitas suara yang kita dengar. Dalam koklea terdapat jendela oval yang terletak di salah satu ujung rongga vestibular, pada ruang tengah adalah duktus koklearis, dan ruang ketiga adalah rongga timpani.

2.1.2 Syaraf Pendengaran

Syaraf Pendengaran (*Nervus Auditorius*) terdiri dari dua bagian. Salah satunya pengumpulan sensibilitas dari bagian vestibuler rongga telinga dalam yang memiliki hubungan dengan keseimbangan. Serabut-serabut saraf ini bergerak menuju nukleus vestibularis yang berada pada titik pertemuan antara *pons* dan *medula oblongata*, kemudian bergerak menuju serebelum. Bagian koklea pada syaraf pendengaran adalah syaraf sebenarnya. Serabut syaraf mula-mula dipancarkan pada sebuah nukleus khusus yang berada tepat di belakang talamus, kemudian dilanjutkan ke pusat penerima dalam korteks otak yang terletak pada bagian bawah *lobus temporalis* (Pearce, 2009).

2.1.3 Fisiologi Pendengaran

Suara merupakan suatu sinyal analog/kontinyu yang secara teoritis mengandung informasi yang tak terhingga jumlahnya, yang direpresentasikan pada tak terhingga banyaknya jumlah frekuensi dan tiap frekuensi tersebut memiliki informasi fasa dan magnituda. Suara yang didengar telinga manusia mengalami perubahan dari sinyal akustik yang bersifat mekanik menjadi sinyal

listrik yang diteruskan syaraf pendengaran ke otak. Proses mendengar tentunya tidak lepas dari organ pendengaran manusia yakni telinga.

Proses pendengaran ini diawali dengan masuknya gelombang bunyi yang ditangkap oleh daun telinga melewati *meatus acusticus eksternus*. Daun telinga dan *meatus acusticus eksternus* ini menyerupai pipa kira-kira sepanjang 2 cm sehingga memiliki mode resonansi dasar pada frekuensi sekitar 4 kHz. Kemudian gelombang suara yang telah ditangkap akan membuat membran timpani telinga bergetar. Seseorang menerima suara berupa getaran pada membran tympani dalam daerah frekuensi pendengaran manusia. Getaran tersebut dihasilkan dari sejumlah variasi tekanan udara yang dihasilkan oleh sumber bunyi dan dirambatkan ke medium sekitarnya, yang dikenal sebagai medan akustik. Variasi tekanan pada atmosfer disebut tekanan suara, dalam satuan Pascal (Pa). Setelah melalui membran tympani, getaran tersebut akan menggetarkan ketiga tulang pendengaran (*malleus, incus, stapes*). Pada saat *malleus* bergerak, *incus* ikut bergerak karena *malleus* terikat kuat dengan inkus oleh ligamen-ligamen. Artikulasi dari *incus* dan *stapes* menyebabkan *stapes* terdorong ke depan pada cairan cochlear. Ketiga tulang pendengaran tadi mengubah gaya kecil dari partikel udara pada gendang telinga menjadi gaya besar yang menggerakkan fluida dalam koklea. Impedansi matching antara udara dan cairan koklea ialah sekitar 1 kHz.

Pada telinga bagian dalam terdapat koklea dan di dalam koklea terdapat membran basiliar yang bentuknya seperti serat panjangnya sekitar 32 mm. Getaran dari tulang pendengaran diteruskan melalui jendela oval, yang

kemudian akan menggerakkan fluida sehingga membran basiliar ikut bergetar akibat resonansi. Bentuk membran basiliar memberikan frekuensi resonansi yang berbeda pada suatu bagian membran. Gelombang dengan frekuensi tertentu akan beresonansi secara sempurna dengan membran basiliar pada titik tertentu, menyebabkan titik tersebut bergetar dengan keras. Prinsip ini sama dengan nada tertentu yang akan membuat garputala bergetar. Frekuensi tinggi menyebabkan resonansi pada titik yang berada di dekat jendela oval dan frekuensi rendah menyebabkan resonansi pada titik yang berada lebih jauh dari jendela oval. Organ korti yang terletak di permukaan membran basiliar yang terdiri dari sel-sel rambut ini akan mengubah getaran mekanik menjadi sinyal listrik. Laju firing (*firing rate*) sel rambut dirangsang oleh getaran membran basiliar. Kemudian sel saraf (*afere*) menerima pesan dari sel rambut dan meneruskannya ke saraf auditori, yang akan membawa informasi tersebut ke otak, yaitu korteks serebri area pendengaran (area Brodmann 41 dan 42) dan disadari sebagai rangsang pendengaran (Anggraeni, 2011).

2.2 Bunyi

Gelombang bunyi merupakan gelombang longitudinal yang terjadi karena perapatan dan perenggangan dalam medium gas, cair, atau padat. Pada medium gas, kerapatan dan tekanan terkait erat. Oleh karena itu, gelombang bunyi dalam gas, seperti udara dapat dipandang sebagai gelombang kerapatan atau gelombang tekanan (Tipler, 1998). Ada dua aspek dari setiap bunyi yang dirasakan oleh pendengaran manusia. Aspek ini adalah “kenyaringan” dan “ketinggian”, mas-

ing-masing menyatakan sensasi dalam pendengaran. Kenyaringan berhubungan dengan energi pada gelombang bunyi. Besaran fisika yang menentukan ketinggian adalah frekuensi. Telinga manusia dapat mendengar frekuensi dalam jangkauan 20 Hz samapai 20.000 Hz. Jangkauan ini disebut jangkauan pendengaran. Jangkauan ini berbeda dari orang ke orang. Satu kecenderungan umum adalah jika orang bertambah tua, mereka makin tidak bisa mendengar frekuensi yang tinggi, sehingga batas frekuensi tinggi menjadi 10.000 Hz atau kurang (Giancoli, 2001).

2.3 Intensitas Bunyi

Intensitas gelombang bunyi adalah energi yang diangkut gelombang per satuan luas per satuan waktu. Satuan intensitas gelombang bunyi adalah $\text{Jm}^{-2}\text{s}^{-1}$ atau Wm^{-2} . Intensitas gelombang bunyi terlemah yang masih dapat didengar telinga manusia normal yang berfrekuensi 1 kHz adalah sekitar 10^{-12} Wm^{-2} . Gelombang ini memiliki amplitudo tekanan $p_m \approx 2 \times 10^{-5} \text{ Nm}^{-2}$ dan $Y_m \approx 10^{-11} \text{ m}$. Intensitas gelombang bunyi sebesar 1 Wm^{-2} dapat mengakibatkan rasa sakit pada telinga manusia normal. Jika frekuensi adalah 1 kHz, maka besar amplitudo tekanan dan simpangannya adalah $p_m \approx 28 \text{ Nm}^{-2}$ dan $Y_m \approx 10^{-5} \text{ m}$.

Taraf atau tingkat intensitas gelombang bunyi dilambangkan dengan β . Satuan taraf intensitas adalah bel yang berasal dari penemu telepon yaitu Alexander Graham Bell (1847-1922). Dalam satuan dB dengan $1 \text{ dB} = 1/10 \text{ bel}$, taraf intensitas ini di definisikan seperti persamaan 1.

$$\beta = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \dots\dots\dots (1)$$

Dengan $I_0 = 10^{-12} \text{ Wm}^{-2}$ yang merupakan intensitas referensi.

Alat ukur yang digunakan untuk mengukur taraf intensitas gelombang bunyi disebut sound level meter yang berskala dB, sedangkan alat untuk menentukan spektrogram gelombang bunyi disebut audiometer. Sumber gelombang bunyi yang praktis adalah *loadspeaker*. *Loadspeaker* merupakan suatu jenis *transduser* yang mengubah energi listrik menjadi energy mekanik berupa getaran membran. Daya keluaran mekanik *loadspeaker* dapat diukur melalui pengukuran daya listrik masukan. Karena daya listrik merupakan fungsi kuadrat tegangan listrik maka taraf intensitas bunyi dapat dituliskan sebagai fungsi tegangan listrik seperti berikut.

$$I = \frac{P}{A} \Rightarrow P = \frac{V^2}{R} \dots\dots\dots (2)$$

$$\beta = 10 \log \left(\frac{P/A}{P_0/A} \right) \Rightarrow \beta = 10 \log \left(\frac{P}{P_0} \right) \dots\dots\dots (3)$$

$$\beta = 10 \log \left(\frac{V^2/R}{V_0^2/R} \right) \Rightarrow \beta = 10 \log \left(\frac{V}{V_0} \right)^2 \dots\dots\dots (4)$$

$$\beta = 20 \log \left(\frac{V}{V_0} \right) \dots\dots\dots (5)$$

Dengan V adalah tegangan listrik masukan *loadspeaker* untuk frekuensi tertentu dan V_0 adalah tegangan listrik masukan refrensi untuk frekuensi 1 kHz (Cameron, 2006).

2.4 Gangguan Pendengaran

Gangguan pendengaran adalah istilah generik yang mengindikasikan ketidakmampuan mendengar yang bervariasi tingkat keparahannya, mulai dari ringan sampai berat, termasuk ketulian dan kesulitan mendengar. Gangguan pendengaran dapat disebut juga dengan ketulian. Orang tuli yaitu orang yang tidak mampu mendengar sedemikian rupa sehingga menghalangi keberhasilan pemrosesan informasi linguistik melalui pendengaran dengan atau tanpa alat bantu dengar. Orang dengan kesulitan pendengaran yaitu orang yang dengan menggunakan alat bantu dengar mempunyai pendengaran sisa yang cukup untuk dapat memproses informasi linguistik melalui pendengaran (Latifah, 2010).

Tuli dalam kedokteran dibagi atas 3 jenis, yaitu (Gabriel, 1988):

1. Tuli/Gangguan Dengar Konduksi yaitu gangguan dengar yang disebabkan kelainan di telinga bagian luar dan/atau telinga bagian tengah, sedangkan saraf pendengarannya masih baik, dapat terjadi pada orang dengan infeksi telinga tengah, infeksi telinga luar atau adanya serumen di liang telinga.
2. Tuli/Gangguan Dengar Saraf atau *Sensorineural* yaitu gangguan dengar akibat kerusakan saraf pendengaran, meskipun tidak ada gangguan di telinga bagian luar atau tengah.
3. Tuli/Gangguan Dengar Campuran yaitu gangguan yang merupakan campuran kedua jenis gangguan dengar di atas, selain mengalami kelainan di telinga bagian luar dan tengah juga mengalami gangguan pada saraf pendengaran.

Adapun beberapa gangguan yang dikelompokkan berdasarkan tempat terjadinya gangguan pada bagian telinga:

1. Telinga luar : Jalur pendengaran tertutup oleh benda asing seperti serumen (kotoran)
2. Telinga tengah : Lubang/sobeknya gendang telinga, koklea sakit yang disebabkan tidak adanya kecocokan impedansi antara udara dan konduksi tulang.
3. Telinga dalam : Bising yang berkepanjangan karena cidera pendengaran, transmisi suara ke otak tidak memadai.

2.5 Audiometri

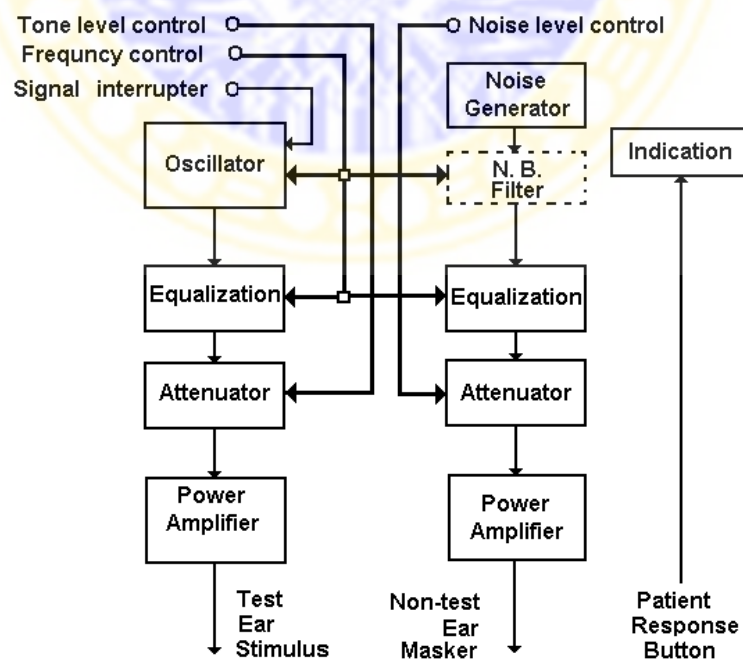
Audiometri berasal dari kata *audire* dan *metrios* yang berarti mendengar dan mengukur (uji pendengaran) (Aritmoyo, 1985). Audiometri adalah teknik untuk mengidentifikasi dan menentukan ambang pendengaran seseorang dengan mengukur sensitivitas pendengarannya menggunakan alat yang disebut audiometer, sehingga perawatan medis atau salah satu alat bantu dengar yang tepat dapat diresepkan (Aras, 2003).

Dengan teknik ini, rangsangan pendengaran dengan taraf intensitas yang berbeda-beda disajikan kepada pasien yang akan menanggapi rangsangan ini. Tingkat intensitas minimum rangsangan yang diperoleh dari respon yang konsisten diambil sebagai ambang pendengaran. Berdasarkan ambang pendengaran, sensitivitas pendengaran pasien dapat diestimasi dengan menggunakan sebuah audiogram. Sebuah audiogram adalah grafik taraf

intensitas ambang dan frekuensi. Ada berbagai macam prosedur audiometri yang berbeda-beda tergantung pada rangsangan digunakan, diantaranya adalah audiometri nada murni dan audiometri tutur.

2.6 Audiometer

Audiometer adalah peralatan elektronik untuk mengukur ambang pendengaran yang biasa digunakan untuk mendiagnosis pendengaran seseorang. Pada audiometer nada murni, kedua telinga akan diperiksa satu persatu. Untuk memeriksa gangguan pendengaran konduksi kedua telinga akan dipasang oleh *headphone*, sedangkan untuk memeriksa gangguan pendengaran *sensorineural* kedua telinga akan dipasang oleh *bone vibrator* (Cameron, 2006). Blok diagram Audiometer secara umum audiometer (Aras, 2003) terdapat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Blok diagram umum Audiometer (Aras, 2003)

Audiometer terdiri dari berbagai jenis, tergantung pada rentang frekuensi, berbagai output akustik, modus penyajian akustik, fasilitas masking, prosedur yang digunakan, dan jenis stimulus akustik. Audiometer mampu menghasilkan nada murni pada frekuensi tertentu, taraf intensitas tertentu, dan durasi, baik tunggal atau gabungan. Sebuah audiometer konvensional terdiri dari tombol-tombol dengan skala kalibrasi untuk menyeleksi frekuensi nada tingkat tertentu. Terdapat dua macam audiometer yakni audiometer nada murni dan tutur (Aritmoyo, 1985).

2.6.1 Audiometer nada murni

Audiometer nada murni adalah suatu alat uji pendengaran dengan yang dapat menghasilkan bunyi nada-nada murni dari berbagai frekuensi 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 8000 Hz dan taraf intensitas dalam satuan (dB). Bunyi yang dihasilkan disalurkan melalui *headphone* ke telinga orang yang diperiksa pendengarannya. Masing-masing untuk mengukur ketajaman pendengaran melalui hantaran udara (untuk keluaran dari *headphone*) pada tingkat intensitas nilai ambang, sehingga akan didapatkan kurva hantaran tulang dan hantaran udara. Telinga manusia normal mampu mendengar suara dengan kisaran frekuensi 20-20.000 Hz. Frekuensi dari 500-2000 Hz yang paling penting untuk memahami percakapan sehari-hari.

Derajat ketulian dan nilai ambang pendengaran menurut ISO 1964 (*Acceptable audiometric hearing levels*) dan ANSI 1969 (*Standard Reference*

Threshold Sound-Pressure Levels for Audiometers) pada frekuensi nada murni (Gatot, 2011):

- 1 Jika peningkatan ambang dengar antara 0 - 25 dB, disebut normal
- 2 Jika peningkatan ambang dengar antara 26 - 40 dB, disebut tuli ringan
- 3 Jika peningkatan ambang dengar antara 41 - 60 dB, disebut tuli sedang
- 4 Jika peningkatan ambang dengar antara 61 - 90 dB, disebut tuli berat
- 5 Jika peningkatan ambang dengar > 90 dB, disebut tuli sangat berat

Namun pada penelitian ini, taraf intensitas dari tiap frekuensi memiliki nilai maksimal yang berbeda. Nilai taraf intensitas maksimal untuk frekuensi 250 Hz dan 500 Hz sebesar 50 dB, frekuensi 1 kHz dan 2 kHz sebesar 55 dB, frekuensi 4 kHz sebesar 60 dB, sedangkan frekuensi 8 kHz sebesar 65 dB.

2.6.2 Audiometer tutur

Audiometer tutur adalah alat uji pendengaran menggunakan kata-kata terpilih yang telah dibakukan dan dikaliberasi, untuk mengukur beberapa aspek kemampuan pendengaran. Prinsip audiometri tutur hampir sama dengan audiometri nada murni, hanya disini alat uji pendengaran menggunakan daftar kata terpilih yang dituturkan pada penderita. Kata-kata tersebut dapat dituturkan langsung oleh pemeriksa melalui mikrofon yang dihubungkan dengan audiometri tutur, kemudian disalurkan melalui *headphone* ke telinga yang diperiksa pendengarannya secara langsung, atau kata-kata direkam terlebih dahulu dan disimpan di dalam file PC, kemudian diputar kembali dan disalurkan melalui *headphone* penderita. Penderita diminta untuk menebak dan menirukan dengan jelas setiap kata yang didengar.

Pemeriksa mencatat presentase kata-kata yang ditirukan dengan benar dari tiap denah pada tiap taraf intensitas. Hasil ini dapat digambarkan pada suatu diagram yang absisnya adalah taraf intensitas kata-kata yang didengar, sedangkan ordinatnya adalah persentase kata-kata yang ditebak dengan benar. Dari audiogram tutur dapat diketahui dua titik penting yaitu (Asroel, 2009):

- *Speech Reception Threshold* (SRT) adalah batas minimum penerimaan percakapan dan bertujuan untuk mengetahui kemampuan pendengaran penderita dalam mengikuti percakapan sehari-hari atau disebut validitas sosial. Titik SRT ini diperoleh bila penderita telah dapat menirukan secara benar 50% dari kata-kata yang disajikan. Dengan SRT ini, kita dapat memperoleh gambaran ketulian secara kuantitatif.
- *Speech Discrimination Score* (SDS) untuk mengetahui kemampuan pendengaran penderita dalam membedakan bermacam-macam kata yang didengar. Normalnya adalah 90%-100%.

Audiometri tutur pada prinsipnya pasien akan mendengar kata-kata dengan jelas artinya pada taraf intensitas tertentu mulai terjadi gangguan sampai 50% tidak dapat menirukan kata-kata dengan tepat. Interpretasi hasil pemeriksaan Audiometer tutur untuk SRT :

- Ringan masih bisa mendengar pada taraf intensitas 20-40 dB
- Sedang masih bisa mendengar pada taraf intensitas 40-60 dB

- Berat sudah tidak dapat mendengar pada taraf intensitas 60 – 80 dB
- Berat sekali tidak dapat mendengar pada taraf intensitas > 80 dB

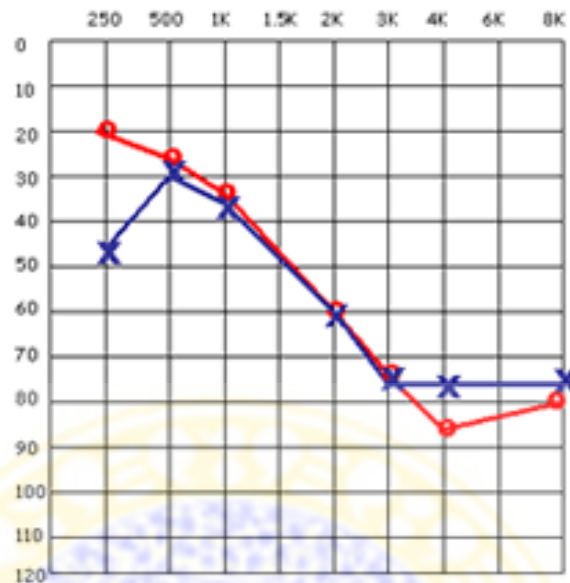
Sedangkan menurut Hopkinson dan Thomson (1967) interpretasi hasil pemeriksaan Audiometer tutur untuk SDS :

- Normal atau tuli konduktif memiliki SDS 90%-100%
- Tuli campuran, presbiakusis memiliki SDS 50%-80%
- Kelainan koklea memiliki SDS 22%-40%
- Kelainan retrokoklea memiliki SDS <22%

Dari kedua nilai tersebut, yang paling banyak dipakai adalah SDS. Hal ini karena disamping hasil secara kuantitatif dapat menunjukkan jenis gangguan pendengaran, serta dapat menunjukkan lokasi/kerusakan pada sistem pendengaran yang tidak dapat diketahui dengan tes audiometer nada murni. Lokasi tersebut pada telinga luar dan tengah, telinga dalam (koklear) dan retrokoklear.

2.7 Audiogram

Audiogram merupakan plot dari taraf intensitas HL (*Hearing Level*) dan frekuensi. Pada pemeriksaan audiogram digunakan frekuensi antara 250 – 8000 Hz dengan taraf intensitas 0 – 100 dB. Untuk telinga kiri dipakai warna biru sedangkan untuk telinga kanan menggunakan warna merah (Gatot, 2011). Gambar audiogram tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Audiogram (Gatot, 2011)

Dengan membaca audiogram ini kita dapat mengetahui jenis dan derajat ambang pendengaran seseorang. Gambaran audiogram rata-rata sejumlah orang yang berpendengaran normal dan berusia sekitar 20-29 tahun merupakan nilai ambang baku pendengaran untuk nada murni (Aritmoyo, 1985).

2.8 Sound Level Meter

Sound level meter adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur taraf intensitas sumber bunyi. *Sound level meter* ini biasa digunakan untuk mengukur taraf intensitas kebisingan di lingkungan kerja. Bunyi yang dibangkitkan terdiri atas dua parameter, yaitu taraf intensitas dan frekuensi. Untuk mengetahui seberapa besar penyimpangan bunyi dalam taraf intensitas yang dibangkitkan oleh audiometer adalah dengan melakukan pengukuran menggunakan *sound level*

meter. Jadi pada penelitian ini fungsi *sound level meter* adalah sebagai kalibrator. *Sound level meter* ini terdiri atas mikrofon dan sebuah sirkuit elektronik termasuk *attenuator*, 3 jaringan perespon frekuensi, skala indikator dan *amplifier*.

Tiga jaringan tersebut distandarisasi sesuai standar *sound level meter*. Tujuannya adalah untuk memberikan pendekatan yang terbaik dalam pengukuran tingkat kebisingan total (Davis and Patronis, 2006). Contoh gambar dari *sound level meter* adalah seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 *Sound Level Meter* (Bachtiar, 2011)

2.9 Bahasa Pemrograman Delphi

Borland Delphi atau biasa disebut dengan Delphi, adalah bahasa pemrograman berbasis visual atau biasa disebut dengan pemrograman berorientasi objek (*Object Oriented Programming*) (Marcus, 2003). Dengan konsep ini, maka pembuatan aplikasi menggunakan Delphi dapat dilakukan dengan cepat dan

menghasilkan aplikasi yang lebih baik dan tangguh. Dasar bahasa pemrograman yang digunakan adalah pascal. Delphi pertama kali diluncurkan pada tahun 1995 yang menjadi generasi penerus dari Turbo Pascal yang beroperasi di bawah system operasi *Windows*.

Keunggulan bahasa pemrograman ini terletak pada:

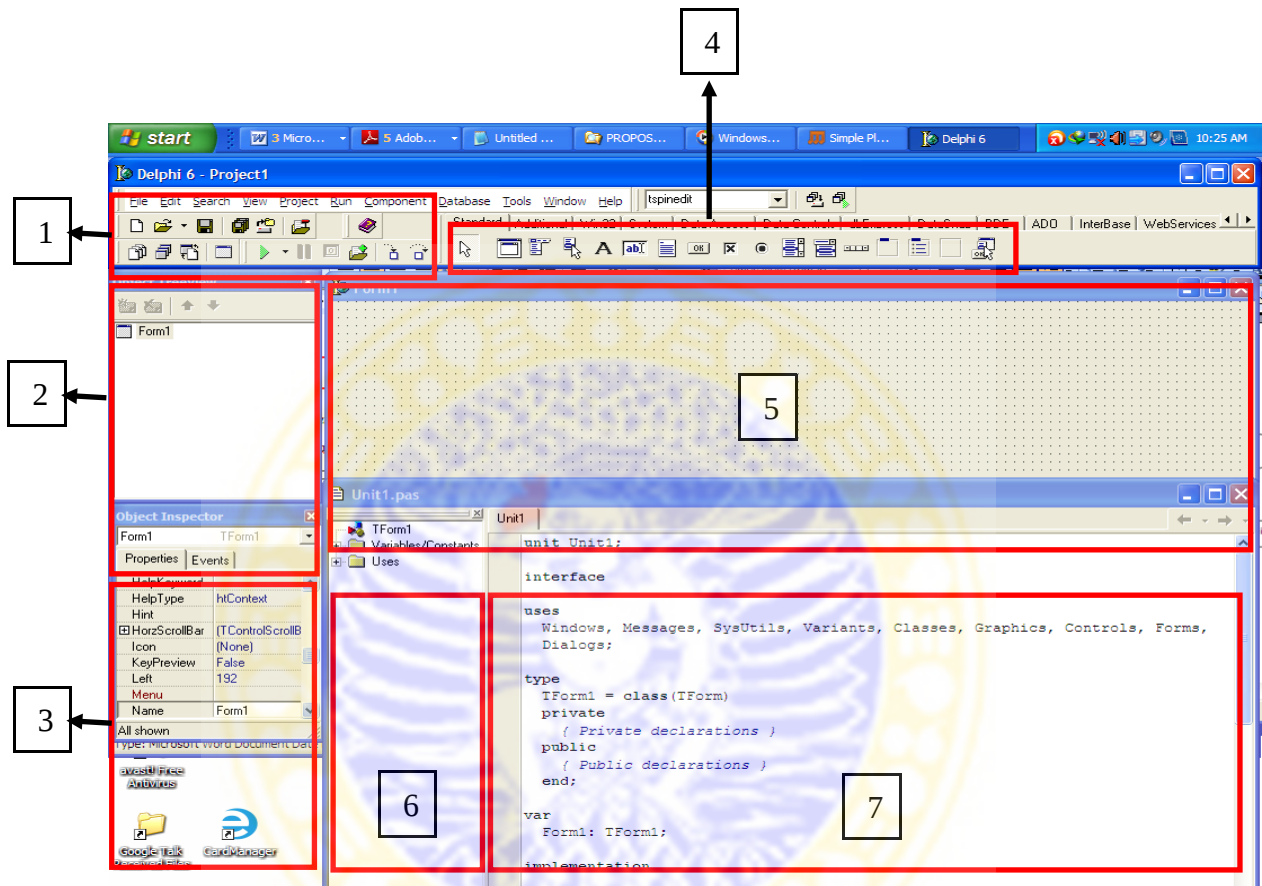
1. Kualitas
2. Pengembangan perangkat lunak
3. Desain
4. Kecepatan eksekusi program
5. Berbasis *Windows*

Khusus untuk pemrograman *database*, Borland Delphi menyediakan fasilitas objek yang kuat dan lengkap yang memudahkan *programmer* dalam membuat program. Format *database* yang dimiliki Delphi adalah format *database* Paradox, dBase, Ms. Access, ODBC, SyBASE, MySQL, Oracle dan lain-lain.

2.9.1 Lingkungan Kerja Delphi

Setelah menjalankan Delphi akan ditampilkan lingkungan pengembangan aplikasi terintegrasi (*Integrated Development Environment*) atau yang biasa disebut IDE (Estu,2011). Lingkungan kerja tersebut menyediakan seluruh sarana yang diperlukan untuk merancang, membangun, mencoba, mencari atau melacak kesalahan serta mendistribusikan aplikasi. Sarana-sarana inilah yang memungkinkan pembuatan prototype aplikasi menjadi lebih mudah dan waktu yang diperlukan

untuk pengembangan aplikasi menjadi lebih singkat. Gambar 2.7 adalah tampilan awal setelah Delphi dijalankan.



Gambar 2.5 Tampilan awal Delphi

Keterangan dari gambar tersebut adalah sebagai berikut (Andi, 2003) :

1. *Menu Bar*, berisi menu standar yang terdapat dalam setiap program yang akan disimbolkan dalam *ToolBar*. Contoh yang terdapat dalam Borland Delphi adalah *file, edit, search, view, project, run* dll.
2. *Object Tree View*, digunakan untuk melihat dengan jelas bagaimana hirarkhi komponen-komponen yang ada dalam form aplikasi.

3. *Object Inspector*, digunakan untuk menentukan dan mengubah atribut dan objek serta bias memilih komponen melalui objek ini.
4. *Component Palette*, berisi komponen-komponen visual dan non visual yang dapat digunakan untuk merancang antar muka bagi pemakai aplikasi. *Component Palette* ini terdiri atas beberapa halaman yang dipakai sebagai pengelompok jenis komponen.
5. *Form Designer*, adalah jendela kosong tempat merancang antar muka pemakai (*user friendly*) aplikasi. Pada area inilah ditempatkan komponen-komponen sehingga aplikasi dapat berinteraksi dengan pemakainya.
6. *Code Explorer*, berfungsi untuk memudahkan pemakai berpindah antar file unit yang terdapat dalam jendela *Code Editor*. Jendela ini berisi diagram pohon yang menampilkan semua tipe, class, properti, metode, variabel global, dan rutin global yang telah didefinisikan di dalam unit.
7. *Code Editor*, berfungsi untuk menulis dan menyunting kode program. Lokasi *code editor* ada dibelakang *form*. Untuk melihatnya bias menggeser *form* yang menghalanginya atau menggunakan tombol F12. *Code editor* juga akan tampil saat mengklik dua kali salah satu komponen yang terdapat dalam *form*.

2.9.2 Komponen Delphi

Komponen-komponen yang terletak pada bagian *Component Palette* yang telah tertata dalam beberapa tab masing-masing menunjukkan maksud dan fungsi.

Masing-masing tab ditampilkan dalam konfigurasi default yang tergantung dari versi program Delphi yang digunakan.

Beberapa contoh tab default diantaranya adalah *Standard*, *Additional*, *Win32*, *System*, *Data Access*, *Data Controls*, *dbExpress*, *DataSnap*, *BDE*, *ADO*, *InterBase*, *InternetExpress*, dll. Namun pada penelitian ini dibutuhkan suatu komponen baru yang harus diinstal terlebih dahulu. Komponen tersebut adalah komponen TONEGEN yang berfungsi untuk membangkitkan suatu gelombang suara berbentuk sinus yang dibutuhkan pada aplikasi audiometer nada murni.

Selain komponen TONEGEN, dibutuhkan pula tab MMTOOLS yang menyediakan fasilitas dari beberapa komponen multimedia. Dalam penelitian ini, MMTOOLS digunakan untuk memisahkan gelombang suara agar dapat muncul hanya di salah satu sisi *Headphone*. Selain itu, tersedia beberapa tampilan animasi untuk menunjang tampilan dari aplikasi audiometer nada murni maupun tutur.