

# Perancangan Aplikasi Audiometer Nada Murni dan Tutur untuk Diagnosis Pendengaran

Sabrina Ifahdini S<sup>1</sup>, Adri Supardi<sup>2</sup>, Franky Chandra<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknobiomedik Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Airlangga

Email: [sabrina.biomedical@yahoo.com](mailto:sabrina.biomedical@yahoo.com)<sup>1</sup>, [adri@unair.ac.id](mailto:adri@unair.ac.id)<sup>2</sup>,  
[frankysatria@gmail.com](mailto:frankysatria@gmail.com)<sup>3</sup>

## ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian dengan tujuan merancang suatu perangkat lunak Audiometer nada murni maupun tutur yang lebih praktis, efektif, dan efisien dan mampu menampilkan audiogram nada murni maupun tutur serta hasil diagnosis gangguan pendengaran pasien pada frekuensi 250 Hz hingga 8 kHz secara langsung dan disimpan dalam *database*. Dalam penelitian ini, sistem aplikasi perangkat lunak audiometer telah diprogram menggunakan Delphi untuk dapat menghasilkan nada murni dengan memanfaatkan *soundcard* dari komputer/laptop. Dalam proses pembangkitan nada murni ini dibutuhkan suatu komponen audio bernama Tonegen. Sedangkan untuk audiometer tutur, dibutuhkan suatu rekaman kata-kata yang telah dibakukan yakni *PB List* yang untuk selanjutnya diujikan pada pasien. Variabel frekuensi memiliki tingkat akurasi sebesar 100% dan tingkat presisi sebesar 100%. Variabel taraf intensitas untuk *headphone* kanan memiliki tingkat akurasi sebesar 99,4% dan tingkat presisi sebesar 99,85%, sedangkan untuk *headphone* kiri memiliki tingkat akurasi sebesar 99,45% dan tingkat presisi sebesar 99,84%.

Kata kunci : audiometer nada murni, audiometer tutur, perangkat lunak, gangguan pendengaran, diagnosis pendengaran.

## **ABSTRACT**

It has been conducted a research with the goal of designing a pure tone and speech audiometer software that is more practical, effective, efficient and capable of displaying pure tone and speech audiogram as well as the diagnosis of hearing loss patients at a frequency 250 Hz to 8 kHz and stored directly in to database. In this study, the application system audiometer software was programmed using Delphi to be able producing pure tones using soundcard of computer / laptop. In this pure tone generation process needs an audio component called Tonegen. As for the speech audiometer, it needs some recordings of words that have been standardized (PB List) then subsequently tested on patients. Variable of frequency has accuracy percentage of 100% and precision percentage of 100%. Variable of sound level for the right headphone has accuracy percentage of 99,4% and precision percentage of 99,85%, whereas for the left headphone has accuracy percentage of 99,45% and precision percentage of 99,84%.

Keyword : pure tone audiometer, speech audiometer, software, hearing loss, hearing level diagnosis.

## PENDAHULUAN

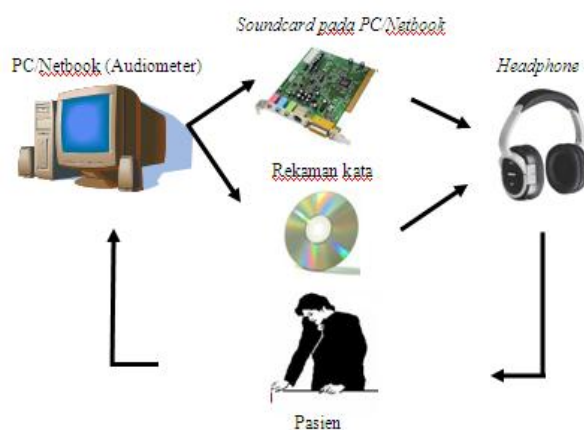
Damayanti (2010) mengatakan bahwa angka ketulian telah mencapai 16,8% dari jumlah penduduk Indonesia dan 0,4% untuk ketulian dengan kelompok tertinggi di usia sekolah (7-9 tahun). Disamping itu diperkirakan setiap tahunnya akan ada sekitar 5200 bayi lahir tuli. Angka tersebut yang menempatkan Indonesia termasuk negara yang memiliki angka ketulian yang tinggi di Asia Tenggara. Tingkat penurunan kemampuan pendengaran (ambang pendengaran) pada individu dapat diketahui dengan berbagai jenis tes pendengaran diantaranya tes bisik, tes garputala, tes audiometri (Miyoso, 1985). Hingga saat ini telah berkembang audiometer dengan berbagai jenis, diantaranya adalah Audiometer nada murni dan Audiometer tutur.

Namun dari pemeriksaan ketulian dengan menggunakan audiometer tersebut masih terdapat beberapa kekurangan dan keterbatasan. Audiometer pada umumnya hanya menyediakan tampilan hasil data yang mentah sehingga hanya orang yang ahli dalam bidang audiologi yang mampu mendiagnosa secara penuh. Tampilan data tersebut berupa audiogram yang menunjukkan berapa tingkat taraf intensitas yang menunjukkan ambang pendengaran pasien. Selain itu, audiometer umumnya berupa audiometer dengan rangkaian yang rumit dan berbentuk *hardware* analog audiometer dan tidak praktis untuk dibawa dari satu tempat ke tempat yang lain.

## METODE PENELITIAN

### 1. Perancangan

Dalam penelitian ini perancangan sistem dari perangkat lunak audiometer diprogram melalui PC/Laptop. Adapun blok diagram perancangan sistem secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Blok diagram perancangan sistem

### **1. Komputer Pribadi (PC)**

Komputer pribadi adalah suatu sistem yang berfungsi untuk mengontrol kerja dan pengolahan data yang kemudian ditampilkan pada layar monitor dengan hasil audiogram beserta diagnosis ambang pendengaran pasien. Selain itu fungsi dari komputer pribadi ini adalah untuk membuat suatu program (perangkat lunak) uji ambang pendengaran dan diagnosis pendengaran dengan menggunakan software Delphi 6.0.

### **2. Soundcard**

Dalam penelitian ini *soundcard* berfungsi untuk mengolah sinyal dari berbagai taraf intensitas dan frekuensi. Komponen utama dari *soundcard* adalah ADC (*Analog to Digital Converter*) dan DAC (*Digital to Analog Converter*).

### **3. Rekaman kata**

Rekaman kata-kata ini terdiri dari beberapa kata yang telah dibakukan dan digunakan untuk menguji kemampuan pasien dalam menirukan kata-kata dengan benar.

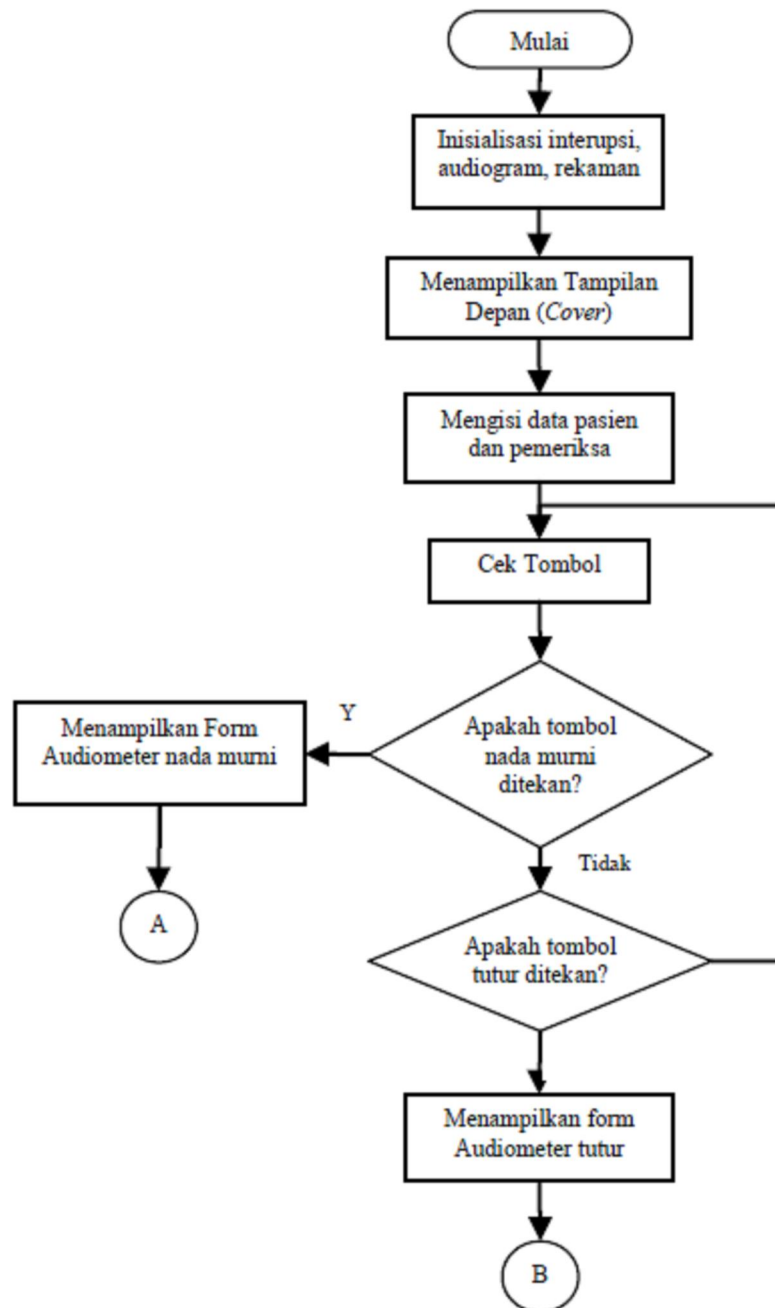
### **4. Headphone**

*Headphone* adalah suatu piranti yang berfungsi untuk mengubah besaran listrik menjadi suara/bunyi dari berbagai taraf intensitas dan frekuensi yang dapat didengar manusia. Dengan *headphone* ini, pasien akan mendengarkan beberapa nada murni (Audiometri nada murni) maupun kata-kata yang terekam (Audiometri tutur).

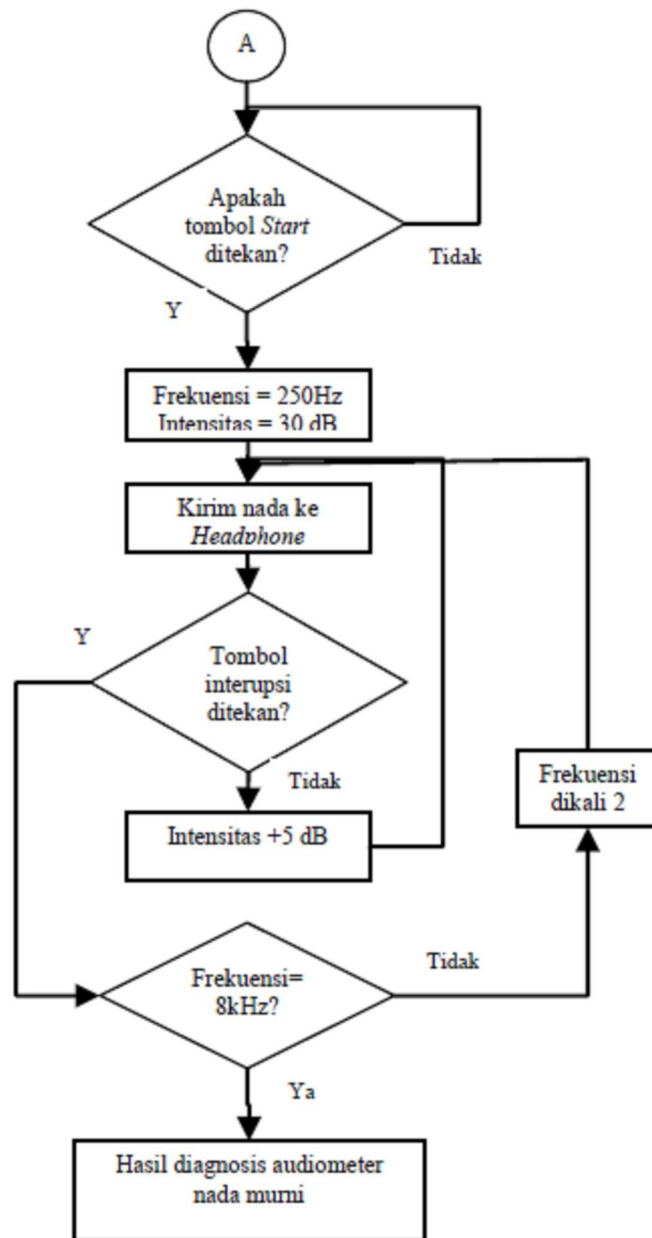
### **5. Pasien**

Pasien adalah objek yang diuji ambang pendengarannya dengan cara mendengar bunyi dari berbagai taraf intensitas dan frekuensi.

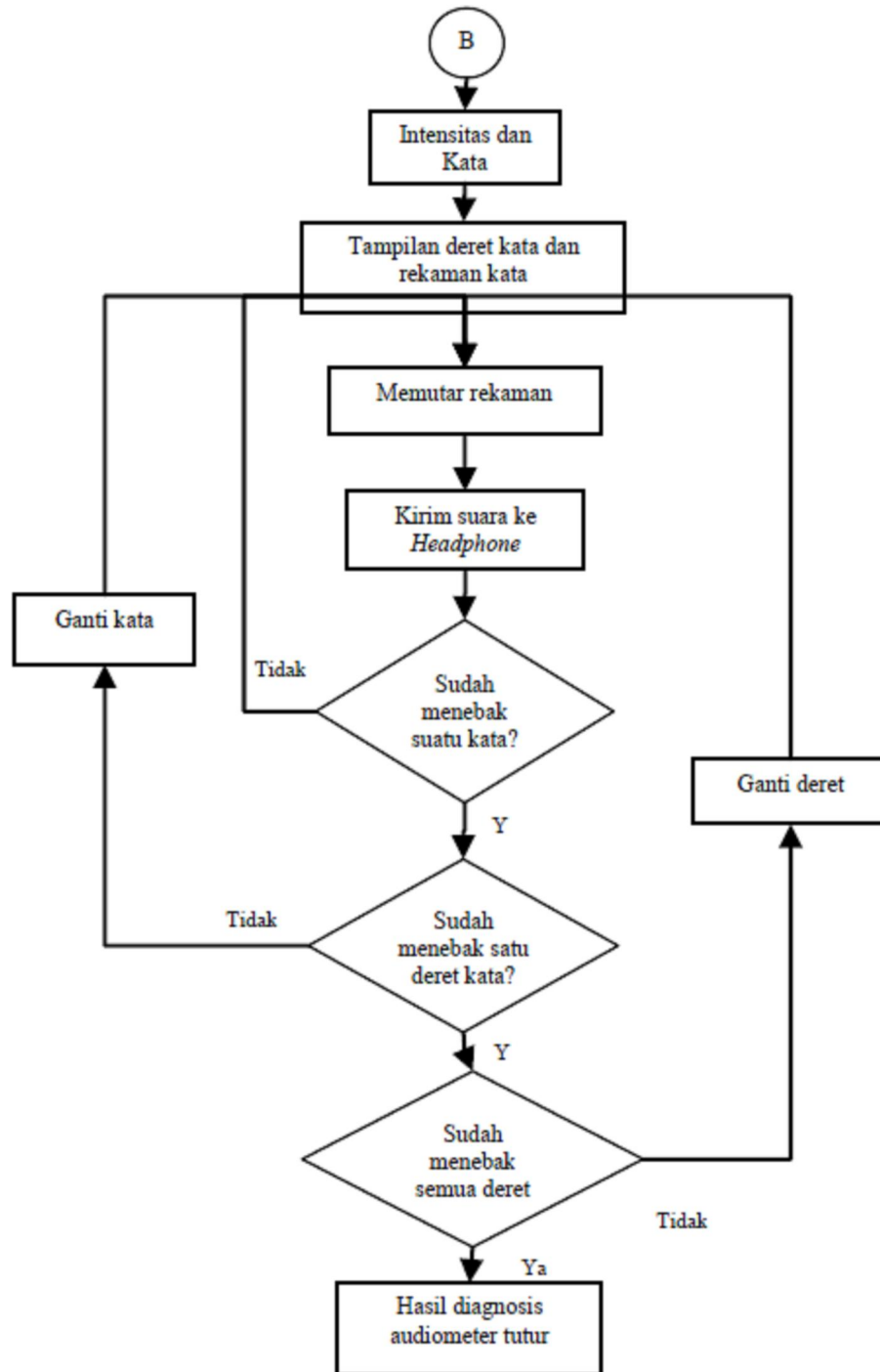
Perancangan *software* meliputi proses interupsi pasien, penampilan grafik Audiogram program melalui monitor, pengaturan frekuensi dan taraf intensitas (dB), serta penyimpanan data pasien melalui memori komputer. Adapun diagram alir rancangan program audiometer nada murni dan tutur dibagi menjadi 3 yakni diagram alir menu utama, diagram alir menu audiometer nada murni dan diagram alir menu audiometer tutur.



Gambar 3. Diagram alir menu utama program



Gambar 4. Diagram alir menu audiometer nada murni



Gambar 5. Diagram alir menu audiometer tutur

## 2. Kalibrasi

Kalibrasi pada umumnya merupakan proses untuk menyesuaikan keluaran atau indikasi dari suatu perangkat pengukuran agar sesuai dengan besaran dari standar yang digunakan dalam akurasi tertentu. Kalibrasi dimaksudkan sebagai tindakan

untuk menyesuaikan bunyi yang dibangkitkan oleh audiometer, sehingga sesuai dengan ketentuan atau kebutuhan pemeriksaan. Pada audiometer nada murni, bunyi yang dibangkitkan terdiri atas dua parameter, yaitu taraf intensitas dan frekuensi. Sedangkan pada audiometer tutur, suara yang dibangkitkan juga terdiri dari dua parameter, yaitu taraf intensitas dan jenis kata. Untuk mengetahui seberapa besar penyimpangan bunyi/suara dalam taraf intensitas yang dibangkitkan oleh audiometer adalah dengan melakukan pengukuran dengan menggunakan *sound level meter*. Selain mengkalibrasi variabel taraf intensitas, variabel frekuensi juga akan dikalibrasi. Pada kalibrasi frekuensi, dibutuhkan suatu osiloskop yang akan disambungkan pada PC.

### **3. Pengujian**

Pengujian dimaksudkan untuk mengetahui kesesuaian perangkat lunak yang dirancang dengan *soundcard* pada komputer pribadi dengan audiometer yang telah berstandar dan digunakan di pasaran. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengujikan program perangkat lunak audiometer yang telah dibuat pada penelitian ini ke beberapa sampel pasien yang diambil secara acak.

Setelah dilakukan pengujian ke beberapa pasien, maka tahap berikutnya adalah membandingkan kedua hasil dari pemeriksaan pasien. Diharapkan, bahwa kedua pemeriksaan tersebut memiliki hasil yang sama sehingga dapat disimpulkan bahwa program yang dibuat dari penelitian telah memenuhi standar alat medis pada umumnya.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **1. Hasil Perancangan**

Perancangan sistem yang berhasil dibuat dalam penelitian ini adalah perancangan perangkat lunak (*software*) aplikasi beserta rancangan pendukungnya yang telah mampu menghasilkan gelombang sinus dalam bentuk nada-nada murni dari berbagai frekuensi dan taraf intensitas (dB) untuk audiometer nada murni. Selain nada murni, telah dibuat suatu rekaman tutur yang dapat diubah taraf intensitasnya (dB) untuk audiometer tutur. Selanjutnya nada-nada murni dan rekaman tutur tersebut akan digunakan sebagai parameter diagnosis gangguan pendengaran pasien.

Perancangan program aplikasi audiometer nada murni maupun tutur pada penelitian ini telah berhasil dibuat dengan bahasa Pascal menggunakan *software* Delphi 6.0. Program audiometer ini terdiri dari empat form menu yakni form tampilan depan dan menu utama, form pengisian data pasien, form tampilan audiometer nada murni, dan form tampilan audiometer tutur.



### 1.1 Tampilan Data Pasien

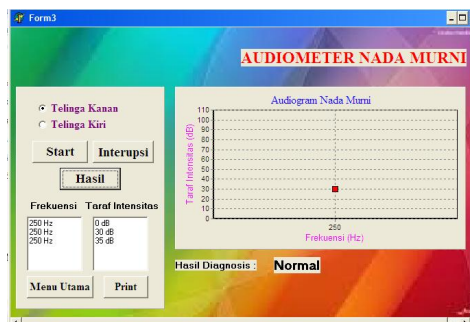
Fungsi dari *form* ini adalah untuk menyimpan data identitas pasien serta hasil diagnosis pendengaran sehingga akan memudahkan pemeriksa untuk mencari hasil rekam medis saat dibutuhkan kembali. Tampilan data pasien ini dapat diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Tampilan data pasien

### 1.2 Tampilan Audiometer Nada Murni

Tampilan/*form* ini digunakan untuk memeriksa pendengaran pasien dengan cara pasien akan mendengarkan beberapa nada murni dari berbagai frekuensi maupun taraf intensitas. Fungsi dari audiometer nada murni adalah untuk mendiagnosis ambang dengar pasien sehingga dapat diketahui apakah pasien memiliki gangguan pendengaran tertentu atau tidak. Tampilan Audiometer nada murni ini dapat diperlihatkan pada Gambar 7.

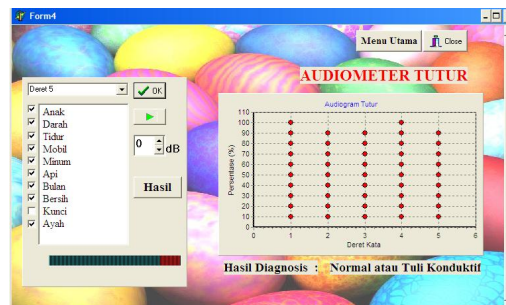


Gambar 7. Tampilan Menu Audiometer Nada Murni

### 1.3 Tampilan Audiometer Tutar

Pemeriksaan dengan audiometer tutur ini perlu dilakukan karena kelemahan audiometer nada murni yang hanya memeriksa berupa nada-nada saja, tidak bahasa. Oleh karena itu, pada audiometer tutur ini disajikan beberapa kata-kata. Kata-kata yang digunakan adalah kata-kata yang biasa diucapkan pada percakapan. Kata-kata ini berupa kata-kata baku dari UGM atau biasa disebut UGM *PB List* (*Phonetically*

*Balanced List*). Namun dalam penelitian ini, rekaman kata tidak diambil dari rekaman asli UGM melainkan rekaman yang dibuat sendiri namun tetap menggunakan kata-kata yang telah dibakukan. Tampilan Audiometer tutur ini dapat diperlihatkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Tampilan Menu Audiometer Tutur

## 2. Hasil Uji Kinerja Program dan Analisis Data

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kesesuaian perangkat lunak audiometer nada murni dan tutur yang telah dirancang dengan Komputer Pribadi. Terdapat dua parameter yang harus diuji kalibrasi yakni parameter frekuensi dan parameter taraf intensitas (dB).

### 2.1 Hasil Uji Frekuensi

Parameter frekuensi yang telah dibangkitkan oleh program *Delphi* diuji dengan menggunakan osiloskop untuk mengetahui ketepatan nilai frekuensi yang telah dihasilkan dengan cara melihat dari bentuk gelombang pada layar osiloskop. Nilai frekuensi yang dihasilkan oleh program diharapkan sama dan sesuai dengan frekuensi pada umumnya. Pengukuran frekuensi dengan osiloskop ini dilakukan sebanyak lima kali yang selanjutnya diambil rata-rata dan nilai *error* seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran frekuensi

Frek (Hz)	Osiloskop (Hz)					Rata (Hz)	Error (%)
250	250	250	250	250	250	250	0
500	500	500	500	500	500	500	0
1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	0
2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	0
4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	0
8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000	0
Rata-rata kesalahan/error							0

### 2.2 Hasil Uji Taraf Intensitas (TI)

Pada pengujian taraf intensitas, program dijalankan pada nilai dB mulai dari 30 hingga maksimal dB di tiap frekuensi yang berbeda-beda dengan penambahan kelipatan sebesar 5 dB dan diukur dengan menggunakan *sound level meter* untuk mengetahui

kesesuaian nilai taraf intensitas yang dihasilkan program dengan nilai yang diharapkan. Pengujian ini harus dilakukan dalam kondisi tenang dan tidak ada suara (noise).

Data hasil uji taraf intensitas dapat dilihat pada Tabel 2 untuk keluaran *headphone* sebelah kiri sedangkan Tabel 3 untuk keluaran *headphone* sebelah kanan.

Tabel 2. Hasil pengukuran taraf intensitas *Headphone* kanan

Frekuensi (Hz)	TI Audiometer (dB)	TI <i>Sound level meter</i> (dB)			Error (%)
250	30	30.7	30.7	30.6	2.22
	35	35	34.9	35	0.10
	40	40.1	40	40	0.08
	45	45.2	45.1	45.1	0.30
	50	47.6	48	47.8	4.40
500	30	30.9	30.8	30.8	2.78
	35	35.3	35.3	35.3	0.86
	40	40	40	40	0.00
	45	45.2	45	45.2	0.30
	50	50	50	50.1	0.07
1000	30	31	30.9	31	3.22
	35	35.3	35.3	35.3	0.86
	40	40.1	40.	40	0.08
	45	45.3	45.3	45.2	0.59
	50	50.2	50.2	50.2	0.40
	55	55.1	55.1	55.1	0.18
2000	30	30.9	31	31	3.22
	35	35	35	35	0.00
	40	39.7	39.8	39.8	0.58
	45	44.9	44.9	45	0.15
	50	50.2	50.2	50.1	0.33
	55	55.2	55.2	55.1	0.30
4000	30	31	31	30.9	3.22
	35	34.5	34.7	34.8	0.95
	40	40.3	40.2	40.2	0.58
	45	45.5	45.4	45.4	0.96
	50	49.9	50	49.9	0.13
	55	54.8	55	55	0.12
	60	60.3	60.3	60.2	0.44
8000	30	30.8	31	30.8	2.89
	35	34.5	34.7	34.8	0.95
	40	40.8	40.8	40.7	1.92
	45	45.6	45.6	45.6	1.33
	50	50.5	50.4	50.3	0.80
	55	55.5	55.5	55.4	0.85

	60	60.4	60.4	60.3	0.61
	65	65.4	65.4	65.4	0.62
Rata-rata <i>error</i> (%)					0.60

Tabel 3. Hasil pengukuran taraf intensitas *Headphone* kiri

Frekuensi (Hz)	TI Audiometer (dB)	TI <i>Sound level meter</i> (dB)			<i>Error</i> (%)
250	30	31	30.8	30.9	3.00
	35	35.1	35	35	0.10
	40	40.2	40.2	40.1	0.42
	45	45.2	45	45.2	0.30
	50	48.1	48.3	48.2	3.60
500	30	31	31	30.9	3.22
	35	35.2	35.2	35	0.38
	40	39.8	39.9	40	0.25
	45	44.8	44.8	44.9	0.37
	50	50.2	50	50.2	0.27
1000	30	31	31	31	3.33
	35	35.1	35	35.1	0.19
	40	40	40	40	0.00
	45	45	45	45	0.00
	50	49.9	50	50.1	0.00
2000	55	54.9	54.9	55	0.12
	30	31	31	30.9	3.22
	35	35	34.9	35	0.10
	40	39.9	40	40	0.08
	45	44.9	44.9	45	0.15
4000	50	50.2	50.2	50.1	0.33
	55	55.2	55	55.1	0.18
	30	30.9	31	31	3.22
	35	35.5	35.4	35.3	1.14
	40	39.9	39.9	40	0.17
8000	45	45.4	45.4	45.4	0.89
	50	49.8	50	49.8	0.27
	55	55.2	55.2	55.2	0.36
	60	60.2	60.2	60.1	0.28
	30	31	30.9	30.9	3.11
8000	35	34.9	35	35	0.10
	40	40.6	40.4	40.4	1.17
	45	45.2	45.1	45.2	0.37
	50	50.1	50.1	50	0.13
	55	55	55	55.1	0.06
	60	60	60	60	0.00
	65	65	65	65	0.00

Rata-rata <i>error</i> (%)	0.55
----------------------------	------

Tingkat ketepatan audiometer dalam menentukan nilai Taraf Intensitas (TI)

dihitung dengan persamaan:

$$\text{Ketepatan alat} = 100\% - \% \text{ error}$$

$$\begin{aligned} \text{Ketepatan } \textit{headphone} \text{ kanan} &= 100\% - 0.60\% \\ &= 99.40\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ketepatan } \textit{headphone} \text{ kiri} &= 100\% - 0.55\% \\ &= 99.45\% \end{aligned}$$

Selain tingkat ketepatan alat, perlu dihitung pula Standar Deviasi (SD).

Perhitungan standar deviasi (SD) ditentukan dari persamaan :

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

sedangkan perhitungan nilai koefisien variasi (KV) ditentukan dari persamaan :

$$KV = \frac{SD}{x} \times 100\%$$

Sehingga didapat tingkat presisi alat adalah sebesar 99.85% untuk *headphone* kanan dan 99.84 % untuk *headphone* kiri.

### 2.3 Hasil Uji Pasien

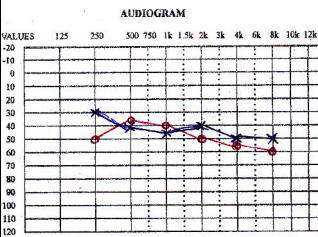
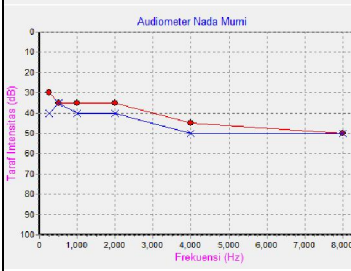
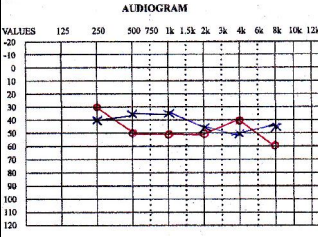
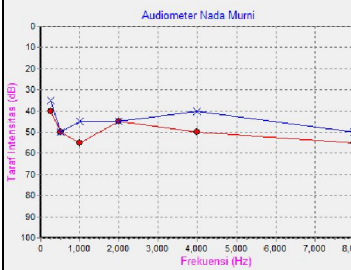
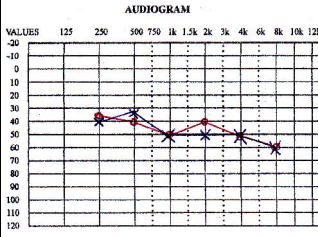
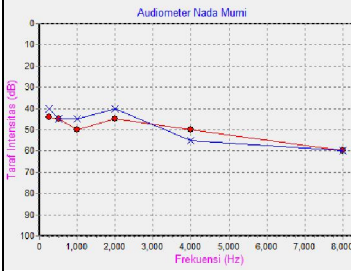
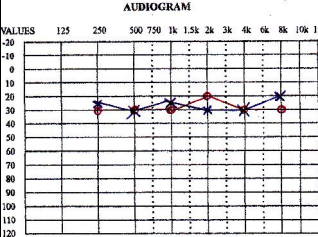
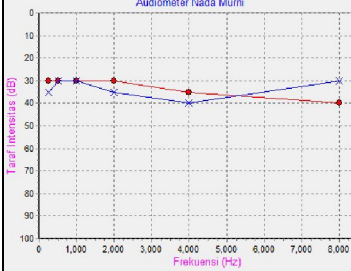
Pengujian yang dilakukan disini bersifat simulatif dalam arti pasien diambil secara acak sehingga tidak semua pasien yang diuji benar-benar pasien yang mengalami gangguan pendengaran tertentu. Namun pengujian ini dilakukan dengan tujuan menghasilkan hasil pemeriksaan audiogram yang sesuai dengan gangguan pendengaran yang diharapkan. Alasan dilakukan pengujian secara simulatif ini karena sulitnya menemui pasien dengan gangguan pendengaran yang sesuai dengan yang dibutuhkan.

Setelah dilakukan pemeriksaan ambang dengar dengan audiometer nada murni konvensional kemudian dibuat grafik audiogram secara manual. Sedangkan pemeriksaan ambang dengar dengan perangkat lunak audiometer, grafik secara otomatis. Selanjutnya pasien tersebut diperiksa dengan audiometer tutur dan pasien diharuskan dapat menebak kata-kata yang muncul. Kemudian dari kata-kata yang benar diambil persentasenya sehingga dapat diambil audiogram tutur.

Pada penelitian ini diambil tujuh pasien secara acak dengan hasil audiogram konvensional dan audiogram aplikasi dari pemeriksaan menggunakan audiometer

nada murni dapat dilihat pada Tabel 4. Sedangkan audiogram dari pasien dengan pemeriksaan audiometer tutur dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4. Perbandingan hasil diagnosis antara audiometer nada murni standar dan aplikasi audiometer nada murni

No	Pasien	Audiometer Nada Murni Standar		Aplikasi Audiometer Nada Murni	
		Audiogram	Diagnosis	Audiogram	Diagnosis
1	A		Tuli Ringan		Tuli Ringan
2	B		Tuli Sedang		Tuli Sedang
3	C		Tuli Sedang		Tuli Sedang
4	D		Normal		Normal

5	E		Normal		Normal
6	F		Normal		Normal
7	G		Normal		Normal

Tabel 5. Perbandingan hasil diagnosis dengan audiometer tutur

No	Pasien	Diagnosis sebelumnya	Audiometer Tutur	
			Persentase	Diagnosis
1	A	Tuli Konduktif	100%	Tuli Konduktif
2	B	Tuli Konduktif	90%	Tuli Konduktif
3	C	Tuli Konduktif	90%	Tuli Konduktif
4	D	Normal	100%	Normal
5	E	Normal	100%	Normal
6	F	Normal	100%	Normal
7	G	Normal	100%	Normal

Dari kedua hasil tersebut dapat diketahui bahwa dari uji pasien, perangkat lunak audiometer nada murni dan tutur tersebut dapat mendiagnosis sesuai dengan yang diharapkan. Meskipun pada pemeriksaan dengan audiometer nada murni, bentuk audiogram dan nilai ambang dengar di tiap frekuensinya tidak mutlak sesuai, namun perangkat lunak audiometer telah dapat mendiagnosis sesuai dengan hasil diagnosis dengan alat audiometer yang standar.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

### **1. Kesimpulan**

Dari analisis data dan pembahasan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Perangkat lunak audiometer nada murni dan tutur memiliki kemampuan menampilkan dan mencetak hasil pemeriksaan dalam bentuk grafik audiogram serta menampilkan hasil diagnosis pendengarannya dengan pembangkitan frekuensi pada perangkat lunak audiometer nada murni sebesar 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz, dan 8 kHz.
2. Variabel frekuensi memiliki tingkat akurasi sebesar 100% dan tingkat presisi sebesar 100%. Variabel taraf intensitas untuk *headphone* kanan memiliki tingkat akurasi sebesar 99,4% dan tingkat presisi sebesar 99,85%, sedangkan untuk *headphone* kiri memiliki tingkat akurasi sebesar 99,45% dan tingkat presisi sebesar 99,84%.

### **2. Saran**

Berikut adalah beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk penyempurnaan penelitian lebih lanjut :

1. Pengembangan berikutnya diharapkan rentang nilai taraf intensitas maksimal yang dapat dibangkitkan mencapai 120 dB sehingga audiometer dapat digunakan untuk mendiagnosis segala jenis gangguan pendengaran/ketuliaan.
2. Pengujian pada pasien dilakukan menggunakan pasien yang memiliki gangguan pendengaran yang sebenarnya dan lebih bervariasi.
3. Pengembangan untuk penelitian dengan audiometer nada murni diantara seperti mengarah ke yang lebih spesifik misal pasien dengan pengaruh lingkungan yang bising (biasa pada industri) dan sebagainya.
4. Pengembangan untuk penelitian dengan audiometer tutur diantaranya seperti pada pembuatan rekaman kata yang dapat diatur frekuensinya sehingga parameter yang diukur dapat bervariasi.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Andi. 2003. *Seri Panduan Pemrograman Borland Delphi 7 (Jilid 1)*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Andriani, Dina. 2011. *Perancangan Perangkat Lunak Pelayanan Rawat Inap Rumah Sakit Adam Malik Dengan Menggunakan Visual Basic 6.0*. Universitas Sumatra Utara. Medan.



- Anggraeni, Dya. 2011. *Fisika Medik*. Program Studi Ilmu Keperawatan Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Anonim, 2011. *Bafo USB to Parallel Printer Adapter (USB-A/Cent36-M)*. (online) (<http://hellotrader.com> diakses pada tanggal 17 November 2011)
- Aras, Vineet P. 2003. *Audiometry techniques, circuits, and systems*. M. Tech. Credit Seminar Report, Electronic Systems Group, EE Dept, IIT Bombay.
- Aritmoyo, Dullah. 1985. *Pengertian Umum Tentang Audiometri*. Cermin Dunia Kedokteran No 39. International Standard Serial Number: 0125-913x. Penerbit: Pusat Penelitian dan Pengembangan PT. Kalbe Farma.
- Asroel, Harry. 2009. *Audiologi*. Bagian THT Fakultas Kedokteran Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Bachtiar, Syaiful. 2011. *Audiometer Berbasis Soundcard Pada Komputer Pribadi*. Program Studi Teknik Elektro. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Cameron, John R, Skofronik, James G., Grant, Roderick M. 2006 *Fisika Tubuh Manusia*. Edisi Kedua. EGC. Jakarta.
- Damayanti, Soetjipto. 2010. *Komite Nasional Penanggulangan Gangguan Pendengaran Dan Ketulian*, (Online). (<http://www.ketulian.com>, diakses 17 November 2011).
- Davis, Don, Eugene, Patronis. 2006. *Sound System Engineering*. Edisi Ketiga. Focal Press. Burlington, USA.
- Estu, Devy. 2011. *Borland Delphi*. Materi Delphi Grafik. Modul TIK SMA Negeri 3 Yogyakarta.
- Gabriel, J. F. 1988. *Fisika Kedokteran*. Edisi Pertama. EGC. Denpasar.
- Gatot, Wempy. 2011. *Rancang Bangun Audiometer Dengan Tampilan Audiogram Digital Berbasis Mikrokontroler AVR Atmega 8535*. Program Studi Fisika. Universitas Airlangga Surabaya.
- Handajadi, Wiwik. 2009. *Pembacaan Output Timbangan Digital Jarak Jauh Dengan Menggunakan Pemrograman Visual Basic 6.0*. Jurnal Teknologi **2(1)** : 96-107.
- Harahap. 2011. *Sistem Pengontrolan Level Ketinggian Air Secara Otomatis Menggunakan Mikrokontroler ATmega8535 Dengan Sensor Ultrasonik*. Program Studi Teknik Elektro. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Hermanto. 2010. *Membangun Kesadaran Bunyi Anak Tunarungu Melalui Pembelajaran Bina Persepsi Bunyi Dan Irama Di Sekolah*. Universitas Negeri Yogyakarta.

- Latifah, Melly. 2010. *Implikasi Assessment Dan Diagnosis Pada Anak Penderita Gangguan Pendengaran Terhadap Treatment Dan Pendidikannya*. Program Studi Ilmu Keluarga dan Pangan. IPB Bandung.
- Marcus, Teddy. 2003. *Pemrograman Delphi untuk Pemula : IDE dan Struktur Pemrograman*. (Online) (<http://maranatha.edu> diakses pada tanggal 17 November 2011)
- Miyoso, Dwi Priyo. 1985. *Diagnosis Kekurangan Pendengaran*. Cermin Dunia Kedokteran No 39. International Standard Serial Number: 0125-913x. Penerbit: Pusat Penelitian dan Pengembangan PT. Kalbe Farma.
- Utami, Ema. 2005. *10 Langkah Belajar Logika Dan Algoritma. Menggunakan Bahasa C Dan C++ Di Gnu/Linux*. Penerbit CV Andi Offset. Yogyakarta.
- Pearce, Evelyn. 2009. *Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis*. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Prasetina, Retna, Catur. 2004. *Teori dan Praktek interfacing Port Paralel dan Port Serial Komputer dengan Visual Basic 6.0*. Andi. Yokyakarta.
- Riantiningsih, Wahyu. 2009. *Pengamanan Rumah Berbasis Microcontroller Atmega 8535 Dengan Sistem Informasi Dengan Menggunakan Pc*. Program Studi Teknik Elektro. Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Saladin. 2003. *Anatomy and Physiology*. The unity of form third edition. Mcgrawhill. New York.
- Solihat, Muthiah, Choirina, Halimah. 2008. *Port Paralel*. Program Studi Matematika. Universitas Islam Bandung.
- Suhardiyana. 2010. *Peningkatan Kemampuan Kognitif Anak Melalui Permainan Kartu Angka Dan Gambar Siswa Kelas Persiapan Tunarungu Wicara SLBN Kendal Tahun 2009 / 2010*. Universitas Negeri Semarang.
- Syaiffudin. 2004. *Anatomi Fisiologi untuk Mahasiswa Keperawatan*. Edisi ketiga. EGC. Jakarta.
- Syndhuwardhana, Felisiano. 2010. *Pengendalian ATCS Dengan CCTV Dinamis Melalui Port Paralel*. Program Studi Teknik Elektro. Universitas Katolik Soegijapranata. Semarang.