

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Penelitian Terdahulu**

Penelitian tugas akhir dengan judul Rancang Bangun Alat Audiometer Berbasis *Microcontroller* AT89C51 oleh Santoso (2011), menggunakan *microcontroller* AT89C51 membuat audiometer mampu menghasilkan frekuensi dengan jangkauan 125-8000 Hz serta menghasilkan intensitas suara 10–100 dB[7].

Penelitian untuk merancang audiometer juga pernah dilakukan dalam penelitian yang berjudul Perancangan Audiometer Dengan Pengukuran Tingkat Derajat Ketulian oleh Ratrianto (2013), dengan merancang alat yang dihubungkan dengan perangkat lunak *eagle* CAD, yang kemudian membuat program dengan *software code vision* AVR, yang menjadi audiometer digital berbasis *microcontroller* dengan menggunakan antar muka *Personal Computer* (PC) dan menggunakan *microcontroller* ATmega 8535 yang dapat menghasilkan frekuensi 250 - 8000 Hz dengan nilai intensitas yang dihasilkan 0-80 dB[8].

Terdapat juga penelitian tugas akhir dengan judul Audiometer Berbasis *Soundcard* Pada Komputer Pribadi oleh Bahtiar (2006), alat yang digunakan adalah komputer pribadi yang berfungsi untuk mengontrol dan mengolah data, yang kemudian terhubung dengan *soundcard* untuk mengolah sinyal yang dapat menghasilkan frekuensi dan intensitas bunyi. Pembangkitan frekuensi audiometer berbasis *soundcard* pada komputer pribadi dapat menghasilkan frekuensi antara 20–20000 Hz dengan intensitas bunyi 0–100 dB dan memiliki kemampuan

menampilkan dan mencetak hasil pemeriksaan dalam bentuk grafik intensitas bunyi dan frekuensi yang dapat menentukan tingkat pendengaran seseorang[9].

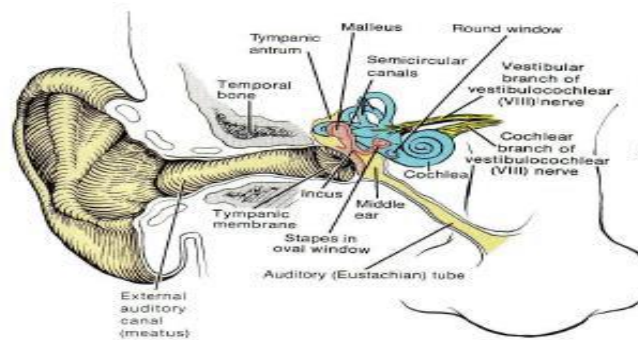
Alat-alat audiometer yang sudah ada pada umumnya menghasilkan frekuensi antara 125–8000 Hz dengan intensitas bunyi 0–120 dB. Penulis mencoba membuat alat audiometer dengan frekuensi yang berbeda yaitu menggunakan *microcontroller* ATmega 16 yang dapat menghasilkan frekuensi 20–15000 Hz dan intensitas yang dihasilkan 10 – 60 dB.

## **2.2. Dasar Teori**

### **2.2.1. Anatomi Telinga**

Pada manusia, telinga merupakan organ untuk pendengaran dan menjaga keseimbangan tubuh yang terdiri atas telinga luar, telinga tengah, dan telinga dalam. Ketiga bagian telinga tersebut saling berkaitan untuk menkonversi sinyal atau gelombang bunyi yang masuk ke dalam telinga. Pada daun telinga terdapat beberapa tulang rawan, yaitu *heliks*, lipatan *antiheliks*, *antiheliks*, *lobulus*, *preaurikular*, *skin tag preaurikular*, *tragus*, dan *antitragus*.

Tulang rawan yang berlapis dengan kulit berfungsi untuk mengumpulkan gelombang bunyi yang akan disalurkan melalui liang telinga. Pada liang telinga terdapat *wax*, berfungsi untuk meningkatkan kepekaan frekuensi bunyi (3000 Hz – 4000 Hz) ke telinga tengah[10]. Untuk lebih jelasnya gambar anatomi telinga ini dapat dilihat pada Gambar 2.2 di bawah ini:



Gambar 2.2 Anatomi Telinga

### 2.2.2. Spektrum Bunyi

Bunyi dibedakan dalam tiga daerah frekuensi, yaitu infrasonik (0 Hz – 19 Hz), sonik (20 Hz – 20.000 Hz), dan ultrasonik (di atas 20.000 Hz). Kemampuan telinga manusia normal untuk mendengar terdapat di daerah sonik adalah sekitar 20 Hz – 20000 Hz[10].

#### 2.2.2.1. Sifat Fisika Suara

Bunyi diudara merupakan hasil penekanan dan pengembangan partikel udara secara bergantian. Kecepatan terjadinya penekanan dan pengembangan udara ini disebut frekuensi bunyi. Satu penekanan dan pengembangan disebut satu siklus. Gelombang bunyi adalah sebuah getaran mekanis dalam gas, cairan atau benda padat yang bergerak keluar dari sumber dengan beberapa kecepatan tertentu. Hubungan antara frekuensi vibrasi  $f$  dari gelombang suara, panjang gelombang, dan kecepatan  $V$  dari gelombang adalah :

$$V = \lambda \times f \quad (2-1)$$

Energi yang dibawa oleh gelombang suara adalah sebagai energi potensial dan energi kinetik. Intensitas  $I$  dari gelombang suara adalah jumlah

energi per detik (J/s) yang dibawa oleh gelombang udara melalui daerah seluas satu m<sup>2</sup>, atau watt/m<sup>2</sup>. Untuk gelombang pesawat, I yang diberikan adalah :

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{2} \rho v A^2 (2\pi f)^2 \\ &= \frac{1}{2} Z (A\omega)^2 \end{aligned} \quad (2-2)$$

Dimana  $\rho$  adalah kepadatan media,  $V$  adalah kecepatan suara,  $f$  adalah frekuensi,  $\omega$  adalah frekuensi sudut dalam radian/detik yang setara dengan  $2\pi f$ ,  $A$  adalah kesalahan letak maksimum dari atom – atom dan molekul – molekul dari posisi semula, dan  $Z$  adalah yang setara dengan  $\rho v$  adalah rintangan akustik. Rintangan akustik adalah sangat penting ketika menghitung refleksi (gaung) atau menghitung transmisi ketika suara menabrak media lain contohnya dinding. Intensitas juga dapat diekspresikan sebagai:

$$I = \frac{P^2}{2Z} \quad (2-3)$$

Dimana  $P$  adalah perubahan maksimum dari tekanan atmosfer.

#### 2.2.2.2. Tingkat Intesitas Bunyi

Satuan khusus namanya bel telah dikembangkan untuk tingkat intensitas bunyi. Satuan ini dinamakan setelah nama penemunya Alexander Graham Bell, yang menemukan telepon dan melakukan riset dalam bidang suara dan pendengaran. Rasio intensitas dalam bel setara dengan  $\log_{10} (I_2 / I_1)$ . Oleh karena itu bila satu suara 10 kali lebih kuat dari yang lainnya,  $I_2/I_1 = 10$  dan  $\log_{10} 10 = 1$ , kedua intensitas suara dibedakan oleh 1 bel. Karena bel adalah satuan yang cukup besar, yang sering digunakan adalah 1/10 atau desiBell (dB) dimana 1

bel = 10 dB. Tingkat intensitas bunyi  $L_1$  yang biasa didefinisikan dengan persamaan :

$$L_1(\text{dB}) = 10 \log_{10} (I_2/I_1) \quad (2-4)$$

Dengan cara yang sama tingkat tekanan bunyi  $L_p$  didefinisikan oleh persamaan :

$$L_p(\text{dB}) = 20 \log_{10} (P_2/P_1) \quad (2-5)$$

Yang dihasilkan dari sifat logaritma sehingga  $x$ ,  $\log_{10} (x^2) = 2 \log_{10} (x)$  dan dari persamaan (3) yang memperlihatkan  $I$  adalah sebanding dengan  $P^2$ . Untuk test pendengaran biasanya memakai bahan pembanding intensitas bunyi atau tekanan bunyi dasar yaitu  $I_0 = 10^{-6} \text{ W/cm}^2$  ( $10^{-12} \text{ W/m}^2$ ) dan  $P_0 = 2 \times 10^{-4} \text{ dyne/cm}^2$  [11].

### 2.2.2.3. Derajat Ketulian

Menurut ISO 1964 (*Acceptable audiometric hearing levels*) dan ANSI 1969 (*Standard Reference Threshold Sound-Pressure Levels for Audiometers*), derajat ketulian dan nilai ambang pendengaran pada frekuensi nada murni antara lain [12]:

1. Peningkatan ambang dengar dengan rentang 0 - 25 dB, disebut normal
2. Peningkatan ambang dengar dengan rentang 26 - 40 dB, disebut tuli ringan
3. Peningkatan ambang dengar dengan rentang 41- 60 dB, disebut tuli sedang
4. Peningkatan ambang dengar dengan rentang 61 - 90 dB, disebut tuli berat
5. Peningkatan ambang dengar berada  $> 90$  dB, disebut tuli sangat berat

### **2.2.3. Audiometer**

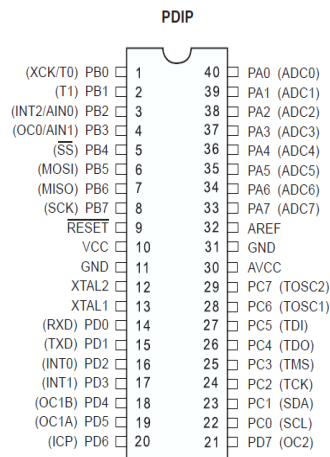
Audiometer adalah alat elektronik pembangkit bunyi dalam intensitas dan frekuensi tertentu, yang dipergunakan untuk mengukur tingkat ambang pendengaran seseorang. Ambang pendengaran ialah bunyi terlemah. Pada audiometer sistem manual, proses pemeriksaan dilakukan dengan cara memilih berbagai intensitas dan frekuensi melalui penekanan tombol untuk diperdengarkan terhadap pasien menggunakan sepasang *earphone*, kemudian pasien akan mengacungkan tangan sebagai tanggapan mendengar bunyi. Ketika pasien mengacungkan tangan sebagai tanggapan mendengar bunyi maka operator memberi tanda pemeriksaan pada sebuah kartu hasil pemeriksaan yang disebut audiogram.

Pada audiogram terdapat tingkat bunyi dalam intensitas 0 dB – 20 dB dan frekuensi 125 Hz – 8000 Hz. Menggunakan audiometer akan dapat ditentukan tingkat gangguan pendengaran dan tindakan selanjutnya. Jika gangguan pendengaran disebabkan kelainan bawaan pada telinga luar atau pada telinga tengah maka untuk dapat mendengar digunakan alat bantu pendengaran[10].

### **2.2.4. Microcontroller ATMega16**

*Microcontroller* AVR ATMega16 adalah sebuah *microcontroller* 8 bit berdasarkan arsitektur Harvard, yang dibuat oleh Atmel pada tahun 1996. AVR memiliki Keunggulan dibandingkan dengan *microcontroller* lain, keunggulan AVR yaitu memiliki kecepatan eksekusi program yang lebih cepat, karena sebagian besar intruksi dieksekusi dalam 1 siklus *clock*, lebih cepat dibandingkan MCS51 yang membutuhkan 12 siklus *clock* untuk mengeksekusi 1 intruksi.

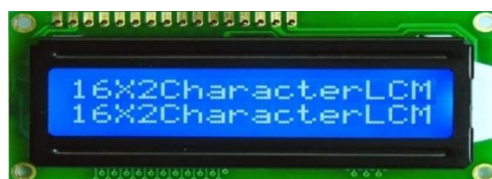
*Microcontroller* ATMega16 memiliki fitur yang lengkap (ADC internal, EEPROM internal, *Timer/Counter*, *Watchdog Timer*, PWM, Port I/O, komunikasi serial, komparator, I2C, dll) [13]. Untuk lebih jelasnya gambar konfigurasi pin ATMega 16 dapat dilihat pada Gambar 2.5 di bawah ini:



Gambar 2.5 Konfigurasi pin ATMega 16

### 2.2.5. *Liquid Crystal Display (LCD)*

*Display* elektronika adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD adalah salah satu jenis *display* elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*. Untuk lebih jelasnya gambar LCD ini dapat dilihat pada Gambar 2.6 di bawah ini:



Gambar 2.6 LCD 2x16

Dalam modul LCD terdapat *microcontroller* yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter LCD. *Microcontroller* pada suatu LCD dilengkapi dengan memori dan *register*. Memori yang digunakan *microcontroller internal* LCD adalah:

- a. *Display Data Random Access Memory* (DDRAM) merupakan memori tempat karakter yang akan ditampilkan berada.
- b. *Character Generator Random Access Memory* (CGRAM) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan.
- c. *Character Generator Read Only Memory* (CGROM) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut merupakan karakter dasar yang sudah ditentukan secara permanen oleh pabrikan pembuat LCD tersebut sehingga pengguna tinggal mengambilnya sesuai alamat memorinya dan tidak dapat merubah karakter dasar yang ada dalam CGROM. *Register control* yang terdapat dalam suatu LCD diantaranya adalah:

1. *Register* perintah yaitu *register* yang berisi perintah-perintah dari *microcontroller* ke panel LCD pada saat proses penulisan data atau tempat status dari panel LCD dapat dibaca pada saat pembacaan data.
2. *Register* data yaitu *register* untuk menuliskan atau membaca data dari atau ke DDRAM. Penulisan data pada *register* akan menempatkan data tersebut ke DDRAM sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya.



3. Pin data adalah jalur untuk memberikan data karakter yang ingin ditampilkan menggunakan LCD dapat dihubungkan dengan *bus* data dari rangkaian lain seperti *microcontroller* dengan lebar data 8 bit.
4. Pin *Read Write* (R/W) berfungsi sebagai instruksi pada modul jika *low* tulis data, sedangkan *high* baca data. Pin E (*Enable*) digunakan untuk memegang data baik masuk atau keluar.
5. Pin VLCD berfungsi mengatur kecerahan tampilan (kontras).
6. Pin *Register Select* (RS) berfungsi sebagai indikator atau yang menentukan jenis data yang masuk, apakah data atau perintah tersebut menunjukkan logika *low*, atau menunjukkan logika *high*.

#### **2.2.6. Headphone**

*Headphone* berbentuk seperti bando, dengan dua penutup telinga untuk memusatkan audio yang dioutputkan oleh sebuah perangkat ke telinga kita. *Headphone* ada yang memiliki kabel yang menghubungkannya dengan *gadget*, ada juga yang tanpa kabel atau *wireless*. *Headphone wireless* biasanya menggunakan fitur *Bluetooth* untuk menghubungkannya ke perangkat. Fungsinya sebagai alat untuk menyeimbangkan semua komponen suara yang akan berkumpul menjadi satu dan mengudara. Cara menyeimbangkannya dengan menyimak suaranya dari *headphone*.

#### **2.2.7. Module Relay 8 Channel**

Komunikasi serial dengan format 8-bit, dengan transfer data disinkronisasi menggunakan *clock* serial dari *microcontroller*. Sebuah *register* tunggal mengendalikan semua *output* (satu bit per *output*). Nilai defaultnya adalah nol

(OFF). Jika sebuah *output* memerlukan fungsi modulasi lebar pulsa (PWM), *register* harus *diupdate* pada kecepatan yang lebih cepat daripada frekuensi PWM yang diinginkan. *Out1* dapat dikontrol dengan *input* serial dari *microcontroller* atau dengan pin *enable* (EN1) khusus. Jika EN1 ditarik rendah atau dibiarkan terbuka, *input* serial melalui *register* geser mengendalikan *Out1*. Jika EN1 ditarik tinggi, *Out1* selalu dinyalakan, dan *input* serial untuk *Out1* diabaikan. Untuk lebih jelasnya gambar *Module Relay 8 Channel* ini dapat dilihat pada Gambar 2.7 di bawah ini:



Gambar 2.7 *Module Relay 8 Channel*

### 2.2.8. *Motor Stepper*

*Stepper* Motor adalah motor yang dikendalikan oleh serangkaian koil elektromagnetik. Poros pusat memiliki serangkaian magnet yang terpasang di atasnya, dan gulungan yang mengelilingi poros bergantian diberikan saat ini atau tidak, menciptakan medan magnet yang menolak atau menarik magnet pada poros, menyebabkan motor berputar. Ada dua tipe dasar *motor stepper*, yaitu *steppers unipolar* dan *steppers bipolar*. *Motor stepper unipolar* memiliki lima atau enam kabel dan empat koil (sebenarnya dua gulungan dibagi dengan koneksi pusat pada masing-masing koil). Sambungan tengah kumparan diikat dan digunakan sebagai sambungan daya. Mereka disebut *unipolar steppers* karena

power selalu masuk pada satu tiang ini. Untuk lebih jelasnya gambar motor stepper ini dapat dilihat pada Gambar 2.8 di bawah ini:



Gambar 2.8 Motor Stepper

## 2.2.9. Teknik analisa data

### 2.2.9.1. Rata-rata

Adalah nilai atau hasil pembagian dari jumlah data yang diambil atau diukur dengan banyaknya pengambilan data atau banyaknya pengukuran.

Dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Rata - Rata } (\bar{X}) = \frac{\sum X_i}{n} \quad (9-1)$$

Dengan keterangan sebagai berikut:

$\bar{X}$  = rata - rata

$\sum X_i$  = Jumlah nilai data

N = Banyak data (1, 2, 3, ..., n)

### 2.2.9.2. Simpangan

Simpangan adalah selisih dari rata-rata nilai harga yang dikehendaki dengan nilai yang diukur. Berikut rumus dari simpangan:

$$\text{Simpangan Error} = X_n - \bar{X} \quad (9-2)$$

Dengan keterangan sebagai berikut:

Simpangan = nilai *error* yang dihasilkan

$X_n$  = rata-rata data alat pembanding

$\bar{X}$  = rata-rata data alat penulis

### 2.2.9.3. (%) *Error*

Adalah selisih antara *mean* terhadap masing-masing data. Dirumuskan sebagai berikut:

$$\% \text{ Error} = \frac{X_n - \bar{X}}{X_n} \times 100\%$$

(9-3)