

## Rancang Bangun Alat Pendeteksi Tingkat Tekanan Bunyi Terhadap Respon Membran Timpani Berbasis Serat Optik

Miftah Ikhwani<sup>1\*</sup>, Harmadi<sup>1</sup>, Dolly Irfandy<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Fisika, Universitas Andalas

<sup>2</sup>Jurusan Pendidikan Dokter, Universitas Andalas  
Kampus Unand Limau Manis, Padang 25163, Indonesia

---

### Info Artikel

#### *Histori Artikel:*

Diajukan: 21 April 2021

Direvisi: 2 Juli 2021

Diterima: 7 Juli 2021

---

#### *Kata kunci:*

Compliance

Membran timpani

Seratoptik

Tingkat tekanan bunyi

---

#### *Keywords:*

Compliance

Optical fiber

Sound pressure level

Tympanic membrane

---

#### *Penulis Korespondensi:*

Harmadi

Email: [harmadi@sci.unand.ac.id](mailto:harmadi@sci.unand.ac.id)

---

### ABSTRAK

Telah dilakukan rancang bangun alat pendeteksi tingkat tekanan bunyi terhadap respon membran timpani berbasis serat optik dengan metode ekstrinsik. Sensor serat optik digunakan untuk mengukur tingkat tekanan bunyi dengan memanfaatkan perubahan pada tegangan keluaran. Nilai tingkat tekanan bunyi yang didapatkan ditampilkan pada *OLED display*. Pengujian alat ukur dengan alat pembanding *sound level meter* untuk menguji tingkat tekanan bunyi pada pasien Poli THT. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada pengukuran tingkat tekanan bunyi dengan frekuensi 200 Hz sampai 300 Hz didapatkan ketepatan rata-rata 93,42% untuk telinga kanan, dan telinga kiri didapatkan ketepatan rata-rata 94,58%. Pengujian alat ukur terhadap pasien Poli THT Rumah Sakit Universitas Andalas telah mendeteksi nilai tingkat tekanan bunyi sebesar 60 dB sampai 65 dB.

*It has been designed a sound pressure level detection for response of tympanic membrane based on optical fiber with extrinsic method. The fiber optic sensor is used to measure the sound pressure level by utilizing the output voltage change. The sound level pressure values obtained are displayed on OLED display. Testing tools with sound level meter comparison tool to test sound pressure level in poly ENT patients. The test results show that at sound pressure level measurement with frequency 200 Hz to 300 Hz, the average accuracy is 93.42% for right ear, at the same time for left ear the average accuracy is 94.58%. The test of compliance measurement the average accuracy is 77.97% for the right ear, at the same time for the left ear the average accuracy is 70.74%. The testing of the appliance to patient in Andalas University hospital poly ENT were detect the values of sound pressure level 60 dB to 65 dB.*

Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved

## I. PENDAHULUAN

Pendengaran adalah persepsi saraf mengenai energi bunyi. Pendengaran merupakan indra mekanoreseptor. Telinga memberikan respon terhadap getaran mekanik gelombang bunyi yang terdapat di udara (Guyton, 2003). Bunyi yang didengar telinga manusia mengalami perubahan dari sinyal akustik yang bersifat mekanik menjadi sinyal listrik yang diteruskan saraf pendengaran ke otak. Proses mendengar tentunya tidak lepas dari organ pendengaran manusia yakni telinga (Giancoli, 2001).

Seseorang menerima bunyi berupa getaran pada gendang telinga 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. Telinga manusia mampu mendengar bunyi dengan frekuensi dari 20 Hz sampai 20.000 Hz. Namun yang paling sensitif adalah antara 1000 Hz – 4.000 Hz. Telinga terdiri atas tiga bagian dasar, yaitu telinga bagian luar, telinga bagian tengah dan telinga bagian dalam.

Gangguan pendengaran bisa terjadi pada setiap bagian telinga, gangguan yang umum adalah gangguan pada membran timpani atau gendang telinga. Membran timpani atau gendang telinga, memiliki ketebalan sekitar 0,1 cm dan luas sekitar 65 mm<sup>2</sup>. Membran timpani ini menyalurkan getaran di udara ke tulang-tulang kecil telinga tengah. Bunyi yang masuk 99,9% mengalami refleksi dan hanya 0,1% saja yang ditransmisi/diteruskan. Frekuensi kurang dari 400 Hz membran timpani bersifat “elastis” sedangkan pada frekuensi 4.000 Hz membran timpani akan menegang (Gabriel, 1996). Alat untuk mengetahui keadaan dalam membran timpani, misalnya ada cairan, gangguan rangkaian tulang pendengaran, kekakuan dan kelenturan membran timpani adalah timpanometer (Shahnaz dan Bork, 2008).

Syerli dan Harmadi (2017) membuat rancang bangun sistem untuk mendeteksi frekuensi getaran akustik pada speaker piezoelektrik. Sistem ini menggunakan serat optik *step index multimode* dan dapat mendeteksi frekuensi getaran akustik. Namun, alat ini masih memiliki kekurangan karena frekuensi yang diukur hanya melalui getaran akustik.

Deswilan dan Harmadi (2019) membuat rancang bangun pendeteksi kebisingan berbasis serat optik. Sistem ini menggunakan serat optik *step index multimode* dan dapat mendeteksi frekuensi serta mendeteksi tingkat tekanan bunyi. Sistem ini mampu mendeteksi tingkat tekanan bunyi 47 dB sampai 86 dB. Alat ini hanya mampu mendeteksi kebisingan dan belum ada pengaplikasian sistem pada bidang lain khususnya kesehatan.

Berdasarkan permasalahan dan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya maka dilakukan penelitian mengenai perancangan alat pendeteksi tingkat tekanan bunyi terhadap respon membran timpani berbasis serat optik.

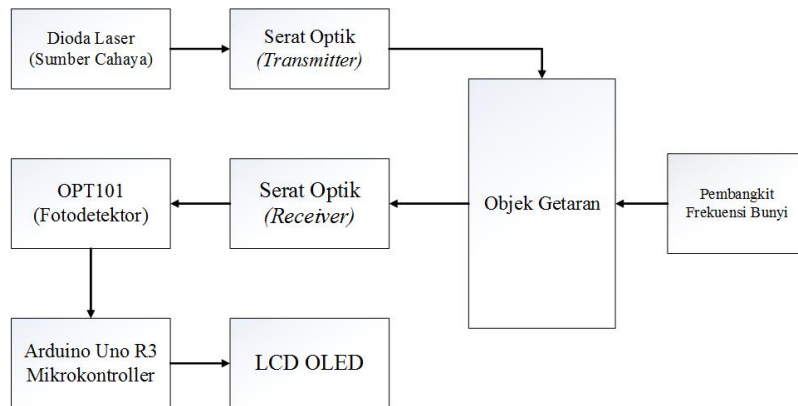
## II. METODE

### 2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam perancangan ini meliputi multimeter, jumper, solder, luxmeter dan *sound level meter*. Bahan yang digunakan serat optik, fotodetektor OPT 101 dan Arduino uno.

### 2.2 Perancangan Perangkat Keras Alat Pendeteksi Tingkat Tekanan Bunyi

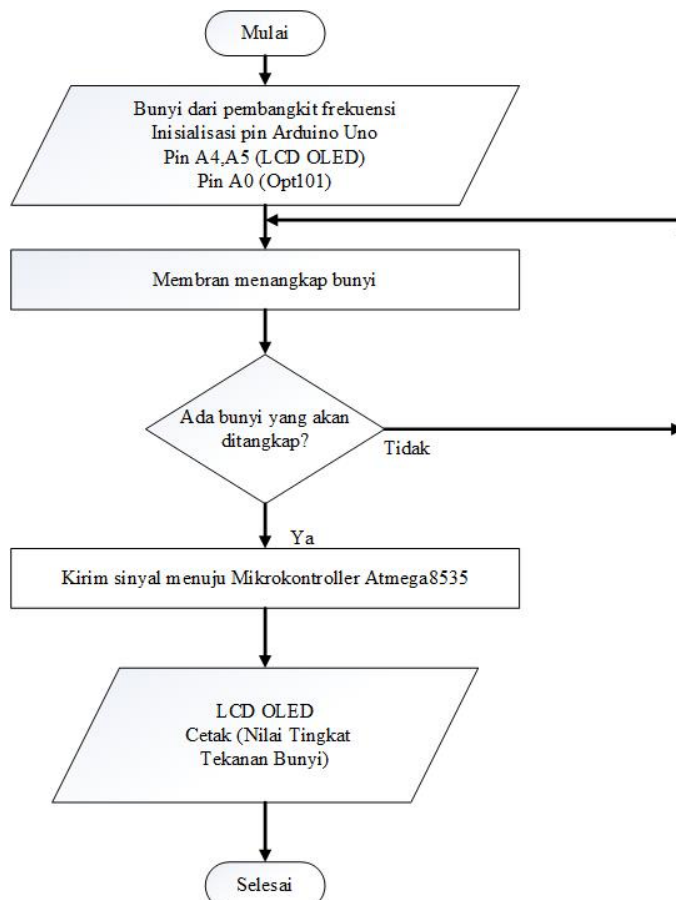
Perancangan perangkat keras alat pendeteksi tingkat tekanan bunyi terhadap respon membran timpani berbasis serat optik terdiri dari serat optik, fotodetektor OPT101, arduino uno dan OLED *display*. Diagram blok sistem dapat dilihat pada Gambar 1. Proses diawali dengan merangkai sistem sensor yang nantinya akan diuji langsung ke membran timpani. Laser dioda dinyalakan dan berkas cahaya mengenai membran timpani yang telah diberi rangsangan suara, perubahan tegangan yang terjadi pada serat optik nantinya diproses oleh mikrokontroler arduino uno, setelah diproses oleh mikrokontroler arduino uno lalu hasil pengukuran ditampilkan pada OLED *display*.



Gambar 1 Diagram blok sistem

### 2.3 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak menggunakan aplikasi dan bahasa pemrograman *arduino IDE*. Diagram alir program ditunjukkan pada Gambar 2. Input program diawali dengan inialisasi pin arduino uno untuk LCD OLED dan OPT101, lalu terjadi proses ketika membran menangkap bunyi. Terdapat perintah pemilihan dengan perintah ada bunyi yang ditangkap? Jika tidak maka terjadi proses pengulangan ketika membran menangkap bunyi, jika ya maka dilanjutkan dengan proses sinyal dikirim menuju mikrokontroler Atmega8535, lalu LCD OLED menampilkan hasil yang diinginkan yaitu nilai tingkat tekanan bunyi.



Gambar 2 Diagram Alir Program

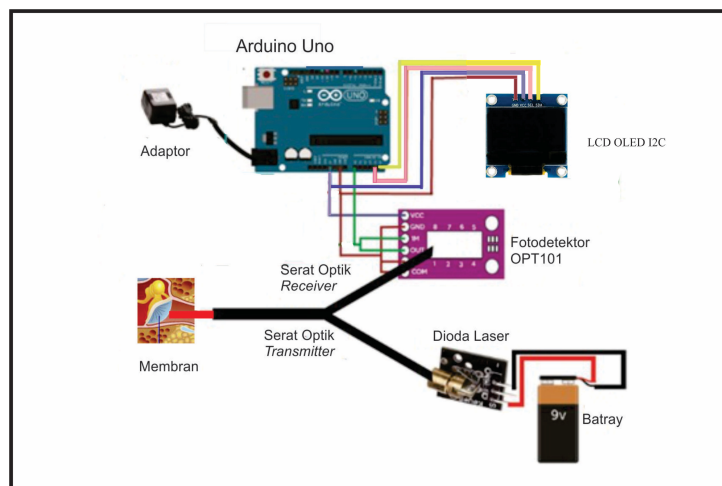
## 2.4 Perancangan dan Karakterisasi Alat Pendeteksi Tingkat TekananBunyi

### 2.4.1 PerancanganPerangkatKeras

Sistem sensor serat optik pada penelitian ini dirancang menggunakan metode ekstrinsik. Dua buah serat optik digandeng sebagai *transmitter* dan *receiver*. Penampil data hasil pengukuran menggunakan LCD OLED dalam bentuk nilai tingkattekananbunyi.

### 2.4.2 Karakterisasi Alat

Sistem pengukuran dan kontrol frekuensi dan tingkat tekanan bunyi terdiri dari serat optik, dioda laser, membran, fotodetektor OPT101, Arduino Uno dan LCD yang ditunjukkan pada Gambar 3. Karakterisasi sensor serat optik dilakukan agar mengetahui jarak yang tepat dari ujung serat optik ke membran agar memaksimalkan dalam proses pengukuran. Proses karakterisasi dilakukan dengan memvariasikan jarak serat optik ke membran, dengan hasil berupa tegangan keluaran. Jarak dan dengan tegangan keluaran yang tinggi akan digunakan sebagai acuan jarak yang tepat untuk proses pengukuran.



Gambar 3 Skema Rangkaian Alat

Proses pengukuran dilakukan ke masing masing telinga pasien yang diawali dengan pendeteksian bunyi oleh membran timpani, dengan frekuensi yang bervariasi dari 200 Hz sampai 300 Hz dengan rentang 20 Hz. Serat optik digandengkan dengan saluran yang menghantarkan bunyi dari pembangkit frekuensi bunyi, diujung serat optik akan diberikan *eartip* untuk mengisolasi membran sehingga tidak ada gangguan bunyi dari luar. Cahaya dari dioda laser merambat pada serat optik transmitter menuju membran. Cahaya yang mengenai membran akan dipantulkan menuju serat optik receiver. Serat optik *receiver* akan memandu cahaya menuju modul fotodetektor OPT101. Arduino Uno akan memproses nilai tegangan yang didapatkan. Nilai tingkat tekanan bunyi akan ditampilkan pada layar LCD OLED.

## 2.5 Pengujian Sistem Pendeteksi dan Pengambilan Data

Pengujian dan pengambilan data dilakukan dengan cara membandingkan hasil yang dihasilkan oleh alat ukur yang dirancang dengan alat ukur pembanding yaitu *Sound Level Meter* untuk membandingkan nilai tingkat tekanan bunyi. Alat ini dapat menentukan tingkat ketelitian pada alat yang dirancang. Proses pengujian dan pengambilan data ini dilakukan pada pasien di poli THT Rumah Sakit Universitas Andalas.

## III. HASIL DAN DISKUSI

### 3.1 KarakterisasiFotodetektor OPT101

Karakterisasi fotodetektor OPT101 dilakukan untuk mendeteksi pengaruh perubahan intensitas cahaya yang dipandu oleh serat optik *receiver* terhadap nilai tegangan yang dihasilkan. Pengujian fotodetektor OPT101 dan alat pembanding luxmeter dilakukan di ruangan gelap dan

tertutup, sehingga intensitas cahaya dapat divariasikan dengan bantuan senter sebagai sumber cahaya. Hasil pengujian fotodetektor dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1**Data pengujian tegangan keluaran OPT101

| <b>Intensitas Cahaya (lux)</b> | <b>Vout (mV)</b> |
|--------------------------------|------------------|
| 0                              | 0,009            |
| 22                             | 0,168            |
| 33                             | 0,241            |
| 59                             | 0,412            |
| 92                             | 0,664            |
| 143                            | 0,952            |
| 175                            | 1,171            |
| 323                            | 2,618            |
| 448                            | 3,846            |
| 602                            | 4,23             |

Berdasarkan Tabel 1 didapatkan hasil hubungan antara intensitas cahaya dan tegangan keluaran. Pengujian fotodetektor OPT101 dan luxmeter menghasilkan nilai tegangan yang semakin besar seiring dengan meningkatnya intensitas cahaya yang diterima oleh fotodetektor OPT101.

### 3.2 Karakterisasi Sensor Serat Optik

Karakterisasi sensor serat optik dilakukan dengan tujuan menggambarkan kemampuan serat optik dalam mendeteksi tegangan keluaran terhadap variasi jarak. Variasi jarak dilakukan antara ujung sensor serat optik dengan membran spondel mikrofon. Data pengujian karakterisasi sensor serat optik dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2**Data pengujian jarak antara membran dan serat optik terhadap tegangan keluaran fotodetektor OPT101

| <b>Jarak (mm)</b> | <b>Vout rata-rata (mV)</b> |
|-------------------|----------------------------|
| 0                 | 155,22                     |
| 1                 | 268,32                     |
| 2                 | 414,16                     |
| 3                 | 295,14                     |
| 4                 | 167,66                     |
| 5                 | 116,86                     |
| 6                 | 103,54                     |
| 7                 | 96,3                       |
| 8                 | 108,58                     |
| 9                 | 85,32                      |
| 10                | 91,5                       |

Tabel 2 merupakan data perubahan jarak antara membran dan serat optik terhadap tegangan keluaran fotodetektor OPT101. Data pengujian mengalami kenaikan pada jarak 0 mm–2 mm, kemudian semakin menurun menuju angka nol seiring bertambahnya jarak antara sensor serat optik dengan membran. Nilai tertinggi pada jarak 2 mm dengan tegangan keluaran 414,16 mV. Nilai tertinggi tersebut berada dalam rentang *numerical aperture* (NA) serat optik. Karakterisasi ini menjadi acuan dalam peletakan posisi serat optik ketika proses pengukuran.

### 3.3 Hasil Pengujian Alat Pendeteksi dengan Alat Pembeding

Pengujian alat dilakukan untuk melihat keakuratan dari alat yang telah dirancang. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan alat ukur dengan *Sound level meter* dalam pendeteksian tingkat tekanan bunyi untuk masing masing telinga pasien, diberikan bunyi dari sumber bunyi

piezoelektrik dengan frekuensi masukan yang bervariasi ke masing – masing telinga. Tingkat tekanan bunyi yang diterima membran timpani tersebut akan dideteksi oleh alat ukur. Hasil dari pengujian tersebut menghasilkan 10 data dengan persentase ketepatan rata – rata 93,42% untuk telinga kanan dan 94,57% untuk telinga kiri. Namun, terdapat persentase kesalahan yang besar untuk 2 nilai awal pada masing masing pengukuran. Hal ini terjadi karena terdapat *noise* pada serat optik ketika dimasukkan ke dalam saluran telinga, dimana cahaya belum dapat terpantul dengan baik setelah mengenai membran yang disebabkan oleh kondisi masing masing saluran telinga pasien, seperti kotoran telinga atau kondisi membran timpani pasien. Sehingga menyebabkan perubahan tegangan yang sangat kecil pada awal proses pengukuran, selanjutnya untuk proses pengukuran ketiga sampai pengukuran terakhir *noise* pada serat optik sudah berkurang sehingga proses pengukuran dapat dilakukan dengan baik. Data perbandingan nilai tingkat tekanan bunyi alat ukur dan alat pembanding *sound level meter* untuk telinga kanan dapat dilihat pada Tabel 3 dan untuk telinga kiri dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 3** Data perbandingan nilai tingkat tekanan bunyi alat ukur dan alat pembanding *sound level meter* untuk telinga kanan

| Tingkat Tekanan Bunyi Alat Pembanding (dB) | Tingkat Tekanan Bunyi Alat Ukur (dB) | Persentase Kesalahan (%) | Persentase Ketepatan (%) |
|--|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 46,4                                       | 64,3                                 | 38,65%                   | 61,35%                   |
| 52,3                                       | 64,3                                 | 23,01%                   | 76,99%                   |
| 58,8                                       | 62,0                                 | 5,44%                    | 94,56%                   |
| 60,7                                       | 63,3                                 | 4,34%                    | 95,66%                   |
| 62,5                                       | 63,7                                 | 1,87%                    | 98,13%                   |
| 63   | 63,7                                 | 1,06%                    | 98,94%                   |
| 64,3                                       | 65,0                                 | 1,09%                    | 98,91%                   |
| 65,4                                       | 63,3                                 | 3,16%                    | 96,84%                   |
| 66,3                                       | 64,7                                 | 2,46%                    | 97,54%                   |
| 67,7                                       | 65,0                                 | 3,99%                    | 96,01%                   |
| Rata - rata                                |                                      | 6,58%                    | 93,42%                   |

**Tabel 4** Data perbandingan nilai tingkat tekanan bunyi alat ukur dengan alat pembanding *sound level meter* pada telinga kiri

| Tingkat Tekanan Bunyi Alat Pembanding (dB) | Tingkat Tekanan Bunyi Alat Ukur (dB) | Persentase Kesalahan (%) | Persentase Ketepatan (%) |
|--|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 46,4                                       | 62,0                                 | 33,62%                   | 66,38%                   |
| 52,3                                       | 62,0                                 | 18,55%                   | 81,45%                   |
| 58,8                                       | 61,3                                 | 4,31%                    | 95,69%                   |
| 60,7                                       | 63,7                                 | 4,89%                    | 95,11%                   |
| 62,5                                       | 62,3                                 | 0,27%                    | 99,73%                   |
| 63   | 65,0                                 | 3,17%                    | 96,83%                   |
| 64,3                                       | 64,7                                 | 0,57%                    | 99,43%                   |
| 65,4                                       | 64,3                                 | 1,63%                    | 98,37%                   |
| 66,3                                       | 63,3                                 | 4,47%                    | 95,53%                   |
| 67,7                                       | 64,7                                 | 4,48%                    | 95,52%                   |
| Rata - rata                                |                                      | 5,43%                    | 94,57%                   |

### 3.4 Hasil Pengujian Alat Pada Pasien

Alat yang telah diuji kemudian diaplikasikan untuk pemeriksaan pasien poli THT. Proses pengujian alat ini dilakukan terhadap 10 pasien poli THT khususnya pasien yang melakukan pemeriksaan pada telinga, uji coba alat ini dilakukan di poli THT Rumah Sakit Universitas Andalas. Pengujian alat ini dilakukan sebanyak 6 kali percobaan dengan variasi frekuensi masukan sehingga diperoleh data sebanyak 60 data. Alat pendeteksi tingkat tekanan bunyi terhadap respon membran timpani ini melakukan proses pendataan secara *real time* sesuai variasi frekuensi masukan.

Alat ini dapat mendeteksi tingkat tekanan bunyi yang diterima oleh membran timpani tersebut. Data pengujian alat pada pasien poli THT untuk telinga kanan dapat dilihat pada Tabel 5. Nilai tingkat tekanan bunyi paling tinggi berada pada nilai 65 dB pada 4 orang pasien.

**Tabel 5** Data pengujian alat pada pasien poli THT untuk telinga kanan

| Umur Pasien (Tahun) | Frekuensi Masukan (Hz) | Tingkat Tekanan Bunyi (dB) |
|---------------------|------------------------|----------------------------|
| 21                  | 220                    | 64,3                       |
| 21                  | 220                    | 64,3                       |
| 21                  | 220                    | 62,0                       |
| 21                  | 220                    | 63,3                       |
| 21                  | 220                    | 63,7                       |
| 22                  | 220                    | 63,7                       |
| 22                  | 220                    | 65,0                       |
| 22                  | 220                    | 63,3                       |
| 22                  | 220                    | 64,7                       |
| 21                  | 220                    | 65,0                       |

Berdasarkan pengujian dengan pasien di Poli THT Rumah Sakit Universitas Andalas dengan frekuensi yang divariasikan didapatkan hasil tingkat tekanan bunyi 60 dB sampai 65 dB. Pengujian alat pada pasien secara langsung ini dapat membuktikan bahwa alat yang telah dirancang dapat digunakan secara langsung pada pasien, tetapi masih memerlukan pengembangan untuk meningkatkan ketelitian alat yang sudah dirancang.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa rancangan sistem pendeteksi tingkat tekanan bunyi terhadap respon membran timpani berbasis serat optik telah mampu mengukur tingkat tekanan bunyi dengan ketepatan rata-rata 93,42% untuk telinga kanan dan telinga kiri didapatkan nilai ketepatan rata-rata 94,57%. Hasil pengukuran tingkat tekanan bunyi telah dapat dilakukan secara real time dengan pemeriksaan langsung ke pasien, dengan hasil yang ditampilkan secara langsung pada *OLED display*. Namun, alat masih memiliki kekurangan seperti tingkat ketelitian, sehingga memerlukan pengembangan selanjutnya sehingga alat dapat bekerja dengan maksimal dan akurat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Gabriel, J.F., 1996, Fisika Kedokteran, Kedokteran EGC, Jakarta.
- Giancoli, DC., 2001, Fisika, Erlangga, Jakarta.
- Guyton, AC., 2003, Physiology of The Human Body 11<sup>th</sup> edition, W.B. Saunders Company, Philadelphia.
- Deswilan dan Harmadi, 2019, Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebisingan Berbasis Serat Optik, *Jurnal Fisika UNAND, Vol. 8, No. 3*.
- Syerly dan Harmadi, 2017, Rancang Bangun Sistem Pengukuran Frekuensi Getaran Akustik pada Speaker Piezoelektrik Menggunakan Sensor Serat Optik, *Jurnal Fisika UNAND, Vol. 6, No. 1, Jur. Fisika UNAND, hal 47 – 52*.
- Shahnaz, N., Bork K., 2008, Comparison of Standart and Multi Frequency Tympanometric Measures Obtaine With the Virtual 310 System and The Grason Stadler Tympstar, *Canadian Journal of Speech Pathology and Audiology 32: 146-157*.