

Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebisingan Berbasis Sensor Serat Optik

Sixtinah Deswilan*, Harmadi

Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Fisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

*sixtinahd@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan rancang bangun alat pendeteksi kebisingan berbasis sensor serat optik dengan metode ekstrinsik. Alat pendeteksi kebisingan terdiri dari sensor serat optik yang menggunakan sumber cahaya berupa dioda laser, serat optik FD-620-10 *step index multimode* dan fotodetektor OPT101. Sensor serat optik digunakan untuk mengukur frekuensi dan tingkat tekanan bunyi dengan memanfaatkan perubahan tegangan keluaran. Perubahan tegangan keluaran terjadi akibat adanya variasi jarak membran terhadap serat optik. Pengujian pertama dilakukan uji coba alat ukur dengan alat pembanding dan aplikasi *frequency generator*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada pengukuran frekuensi 1000 Hz sampai 5000 Hz memiliki presentase kesalahan rata-rata 4,65% serta tingkat tekanan bunyi memiliki presentase kesalahan rata-rata 3,30%. Pengujian kedua dilakukan di dalam ruangan menghasilkan rentang frekuensi sekitar 1000 Hz sampai 9000 Hz dengan tingkat tekanan bunyi alat ukur 47 dB sampai 86 dB dan alat pembanding 53,8 dB sampai 58,2 dB serta persentase kesalahan rata-rata 1,51% dan 1,67%.
Kata Kunci : bunyi, frekuensi, kebisingan, membran, serat optik.

ABSTRACT

*A noise detector has been designed based on optical fiber sensors with extrinsic method. The noise detector device consist of an optical fiber sensor using a light source of a laser diode, an optical fiber FD-620-10 step index multimode and OPT101 a photodetector. The sensor was used to measure the frequency and sound pressure level by utilizing the output voltage change. Changes in the voltage occur due to the variation of membrane distance to optical fibers. The first test were using measuring instrument with MS6300 comparison tool and frequency generator application. It show that at 1000 Hz to 5000 Hz frequency, the average error percentage is 4.65% and the sound pressure level test, the average error is 3.30%. The second test was tasted by doing into the room, it shows at 1000 Hz to 9000 Hz frequency with sound pressure level detected by measuring instrument at 47 dB to 86 dB and by comparative tool at 53.8 dB to 58.2 dB as well as the average error percentage is 1.51% and 1.67%.
Keywords: frequency, membrane, noise, optical fiber, sound.*

I. PENDAHULUAN

Kebisingan adalah bunyi yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan pada tingkat dan waktu tertentu dapat menimbulkan gangguan kesehatan dan kenyamanan lingkungan (Kepmen LH No.48, 1996). Kebisingan dapat berasal dari bunyi mesin yang menghasilkan nilai frekuensi dan tingkat tekanan bunyi berbeda-beda. Semakin tinggi tingkat tekanan bunyi yang dihasilkan dari sumber kebisingan, maka akan semakin besar dampak dari kebisingan yang ditimbulkan (Syamsul dan Widiarti, 2018). Seiring dengan meningkatnya tekanan bunyi yang dihasilkan dari sumber kebisingan. Bunyi yang dihasilkan tersebut akan berpengaruh dalam kegiatan belajar mengajar. Bunyi yang telah melewati ambang batas kebisingan 55 dB, tidak direkomendasikan pada area sekolah (Metawati, 2013).

Perancangan alat pendeteksi kebisingan telah dilakukan oleh Suryanto dan Hisam (2010) yaitu perancangan dan pembuatan alat pendeteksi tingkat kebisingan berbasis mikrokontroler. Alat ini dapat menampilkan nilai kebisingan berdasarkan tingkat tekanan bunyi yang dideteksi oleh mikrofon dinamik pada sebuah *display dot matrix*. Alat tersebut dapat mendeteksi tingkat tekanan bunyi rata-rata dalam rentang 58 dB sampai 95 dB. Penelitian tersebut masih memiliki kekurangan karena penggunaan mikrofon dinamik dianggap kurang sensitif. Mikrofon dinamik membutuhkan getaran akustik yang kuat untuk menggerakkan kumparan yang terdapat di dalam medan magnet untuk menghasilkan tegangan. Pemilihan sensor bunyi yang tepat diperlukan dalam meningkatkan sensitifitas alat untuk mendeteksi bunyi berdasarkan nilai frekuensi getaran akustik dan tingkat tekanan bunyi.

Penggunaan sensor serat optik merupakan pilihan yang tepat untuk mendeteksi kebisingan karena gelombang bunyi terpandu tanpa ada *noise* akibat gangguan medan elektromagnetik dan gelombang radio (Herman, 2013). Penelitian mengenai sensor serat optik telah dilakukan oleh Putri dan Harmadi (2017) untuk mendeteksi frekuensi getaran akustik pada *speaker* piezoelektrik. Frekuensi getaran yang diukur dengan rentang 1000 Hz – 40.000 Hz. Alat tersebut memiliki tingkat ketelitian 99,97%, tingkat kesalahan 0,007% dan standar deviasi sebesar 0,03.

Berdasarkan permasalahan dan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, maka diperlukan penelitian dengan rancangan alat lebih terpadu untuk mendeteksi kebisingan ruangan. Sistem sensor akan dirancang menggunakan serat optik tipe *step index multimode*, diode laser dan fotodetektor OPT101. Alat pendeteksi kebisingan berbasis sensor serat optik akan diaplikasikan pada ruangan kuliah dan Laboratorium. Penelitian ini diharapkan dapat membantu civitas akademika dalam memonitoring tingkat kebisingan ruangan.

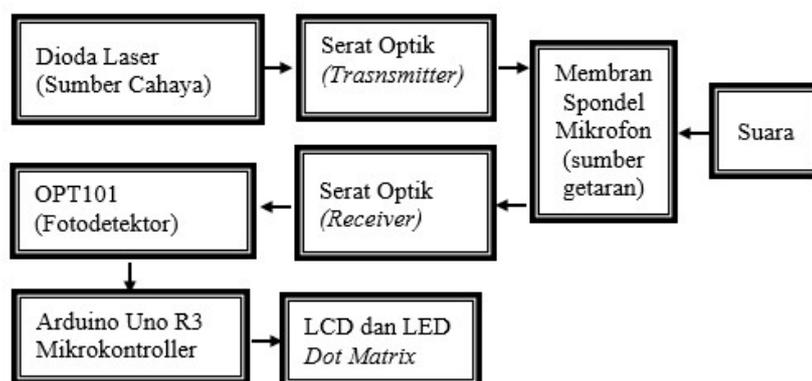
II. METODE

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam perancangan ini meliputi dioda laser, serat optik tipe FD-620-10 *step index multimode*, fotodetektor OPT101, *pre-ampifier* BC547 dan LM386, LCD I2C, LED *dot matrix* dan mikrokontroler arduino uno.

2.2 Perancangan Perangkat Keras Sensor Kebisingan

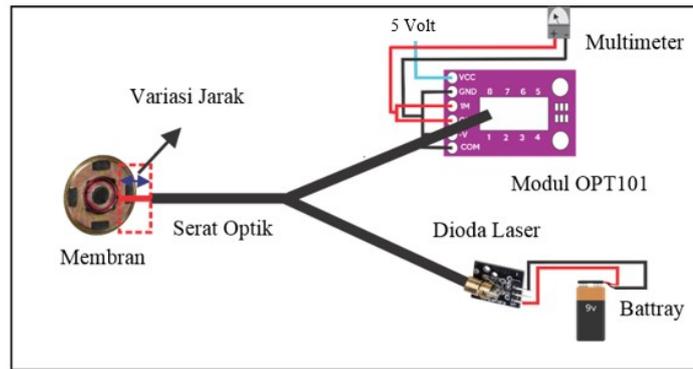
Rancangan perangkat keras sistem sensor kebisingan menggunakan serat optik sebagai sensornya adalah seperti Gambar 1. Sistem perangkat keras ini terdiri dari dioda laser sebagai sumber cahaya mengenai serat optik *transmitter*. Cahaya tersebut kemudian dipandu menuju membran spondel mikrofon sebagai sumber getar. Jika terdapat suara yang berasal dari lingkungan luar, maka membran akan mengalami variasi jarak yang mengakibatkan terjadinya variasi intensitas cahaya yang masuk ke serat optik *receiver*. Cahaya yang dipandu melalui serat optik *receiver* akan dideteksi oleh OPT101 sebagai fotodetektor. OPT101 menghasilkan sinyal keluaran berupa tegangan listrik yang akan diproses oleh Arduino Uno R3. Sinyal keluaran tersebut akan menghasilkan besaran fisis berupa frekuensi dan tingkat tekanan bunyi pada layar LCD serta indikator peringatan dengan tulisan “harap diam” pada LED *dot matrix*.



Gambar 1 Diagram blok sistem sensor kebisingan berbasis sensor serat optik

2.3 Perancangan dan Karakterisasi Mikrofon Serat Optik

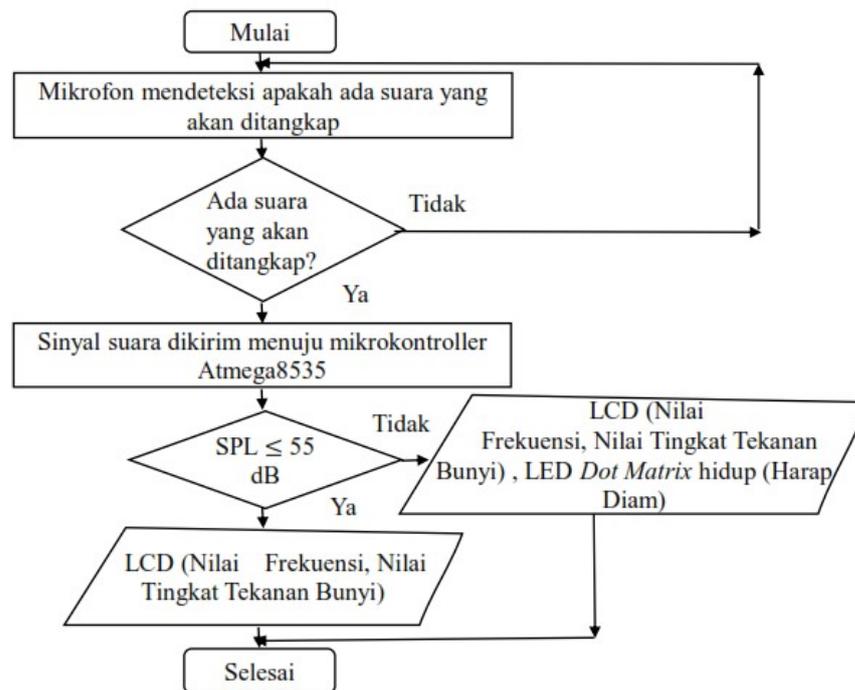
Karakterisasi mikrofon serat optik terdiri dari perancangan sensor bunyi menggunakan dioda laser sebagai sumber cahaya. Serat optik digunakan sebagai medium yang menghantarkan cahaya yang diterima dari dioda laser. Membran spondel mikrofon dan bunyi sebagai objek yang akan diukur. Perancangan dan karakterisasi mikrofon serat optik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Skema karakterisasi sensor

2.4 Perancangan Perangkat Lunak Sistem Sensor

Perancangan perangkat lunak bertujuan untuk memproses sinyal masukan dari sensor serat optik. Pemrograman pada penelitian ini terdiri dari *source code* yang ditanamkan pada mikrokontroler arduino uno menggunakan bahasa C. Tingkat tekanan bunyi yang menjadi acuan adalah 55 dB. Apabila nilai tingkat tekanan bunyi melewati batas ambang kebisingan maka pada layar LCD akan ditampilkan nilai frekuensi dan tingkat tekanan bunyi serta indikator peringatan dengan tulisan “Harap Diam” pada LED *dot matrix*. Secara umum diagram alir program pengukuran tingkat tekanan bunyi yang menimbulkan kebisingan terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram alir program pengukuran kebisingan

2.5 Pengujian Sistem Pendeteksi dan Pengambilan Data

Pengujian dan pengambilan data dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran pada alat ukur yang telah dirancang dengan alat ukur standar yaitu MS6300. Sumber bunyi menggunakan aplikasi *frequency generator* yang ada pada android. Alat pembanding berupa MS6300 dapat menentukan tingkat ketelitian dari alat yang dirancang. Ketepatan dari sistem dapat ditentukan dari persentase kesalahan antara nilai aktual dengan nilai terlihat. Besar persentase kesalahan pada pengujian skala suatu alat ukur dapat ditentukan dengan persentase kesalahan XY dan persentase ketepatan A_n (Saputro, 2014).

$$XY = \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\% \quad (1)$$

Persamaan (1) menunjukkan nilai persentase kesalahan, Y_n adalah nilai sebenarnya pada alat pembanding dan X_n adalah nilai yang terbaca pada alat ukur. Persentase ketepatan A_n dapat dilihat pada Persamaan (2).

$$A_n = \left[1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \right] \times 100\% \quad (2)$$

Ketika alat yang dirancang sudah dikarakterisasi dengan alat pembanding maka akan dilakukan pengujian langsung diruangan. Ruangan uji coba adalah ruang kuliah D dan Laboratorium.1`

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Karakterisasi Fotodetektor 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 menggunakan bantuan senter sebagai sumber cahaya. Hasil pengujian fotodetektor OPT101 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Data pengujian tegangan keluaran OPT101

Intensitas Cahaya (lux)	Vout (mV)
0	0,0077
0,5	0,4540
3,6	0,4710
15,8	0,5420
38,4	0,6710
89,7	0,9670
138	1,3360
344	2,9760
454	3,7330
604	4,2100

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 untuk 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 merupakan data perubahan jarak antara membran dan serat optik terhadap tegangan keluaran fotodetektor OPT101. Data pengujian mengalami peningkatan pada jarak 0 mm – 1 mm, kemudian semakin menurun menuju angka nol seiring bertambahnya jarak antara sensor serat optik dengan membran. Nilai tertinggi terjadi pada jarak 2 mm dengan tegangan keluaran 452 mV. Nilai tertinggi tersebut berada dalam rentang numerical aperture (NA) serat optik. Karakterisasi ini menjadi patokan untuk menentukan jarak terbaik untuk menempatkan sensor serat optik dan membran, yaitu pada jarak 2 mm.

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

Jarak (mm)	V_{out} Rata-Rata (mV)
0	155,00
1	174,78
2	452,00
3	372,56
4	276,44
5	227,46
6	199,30
7	181,48
8	168,86
9	167,26
10	157,76

3.3 Hasil Pengujian Alat Pendeteksi Dengan Alat Pembanding

Pengujian alat dilakukan untuk melihat keakuratan dari alat yang telah dirancang. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan alat ukur dengan alat pembanding MS6300 dengan menggunakan variasi nilai frekuensi dari aplikasi *frequency generator*. Nilai frekuensi bersumber dari bunyi yang dihasilkan oleh aplikasi *frequency generator* dengan rentang frekuensi 1000 Hz sampai 5000 Hz. Nilai frekuensi yang dihasilkan oleh aplikasi *frequency generator* akan dideteksi oleh alat ukur. Hasil dari pengujian tersebut menghasilkan 9 data dengan presentase kesalahan rata-rata 4,65% dan persentase ketepatan rata-rata 95,35%. Data perbandingan nilai frekuensi dari aplikasi *frequency generator* dan alat ukur dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Grafik perbandingan nilai frekuensi pada aplikasi frequency generator dan hasil pengujian menggunakan alat pendeteksi kebisingan dengan serat optik

Frekuensi Alat Pembanding (Hz)	Frekuensi Alat Ukur (Hz)	Persentase Kesalahan (%)	Persentase Ketepatan (%)
1016	925	8,96%	91,04%
1509	1350	10,54%	89,46%
2012	2025	0,65%	99,35%
2542	2475	2,64%	97,36%
3043	2925	3,88%	96,12%
3513	3600	2,48%	97,52%
4057	4275	5,37%	94,63%
4519	4725	4,56%	95,44%
5034	5175	2,80%	97,20%
Rata-Rata		4,65%	95,35%

Berdasarkan sumber bunyi dari aplikasi *frequency generator*, nilai tingkat tekanan bunyi akan dideteksi oleh alat ukur dan alat pembanding MS6300. Hasil pengujian tersebut menghasilkan nilai tingkat tekanan bunyi dengan presentase kesalahan rata-rata 3,30% dan persentase ketepatan rata-rata 96,70%. Data perbandingan nilai tingkat tekanan bunyi alat pembanding MS6300 dan alat ukur dapat dilihat pada Tabel 4.

Pengujian yang telah dilakukan menghasilkan persentase kesalahan rata-rata kecil dari 5%. Berdasarkan data statistik yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa rancangan sistem alat pendeteksi menggunakan sensor serat optik telah berhasil dilakukan untuk *range* frekuensi yang dapat didengar oleh telinga manusia.

Tabel 4 Grafik perbandingan nilai tingkat tekanan bunyi pada MS6300 dan hasil pengujian menggunakan alat pendeteksi kebisingan dengan serat optik

Tingkat Tekanan Bunyi Alat Pembanding (dB)	Tingkat Tekanan Bunyi Alat Ukur (dB)	Persentase Kesalahan (%)	Persentase Ketepatan (%)
44.3	47	6,09%	93,91%
47.1	49	4,03%	95,97%
50.7	52	2,56%	97,44%
53.1	54	1,69%	98,31%
55.4	56	1,08%	98,92%
57.2	59	3,15%	96,85%
63.8	62	2,82%	97,18%
66.2	64	3,32%	96,68%
69.4	66	4,90%	95,10%
Rata-Rata		3,30%	96,70%

3.4 Hasil Pengujian Alat di Ruang

Alat yang telah diuji, kemudian diaplikasikan ke dalam suatu ruangan. Proses uji coba alat dilakukan di dua ruangan yaitu ruang kuliah D dan Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi. Pengujian alat dilakukan sebanyak 3 kali percobaan dengan rentang waktu 30 menit sehingga diperoleh sebanyak 1801 data. Alat pendeteksi kebisingan melakukan proses pendataan secara *real time* sampai waktu telah terpenuhi.

Waktu pengujian alat di Gedung kuliah disesuaikan dengan kondisi jadwal perkuliahan. Alat pendeteksi kebisingan dapat mendeteksi kebisingan yang melewati batas ambang kebisingan 55 dB sebanyak 2 kali dengan diiringi peringatan yang ditampilkan pada LED *dot matrix*. Data pengujian alat di Gedung kuliah dapat dilihat pada Tabel 5. Nilai tingkat tekanan bunyi paling tinggi berada pada nilai 59 dB yang terjadi pada 30 menit pertama. Pengujian kedua dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Fisika Unand. Alat pendeteksi kebisingan dapat merespon bunyi dengan baik. Kondisi kebisingan yang dideteksi sebanyak 3 kali dalam rentang 30 menit. Data pengujian alat pada Laboratorium dapat dilihat pada Tabel 6. Nilai tingkat tekanan bunyi rata-rata paling tinggi berada pada nilai 59 dB yang terjadi pada 30 menit pertama dan kedua.

Tabel 5 Data pengujian alat pendeteksi kebisingan berbasis sensor serat optik di Gedung Kuliah D Universitas Andalas

Waktu Pengukuran	Tingkat Tekanan Bunyi Rata-Rata Alat Ukur (dB)	Tingkat Tekanan Bunyi Rata-Rata Alat Pembanding (dB)	Persentase Kesalahan (%)	Indikator Peringatan LED <i>Dot Matrix</i>
09.50-10.20	59	57,7	2,25%	Hidup
10.30-11.00	58	56,9	1,93%	Hidup
11.10-11.40	54	53,8	0,37%	Mati
Rata-Rata			1,51%	

Tabel 6 Data pengujian alat pendeteksi kebisingan berbasis sensor serat optik di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi

Waktu Pengukuran	Tingkat Tekanan Bunyi Rata-Rata Alat Ukur (dB)	Tingkat Tekanan Bunyi Rata-Rata Alat Pembanding (dB)	Persentase Kesalahan (%)	Indikator Peringatan LED <i>Dot Matrix</i>
10.00-10.30	59,0	58,2	1,37%	Hidup
10.40-11.10	59,0	57,8	2,07%	Hidup
11.20-11.50	58,0	57,1	1,57%	Hidup
Rata-Rata			1,67%	

Berdasarkan pengujian di dua ruangan berbeda didapatkan rentang frekuensi 1000 Hz sampai 9000 Hz dengan tingkat tekanan bunyi rata-rata alat ukur 54 dB sampai 59 dB dan alat pembanding 53,8 dB sampai 58,2 dB. Pengujian alat pada ruangan dapat membuktikan bahwa

alat yang telah dirancang dapat digunakan di dalam ruangan sehingga dapat memonitoring kebisingan yang terjadi di dalam ruangan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa rancangan sistem pendeteksi kebisingan berbasis sensor serat optik telah mampu mengukur frekuensi dan tingkat tekanan bunyi secara akurat. Hasil pengukuran frekuensi menunjukkan terdapat persentase kesalahan rata-rata 4,65% dan persentase ketepatan rata-rata 95,35% serta tingkat tekanan bunyi dengan persentase kesalahan rata-rata 3.30% dan persentase ketepatan rata-rata 96,70%. Hasil pengujian pada ruangan telah dapat mendeteksi tingkat tekanan bunyi dalam rentang 47 dB sampai 86 dB selama 6 kali percobaan di 2 ruangan berbeda. Nilai pengukuran frekuensi dan tingkat tekanan bunyi telah dapat dilakukan secara real time dengan ditampilkan secara langsung pada LCD dan peringatan batas kebisingan pada LED *dot matrix*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam terlaksananya penelitian ini banyak pihak yang membantu penulis sehingga dapat menyelesaikannya tepat waktu. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia (Kemendikristekdikti) yang telah memberikan bantuan dana penelitian melalui Program Kreativitas Mahasiswa (PKM).

DAFTAR PUSTAKA

- Herman, Rancang Bangun Mikrofon Berbasis Serat Optik, *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, **4**, 63-69 (2013).
- Kepmen LH No. 48, 1996, Baku Tingkat Kebisingan, Depdiknas, Jakarta.
- Metawati, N., *Evaluasi Pemenuhan Standar Tingkat Kebisingan Kelas di SMPN 23 Bandung* (Perpustakaan UPI, Bandung, 2013), hal. 137-140.
- Suryanto dan Hisam, A., Perancangan dan Pembuatan Alat Pendeteksi Kebisingan Bunyi Berbasis Mikrokontroler, *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, **6**, 1-4 (2010).
- Syamsul dan Widiyanti, S. Y., Rancang Bangun Pengontrolan dan Monitoring Kebisingan Ruangan Berbasis Mikrokontroler AVR ATmega 8535, *Journal of Electrical Technology*, **3**, 22-26 (2018).
- Putri, S. E. dan Harmadi, Rancang Bangun Sistem Pengukuran Frekuensi Getaran Akustik pada *Speaker* Piezoelektrik Menggunakan Sensor Serat Optik, *Jurnal Fisika UNAND*, **6**, 47 – 52 (2017).