

PERANCANGAN TABUNG IMPEDANSI BERBASIS MIKROKONTROLER SEBAGAI ALAT UJI KOEFISIEN SERAP BUNYI

Muhamad Nur Firmansyah¹, Amalia Ma'rifatul Maghfiroh², Faisal Ashari³.
^{1,2,3} Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Bojonegoro.
Email: ¹mnurfirmansyah10@gmail.com, ²amaliamarifatulmaghfiroh@gmail.com,
³faisal_gaxes@yahoo.com.

ABSTRAK

Bunyi yang tidak diharapkan disebut dengan kebisingan. Salah satu cara untuk mencegah kebisingan ialah dengan penggunaan material akustik (komposit) yang bersifat menyerap atau meredam bunyi, sehingga bunyi dapat direduksi dengan menggunakan alat bantu tes pengukur karakteristik suara. Oleh sebab itu dirancanglah Tabung impedansi sebagai perangkat untuk menentukan nilai koefisien serap bunyi dengan sensor suara berbasis mikrokontroler. Proses perancangan tabung impedansi dibuat sesuai dengan desain yang telah divalidasi oleh pihak yang kompeten dalam bidangnya dengan nilai total presentase rata-rata 92.5% (sangat baik). Adapun komponen tabung impedansi diantaranya yaitu : body, sambungan (tempat komposit), penutup, loud speaker, kaki penyangga, tempat mikrokontroler, dan beberapa komponen elektronika. Semua komponen dibuat dengan bahan yang telah dipilih seperti pipa PVC, kayu, akrilik dan bahan tambahan lainnya. Pengujian komposit diawali dengan pembuatan kode program pada software Arduino IDE, pemasangan komposit pada sambungan tabung, setting penguas suara dan frekuensi pada smartphone dengan frekuensi sebesar 750 Hz, hasil yang diperoleh dari pengukuran dengan frekuensi tersebut adalah 104.86 dB (Sebelum ada komposit), 57.94 dB (setelah ada komposit), 46.92 dB (Nilai serap dari komposit).

Kata Kunci : *bunyi, kebisingan, komposit, tabung impedansi*

Abstract

Unwanted sound is called noise. One way to prevent noise is by using acoustic (composite) materials that absorb or dampen sound, so that sound can be reduced by using sound characteristic measuring test aids. Therefore an impedance tube was designed as a device to determine the value of the sound absorption coefficient with a microcontroller based sound sensor. The impedance tube design process is made in accordance with a design that has been validated by competent parties in their field with a total average percentage value of 92.5% (very good). The impedance tube components include: body, connection (composite case), cover, loudspeaker, supporting leg, microcontroller housing, and several electronic components. All components are made with selected materials such as PVC pipes, wood, acrylic and other additives. Composite testing was preceded by creating program code in the Arduino IDE software, installing the composite on the tube connection, speaker setting and frequency on the smartphone with a frequency of 750 Hz, the results obtained from measurements with that frequency were 104.86 dB (before there was a composite), 57.94 dB (after there was a composite), 46.92 dB (Absorptive value of the composite).

Keywords: *sound, noise, composite, impedance tube*

PENDAHULUAN

Bunyi adalah suatu jenis gelombang mekanik dengan arah getar yang sama dengan arah rambatnya (longitudinal). Gelombang bunyi terdengar karena getaran sumber bunyi yang mengakibatkan medium diudara bergetar hingga sampai ke gendang telinga. Medium ini bisa berupa zat padat, cair, atau udara [1]. Bunyi yang tidak diharapkan disebut dengan kebisingan [2]. Kebisingan merupakan salah satu masalah yang sangat penting untuk diatasi, karena jelas mengganggu aktivitas maupun kesehatan pada manusia. Penggunaan mesin dan alat kerja untuk mendukung proses produksi memiliki potensi untuk menimbulkan kebisingan [3]. Salah satu cara untuk mencegah perambatan kebisingan pada struktur mesin, ruangan/ bangunan serta kebisingan dalam dunia industri, ialah dengan penggunaan material akustik (komposit) yang bersifat menyerap atau meredam bunyi, sehingga bunyi/ bising yang berlebihan dapat direduksi dengan menggunakan alat bantu tes pengukur karakteristik suara [4]. Ada dua teknik untuk memperkirakan/ mengukur sifat akustik material, yaitu dengan menggunakan teknik ruang resonansi (dengung) dan metode tabung impedansi. Tabung impedansi adalah perangkat penting untuk menentukan nilai koefisien serapan, pemantulan dan transmisi bunyi. Penelitian tentang tabung impedansi telah banyak dilakukan, salah satunya Asade dan Ikhwanisyah telah melakukan penelitian tentang perancangan tabung impedansi dan kajian eksperimental koefisien serap bunyi paduan aluminium-magnesium dengan standart ISO 10534-2:1998 [2]. Tabung impedansi memiliki peran penting untuk mengetahui karakteristik sifat akustik dari suatu bahan [2]. Khususnya di program studi teknik industri Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro alat pengukur ini sangat menunjang kekelengkapan sarana dan prasarana dilaboratorium. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan dengan membuat tabung impedansi sebagai alat ukur koefisien serap bunyi. Tujuan dari penelitian ini adalah perancangan tabung impedansi sebagai alat ukur koefisien serap bunyi dan juga bagaimana cara pengujian sampel komposit peredam kebisingan.

TINJAUAN PUSTAKA

Gelombang

Gelombang adalah getaran yang merambat. Setiap titik yang dilalui gelombang menjadi bergetar, getaran tersebut berganti tahap sehingga terlihat sebagai getaran yang merambat [5]. Berdasarkan medium perantaranya gelombang dibedakan menjadi 2 macam yaitu gelombang mekanik dan elektromagnet [6]. Gelombang mekanik adalah gelombang yang arah merambat dari gelombang tersebut memerlukan perantara. Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang dihasilkan oleh getaran medan listrik dan magnet serta dapat merambat tanpa perantara zat.

Tabung Impedansi

Tabung impedansi merupakan sebuah alat untuk mengukur koefisien serap bahan terhadap gelombang bunyi, prinsip dasar metodel Tabung Impedansi adalah refleksi,

absorpsi dan transmisi gelombang bunyi oleh permukaan bahan pada suatu ruang tertutup, dimana bahan tersebut digunakan untuk melapisi permukaan dinding ruang tertutup [7].

Tabung Impedansi yang digunakan pada metode ini terdapat beberapa bagian, yaitu bagian 2 body tabung dan pipa penyelidik, bagian penyangga bahan uji (*specimen*), bagian pembangkit bunyi, dan bagian penerima bunyi. Spesifikasi tabung impedansi telrbulat dari sebuah pipa PVC dan berbasis Mikrokontroler.

Mikrokontroler (Arduino UNO)

Arduino dibuat atau didirikan Massimo Banzi dan David Cuartielles, warga negara Ivrea, Italia [8]. Arduino UNO merupakan board mikrokontroler didasarkan dengan ATmega328, Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input/ output (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah osilator Kristal 16 MHz, koneksi USB, power jack, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol reset. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk membuat mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah computer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya [9]. Terdapat beberapa jenis Board Arduino seperti Arduino Uno, Arduino Mega2560, Arduino Nano, Arduino Promini, Arduino Lylipad, Arduino Leonardo dan sebagainya [8].

Sound level meter

Sensor suara merupakan komponen yang dapat mengubah gelombang Sinusioda suara menjadi gelombang sinus energi listrik (*Alternating Sinusioda Electric Current*). Sensor suara berfungsi mengingat besarnya kekuatan gelombang suara yang menyebabkan bergeraknya membran sensor yang terdapat sebuah kumparan kecil di balik membran yang naik turun. Karena kumparan tersebut seperti sebuah pisau berlubang, yang bergerak naik turun, yang kemudian menjadi gelombang magnet yang mengalir melewatinya terpotong-potong. Kecepatan gerak kumparan menentukan kuat gelombang yang dihasilkannya [10].

LCD I2C

I2C/TWI LCD, merupakan modul yang dipakai untuk mengurangi penggunaan kaki di LCD. Modul ini memiliki 4 pin yang akan dihubungkan ke Arduino. Arduino uno sudah mendukung komunikasi I2C dengan module I2C lcd, maka dapat mengontrol LCD Karakter 16x2 dan 20x4 hanya menggunakan 2 Pin yaitu Analog Input Pin 4 (SDA) dan Analog Input Pin 5 (SCL) (M. Natsir 2019). Pada penelitian kali ini modul LCD yang digunakan adalah modul LCD I2C 16x2 yaitu dengan menggunakan 4 pin sebagai penghubung dengan Arduino UNO [11].

METODE PENELITIAN

Metode Penelitian ini meliputi beberapa mekanisme yang dilakukan yaitu :

1. Studi Literatur, mencari referensi yang berhubungan dengan perancangan tabung impedansi.
2. Desain Tabung Impedansi, pembuatan desain tabung impedansi dibuat menggunakan software AutoCAD.
3. Validasi Desain, dilakukan oleh dosen yang kompeten dalam bidangnya, jika sudah memenuhi aspek maka dapat dilanjutkan pada proses perancangan.
4. Perancangan Tabung Impedansi, mem-buat komponen-komponen tabung yang kemudian dirancang dengan proses pengeleman dan lainsebagainya.
5. Pengujian Sifat Akustik, pengujian komposit peredam kebisingan dengan frekuensi 750 Hz.
6. Analisis Data, pengambilan data yang diperoleh dari pengujian yang dilakukan kemudian ditentukan data mana yang akan dibahas.
7. Pembahasan, pengolahan data yang telah di ambil dengan mencari hasil serap suara dari komposit yang di uji.
8. Kesimpulan, penarikan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan menjawab dari tujuan penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Validasi Desain

Hasil dari desain yang telah dibuat selanjutnya akan dilakukan validasi desain yang akan divalidasi oleh dosen yang berkompeten dari program studi Teknik Industri Universitas Bojonegoro. Tujuan validasi desain untuk mengetahui kualitas kelayakkan desain yang dibuat, dengan kriteria penilaian sebagai berikut :

- 4 = Sangat baik
- 3 = Baik
- 2 = Cukup baik
- 1 = Kurang

Dan dengan kriteria presentase total penilaian sebagai berikut :

Tabel 1. Kriterion Interpretasi Skor

Skor (%)	Keterangan
0% - 25%	Buruk
26% - 50%	Cukup baik
51% - 75%	Baik
76% - 100%	Sangat baik

Berikut adalah rumus perhitungan dalam mencari presentase penilaian :

$$PPV = \frac{SR}{ST} \times 100 \% \quad (1)$$

Keterangan :

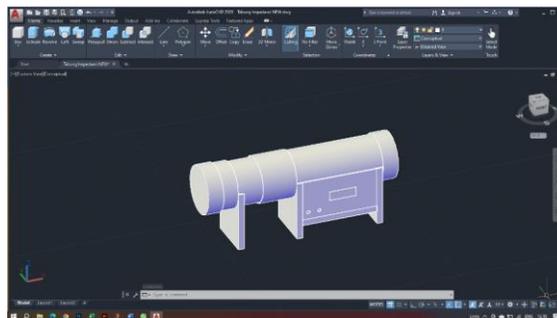
- PPV = Presentase penilaian validator
- SR = Jumlah total jawaban validator
- ST = Jumlah nilai total tertinggi

Setelah desain dibuat kemudian diserahkan pada dosen yang berkompeten, dan diperoleh hasil validasi desain yang ada pada Tabel 2. Hasil penilaian validator berikut :

Tabel 2. Hasil Penilaian Validator

No	Aspek penilaian	Sekor penilaian				Skor	Maks	%
		1	2	3	4			
1	Desain alat simpel				2	8	8	100
2	Ukuran desain			1	1	7	8	87.5
3	Tataletak desain				2	8	8	100
4	Kerapian			2		6	8	75
5	Kesesuaian desain				2	8	8	100
Rata-rata								92.5

Dari hasil penilaian validasi diatas maka nilai presentase rata-rata yang diperoleh adalah 92.5% (sangat baik), jadi desain yang dibuat telah memenuhi aspek yang dibutuhkan, dan dapat dilanjutkan pada proses perancangan tabung impedansi. Berikut hasil desain yang sudah divalidasi pada Gambar 1. Desain Tabung Impedansi, dibawah ini:



Gambar 1. Desain Tabung Impedansi

Perancangan Tabung Impedansi

1. Pemilihan bahan

Kriteria alat sangat dibutuhkan untuk menentukan kebutuhan yang akan akan dipakai untuk merancang alat. Berikut adalah daftar kriteria alat yang dibutuhkan :

Tabel 3. Kriteria alat

No	Daftar kriteria	Deskripsi
1	Ekonomis	Biaya pembuatan alat yang relative murah
2	Kemudahan perancangan	Alat dapat dirakit dan di-oprasikan dengan mudah tanpa memerlukan tenaga ahli khusus
3	Kemudahan perawatan	Mudah untuk dirawat dan dibersihkan
4	Komponen alat sederhana	Komponen dapat dilepas dan dipasang dengan mudah

Setelah kriteria alat ditentukan untuk memenuhi aspek alat sesuai dengan yang diinginkan, maka langkah selanjutnya adalah pemilihan alternatif bahan sebagai komposisi dari tabung impedansi berbasis mikro-kontroler, dengan isi tabel alternatif (bahan atau alat yang diinginkan), kelebihan (kelebihan spesifikasi dari alterbatif), kekurangan (kekurangan dari alternatif). Dibawah ini adalah tabel-tabel pemilihan alternatif bahan :

Tabel 4. Alternatif Pemilihan *Body* Tabung

No	Alternatif	Kelebihan	Kekurangan
1	Pipa PVC	Kedap suara, ketahanan kuat, bahan mudah didapat, perawatan mudah, tahan karat, mudah diolah, ekonomis	Tidak tahan pada suhu panas diatas 60°, ketahanan berkurang jika terkena suhu panas
2	Pipa besi	Kedap suara, ketahanan sangat kuat, tahan terhadap suhu panas, bahan mudah didapat	Mudah berkarat, sulit untuk diolah, tidak ekonomis
3	Akrilik	Kedap suara, tahan terhadap suhu panas, perawatan mudah, bahan mudah didapat	Ketahanan kurang kuat, kurang ekonomis, tidak tahan terhadap goresan, mudah kotor

Tabel 5. Alternatif Pemilihan Arduino

No	Alternatif	Kelebihan	Kekurangan
1	Arduino UNO	Kapasitas <i>flash memory</i> cukup besar, jumlah pin <i>input</i> dan <i>output</i> banyak, SRAM dan EEPROM yang cukup, Ekonomis	Dimensi cukup besar, jumlah kapasitas memori lebih kecil dibandingkan dengan Arduino mega
2	Arduino nano	Ekonomis, dimensi kecil, jumlah pin <i>input</i> dan <i>output</i> cukup	Kapasitas <i>flash memory</i> kecil, jumlah SRAM dan EEPROM kecil
3	Arduino mega	Kapasitas <i>flash memory</i> besar, jumlah pin <i>input</i> dan <i>output</i> banyak, SRAM dan EEPROM banyak,	Dimensi terlalu besar, harga kurang ekonomis

Setelah dilakukan pemilihan alternatif bahan Langkah selanjutnya adalah penilaian alternatif dilakukan berdasarkan skala penialan yang ditunjukkan pada Tabel 6. Aspek penilaian dibawah ini :

Tabel 6. Aspek Penilaian

1	Ekonomis	Harga terjangkau
2	Pembuatan mudah	Alternatif Mudah untuk diproses
3	Kemudahan perawatan	Alternatif mudah untuk dibersihkan
4	ketersediaan	Tersedia dipasaran

Setelah skala penilaian ditentukan kemudian terdapat penilaian alternatif berdasarkan penilaian kriteria alat yang diinginkan, berikut adalah Tabel 7. Penilaian alternatif sistem :

Tabel 7. Penilaian Alternatif Sistem

Nilai	Keterangan
4	Memenuhi aspek penilaian
3	Cukup memenuhi aspek penilaian
2	Kurang memenuhi aspek penilaian
1	Tidak memenuhi aspek penilaian

Tabel 8. Penilaian Alternatif *Body* Tabung

Penilaian	Pipa PVC	Akrilik	Besi
Ekonomis	4	3	2
Pembuatan mudah	4	3	2
Kemudahan perawatan	3	3	4
ketersediaan	4	3	3
Total	15	12	11

Berdasarkan hasil dari aspek penilaian pada tabel diatas maka hasil yang diperoleh dari beberapa alternatif adalah Pipa PVC

Tabel 9. Penilaian Alternatif Arduino

Penilaian	Arduino mega	Arduino UNO	Arduino nano
Ekonomis	1	3	4
Pembuatan mudah	4	4	3
Kemudahan perawatan	4	4	3
ketersediaan	3	3	3
Total	12	14	13

Berdasarkan hasil dari aspek penilaian pada tabel diatas maka hasil yang diperoleh dari beberapa alternatif adalah Arduino UNO

2. Pembuatan komponen

Dalam proses pembuatan komponen tabung impedansi terdapat beberapa kom-ponen yang dibuat dan dibeli :

Tabel 10. Komponen dibeli dan dibuat

Komponen yang dibuat	Komponen yang dibeli
Body tabung impedansi	Sambungan pipa (Tempat komposit)
Kaki penyangga tabung impedansi	Penutup tabung impedansi
Tempat mikrokontroler	Mikrokontroler Arduino UNO
Tempat loud speaker	Sound level meter KY-037
	LCD I2C 16x2
	Loud speaker

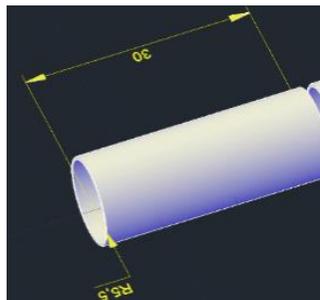
3. Proses permesinan

Dalam proses pembuatan alat Tabung impedansi ini dibuat dengan melalui bebe-rapa proses permesinan, diantaranya sebagai berikut :

- Mesin pemotong (gergaji), digunakan untuk memotong bahan-bahan. Diantaranya adalah pemotongan pipa PVC dan pemotongan kayu.
- Mesin bor, digunakan untuk membuat lubang pada proses pembuatan alat, diantaranya adalah pelubangan pada tutup pipa untuk tempat *loud speaker* dan membuat lubang pada tabung untuk jalu kabel.
- Mesin CNC laser, digunakan untuk memotong bahan tertentu, seperti pemotongan kaki penyangga dan pemotongan akrilik.
- Mesin gerinda, digunakan sebagai alat bantu dalam proses pemotongan, seperti pemotongan pipa, akrilik dan kayu

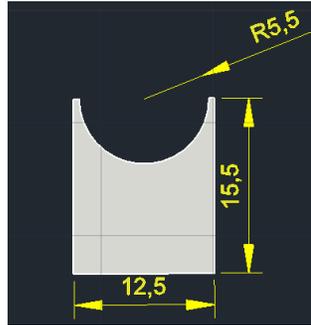
Dalam proses pembuatan komponen terdapat beberapa komponen yang dibuat yaitu :

- Body* tabung impedansi terdiri dari 2 buah yang terbuat dari berbahan pipa PVC dengan ukuran 30 cm dan 15 cm.



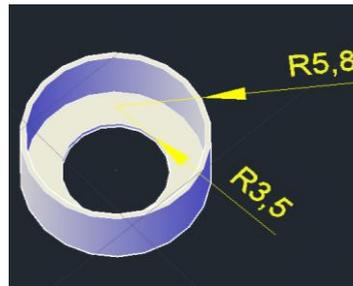
Gambar 2. Body Tabung

- b. Kaki penyangga tabung yang terbuat dari bahan kayu dengan tinggi 15.5 cm, lebar 12.5 cm dan tebal 1.5 cm.



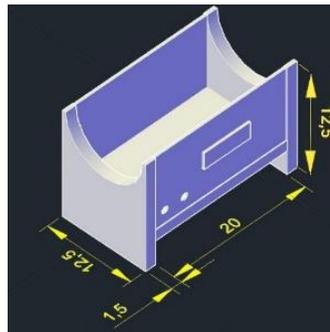
Gambar 3. Kaki Penyangga

- c. Tempat loud speaker, yang dibuat pada bagian penutup tabung dengan lubang yang berukuran diameter 7cm.



Gambar 4. Tempat Loud Speaker

- d. Tempat mikrokontroler yang terbuat dari bahan kayu dan menggunakan akrilik sebagai penutupnya, dimensinya adalah lebar 12.5 cm, Panjang 20 cm, dan tinggi 10.5 cm.



Gambar 5. Tempat Mikrokontroler

4. Perakitan

Perakitan komponen, dimana semua komponen-komponen yang telah dibuat dirangkai menjadi satu bagian. Terdapat beberapa proses perakitan yang dilakukan, sebagai berikut :

- a. Perakitan body tabung dengan sambungan pipa (tempat komposit).
- b. Perakitan loud speaker dan penutup tabung
- c. Perakitan body tabung dengan penutup tabung
- d. Perakitan kaki penyangga dengan body tabung
- e. Perakitan tempat mikrokontroler
- f. Perakitan komponen elektronik

5. Membuat kode program pada software Arduino IDE

terdapat beberapa perintah program yang dimasukkan yaitu : pin analog yang digunakan untuk membaca sensor, kode program untuk membaca kecepatan sensor, membaca nilai analog dari gelombang suara, mengubah hasil serap sensor ke dB, menampilkan nilai dB pada monitor, nilai batas maksimum dB, dan delay sensor.

6. *Finishing* (Pengecatan)

Setelah semua proses perakitan sudah selesai langkah terakhir adalah proses pengecatan tabung impedansi. Dalam proses pengecatan ini dilakukan pengampelasan terlebih dahulu supaya hasil pengecatan dapat melekat dengan kuat. Berikut adalah gambar dari tabung impedansi :



Gambar 6. Tabung Impedansi

7. Cara pengujian sampel komposit

Dalam melakukan pengujian komposit terdapat beberapa tahapan yang perlu dilakukan, berikut adalah tahapannya :

- a. Pemasangan komposit, komposit peredam kebisingan dipasang pada tengah bagian sambungan antara *body* tabung.
- b. Setting Pengeras suara dan Frekuensi, menyalakan *loud speaker* dan kemudian atur tinggi frekuensi pada *software frekuensi generator* dengan tinggi frekuensi 750 Hz.
- c. Pengujian, dilakukan pada sampel yang telah dibuat dengan frekuensi 750 Hz. Untuk menghitung berapa dB hasil serap bunyi yang dihasilkan yaitu dengan rumus sebagai berikut :

$$\alpha = i2 - i1 \quad (2)$$

Keterangan :

α : Absorpsi (pengurangan intensitas bunyi)

i_1 : Nilai intensitas bunyi sebelum ada sampel

i_2 : Nilai intensitas bunyi setelah ada sampel

Hasil dari pengujian yang dilakukan dengan frekuensi 750 Hz adalah 104.86 dB (Sebelum ada komposit), 57.94 dB (setelah ada komposit), 46.92 dB (Nilai serap dari komposit). Berikut adalah gambar *full set up* tabung impedansi :



Gambar 7. Full Set Up Tabung Impedansi

KESIMPULAN DAN SARAN

• Kesimpulan

Dalam proses perancangan tabung impedansi terdapat 6 proses diantaranya adalah : Desain tabung impedansi yang divalidasi oleh dosen yang kompeten dalam bidangnya dengan nilai presentase total rata-rata 92.5% (sangat baik), pemilihan bahan, dimana pemilihan bahan dilakukan dengan melihat kriteria alat yang diinginkan dan kemudian dilakukan pemilihan alternatif bahan, pembuatan komponen, berikut adalah komponen-komponen yang dibuat yaitu body, tempat loud speaker, kaki penyangga, dan tempat mikrokontroler, dalam proses pembuatan komponen terdapat beberapa proses permesinan seperti mesin bor, mesin CNC laser, mesin gerinda, mesin pemotong, dan alat pendukung lainnya, perakitan (Assembly) dalam proses perakitan terdapat beberapa proses pengeliman dan perakitan baik komponen elektronika maupun komponen tabung impedansi, pembuatan kode program (coding) pada software Arduino IDE Finishing (pengecatan) proses pengecatan tabung impedansi yang sebelumnya dilakukan pengampelasan terlebih dahulu. Langkah pengujian bahan komposit diantaranya yaitu pemasangan komposit pada bagian sambungan tabung, setting penguas suara dan frekuensi pada smartphone dengan frekuensi sebesar 750 Hz, hasil yang diperoleh dari pengukuran dengan frekuensi tersebut adalah 104.86 dB (Sebelum ada komposit), 57.94 dB (setelah ada komposit), 46.92 dB (Nilai serap dari komposit).

- **Saran**

Dalam perancangan tabung impedansi berbasis mikrokontroler sebagai alat ukur koefisien absorpsi bunyi masih terdapat banyak kekurangan, baik dari sistem kerja/fungsi maupun dari segi kualitas bahan. Oleh karena itu saran dari penulis untuk pembaca atau yang ingin melanjutkan penelitian ini yaitu dalam proses perancangan tabung impedansi gunakanlah peralatan yang lebih berkualitas, baik alat bantu dalam proses pembuatan ataupun mikrokontroler dan peralatan lainnya, dan Penambahan alat osiloskop yaitu alat ukur elektronika untuk memproyeksikan bentuk sinyal listrik kedalam grafik dari hasil koefisien absorpsi (dB) yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Wana, Sulanjari, & A. Indriawati, “Analisis Performa Tabung Impedansi Dalam Pengukuran Cepat Rambat Bunyi,” *Jurnal Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat*, Vol. 4, pp. 165-168, 2020.
- [2] B. Saiful, T. N. Nanik, Suryajaya, “Pengukuran Sifat Akustik Material Dengan Metode Tabung Impedansi Berbasis Platform Arduino,” *Jurnal Fisika FLUX*, Vol. 13, No. 2, pp. 148-154, 2016.
- [3] Maghfiroh Amalia Ma’rifatul, Zainudin, Alfian Bima Chandra, Arum Sulistiyorini, “Analysis of the effect of noise on blacksmith's performance using linear regression”. *Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Fisika*. Vol. 7, No. 1, pp. 55-62, 2021.
- [4] F. Asad, I. Isranuri, “Perancangan tabung impedansi dan kajian eksperimental koefisien serap bunyi paduan alumunium-magnesium,” *Jurnal e-dinamis*, Vol. 6 No. 2, pp. 90-98, 2013.
- [5] H. S. Martua, “Rancang Bangun Tabung Impedansi dan Kajian Eksperimental Untuk Mendapatkan nilai Koefisien Serap Biunyi Buah Kelapa Sawit,” Universitas Sumatra Utara Medan, 2016.
- [6] A. Yasid, Yushardi, R. D. Handayani, “Pengaruh Frekuensi Gelombang Bunyi Terhadap Perilaku Lalat Rumah,” *Jurnal Pembelajaran Fisika*, Vol. 5, No. 2, pp. 190-196, 2016.
- [7] H. N. Wibowo, N. J. H. Purnomo, H. Zen, A. R. Diansyah, “Kajian Kesperimental Koefisien Redaman Akustik bahan Pelapis Plat dek Kapal” *Jurnal REM rekayasa Neri manufacture*, Vol. 3, No. 1, pp. 41-49, 2018.
- [8] D. D. Arfian, “Rancang Bangun Alat Pengukur Gas Metana Menggunakan Arduino Uno,” Universitas Pembangunan Panca Budi, 2020.
- [9] S. P. Ahmad, “Penentuan Jenis Golongan Darah Manusia Berbasis Iot (Internet Of Things),” Universitas Semarang, 2019.

- [10] A. Hendri, Sumarno, jalaluddin, D. Hartama, I. Gunawan, “Perancangan Alat Monitoring Pendeteksi Suara di Ruang Bayi RS Vita Insani Berbasis Arduino Menggunakan Buzzer,” *Jurnal Media Informatika Budidarma*, Vol. 4, No. 1, pp. 144-149, 2020.
- [11] M. Natsir, D. B. Rendra, A. D. Y. Anggara, “Implementasi Iot Untuk Sistem Kendali AC Otomatis Pada Ruang kelas di Universitas Serang Raya,” *Jurnal PROSISKO*, Vol. 6, No. 1, pp. 69-72, 2019.
- [12] A. Andi, O. Hidyatama., “Rancang Bangun Prototipe Elevator Menggunakan Microcontroller Arduino Atmega 328P,” *Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu*, Vol. 4, No 3, pp. 100-112, 2013.
- [13] Ashari Faisal, “Pengembangan Media Pembelajaran Trainer Mikrokontroller Robot Lengan Berbasis Arduino pada Mata Pelajara Perekayasaan Sistem Robotic di SKM Negri 2 Bojonegoro”, *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, Vol. 6, No. 1, pp. 7-12, 2017.
- [14] K. A. Rexi, “Kendali Pintu Bendungan Air Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonik Ping Berbasis Arduino Mega,” Politeknik Negri Surabaya, 2016.
- [15] L. W. Eka, “Prototipe Pemberian Pakan Ayam Berbasis Arduino” Universitas Negri Yogyakarta, 2019.
- [16] Mitrayana, F. W. Alim, “Rancang bangun alat ukur koefisien serapan akustik,” *Jurnal Fisika Indonesia*, Vol. 12, No. 51, pp. 26-30, 2013.