

EVALUASI AKURASI DAN PRESISI RESONATOR HELMHOLTZ PADA LABORATORIUM FISIKA UIN SUNAN KALIJAGA

Frida Agung Rakhmadi¹, Dyah Imas Cholidina¹, Ayu Sakila Arum¹, Defanny¹, Cindy Septiani S¹, Ade Kurniawan¹, Agung Nugroho²

¹Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

²Laboratorium Fisika Laboratorium Terpadu Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga
Jl. Marsda Adisucipto No 1 Yogyakarta 55281, Indonesia. Tel. +62-274-540971, Fax. +62-274-519739.
Email: frida.rakhmadi@uin-suka.ac.id

ABSTRAK

Penelitian evaluasi akurasi dan presisi resonator Helmholtz pada laboratorium fisika UIN Sunan Kalijaga telah dilakukan. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh belum adanya penelitian evaluasi terhadap alat ini sejak kedatangannya pada tahun 2008. Penelitian ini dilakukan dalam 3 tahapan, yakni persiapan alat dan bahan, pengambilan data, dan pengolahan data. Hasil penelitian ini memberikan informasi bahwa akurasi resonator Helmholtz pada laboratorium fisika UIN Sunan Kalijaga telah mengalami penurunan. Akurasinya masih dalam kategori baik, walaupun sudah di bawah SNI dan SI. Sementara presisinya masih sangat baik dan masih memenuhi SNI dan SI. Kata kunci: Akurasi, presisi, resonator Helmholtz

ABSTRACT

Research on the accuracy and precision of the Helmholtz resonator evaluation at UIN Sunan Kalijaga physics laboratory has been conducted. This research is motivated by the absence of evaluation research on this tool since its arrival in 2008. This research was conducted in 3 stages, namely the preparation of tools and materials, data collection, and data processing. The results of this study provide information that the accuracy of the Helmholtz resonator in the UIN Sunan Kalijaga physics laboratory has decreased. The accuracy is still in the good category, even though it is under SNI and SI. While the precision is still very good and still meets SNI and SI. Keywords: Accuracy, precision, Helmholtz resonator

PENDAHULUAN

Resonansi merupakan fenomena ikut bergetarnya sebuah benda karena getaran benda lain. Fenomena resonansi ini ada yang konstruktif dan adapula resonansi yang destruktif. Resonansi konstruktif adalah resonansi yang bermanfaat, sedangkan resonansi yang destruktif adalah resonansi yang tidak bermanfaat.

Peristiwa resonansi dapat terjadi pada kolom berisi udara murni maupun kolom udara yang berisi cairan. Peristiwa resonansi pada kolom udara tersebut dapat digunakan untuk menentukan laju bunyi dalam udara tersebut. Selain itu, fakta resonansi kolom udara dapat juga digunakan untuk membedakan antara satu zat cair dengan zat cair lainnya.

Emile dkk (2010) telah memanfaatkan resonator Helmholtz untuk menentukan volume cairan dan padatan. Njanea dkk (2018) juga telah menggunakan resonator Helmholtz untuk memperkirakan jumlah ikan dalam kolam. Adapun Chen dan Park (2020) telah menggunakan resonator Helmholtz untuk menentukan koefisien elastisitas kulit manusia.

Begitu besarnya manfaat resonansi kolom udara tersebut, maka sampai saat ini masih banyak perguruan tinggi yang menjadikan materi ini sebagai bahan praktikum. Salah satunya adalah Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga, dengan judul praktikum “Penentuan Frekuensi Resonansi dari Resonator Helmholtz”.

Praktikum tersebut memerlukan seperangkat alat COBRA, catu daya, kabel data, mikrofon dengan penguat, baterai sel flat, tabung kaca, kaki tiga (tripod base), penyangga batang, penjepit, boss head, meteran gulung, kabel koneksi, round-bottom flask, dan sumber bunyi. Seperangkat alat tersebut telah ada di UIN Sunan Kalijaga sejak tahun 2008, sedangkan penggunaannya sendiri semenjak diberlakukannya kurikulum 2009 pada tahun 2009. Dengan demikian seperangkat alat resonator Helmholtz tersebut telah 11 tahun digunakan.

Sebagaimana telah menjadi rahasia umum bahwa setiap produk instrumentasi akan mengalami keausan, baik alat tersebut digunakan maupun tidak digunakan. Seiring dengan penambahan umur alat, maka kemungkinan kerusakan pada alat tersebut semakin tinggi (Morris and Langari, 2016).

Sejak kedatangan alat terbaru pada tahun 2009 sampai dengan akhir tahun 2019, belum pernah dilakukan evaluasi terhadap kinerja resonator Helmholtz yang dimiliki oleh Laboratorium Fisika Laboratorium Terpadu Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga. Karena umur alat tersebut sudah di atas 10 tahun dan pemakaian yang rutin, maka perlu dilakukan evaluasi terhadap perangkat tersebut.

Evaluasi ini bertujuan untuk menentukan akurasi dan presisi dari resonator Helmholtz yang dimiliki oleh Laboratorium Fisika Laboratorium Terpadu Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga. Jika akurasi dan presisi berhasil diungkap, maka dapat disarankan kebijakan penggunaannya.

BAHAN DAN METODE

Area Penelitian

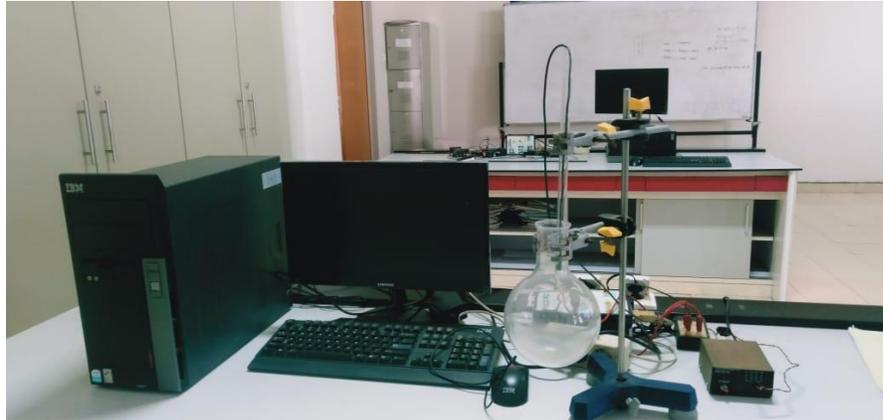
Sebagaimana telah disampaikan pada bagian pendahuluan bahwa penelitian ini merupakan penelitian evaluasi alat praktikum Resonator Helmholtz yang dimiliki oleh Laboratorium Fisika Laboratorium Terpadu Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga. Target evaluasi ini adalah diperolehnya informasi akurasi dan presisi.

Prosedur Penelitian

Evaluasi kinerja resonator Helmholtz dengan target akhir berupa informasi akurasi dan presisi, dilakukan dalam 3 tahapan yaitu, persiapan alat dan bahan, pengambilan data, dan pengolahan data. Ketiga tahapan tersebut diperinci sebagai berikut.

Sub-prosedur-1 (Persiapan Alat dan Bahan)

Alat yang digunakan meliputi COBRA basic unit, catu daya, tabung kaca, mikrofon dengan penguat, baterai sel flat, gelas ukur dan tripod base. Bahan yang digunakan adalah air. Alat dan bahan tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian evaluasi akurasi dan presisi resonator Helmholtz

Sub-prosedur-2 (Pengambilan Data)

Variabel bebas pada penelitian ini adalah volume udara, sedangkan variabel terikatnya adalah frekuensi bunyi. Volume udara divariasikan dari 1000 ml, 900 ml, 800 ml, 700 ml, 600 ml, 500 ml, 400 ml, 300 ml, 200 ml dan 100 ml. Cara mengvariasikan volume udara di dalam tabung kaca adalah menggunakan air.

Frekuensi bunyi yang muncul pada tiap variasi volume udara akan direkam oleh sistem akuisisi data dan akan ditampilkan pada layar monitor komputer menggunakan software aplikasi bawaan dari pabrik. Data frekuensi bunyi yang tertampil pada monitor komputer selanjutnya dicatat dan direkap dalam tabel. Pada tiap variasi volume udara dilakukan pengulangan sebanyak 10 kali.

Sub-prosedur-3 (Pengolahan Data)

Data frekuensi bunyi tiap volume udara yang telah didapatkan kemudian diolah dengan menghitung rata-rata beserta ketidakpastiannya. Penghitungan frekuensi rata-rata menggunakan persamaan 1, sedangkan penghitungan ketidakpastiannya menggunakan persamaan 2 (Morris dan Langari, 2016). Hasil tersebut nantinya dibandingkan dengan frekuensi bunyi standar pada resonator Helmholtz.

$$\bar{f} = \frac{\sum_1^{10} f_n}{10} \quad (1)$$

$$\Delta f_n = \frac{1}{10} \sqrt{\frac{10 \sum_1^{10} f_n^2 - (\sum_1^{10} f_n)^2}{10-1}} \quad (2)$$

Penghitungan frekuensi bunyi standar pada resonator Helmholtz dilakukan menggunakan persamaan frekuensi bunyi pada medium udara sebagaimana ditunjukkan oleh persamaan 3. Dimana c adalah kelajuan bunyi dalam medium udara (343 m/s), r adalah jari-jari tabung (0,023 m), t adalah tinggi tabung (0,085 m) dan V adalah volume udara pada dalam tabung.

$$f_{teori} = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{\pi r^2}{(t + 1/2 \pi r^2)} \frac{1}{V}} \quad (3)$$

Setelah kedua data di atas (data frekuensi hasil pengujian dan data frekuensi standar/teori) siap, kemudian dihitung ketidakakuratannya menggunakan persamaan 4, dimana \bar{f}_u adalah rata-

rata frekuensi tiap volume udara pada resonator Helmholtz. Setelah memperoleh nilai ketidakakuratan, dilakukan penghitungan akurasi menggunakan persamaan 5.

$$\text{Ketidakakuratan} = \frac{|f_t - f_{ul}|}{f_t} \times 100\% \quad (4)$$

$$\text{Akurasi} = 100\% - \text{Ketidakakuratan} \quad (5)$$

Penghitungan kepresisian frekuensi bunyi yang muncul pada tiap volume udara dalam tabung resonator Helmholtz diawali dengan menghitung deviasi standar / standard deviation (SD) menggunakan persamaan 6. Kemudian dilanjutkan dengan menghitung ketidakpresisiannya menggunakan persamaan 7. Setelah itu, dilanjutkan dengan penghitungan kepresisiannya menggunakan persamaan 8 (Riyanto, 2014).

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (6)$$

$$\text{Ketidakpresisian} = \frac{SD}{\bar{X}} \times 100\% \quad (7)$$

$$\text{Presisi} = 100\% - \text{Ketidakpresisian} \quad (8)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil-1 (Hasil evaluasi akurasi)

Hasil evaluasi akurasi resonator Helmholtz pada laboratorium fisika UIN Sunan Kalijaga tersaji pada tabel 1.

Tabel 1. Akurasi resonator Helmholtz pada laboratorium fisika UIN Sunan Kalijaga

	Persentase akurasi frekuensi bunyi resonator Helmholtz pada berbagai volume udara (mL)									
	1000	900	800	700	600	500	400	300	200	100
Akurasi	74,58	74,39	73,56	72,92	71,70	70,87	69,28	66,70	62,05	52,17
i	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

Hasil-2 (Hasil Evaluasi Presisi)

Hasil evaluasi presisi resonator Helmholtz pada laboratorium fisika UIN Sunan Kalijaga tersaji pada tabel 2.

Tabel 2. Presisi resonator Helmholtz pada laboratorium fisika UIN Sunan Kalijaga

	Persentase presisi frekuensi bunyi resonator Helmholtz pada berbagai volume udara (mL)									
	1000	900	800	700	600	500	400	300	200	100
Presisi	99,43	99,22	99,52	99,59	99,15	99,57	99,57	99,66	99,86	99,89
i	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

Pembahasan

Akurasi merupakan ketepatan alat ukur dalam membaca nilai yang sebenarnya (Morris dan Langari, 2016). Dalam konteks resonator Helmholtz, akurasi dapat didefinisikan sebagai ketepatan frekuensi bunyi yang dibangkitkan oleh resonator Helmholtz manakala dibandingkan dengan nilai seharusnya berdasarkan teori. Secara teori, sebagaimana telah ditunjukkan oleh persamaan 3, bahwa frekuensi bunyi yang dibangkitkan oleh resonator Helmholtz dipengaruhi oleh 3 variabel, yakni laju bunyi (c), jari-jari tabung (r), dan volume udara dalam tabung (V). Manakala faktor c dan r dibuat konstan, maka tinggalah faktor V yang mempengaruhi frekuensi bunyi (f).

Akurasi frekuensi bunyi yang dibangkitkan oleh resonator Helmholtz pada laboratorium fisika UIN Sunan Kalijaga pada berbagai variasi volume udara (mulai dari 1000 mL sampai dengan 100 mL) sebagaimana telah tersaji pada tabel 1 menunjukkan trend penurunan. Makin kecil volume udara, makin rendah akurasinya. Hal tersebut dikarenakan makin besarnya bunyi yang terserap oleh air dalam tabung resonator Helmholtz (Komkin dkk, 2017).

Jika merujuk standar statistik (Sugiyono, 2007), maka pada volume 1000 mL sampai dengan 200 mL, akurasi frekuensi bunyi yang dihasilkan oleh resonator Helmholtz pada laboratorium fisika UIN Sunan Kalijaga berada pada level II (baik). Adapun pada volume udara 100 mL, akurasi frekuensi bunyi yang dihasilkan oleh resonator Helmholtz pada laboratorium fisika UIN Sunan Kalijaga berada pada level III (cukup baik). Oleh karenanya, resonator Helmholtz ini masih dapat digunakan untuk mendukung praktikum gelombang dan optika. Namun demikian, praktikan disarankan menggunakan resonator Helmholtz ini pada kisaran volume udara 1000 mL sampai dengan 200 mL.

Jika data akurasi pada tabel 1 dibandingkan dengan ketentuan minimum alat uji yang dipersyaratkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Standar Internasional (SI), maka masih berada jauh di bawah ketentuan minimum SNI dan SI. Sebagaimana telah kita pahami bersama bahwa SNI mensyaratkan akurasi minimum sebesar 95%. Adapun SI mensyaratkan akurasi minimum sebesar 98% (Riyanto, 2014). Oleh karena manakala resonator Helmholtz pada laboratorium fisika UIN Sunan Kalijaga akan digunakan untuk penelitian maupun untuk layanan pengujian, maka harus dilakukan kalibrasi terlebih dahulu agar akurasinya meningkat sesuai dengan standar minimum yang dipersyaratkan (Czichos dkk, 2011).

Selain diperoleh informasi akurasi, penelitian ini juga memperoleh informasi presisi dari resonator Helmholtz pada laboratorium fisika UIN Sunan Kalijaga sebagaimana diperlihatkan oleh tabel 2. Presisi menunjukkan seberapa dekat hasil pengukuran jika dilakukan berulang (Morris dan Langari, 2016 dan Riyanto, 2014). Dalam konteks penelitian ini adalah kedekatan hasil pengulangan pada tiap variasi volume udara.

Tabel 2 memperlihatkan bahwa presisi resonator Helmholtz pada fisika UIN Sunan Kalijaga masih memenuhi SNI (minimal 95%) dan SI (minimal 98%). Oleh karenanya, berdasarkan karakteristik presisinya, maka resonator Helmholtz pada laboratorium fisika UIN Sunan Kalijaga masih dapat digunakan untuk praktikum, penelitian, dan layanan pengujian.

Manakala kita padukan informasi akurasi dan presisi di atas, maka resonator Helmholtz pada laboratorium fisika UIN Sunan Kalijaga masih dapat digunakan untuk praktikum pada volume udara 1000 mL sampai dengan 200 mL. Jika sebelum praktikum, dilakukan kalibrasi terlebih dahulu, maka hal itu lebih baik. Akan tetapi jika sebelum praktikum tidak dilakukan kalibrasi terlebih dahulu karena sesuatu hal, maka tidaklah mengapa.

Namun demikian jika resonator Helmholtz pada laboratorium fisika UIN Sunan Kalijaga akan digunakan untuk penelitian dan layanan pengujian, maka harus dilakukan kalibrasi terlebih

dahulu. Karena tabel 1 memberikan informasi kepada kita bahwa trend akurasinya menurun dari volume 1000 mL hingga 100 mL, maka kalibrasinya dilakukan pada tiap volume udara. Nantinya, tiap volume udara mempunyai konstanta kalibrasi masing-masing.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen Y, Park YW. 2020. A Helmholtz resonator on elastic foundation for measurement of the elastic coefficient of human skin. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials* 101, 1-7.
- Emile S, Webster, Davies CE. 2010. The use of Helmholtz resonance for measuring the volume of liquids and solids. *Sensors* 10, 10663-10672.
- Komkin AI, Mironov MA, Bykov AI. 2017. Sound absorption by a Helmholtz resonator. *Acoustical Physics* Vol. 63 No. 4, 385–392.
- Morris AS, Langari R. 2016. *Measurement And Instrumentation Theory And Application (Second Edition)*. Elsevier, Oxford.
- Njanea SN, Shinoharab Y, Kondoa N, Ogawaa Y, Suzukia T, Nishizuc T. 2018. Underwater fish volume estimation using closed and open cavity Helmholtz resonators. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*.
- Riyanto. 2012. *Validasi & Verifikasi Metode Uji (sesuai dengan ISO/IEC 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi)*. Deepublish, Yogyakarta.
- Sugiyono. 2007. *Statistika untuk Penelitian*. Alfabeta, Jakarta.