Penamas: Journal of Community Service, 6(3), 2026, 1019-1030
Available at: https://journal.nurscienceinstitute.id/index.php/penamas
EISSN: 2807-3150

Implementasi eksperimen *self-singing pipe* sebagai media pembelajaran fisika bagi siswa SMA Jaya Plus Montessori

Rizki Budiman*, Evelyn Pratami Sinaga, Grace Vanya Priskila, Josua Timotius Manik Muhamad Arif Nurdi
Program Studi Fisika, Matana University, Indonesia

*) Korespondensi (e-mail: rizki.budiman@matanauniversity.ac.id)

Received: 07-Sept-26; Revised: 25-Sept-26; Accepted: 30-Sept-26

Abstract
Physics learning at the high school level requires simple and accessible experiments to help students connect concepts with observed phenomena. However, limited experimental facilities may restrict such opportunities, particularly for sound frequency and resonance. This community service activity was conducted at SMA Jaya Plus Montessori to provide students with an experiment-based physics learning experience using a self-singing pipe. The activity involved 16 students from grades X, XI, and XII and integrated concept introduction, direct observation of sound resonance, frequency measurement using Spectroid, theoretical calculations, comparison of measured and theoretical results, discussion, and learning evaluation. The measured frequencies were 387 Hz and 773 Hz, while the theoretical frequencies were 389 Hz and 779 Hz, with relative differences of 0.51% and 0.77%, respectively. The evaluation showed an increase in the average score from 55.4 to 70.0. The self-singing pipe experiment provided an alternative approach to support learning of sound frequency and resonance through direct observation and quantitative measurement.

Keywords: Physics Experiment, Sound Frequency, Learning Media, Community Service, Sound Resonance

Abstrak
Pembelajaran fisika di tingkat SMA memerlukan eksperimen yang sederhana dan mudah diterapkan agar siswa dapat menghubungkan konsep dengan fenomena yang diamati. Namun, keterbatasan sarana eksperimen dapat membatasi kesempatan tersebut, khususnya pada materi frekuensi dan resonansi bunyi. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan untuk memberikan pengalaman pembelajaran fisika berbasis eksperimen melalui penggunaan *self-singing pipe*. Kegiatan dilaksanakan di SMA Jaya Plus Montessori dengan melibatkan 16 siswa dari kelas X, XI, dan XII. Pendekatan kegiatan mengintegrasikan pengenalan konsep, pengamatan langsung resonansi bunyi, pengukuran frekuensi menggunakan Spectroid, perhitungan teoritis, perbandingan hasil pengukuran dan teoritis, diskusi, serta evaluasi pembelajaran. Pendekatan ini memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengamati, mengukur, dan menginterpretasikan fenomena bunyi secara langsung. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa frekuensi terukur sebesar 387 Hz dan 773 Hz memiliki kesesuaian dengan frekuensi teoritis sebesar 389 Hz dan 779 Hz, dengan selisih relatif masing-masing 0,51% dan 0,77%. Evaluasi juga menunjukkan perubahan capaian belajar siswa setelah kegiatan. Kegiatan ini menunjukkan bahwa eksperimen *self-singing pipe* dapat menjadi alternatif sederhana untuk mendukung pembelajaran frekuensi dan resonansi bunyi.

Kata kunci: Eksperimen Fisika, Frekuensi Bunyi, Media Pembelajaran, Pengabdian Kepada Masyarakat, Resonansi Bunyi

How to cite: Budiman, R., Sinaga, E. P., Priskila, G. V., Manik, J. T., & Nurdin, M. A. (2026). Implementasi eksperimen self-singing pipe sebagai media pembelajaran fisika bagi siswa SMA Jaya Plus Montessori. *Penamas: Journal of Community Service*, *6*(3), 1019–1030. https://doi.org/10.53088/penamas.v6i3.3684

Copyright © 2026 by Authors; this is an open-access article under the CC BY-SA License (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0).

1. Pendahuluan

Pembelajaran fisika di tingkat sekolah menengah perlu memberikan pengalaman yang menghubungkan konsep dengan fenomena fisik yang dapat diamati secara langsung. Fisika tidak hanya berkaitan dengan pemahaman persamaan dan perhitungan, tetapi juga dengan proses mengamati fenomena, melakukan eksperimen, mengumpulkan data, dan menghubungkan hasil pengamatan dengan konsep yang dipelajari. Kegiatan pengabdian berupa pendampingan eksperimen fisika pada siswa SMA menunjukkan bahwa aktivitas eksperimen dapat memberikan pengalaman langsung kepada siswa serta membantu mereka memahami teori fisika dengan lebih baik (Herwinarso et al., 2024; Pratidhina et al., 2023).

Salah satu materi yang dapat diperkuat melalui pendekatan eksperimen adalah gelombang bunyi, khususnya konsep frekuensi dan resonansi. Konsep tersebut melibatkan hubungan matematis antara frekuensi, panjang pipa, dan cepat rambat bunyi sehingga siswa perlu menghubungkan persamaan tersebut dengan fenomena fisik yang diamati. Pembelajaran fisika berbasis eksperimen memberikan kesempatan kepada siswa untuk memperoleh pengalaman langsung dalam mengamati dan memahami fenomena fisika, sementara keterbatasan sarana eksperimen di sekolah dapat menjadi salah satu kendala dalam penerapannya (Budiman et al., 2025; Pratidhina et al., 2023). Kegiatan eksperimen sederhana dapat membantu mengubah konsep yang bersifat abstrak menjadi fenomena yang dapat diamati dan dianalisis secara langsung. Pengabdian berbasis eksperimen sederhana pada pembelajaran fisika juga menunjukkan bahwa keterlibatan siswa dalam eksperimen dapat digunakan sebagai salah satu alternatif untuk mendukung pengembangan literasi sains melalui penerapan konsep dalam situasi nyata (Imam Sutaji et al., 2026; Yuana et al., 2025).

Berdasarkan hasil koordinasi dengan mitra, siswa SMA Jaya Plus Montessori memerlukan aktivitas pembelajaran fisika yang memberikan kesempatan untuk mengamati fenomena dan melakukan pengukuran secara langsung pada materi gelombang bunyi, khususnya frekuensi dan resonansi. Materi tersebut tidak hanya membutuhkan pemahaman konsep dan persamaan, tetapi juga pengalaman menghubungkan konsep teoritis dengan fenomena bunyi serta hasil pengukuran kuantitatif. Keterbatasan sarana eksperimen dapat membatasi kesempatan siswa untuk memperoleh pengalaman tersebut secara langsung. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara kebutuhan siswa untuk melakukan pengamatan dan pengukuran dengan ketersediaan aktivitas eksperimen yang sederhana dan mudah diterapkan pada materi tersebut. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang dapat menghadirkan fenomena resonansi secara langsung sekaligus memungkinkan siswa memperoleh data frekuensi untuk dibandingkan dengan perhitungan teoritis.

Pada kegiatan ini digunakan *self-singing pipe* sebagai media eksperimen untuk menunjukkan fenomena resonansi bunyi melalui eksitasi termoakustik. Stainless steel mesh yang ditempatkan di bagian bawah tabung dipanaskan sehingga udara di sekitarnya mengalami peningkatan temperatur dan bergerak ke arah atas akibat gaya apung. Perpindahan panas tersebut berinteraksi dengan medan akustik di dalam

tabung dan dapat memicu osilasi termoakustik yang memperkuat mode akustik tertentu hingga menghasilkan bunyi tanpa menggunakan sumber bunyi eksternal (Lawn & Penelet, 2018). Konfigurasi ini memiliki prinsip yang serupa dengan Rijke tube, yaitu tabung terbuka dengan sumber panas di dalam tabung yang dapat menghasilkan osilasi termoakustik (Du et al., 2019).

Eksperimen kemudian dilengkapi dengan penggunaan smartphone dan aplikasi Spectroid untuk mengamati frekuensi bunyi yang dihasilkan. Pemanfaatan smartphone sebagai alat bantu eksperimen fisika dapat menjadi alternatif ketika ketersediaan instrumen laboratorium terbatas karena perangkat tersebut relatif mudah diakses dan dapat digunakan untuk berbagai pengukuran fisis (Raharja et al., 2025). Dalam eksperimen gelombang bunyi, Spectroid dapat digunakan untuk menampilkan spektrum frekuensi sehingga siswa tidak hanya mendengarkan bunyi yang dihasilkan, tetapi juga mengamati karakteristik frekuensinya dalam bentuk data kuantitatif dan menghubungkannya dengan besaran fisis yang dipelajari (Jeliyah Jalis Putri et al., 2024; Laeli & Ishafit, 2023). Dengan demikian, penggunaan smartphone dan Spectroid melengkapi eksperimen dengan sarana pengukuran yang sederhana dan mudah diakses siswa. Studi terdahulu yang dirujuk telah memanfaatkan eksperimen pipa resonansi dan *smartphone* sebagai alat bantu pengukuran dalam pembelajaran gelombang bunyi. Namun, pendekatan tersebut belum secara khusus mengintegrasikan fenomena termoakustik pada *self-singing pipe*, pengamatan spektrum bunyi menggunakan Spectroid, dan perbandingan hasil pengukuran dengan model frekuensi harmonik pipa terbuka dalam satu rangkaian kegiatan pengabdian kepada siswa SMA. Kesenjangan tersebut menjadi dasar penerapan *self-singing pipe* dalam kegiatan ini.

Berdasarkan kebutuhan tersebut, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini mengimplementasikan eksperimen *self-singing pipe* sebagai media pembelajaran interaktif bagi siswa SMA Jaya Plus Montessori. Studi terdahulu telah memanfaatkan eksperimen pipa resonansi dan *smartphone* sebagai alat bantu pengukuran dalam pembelajaran gelombang bunyi, tetapi kegiatan ini mengintegrasikan fenomena termoakustik pada *self-singing pipe*, pengukuran frekuensi menggunakan Spectroid, dan perbandingan hasil pengukuran dengan perhitungan frekuensi harmonik pipa terbuka dalam satu rangkaian pembelajaran. Kegiatan dirancang untuk memberikan pengalaman langsung dalam mengamati resonansi bunyi, mengukur frekuensi, serta menghubungkan hasil pengukuran dengan konsep teoritis. Evaluasi dilakukan melalui pre-test dan post-test untuk menggambarkan perubahan capaian peserta, sebagaimana pendekatan evaluasi sebelum dan sesudah kegiatan yang telah digunakan dalam kegiatan pengabdian fisika sebelumnya (Pratidhina et al., 2023; Pratiwi et al., 2021). Indikator keberhasilan kegiatan ditinjau dari keterlaksanaan eksperimen, kemampuan memperoleh frekuensi melalui pengukuran Spectroid, kedekatan hasil pengukuran terhadap nilai teoritis berdasarkan selisih relatif, serta perubahan capaian evaluasi peserta berdasarkan perbedaan nilai rata-rata, persentase peningkatan, dan *N-gain*.

2. Metode Pengabdian

Peserta dan Media Kegiatan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dilaksanakan di SMA Jaya Plus Montessori pada Juli 2026 dengan melibatkan 16 siswa dari kelas X, XI, dan XII. Kegiatan dirancang dalam bentuk pembelajaran berbasis eksperimen dengan menggunakan *self-singing pipe* sebagai media utama untuk memperkenalkan fenomena frekuensi dan resonansi bunyi.

Media dan perangkat yang digunakan meliputi modul eksperimen *self-singing pipe*, pipa *stainless steel* berdiameter 5 cm dengan panjang total 49 cm, *stainless steel mesh*, *torch flame gun*, gas butana, penggaris, *oven mitts* atau sarung tangan tahan panas, serta *smartphone* dengan aplikasi Spectroid. *Stainless steel mesh* ditempatkan pada bagian bawah pipa dengan jarak 5 cm dari ujung bawah pipa. Spectroid digunakan untuk merekam dan menampilkan spektrum frekuensi bunyi yang dihasilkan oleh pipa

Tahapan Pelaksanaan Kegiatan

Pelaksanaan kegiatan terdiri atas beberapa tahap, yaitu pre-test, pengenalan konsep, demonstrasi *self-singing pipe*, pengukuran frekuensi, perhitungan teoritis, perbandingan hasil, diskusi, dan post-test. Kegiatan dilaksanakan dalam satu rangkaian pembelajaran dengan durasi keseluruhan sekitar 90 menit.

Kegiatan diawali dengan pre-test selama sekitar 10 menit. Instrumen terdiri atas 5 soal pilihan ganda yang berkaitan dengan konsep gelombang bunyi, frekuensi, dan resonansi. Selanjutnya, diberikan pengenalan konsep selama sekitar 15 menit yang mencakup konsep dasar bunyi, frekuensi, resonansi, serta hubungan antara panjang pipa dan frekuensi pada pipa terbuka.

Tahap berikutnya berupa demonstrasi *self-singing pipe* selama sekitar 15 menit. *Stainless steel mesh* pada bagian bawah pipa dipanaskan menggunakan *torch flame gun* hingga mencapai kondisi panas dan berpijar berwarna oranye. Setelah kondisi tersebut tercapai, pipa diposisikan secara vertikal dengan *stainless steel mesh* berada di bagian bawah. Pada posisi ini, pemanasan pada *stainless steel mesh* memicu osilasi udara di dalam pipa sehingga menghasilkan bunyi akibat resonansi. Bunyi akan terus terdengar selama *mesh* masih berada pada kondisi panas. Pada tahap ini siswa mengamati secara langsung proses terbentuknya bunyi tanpa menggunakan sumber bunyi eksternal. Pengoperasian *self-singing pipe* dan sumber panas dilakukan oleh tim dosen yang terlibat dalam kegiatan pengabdian.

Setelah bunyi dihasilkan, dilakukan pengukuran frekuensi selama sekitar 10 menit menggunakan Spectroid. Aplikasi dijalankan selama proses pembentukan bunyi sehingga perubahan amplitudo dan spektrum frekuensi direkam secara otomatis oleh aplikasi. Setelah bunyi berhenti, tampilan spektrum dapat dihentikan menggunakan fitur *pause* sehingga puncak frekuensi tetap dapat diamati dan dicatat. Frekuensi ditentukan dari puncak amplitudo yang paling dominan yang muncul pada saat bunyi *self-singing pipe* dihasilkan. Prosedur tersebut dilakukan sebanyak dua kali pengukuran, kemudian kedua nilai frekuensi dirata-ratakan sebagai frekuensi hasil eksperimen.

Selanjutnya, siswa melakukan perhitungan teoritis selama sekitar 15 menit menggunakan persamaan frekuensi harmonik pada pipa terbuka:

$$f_n = \frac{nv}{2L}$$

dengan f_n adalah frekuensi harmonik ke-n, v adalah cepat rambat bunyi di udara, dan L adalah panjang efektif kolom udara. Pada kegiatan ini digunakan panjang efektif pipa sebesar 44 cm atau 0,44 m dan cepat rambat bunyi sebesar 343 m/s sebagai pendekatan pada kondisi temperatur ruang di dalam ruangan berpendingin udara AC. Temperatur ruangan tidak diukur secara numerik selama kegiatan. Hasil pengukuran frekuensi kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan teoritis dan didiskusikan selama sekitar 15 menit untuk menghubungkan fenomena yang diamati dengan konsep frekuensi dan resonansi. Kegiatan diakhiri dengan post-test selama sekitar 10 menit menggunakan instrumen yang terdiri atas 5 soal pilihan ganda yang sama untuk mengevaluasi perubahan pemahaman peserta setelah mengikuti kegiatan.

Keselamatan Kerja

Aspek keselamatan diperhatikan karena eksperimen menggunakan *torch flame gun* dan gas butana. Pengoperasian sumber panas dilakukan secara khusus oleh tim dosen yang terlibat dalam kegiatan, sedangkan siswa berperan sebagai pengamat dan peserta pembelajaran. Area eksperimen dibatasi agar siswa tidak mendekati sumber api selama proses pemanasan. Jarak aman sekitar 2 meter dari area sumber api dipertahankan bagi siswa yang tidak terlibat langsung dalam pengoperasian alat.

Eksperimen dilakukan di ruangan dengan kondisi temperatur ruang dan ventilasi yang memadai. Pintu atau jalur ventilasi ruangan dijaga tetap terbuka atau berfungsi dengan baik selama kegiatan untuk membantu sirkulasi udara. Tabung gas butana ditempatkan pada posisi stabil dan jauh dari sumber api selain bagian yang memang terhubung dengan *torch flame gun*.

Operator menggunakan *oven mitts* atau sarung tangan tahan panas ketika menangani bagian pipa atau *mesh* yang telah dipanaskan. Siswa tidak diperkenankan menyentuh pipa, *mesh*, atau komponen lain yang telah terpapar panas. Setelah eksperimen selesai, sumber api dimatikan dan aliran gas dihentikan sebelum peralatan dipindahkan atau disentuh. Area eksperimen juga dijaga bebas dari bahan yang mudah terbakar selama proses pemanasan.

Evaluasi dan Analisis Data

Evaluasi kegiatan dilakukan menggunakan hasil pre-test dan post-test serta hasil pengukuran frekuensi. Instrumen pre-test dan post-test terdiri atas 5 soal pilihan ganda yang berkaitan dengan materi gelombang bunyi, frekuensi, dan resonansi. Butir soal disusun dan ditelaah bersama tim dosen untuk memastikan kesesuaiannya dengan materi dan tujuan evaluasi kegiatan. Tidak dilakukan uji validitas dan reliabilitas secara statistik terhadap instrumen. Penggunaan pre-test dan post-test sebagai metode evaluasi dalam kegiatan pengabdian kepada siswa SMA juga telah diterapkan pada kegiatan pengabdian sebelumnya untuk membandingkan pemahaman peserta sebelum dan setelah kegiatan (Timotius Manik et al., 2022).

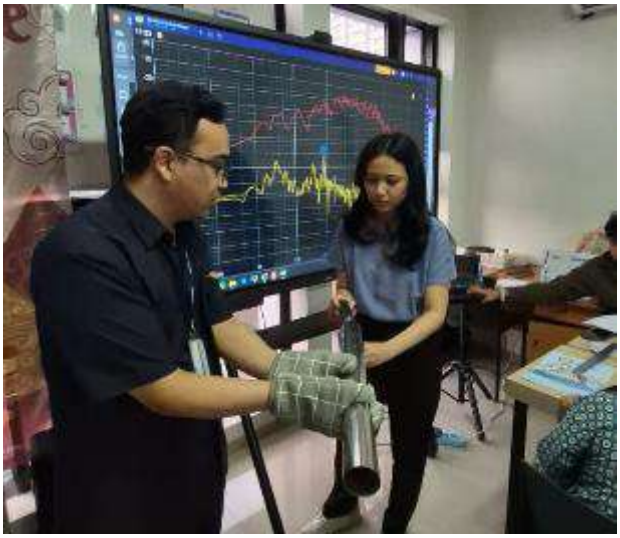
Data pre-test dan post-test dianalisis menggunakan nilai rata-rata, standar deviasi, persentase peningkatan, dan N-gain. Nilai rata-rata hasil evaluasi meningkat dari 55,4 menjadi 70,0 pada skor maksimum 100, dengan peningkatan sebesar 14,6 poin atau 26,35%. Standar deviasi hasil evaluasi masing-masing sebesar 24,50 pada pre-test dan 17,89 pada post-test. Nilai rata-rata N-gain individu sebesar 0,48.

Data frekuensi dianalisis dengan menghitung rata-rata dari dua kali pengukuran menggunakan Spectroid dan membandingkannya dengan frekuensi teoritis berdasarkan persamaan harmonik pipa terbuka. Ketidakpastian pembacaan frekuensi diperkirakan berdasarkan resolusi pembacaan Spectroid, sedangkan ketidakpastian panjang pipa diperkirakan berdasarkan resolusi alat ukur panjang yang digunakan. Analisis digunakan untuk menunjukkan kesesuaian hasil eksperimen dengan model teoritis dan sebagai bagian dari pengalaman pembelajaran eksperimen, bukan sebagai validasi akurasi aplikasi Spectroid.

3. Hasil Pengabdian dan Pembahasan

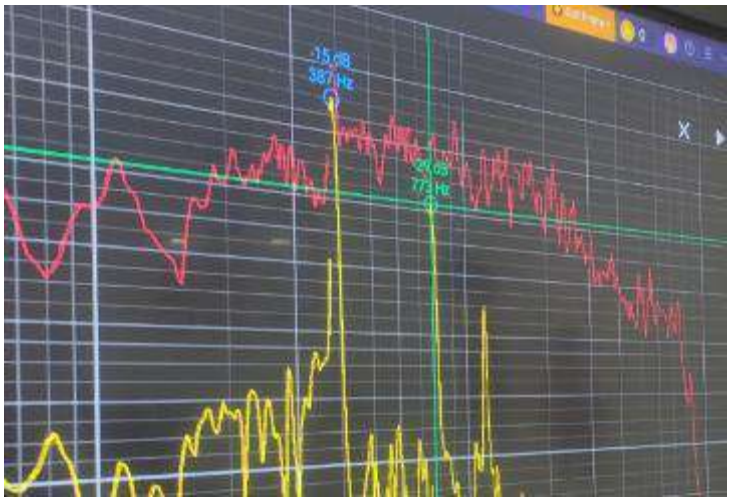
Pelaksanaan Eksperimen *Self-Singing Pipe*

Kegiatan pengabdian dilaksanakan melalui rangkaian aktivitas yang menggabungkan penjelasan konsep, demonstrasi eksperimen, pengukuran frekuensi, dan diskusi. Kegiatan menggunakan *self-singing pipe* sebagai media untuk memperlihatkan fenomena resonansi bunyi secara langsung. Siswa diperkenalkan pada proses terbentuknya bunyi ketika *stainless steel mesh* yang berada di bagian bawah pipa dipanaskan. Demonstrasi tersebut memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengamati hubungan antara pemanasan udara, gerakan udara di dalam pipa, dan terbentuknya bunyi akibat resonansi.



Gambar 1. Demonstrasi *self-singing pipe*.

Setelah pipa menghasilkan bunyi, pengamatan dilanjutkan dengan analisis spektrum menggunakan aplikasi Spectroid. Spektrum bunyi ditampilkan pada layar *smartphone* sehingga perubahan amplitudo dan frekuensi dapat diamati secara langsung.



Gambar 2. Pengukuran frekuensi bunyi menggunakan Spectroid.

Pengamatan dilakukan selama bunyi terbentuk. Spectroid secara otomatis menampilkan spektrum frekuensi, dan tampilan dapat dihentikan menggunakan fitur *pause* setelah bunyi berhenti. Dengan cara tersebut, frekuensi puncak yang terbentuk selama bunyi dihasilkan tetap dapat diamati dan dicatat. Hasil pengamatan kemudian digunakan sebagai bahan diskusi untuk menghubungkan hasil eksperimen dengan konsep fisika yang telah diperkenalkan. Siswa mendiskusikan hubungan antara panjang pipa, frekuensi bunyi, dan resonansi serta membandingkan frekuensi hasil pengukuran dengan nilai yang diperoleh melalui perhitungan teoritis.



Gambar 3. Diskusi hasil eksperimen dan konsep resonansi bunyi.

Rangkaian kegiatan tersebut menghubungkan fenomena fisik, pengukuran, dan model teoritis dalam satu aktivitas pembelajaran. Penggunaan Spectroid juga memungkinkan bunyi yang sebelumnya hanya dapat diamati secara kualitatif untuk direpresentasikan dalam bentuk data frekuensi yang dapat dicatat dan dibandingkan dengan hasil perhitungan.

Hasil Eksperimen dan Pengukuran Frekuensi

Eksperimen *self-singing pipe* menghasilkan bunyi yang dapat diamati melalui spektrum frekuensi menggunakan aplikasi Spectroid. Pipa yang digunakan memiliki

panjang total 49 cm dan diameter 5 cm, sedangkan posisi *stainless steel mesh* berada 5 cm dari bagian bawah pipa. Dengan demikian, panjang efektif kolom udara yang digunakan dalam perhitungan adalah 44 cm. Eksperimen dilakukan pada kondisi temperatur ruang di dalam ruangan berpendingin udara, dengan cepat rambat bunyi di udara digunakan sebesar 343 m/s. Frekuensi harmonik pada pipa terbuka ditentukan berdasarkan pola gelombang berdiri yang terbentuk di dalam kolom udara. Pada pipa yang terbuka pada kedua ujungnya, frekuensi harmonik bergantung pada panjang kolom udara dan cepat rambat bunyi.

Konsep gelombang berdiri dan resonansi pada pipa terbuka juga digunakan dalam eksperimen pengukuran cepat rambat bunyi menggunakan *resonance tube* untuk pembelajaran fisika berbasis STEM (Nurpratiwi et al., 2025). Berdasarkan panjang efektif pipa dan cepat rambat bunyi yang digunakan, frekuensi teoritis harmonik pertama dan kedua masing-masing sekitar 389 Hz dan 779 Hz. Pengukuran frekuensi menggunakan Spectroid dilakukan sebanyak dua kali. Nilai frekuensi dari pengukuran tersebut kemudian dirata-ratakan. Hasil pengukuran rata-rata untuk harmonik pertama dan kedua masing-masing sebesar 387 Hz dan 773 Hz. Perbandingan hasil pengukuran dan perhitungan teoritis disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan frekuensi hasil pengukuran dan perhitungan teoritis.

Harmonik	Frekuensi rata-rata Spectroid (Hz)	Frekuensi teori (Hz)	Selisih (Hz)	Selisih relatif (%)
1	387	389	2	0,51
2	773	779	6	0,77

Dalam kegiatan ini, hasil pengukuran dinyatakan memiliki kedekatan dengan nilai teoritis apabila selisih relatif kurang dari 5%. Batas tersebut digunakan dengan mempertimbangkan ketidakidealan sistem eksperimen, antara lain posisi *stainless steel mesh* di dalam pipa, penentuan panjang efektif kolom udara, kondisi aliran udara dan distribusi panas selama pemanasan, serta keterbatasan pembacaan frekuensi menggunakan Spectroid. Berdasarkan kriteria tersebut, kedua hasil pengukuran memiliki kedekatan dengan nilai teoritis sebagaimana ditunjukkan oleh selisih relatif 0,51% dan 0,77% pada Tabel 1. Kedua puncak tersebut diinterpretasikan sebagai harmonik pertama dan kedua berdasarkan urutan kemunculan dan kedekatannya dengan nilai teoritis. Ketidakpastian pembacaan frekuensi diperkirakan sebesar ±1 Hz, sedangkan ketidakpastian panjang efektif pipa sebesar ±0,05 cm, yang memberikan kontribusi terhadap frekuensi teoritis sekitar ±0,44 Hz untuk harmonik pertama dan ±0,89 Hz untuk harmonik kedua. Nilai tersebut digunakan sebagai estimasi ketidakpastian pengukuran dan perhitungan dalam kegiatan, bukan sebagai hasil kalibrasi instrumen.

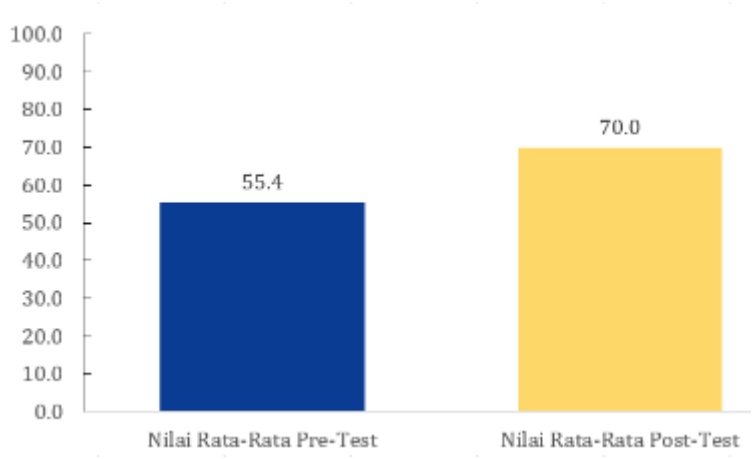
Perbedaan antara hasil pengukuran dan perhitungan dapat berkaitan dengan kondisi eksperimen yang tidak sepenuhnya ideal, termasuk karakteristik geometris pipa, kondisi aliran udara, dan distribusi panas selama pembentukan bunyi. Kondisi tersebut dapat memengaruhi karakteristik osilasi termoakustik dan frekuensi yang dihasilkan oleh sistem *Rijke tube* (Liu et al., 2024).

Perhitungan pada kegiatan ini menggunakan model pipa terbuka ideal sebagai pendekatan untuk menjelaskan hubungan antara panjang kolom udara dan frekuensi harmonik. *Self-singing pipe* sendiri merupakan sistem termoakustik yang melibatkan sumber panas di dalam pipa. Pemanasan *stainless steel mesh* menyebabkan perubahan temperatur dan aliran udara yang berinteraksi dengan medan akustik di dalam pipa. Oleh karena itu, model pipa terbuka digunakan sebagai pendekatan teoritis untuk membandingkan hasil eksperimen dengan konsep frekuensi harmonik, bukan untuk menggambarkan seluruh dinamika termoakustik yang terjadi pada sistem (Lawn & Penelet, 2018; Liu et al., 2024).

Penggunaan Spectroid dalam kegiatan memberikan pengalaman kepada siswa untuk mengubah fenomena bunyi yang dapat didengar menjadi data frekuensi yang dapat diukur. Hasil tersebut kemudian dibandingkan dengan model teoritis sehingga konsep frekuensi dan resonansi dapat dipelajari melalui pengamatan fenomena dan data kuantitatif.

Hasil Evaluasi Pemahaman Siswa

Evaluasi pemahaman siswa dilakukan melalui perbandingan nilai rata-rata pre-test dan post-test. Pre-test diberikan sebelum kegiatan untuk mengetahui pemahaman awal siswa, sedangkan post-test diberikan setelah rangkaian eksperimen dan diskusi selesai. Perbandingan hasil evaluasi tersebut ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan nilai rata-rata pre-test dan ptost-test siswa.

Berdasarkan Gambar 4, nilai rata-rata pre-test sebesar 55,4 meningkat menjadi 70,0 pada post-test. Dengan demikian, terdapat peningkatan rata-rata sebesar 14,6 poin atau sekitar 26,35% dibandingkan dengan nilai awal. Standar deviasi pada pre-test dan post-test masing-masing sebesar 24,50 dan 17,89. Nilai rata-rata N-gain individu sebesar 0,48. Hasil tersebut menggambarkan perubahan capaian evaluasi peserta setelah mengikuti kegiatan.

Perubahan capaian evaluasi didukung oleh rangkaian aktivitas yang melibatkan siswa secara langsung selama kegiatan. Siswa memperoleh kesempatan untuk mengamati fenomena resonansi, membaca spektrum frekuensi, melakukan perhitungan teoritis, dan mendiskusikan kesesuaian hasil eksperimen dengan konsep yang dipelajari. Keterlibatan tersebut memberikan pengalaman belajar yang lebih

kontekstual, meskipun evaluasi yang dilakukan masih terbatas pada perbandingan nilai rata-rata sebelum dan setelah kegiatan.

Manfaat Kegiatan

Pelaksanaan kegiatan memberikan alternatif aktivitas pembelajaran fisika yang sesuai dengan kebutuhan mitra untuk menghadirkan pengalaman eksperimen pada materi gelombang bunyi. Eksperimen *self-singing pipe* mengintegrasikan pengamatan fenomena, pengukuran frekuensi, dan perhitungan teoritis sehingga siswa memperoleh kesempatan untuk menghubungkan konsep frekuensi dan resonansi dengan fenomena yang diamati secara langsung.

Selain memberikan pengalaman eksperimen, kegiatan ini mendorong siswa untuk terlibat dalam proses pembelajaran secara aktif. Siswa tidak hanya menerima penjelasan dari tim pelaksana, tetapi juga terlibat dalam pengamatan, pencatatan hasil pengukuran, dan diskusi berdasarkan fenomena yang diamati. Penggunaan Spectroid juga memberikan pengalaman dalam merepresentasikan bunyi yang terdengar sebagai data frekuensi sehingga siswa dapat menghubungkan fenomena fisik dengan hasil pengukuran kuantitatif.

Bagi mitra, kegiatan ini dapat menjadi alternatif aktivitas praktikum pada materi gelombang bunyi dan resonansi yang relatif sederhana untuk diterapkan. Modul eksperimen yang digunakan juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pendukung pembelajaran sehingga kegiatan tidak berhenti pada pelaksanaan PKM, tetapi memiliki potensi untuk digunakan kembali dalam pembelajaran fisika di sekolah.

4. Kesimpulan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat melalui eksperimen *self-singing pipe* memberikan alternatif aktivitas pembelajaran fisika yang sederhana dan mudah diterapkan bagi siswa SMA Jaya Plus Montessori. Kegiatan mengintegrasikan pengamatan fenomena resonansi bunyi, pengukuran frekuensi menggunakan Spectroid, perhitungan teoritis, perbandingan hasil eksperimen dengan hasil teoritis, serta diskusi. Pendekatan tersebut memberikan kesempatan kepada siswa untuk menghubungkan konsep frekuensi dan resonansi dengan fenomena fisik yang diamati secara langsung serta data hasil pengukuran.

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa frekuensi rata-rata yang diperoleh sebesar 387 Hz dan 773 Hz, dengan selisih relatif terhadap nilai teoritis masing-masing sebesar 0,51% dan 0,77%. Evaluasi peserta menunjukkan peningkatan nilai rata-rata dari 55,4 menjadi 70,0 pada skala maksimum 100, dengan peningkatan sebesar 14,6 poin atau 26,35%. Nilai rata-rata N-gain individu sebesar 0,48. Hasil tersebut menggambarkan perubahan capaian evaluasi peserta setelah mengikuti kegiatan. Eksperimen *self-singing* pipe dapat digunakan sebagai salah satu alternatif media pembelajaran untuk mendukung pengalaman belajar fisika berbasis eksperimen, khususnya pada materi frekuensi dan resonansi bunyi. Modul yang digunakan juga berpotensi dimanfaatkan kembali oleh mitra sebagai bahan pendukung pembelajaran.

Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Matana University atas dukungan pendanaan melalui hibah internal pengabdian kepada masyarakat.

Referensi

Budiman, R., Pratami Sinaga, E., & Yefta Gloria, Y. (2025). Eksperimen Interaktif Pengukuran Waktu Reaksi Manusia Di Sma Stella Maris School BSD. *Jurnal Abdimas Bina Bangsa*, *6*(2), 2025. https://doi.org/10.46306/jabb.v6i2.1904

Du, M. long, Li, F. yan, & Yang, L. jun. (2019). Effects of different heat source distribution on a Rijke tube. *Applied Acoustics*, *146*, 66–75. https://doi.org/10.1016/J.APACOUST.2018.11.011

Herwinarso, Koswojo, J., Pratidhina, E., Wijaya, A., & Lestari, T. (2024). Peningkatan Kualitas Pembelajaran Fisika Peserta Didik Sma Di Surabaya Melalui Pendampingan Eksperimen Fisika. *Communnity Development Journal*, *5*(1), 1710–1714. https://doi.org/10.31004/cdj.v5i1.20325

Imam Sutaji, H., Warsito, A., Rambu Ngana, F., S Lapono, L. A., Sidik, R., Azmi Fathin, H., & Artikel, H. (2026). Efektivitas Penggunaan Eksperimen Sederhana Pada Penguatan Literasi Sains Siswa SMAN 2 Fatuleu. *ABDI UNISAP: Jurnal Pengapdian Kepada Masyarakat*, *4*(1). https://doi.org/10.59632/abdiunisap.v4i1.651

Jeliyah Jalis Putri, Y., Desnita, & Satri, Y. (2024). *Validity and Practicality of Student Worksheet Integrated by Sound Wave Experiment Set Using Smartphone with Sound Analyzer Basic 1.10.2 and Frequency Generator 2.6 Software*. https://doi.org/10.21009/1.10111

Laeli, S., & Ishafit. (2023). Penentuan Cepat Rambat Bunyi di Udara Menggunakan Aplikasi Tone Generator dan Spectroid. *Bincang Sains dan Teknologi*, *2*(01), 11–15. https://doi.org/10.56741/bst.v2i01.269

Lawn, C. J., & Penelet, G. (2018). Common features in the thermoacoustics of flames and engines. *International Journal of Spray and Combustion Dynamics*, *10*(1), 3–37. https://doi.org/10.1177/1756827717743911

Liu, X., Lai, Y., Fisk, C., Willmott, J., Zhou, H., & Zhang, Y. (2024). Experimental investigation on the effects of a mesh in the downstream region of a combustion-driven Rijke tube on self-excited thermoacoustic oscillations. *Experimental Thermal and Fluid Science*, *150*, 111061. https://doi.org/10.1016/J.EXPTHERMFLUSCI.2023.111061

Moebs, W., Samuel J. Ling, & Sanny, J. (2016). *University Physics Volume 1* (Vol. 1). OpenStax.

Nurpratiwi, F., Hernani, H., Prima, E. C., & Septiyanto, A. (2025). Measurement of Sound Speed Using a Frequency Generator-assisted Resonance Tube for STEM-based Learning. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, *13*(2), 284–295. https://doi.org/10.21831/jpms.v13i2.86417

Pratidhina, E., Lestari, T., Wijaya, A., Koswojo, J., Untung, B., Wahyu Winata, S., & Kristiawan, Y. (2023). *Amal Ilmiah : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Pendampingan Eksperimen Fisika Pada Peserta Didik Sekolah Menengah Atas*

Dengan Materi Fluida dan Kelistrikan. *5*(1), 130–138. https://doi.org/10.36709/amalilmiah.v5i1.138

Pratiwi, U., Fatmaryanti, S. D., Darminto, B. P., & Akhdinirwanto, R. W. (2021). Asistensi Praktikum Fisika Materi Titik Berat untuk Meningkatkan Prestasi Belajar Siswa Kelas IX di MA Al Iman Bulus Kabupaten Purworejo. *Surya Abdimas*, *5*(2), 170–176. https://doi.org/10.37729/abdimas.vi.1032

Raharja, E. P., Sutomo, E., Hidayat, F. A., Kasan, A., & Mangkasa, N. (2025). Smartphone Sensor-Based Physics Module for Hands-On Learning in Waves and Optics. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, *11*(3), 580–590. https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i3.10240

Rizki, I. A., Khoir, E. F., Nikmah, F., Prahani, B. K., & Hariyono, E. (2024). Effect of Physics Inquiry Learning with Low-cost Experiment Tool on Students' Problem-solving Skills and Self-efficacy. *Physics Education Research Journal*, *6*(1), 1–10. https://doi.org/10.21580/perj.2024.6.1.19001

Timotius Manik, J., Soetanto, W., Hanny, M., & Pandiangan, T. (2022). Sosialisasi Pemanfaatan Fisika Radiasi dalam Bidang Kesehatan Kepada Siswa Kelas X di SMA Pramita Tangerang. *Journal of Community Services: Sustainability & Empowerment*, *02*(02), 1–6. https://doi.org/10.35806/jcsse.v2i2.280

Yuana, H., Lukma, H. N., & Sofiyana, M. S. (2025). *Peningkatan Literasi Sains Siswa Sekolah Dasar melalui Program FIRE UP*. Jurnal Pengabdian Masyarakat: Pemberdayaan, Inovasi dan Perubaha *5*(6). https://doi.org/10.59818/jpm.v5i6.2326