



## **Desain Materi Praktikum Pelayangan Bunyi Menggunakan Alat Musik Tiup dan *Software Adobe Audition*<sup>TM</sup> 1.5**

Isnaini<sup>1</sup>, Khairil Anwar<sup>2\*</sup>, Fadhya<sup>3</sup>, Bunaiyah<sup>4</sup>, Nurfaizal<sup>5</sup>  
<sup>1,3,4,5</sup>Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Muhammadiyah Mataram  
<sup>2</sup>Pascasarjana, Universitas Muhammadiyah Mataram  
\* E-mail: khairila593@ummat.ac.id

### **Abstract**

*One of the few sound phenomena is the beat. The concept of beat is very important to be study because it's applies to daily life, but in teaching and learning activities most teachers are still in a conventional model theoretical-based, of course only give abstract knowledge to learners. On the other hand, the learning concept of wave must involve representations all (audio visual, graphical, mathematical, symbolic, and verbal). There have been many published papers on similar experiments. However, we continue to gather experiments using traditional musical instruments as a source of sound and free software tracker. Therefore, in this paper we will describe a conceptual teaching innovation by presenting a step by step how to do that using Sundanese flute from West Java (Indonesia) and Adobe audition 1.5, as well as examples of its application to determining the frequency of traditional musical instruments which is identical by the concept of beat, so it can be an interesting method to do in classroom.*

**Keywords:** *Sound Beat, Sundanese flute, Adobe Audition 1.5, and learning Innovation.*

**How to Cite:** Anwar, K., Isnaini, I., Fadhya, F., Bunaiyah, B., & Nurfaizal, N. (2023). Desain Materi Praktikum Pelayangan Bunyi Menggunakan Alat Musik Tiup dan Software Adobe Audition<sup>TM</sup> 1.5. *Schrodinger Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Fisika*, 4 (1): 52-59.

### **PENDAHULUAN**

Kemajuan dan perkembangan bidang teknologi informasi dan komunikasi/*Information Comunication and Technology (TIK/ICT)* sangat pesat perkembangannya. Komputer, *smartphone*, Internet, serta berbagai aplikasi di dalamnya adalah salah satu contoh produk teknologi tersebut. Berbekal kualitas dan bermacam-macam aplikasi canggih (*software*) yang terdapat di dalamnya dapat dimanfaatkan sebagai media penunjang pembelajaran fisika sebagai sistem akuisisi data. Selain itu, inovasi pembelajaran dengan teknologi akan membantu para siswa memvisualisasikan proses atau konsep (Anwar et al, 2016), manipulasi variabel dengan pengumpulan atau analisis data untuk membantu mereka memahami suatu konsep atau proses serta penyelesaian masalah dunia nyata, hingga membantu siswa menguji teori dan model dengan data yang disimulasi (Fadhya et al, 2023). Oleh karena itu, komponen pendidikan harus melakukan usaha kreatif atau inovatif untuk mengembangkan program-program pembelajaran atau pengajaran (Eshach, 2014) yang berkaitan dengan literasi *ICT* (Fadhya et al, 2023) sebagaimana "*Framework for 21<sup>st</sup> century skills*" menuntut pembelajaran inovatif, kolaboratif, dan terintegrasi teknologi yang menjadi tren dalam pendidikan global (Anwar et al, 2017; Hosnan, 2014).

Beberapa contoh *software* dan *hardware* yang dapat digunakan sebagai sistem akuisisi data untuk fenomena akustik yang berbasis *smartphone* yaitu *Audio Kit for iOS System* (Khun & Vogt, 2013), sedangkan yang berbasis komputer yaitu *Frekuensi Analyzer* (Douglas *et al*, 2013), dan *Cool Edit* (Bin, 2013). Dijelaskan Khun & Vogt (2013) dalam makalahnya yang menganalisis fenomena akustik dengan sebuah *microphone smartphone* dimana menggunakan *Audio Kit for iOS System* untuk mengeksplorasi dan memahami perbedaan antara nada dan bunyi, sedangkan M. Osorio, *et al* (2017) menggunakan *smartphone* untuk mengukur dan mengkarakterisasi fenomena pelayangan, namun menggunakan sumber bunyi garputala. Douglas. *et al*, (2013) menjelaskan bahwa contoh paket *free software* yang dapat digunakan untuk aktivitas laboratorium fisika yang berkaitan dengan bunyi adalah *Frekuensi Analyzer* yaitu perangkat yang berfungsi sebagai osiloskop dan penganalisis spektrum. Sementara itu, Bin (2013) menggunakan *Cool Edit* sebagai pembangkit frekuensi sekaligus penganalisis sinyal untuk menentukan kelajuan perambatan bunyi dimana eksperimen ini hanya menggunakan satu perangkat komputer dengan memasang *Cool edit* dan *window media player* dalam sistem operasi windows. Serupa dengan itu, Anwar *et al* (2020) mendesain pembelajaran gelombang menggunakan *Audacity* sebagai *audio generator* yang membangkitkan gelombang sinus murni, melalui cara ini juga Ia memberikan contoh model sinyal pelayangan buatan dengan membangkitkan dua sumber bunyi yang berfrekuensi 440 dan 440,5 Hz yang kemudian digabungkan sehingga terlihat pada *display track* suatu pola sinyal dengan amplitudo yang berubah menurut waktu.

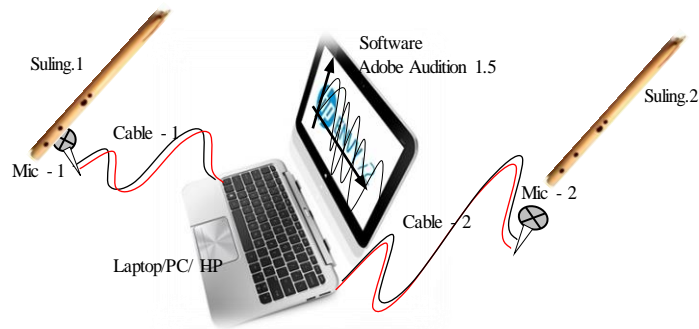
Di sisi lain, menurut Ika M, *et al* (2017) *Sundanese flute* dapat dijadikan sebagai alat pembelajaran yang menarik dalam prespektif seni dan fisika sebab menggunakan prinsip pipa organa terbuka. Sejalan dengan ini Syakti *et al* (2021) juga memanfaatkan alat musik suling dan gawai sebagai bahan belajar IPA SMP di Masa Pandemi Covid-19. Kajian lain yang relevan dilakukan juga oleh Anwar, *et al* (2018) menggunakan alat musik tradisional Gambo dalam mempelajari konsep dasar gelombang stasioner pada dawai, dan Kurniawan *et al* (2021) merancang pembelajaran mengenai konsep resonansi alamiah istem tali gambo.

Berdasarkan berbagai rujukan di atas, aplikasi-aplikasi berbasis *smartphone* dan komputer serta peralatan musik tradisional memberikan peluang yang menarik untuk memperkaya media pembelajaran fisika khususnya terkait dengan fenomena gelombang dan bunyi. Oleh karena itu dalam makalah ini dipaparkan bagaimana profil alat musik tradisional Suling Sunda dan *Software Adobe audition 1.5* dan langkah-langkah suatu inovasi pengajaran konsep pelayangan menggunakan alat musik tiup tradisional suling Sunda dari Jawa Barat (Indonesia) dan *software Adobe audition 1.5*, serta contoh penerapannya dalam menentukan frekuensi dua alat musik tradisional yang identik berdasarkan konsep pelayangan untuk dijadikan suatu metode alternatif yang menarik untuk di tujukkan dalam ruang kelas maupun laboratorium.

## METODE PENELITIAN

Pengumpulan data melalui studi pustaka dan studi kasus pada sumber bunyi suling Sunda dan *software* perekam sinyal bunyi. Studi diawali dengan analisis frekuensi tangga nada dari dua alat musik suling yang identik. Selanjutnya mengeksplorasi bagian-bagian *menu tools* pada perangkat lunak *Adobe Audition 1.5*. Setiap aplikasi diselidiki dan ditela'ah bagian-bagian dan fungsi fiturnya. Selanjutnya merancang aktivitas eksperimen sebagai bahan pengajaran/pembelajaran/praktikum yang terkait dengan konten fisika "pelayangan". Frekuensi sinyal dari masing-masing dua sumber bunyi yang digunakan kemudian dianalisis menggunakan teknik algoritma *Fast Fourier Transform (FFT)* dengan bantuan program

Matlab. Susunan rangkaian percobaan ditunjukkan dalam Gambar 1, dan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya Laptop, Software *Adobe Audition 1.5*, suling Sunda, kabel, dan mikrofon.

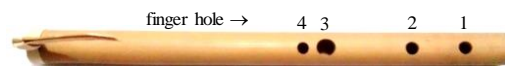


Gambar 1. Setup eksperimen pelayangan bunyi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Alat Musik Tradisional Suling Sunda

Alat musik tiup tradisional "suling Sunda" yang digunakan dalam studi ini adalah berlaras *Pelog degung* yang memiliki empat lubang nada (*finger hole*). Bentuk suling Sunda terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bentuk alat musik tiup tradisional Suling Sunda

Hasil pengukuran frekuensi bunyi nada dari dua Suling Sunda yang berlaras *Pelog degung* dihasilkan bunyi nada yang relatif identik dengan selisih perbedaan rata-rata 2,42 %. Warna bunyi yang terdengar sangat lembut (*smoote*) mirip dengan karakteristik bunyi garputala jika dilihat dari *waveform*. Nilai-nilai frekuensi nada dasar  $f_0$  yang diperoleh ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Daftar Frekuensi nada Suling Sunda (laras Pelog degung).

Not Nada	Tangga Nada tradisional	Frekuensi Suling Sunda (Hz) (laras Pelog degung)		Ralat (%)
		Suling 1	Suling 2	
1	Da	247.50	255.10	3.07
5	La	311.73	313.24	0.48
4	Ti	327.32	334.23	2.11
3	Na	363.47	368.32	1.33
2	Mi	456.72	459.36	0.57
1'	Da'	480.16	513.56	6.96
<b>Rata-rata:</b>				<b>2.42</b>

Setiap suling Sunda dengan model dan laras yang sama sangat sulit sekali menghasilkan frekuensi tuning nada yang sama meskipun dibuat oleh orang yang sama, ini disebabkan karena proses tuning hanya menggunakan *insting* dari seorang pembuat. Jika

dua buah suling dengan nada yang sama dibunyikan serentak akan terdengar bunyi layangan, sehingga berdasarkan hal ini alat musik tradisional suling Sunda dapat dijadikan sebagai media belajar fisika untuk konsep pelayangan bunyi. Hal ini diperkuat oleh hasil penelitian Ika M, *et al* (2017) yang mengkaji *Sundanese flute* dalam prespektif seni dan fisika yang menyatakan bahwa alat musik tiup tradisional dapat dijadikan sebagai alat eksperimen fisika karena menggunakan prinsip pipa organa terbuka, dimana mereka menentukan frekuensi nada untuk setiap model tuning. Sejalan dengan ini Syakti et al (2021) juga mengangkat alat musik suling dan gawai pada Pelajaran IPA SMP di Masa Pandemi Covid-19.

## 2. Adobe Audition™ 1.5

*Adobe Audition™ 1.5* merupakan *software*/perangkat lunak *multitrack* yang cukup dikenal oleh kalangan pelaku atau profesional musik. Perangkat lunak ini dapat digunakan untuk merekam/*trecking* bunyi alat-alat musik dalam mengarangsemen suatu jenis musik. *Software* ini dapat membantu memvisualisasikan sinyal bunyi melalui rekaman dan dapat mengedit sinyal tersebut (Bin, 2013), dimana sinyal analog dari sumber bunyi akan dikonversi ke bentuk digital melalui sistem elektronik digital yaitu komputer (Douglas *et al*, 2013). Dalam pengoperasiannya, *software* jenis ini terlebih dahulu diatur "*propertis audio*" laptop/komputer sesuai dengan karakteristik *input* sinyal yang akan digunakan, seperti *Line in* atau *Microphone* agar dapat terkoneksi dengan baik (Anwar et al, 2020).

## 3. Rancangan Kegiatan Eksperimen Fenomena Pelayangan Bunyi.

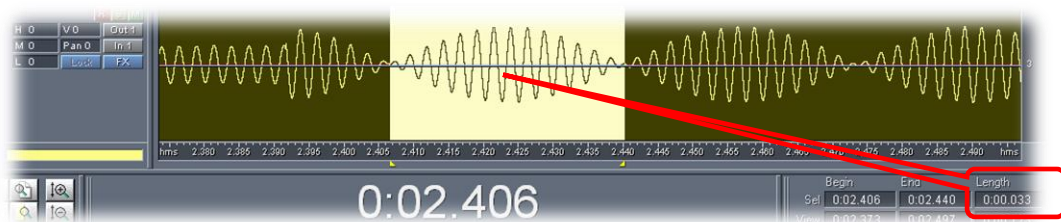
Dalam proses kegiatan pembelajaran, seorang guru perlu mengawali dengan stimulus melalui penyajian suatu fenomena terkait pelayangan bunyi. Salah satu teknik pembelajarannya dapat dilakukan melalui langkah-langkah berikut:

- a. Menyajikan fenomena superposisi gelombang bunyi yang dihasilkan oleh dua suling Sunda untuk nada yang sama.  
(Guru dapat menstimulus dengan beberapa pertanyaan seperti: Bagaimana sensasi bunyi nada suling Sunda yang terdengar jika dibunyikan secara individu dan bersama-sama?. Fenomena fisis apa yang mendasari terbentuknya bunyi dengan amplitudo yang berfluktuasi?, Bagaimanakah fenomena pelayangan dimanfaatkan untuk mentuning alat-alat musik?. Jika semakin besar frekuensi layangan/interval antara frekuensi sumber apa yang akan terjadi dengan tempo pelayangan bunyi yang terdengar?, atau bagaimanakah cara kita menentukan frekuensi sumber bunyi jika salah satu atau kedua-keduanya belum diketahui).
- b. Memberikan kesempatan kepada para siswa untuk interaktif dalam menyatakan argumen, hipotesis, terkait fenomena yang terjadi. Guru dapat membimbing siswa dalam menentukan hipotesis yang relevan dengan permasalahan dan memprioritaskan hipotesis mana yang menjadi bahan penyelidikan.
- c. Guru dan siswa dapat bersama-sama menentukan tujuan pembelajaran, kemudian membimbing merancang percobaan, mengumpulkan dan menganalisis data, hingga membuat kesimpulan dan mengkomunikasikan.
- d. Beberapa langkah penyelidikan yang dapat diikuti diantaranya:
  - Menghubungkan panel *output* sumber bunyi dari *smartphone* pada *line input* yang tersedia dalam laptop/komputer jika menggunakan pilihan masukan sinyal melalui *line in*, → atur volume sumber bunyi sedemikian hingga agar sinyal yang terekam oleh *software Adobe Audition* tidak melampaui batas maksimum amplitudo *track*. Namun Jika menggunakan pilihan masukan sinyal melalui *Microphone* → gunakan penguat/*amplifier* atau tingkatkan sensitifitas *microphone* sedemikian hingga agar sinyal sumber bunyi dapat terlihat dengan baik dalam rekaman oleh *Adobe Audition*, perhatikan juga batas maksimum amplitudo *track* nya!.

- Menetapkan tangga nada yang sama dari kedua suling Sunda.
- Selanjutnya merekam sinyal pada box "Track" dalam program *Adobe Audition 1.5*, kemudian menganalisis sinyal yang diperoleh menggunakan fitur-fitur yang disediakan pada *software* tersebut.

#### 4. Analisis Fenomena Pelayangan Menggunakan *Adobe Audition 1.5*.

Ketika dua buah sumber bunyi Suling-1 dan Suling-2 dengan frekuensi nada yang identik (misalkan 400 dan 430 Hz), maka kita dapat mendengar bunyi yang berbeda dari bunyi individu nya, selain itu kita dapat memvisualisasikannya melalui wujud gelombang (*waveform*) yang telah dikonversikan dalam model sinyal digital, serta kita dapat menganalisis berdasarkan bentuk *waveform* tersebut. Jika sinyal membentuk pelayangan, maka kita dapat menentukan frekuensi pelayangannya, dan frekuensi sinyal masing-masing sumber. Contoh hasil eksperimen yang *dicaptur* adalah sebagai berikut:



Gambar 3. Cuplikan rekaman sinyal dengan kombinasi frekuensi sumber 400 + 430 Hz.

*Waveform* dalam Gambar 3 merupakan kombinasi sinyal bunyi 400 Hz dan 430 Hz. Wujud sinyalnya akan dapat terlihat jelas jika kita menggunakan fitur *zoom in* dalam *Adobe Audition* yang terlihat sebagai pola *waveform* sebagaimana yang ditunjukkan Gambar 3, dimana terlihat suatu pola dengan ciri amplitudo yang berubah secara periodik. Selain itu ketika file ini dimainkan (*play*) kita akan mendengar bunyi dengan perubahan volume (amplitudo), dimana sensasi ini akan terdengar sebagai bunyi "keras-lemah" silih berganti dalam periode waktu yang tetap. Hal ini dapat mendukung pemahaman siswa terhadap hubungan bentuk sinyal dengan bunyi yang terdengar.

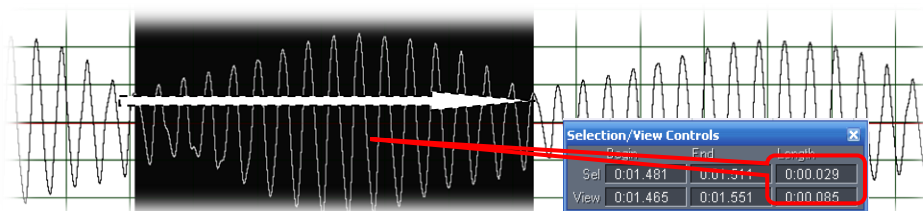
Frekuensi layangan dapat dilihat dengan cara → **Blok** sampel sinyal dengan teliti yang merupakan definisi dari suatu pelayangan yaitu bunyi "lemah-keras-lemah" sebagaimana ukuran variasi amplitudo yang terlihat dalam sinyal (M. Osorio *et al*, 2017) → selanjutnya melihat dan mencatat interval waktu dari sinyal yang diblok ini (lihat durasi pada *toolbars* keterangan "*length*" yang ditunjukkan pada Gambar 3. Dalam contoh ini tertulis 0:00.033, ini merupakan besarnya interval waktu terjadinya satu layangan (sebagaimana terlihat dalam sinyal yang diblok di atas) yaitu sebesar: 0,033 detik. Jadi besarnya frekuensi layangan dapat ditentukan, sebesar:

$$\begin{aligned}
 f_{\text{layangan}} &= 1/\text{interval waktu satu layangan.} \\
 &= 1/0,033 \text{ (/detik)} \\
 &= 30,30 \text{ /detik}
 \end{aligned}$$

Ketika frekuensi sumber bunyi pertama adalah 400 Hz dan sumber bunyi kedua yaitu 430 Hz dibunyikan bersama, maka telinga kita akan mendengarnya sebagai frekuensi rata-rata dari kedua sumber tersebut yaitu 415 Hz  $((400+430)/2)$  dengan frekuensi pelayangan sebesar 30 Hz  $(|400-430|)$ , atau dalam contoh M. Osorio *et al* (2017) jika frekuensi sumber antara 262 Hz dan 272 Hz akan terdengar frekuensi rata-rata 267 Hz dan kita akan mendengar getaran nya 10 kali tiap detiknya, frekuensi pelayangan lebih besar dari 10 Hz yaitu terlalu cepat/curam untuk didengar secara normal.

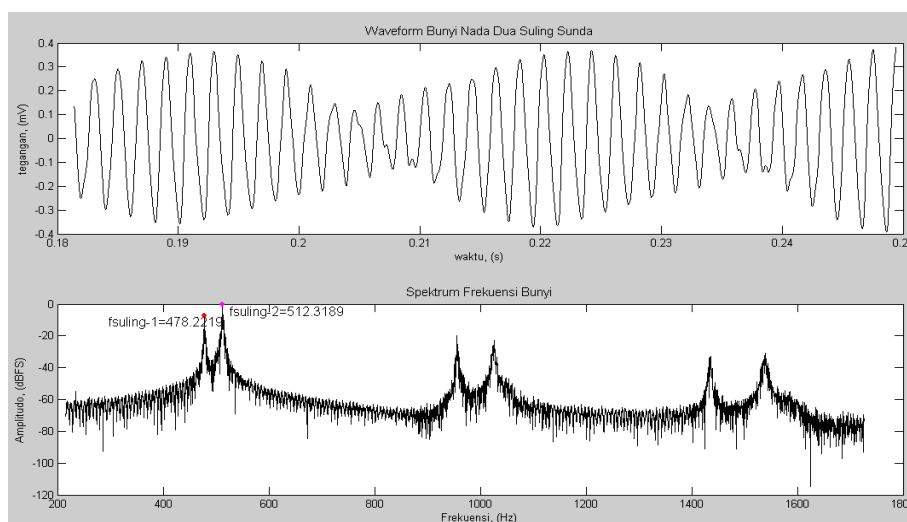
Cara mengetahui frekuensi dari masing-masing dua sumber bunyi yang digunakan dapat dilakukan dengan menganalisis sinyal pelayangan menggunakan algoritma *FFT* (*Fast Fourier Transform*) dalam Matlab, tentunya sinyal pelayangan yang terekam harus di *save* dalam format file *\*.wave*.

Sebagai contoh dua buah alat musik tiup "suling Sunda" yang identik dalam menghasilkan sebuah nada namun ketika dibunyikan bersamaan terdengar bunyi yang unik/berbeda dari bunyi masing-masingnya sehingga ingin diketahui bagaimana pola visualisasi gelombangnya, seberapa besar interval frekuensi nada antara kedua suling, dan berapa frekuensi masing-masing nada suling Sunda tersebut?. Setelah dua alat musik suling Sunda dibunyikan bersama-sama dan direkam, maka dalam *software Adobe audition* setelah di *zoom* terlihat pola sinyal yang ditunjukkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Cuplikan rekaman sinyal dua suling Sunda yang dibunyikan secara simultan.

Dari pola sinyal yang terlihat mengindikasikan adanya variasi amplitudo secara periodik, sehingga dengan membunyikan file ini terdengar suatu bunyi layangan. Dengan cara memblok segmen sinyal yang dimulai dari titik amplitudo yang minimum hingga amplitudo minimum berikutnya maka akan diperoleh durasi 0:00.029 = 0,029 detik yaitu interval waktu satu layangan (sebagaimana terlihat dalam Gambar 4). Dengan demikian dapat diketahui bahwa interval antara frekuensi nada suling pertama dan kedua sebesar 34,483 Hz yang merupakan frekuensi layangan. Selanjutnya dengan menggunakan analisis *FFT* terhadap sinyal yang terekam tersebut maka frekuensi nada dari kedua suling Sunda adalah 478,223 Hz dan 512,319 Hz yang sesuai dengan besarnya frekuensi layangan. Spektrum frekuensi hasil analisis ditunjukkan dalam Gambar 5.



Gambar 5. *Waveform* sinyal dan hasil analisis *FFT* dari bunyi simultan dua suling Sunda.

## 5. Penerapan Konsep Pelayangan

Fenomena pelayangan gelombang dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan frekuensi kecil seperti yang dihasilkan ketika berkas gelombang radar terpantul dari mobil yang bergerak, dimana pergeseran frekuensi berkas gelombang yang dipantulkan ini terjadi

karena efek Doppler yang bergantung pada laju mobil. Laju dapat ditentukan dengan mengukur layangan yang dihasilkan ketika berkas radar yang terpantul digabung dengan berkas radar mula-mula. Sistem serupa juga dimanfaatkan oleh Lumba-lumba untuk mendeteksi pergerakan sesuatu di sekitarnya, dimana lumba-lumba mengirimkan sinyal bunyi sehingga terbentuk gema (*echoes*) sebagai akibat dari adanya interferensi akibat gelombang yang terpantul dari sesuatu penghalang. Ketika tidak terdapat pergerakan relatif antara lumba-lumba dan objek yang memantulkan (mengembalikan) bunyi, maka frekuensi yang terkirim dan diterima sama sehingga tidak ada pelayangan, tetapi jika ada pergerakan relatif maka terjadi gema yang memiliki perbedaan frekuensi karena efek Doppler. Pelayangan dihasilkan ketika *echo* (gema) dan kombinasi bunyi yang dipancarkan. Oleh karena itu Lumba-lumba lebih mengandalkan bunyi dari pada cahaya sebagai sistem pendeteksi, dimana menaikkan dan menurunkan frekuensi pelayangan merupakan gambaran komponen akustiknya, perbedaan serupa dalam frekuensi cahaya yang merupakan komponen gambaran visual yang kita miliki.

Konsep pelayangan gelombang juga dapat dipergunakan untuk menentukan/mengukur frekuensi sumber bunyi yang belum diketahui nilainya, dengan membandingkan frekuensi baku dengan frekuensi yang ingin ditentukan, misalkan pada *tuning* nada gitar atau piano. Makin rendah/kecil frekuensi pelayangan maka makin dekat harga frekuensi baku dengan frekuensi yang dicari nilainya, dan makin lama waktu yang diperlukan untuk bergerak berlawanan fase dan kembali sefase lagi. Sehingga dalam menentukan frekuensi sangat mudah dengan mengukur beda waktu antara dua bunyi keras dan pelayangan yang terjadi. Sebagai contoh Jika salah satu frekuensi sumber telah diketahui sebelumnya (misalnya  $f_1 = 400$  Hz), maka frekuensi sumber yang lain dapat ditentukan dengan menghubungkannya pada frekuensi layangan  $|(f_1 - f_2)| = f_{\text{beat}}$  yang telah diperoleh, sehingga secara teori besarnya  $f_2$  yang mungkin adalah 430 Hz atau 370 Hz. Namun dengan prinsip ini tentu akan menimbulkan pertanyaan bagi siswa terkait nilai eksak frekuensi sumber yang kedua ini. Oleh karena itu untuk mengatasi hal ini dapat ditentukan dengan komputasi algoritma *FFT*, selain itu dengan komputasi ini bahkan dapat digunakan untuk menentukan frekuensi setiap sumber bunyi yang tidak diketahui sama sekali sebelumnya. Penyelesaian kasus ini akan dicontohkan dalam bagian penerapan menentukan frekuensi dua alat musik tradisional yang identik berdasarkan konsep analisis *waveform* pelayangan.

## PENUTUP

Berdasarkan uraian hasil studi, disimpulkan bahwa alat musik tradisional Suling Sunda dan *Software Adobe audition 1.5* memiliki bagian dan fitur yang dapat difungsikan sebagai media pembelajaran dan pengajaran fisika konsep pelayangan bunyi karena dapat membangkitkan model sinyal superposisi, merekam sinyal suara, memiliki fasilitas analisis transformasi Fourier. Langkah-langkah kegiatan eksperimen dengan media in telah didesain dengan efektif sehingga dapat diadaptasi untuk pembelajaran sains, dapat merepresentasikan fenomena pelayangan secara audio, visual, dan matematis yang dapat diterapkan melalui rancangan aktivitas pembelajaran berbasis penyelidikan *classroom*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada lembaga LPPM Universitas Muhammadiyah Mataram yang telah membiayai penelitian ini. Terimakasih juga disampaikan kepada pengembang *software Adobe Audition 1.5* dan pengerajin alat musik tradisional suling Sunda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, K., Rusdiana, D., Kaniawati, I., & Viridi, S. (2020). Desain pembelajaran gelombang untuk membentuk calon guru fisika yang terampil, berbudaya dan paham teknologi digital. *Jurnal Penelitian dan Pengkajian Ilmu Pendidikan: e-Saintika*, 4(1), 26-37.
- Anwar, K., Rusdiana, D., Kaniawati, I., & Viridi, S. (2016). Pemanfaatan Aplikasi Smartphone Android sebagai Media Belajar Fisika. In *Seminar Nasional Quantum*,(229) (pp. 71-82).
- Anwar, K., Rusdiana, D., Kaniawati, I., & Viridi, S. (2018). Construction of basic concepts of waves through a "gambo"(traditional musical instrument). In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2021, No. 1, p. 040003). AIP Publishing LLC.
- Fadhya, Khairil Anwar, Linda Sekar Utami, Siti Alaa. (2023). A Decade of Implementation of Android Media in Physics Learning. *JIPF (JURNAL ILMU PENDIDIKAN FISIKA)*.p-ISSN: 2477-5959 | e-ISSN: 2477-8451 Vol. 8 No. 2, May 2023, Page 200-212.
- H. Eshach. (2014). Development of a Student-centered to Asses Middle School Students Conceptual Understanding of Sound", the Physics Education Research of Journal, PACS.01.40.-d,43.10.Sv.
- J. Khun, & P. Vogt. (2013). Analyzing Acoustic Phenomena with a Smartphone Microphone". *The Physics Teacher of Journal*, Vol. 51.
- Khairil Anwar, Dadi Rusdiana, Ida Kaniawati, & Sparisoma Viridi. (2017). Profil Pembelajaran dan Pengajaran Fisika (Getaran-Gelombang) yang Sesuai Abad 21. *Paedagogia : Jurnal Kajian, Penelitian & Pengembangan Kependidikan*. <https://journal.ummat.ac.id/index.php/paedagogia/article/view/62>
- Kurniawan, E., & Aminah, N. S. (2021). Learning design for the natural resonance concept of the rope system with a "Gambo". In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1816, No. 1, p. 012093). IOP Publishing.
- M. Bin. (2013). Measuring the Speed of Sound Using Only a Computer". *The Physics Teacher of Journal*, Vol. 51.
- M. Hosnan. (2014). Pendekatan Saintifik dan Kontekstual dalam Pembelajaran Abad 21 Kunci Sukses Implementasi kurikulum 2013. Ghalia Indonesia: Bogor.
- M. Osorio, C. J. Pereyra, D. L. Gau, and A. Laguarda. (2017). Measuring and characterizing beat phenomena with a smartphone". *European Journal of Physics*. <https://doi.org/10.1088/1361-6404/aa9034>
- O. Douglas, (ed),. (2013). Four Free Software Package Related to the Physics of Sound". *The Physics Teacher Journal*, Vol.51.
- Sari, I. M., Anwar, K., Kurdita, E., & Rustaman, N. (2017). Sundanese flute: from Art and Physics perspective. In *International Conference on Mathematics and Science Education* (pp. 221-224). Atlantis Press.
- Syakti Perdana Sriyansyah, Khairil Anwar. (2021). Pembelajaran Gelombang Bunyi Menggunakan Alat Musik Suling dan Gawai pada Pelajaran IPA SMP di Masa Pandemi Covid-19. *Journal of Natural Science and Integration*, Vol. 4, No. 2, Oktober 2021, Hal 175-185.