



Pembelajaran Gelombang Bunyi Menggunakan Alat Musik Suling dan Gawai pada Pelajaran IPA SMP di Masa Pandemi Covid-19

Syakti Perdana Sriyansyah^{1*}, Khairil Anwar²

¹ Global Prestasi School

² Program studi Pendidikan Fisika, Universitas Muhammadiyah Mataram

*Correspondence Address: syaktiperdana@gmail.com

ABSTRACT

The COVID-19 pandemic requires teachers to think carefully and creatively in designing learning so that it remains interactive and appropriate to achieve the learning goals. Physics learning with using a flute and a smartphone described in this paper is the result of a thought process about how students can still conduct experiments from home using simple equipment to measure the speed of sound in the air and at the same time learn the concepts of loudness and pitch of sound. A total of 37 eighth grade students in 2020/2021 academic year and 23 students in 2018/2019 acadeymic year at a private junior high school in Bekasi were involved in a pre-experimental study with a one-group posttest only design. A set of 10-item multiple-choice diagnostic tests taken from the Mechanical Wave Conceptual Survey and summative tests in the form of structured questions were arranged to test students' conceptual understanding after receiving sound wave learning. The average of diagnostic test and summative test in the 2018/2019 and 2020/2021 academic years were 30, 48 and 60 respectively out of 100 with a summative test completion percentage of 35% in 2018/2019 and 70% in 2020/2021 .

Keywords: physics experiment, sound waves, recorder, smartphone

ABSTRAK

Masa pandemi Covid-19 menuntut guru untuk terus berpikir secara hati-hati dan kreatif dalam merancang pembelajaran agar tetap interaktif dan tepat mencapai tujuan pembelajaran yang ditetapkan. Pembelajaran dengan menggunakan suling dan berbantuan gawai yang dipaparkan dalam tulisan ini merupakan hasil dari proses berpikir tentang bagaimana siswa tetap dapat melakukan eksperimen dari rumah memanfaatkan peralatan sederhana untuk mengukur kelajuan gelombang bunyi di udara dan sekaligus mempelajari konsep kekerasan bunyi (*loudness*) dan tinggi nada (*pitch*) bunyi. Siswa kelas delapan sebanyak 37 siswa tahun ajaran 2020/2021 dan 23 siswa tahun ajaran 2018/2019 pada salah satu sekolah menengah pertama swasta di Kota Bekasi dilibatkan dalam penelitian pre-experiment dengan desain one-group posttest only. Seperangkat tes diagnostik berbentuk pilihan ganda sebanyak 10 butir yang diambil dari *Mechanical Wave Conceptual Survey* dan tes sumatif berbentuk uraian disusun untuk menguji pemahaman konsep siswa setelah mendapatkan pembelajaran gelombang bunyi. Rata-rata tes diagnostik dan tes sumatif pada tahun ajaran 2018/2019 dan 2020/2021 berturut-turut sebesar 30, 48 dan 60 dari maksimum nilai 100 dengan persentase ketuntasan tes sumatif sebesar 35% di 2018/2019 dan 70% di 2020/2021.

Kata kunci: eksperimen fisika, gelombang bunyi, suling, gawai

PENDAHULUAN

Pandemi Covid-19 yang melanda seketika memaksa dunia pendidikan beralih dari pembelajaran tatap muka secara luring menjadi pembelajaran daring. Migrasi mendadak ini tentu menimbulkan banyak permasalahan bagi siswa dan guru. Keduanya dituntut agar dapat beradaptasi secara cepat

dengan pembelajaran daring sehingga tidak sedikit kesulitan yang muncul selama proses adaptasi tersebut. Terlebih bagi guru Fisika, selain harus mendesain pembelajaran interaktif yang mengaktifkan siswa selama sesi kelas, juga mesti berpikir kreatif untuk tetap dapat melakukan sesi praktikum. Masalah utama yang dihadapi dalam konteks ini adalah bagaimana menyusun sebuah kegiatan eksperimen tanpa berada atau menggunakan peralatan di laboratorium (Campari et al., 2021).

Merancang kegiatan eksperimen selama pandemi merupakan sebuah tantangan sekaligus peluang untuk menemukan alternatif eksperimen yang baru dalam pembelajaran Fisika. Beberapa publikasi di bidang Pendidikan fisika selama masa Pandemi memperlihatkan upaya guru dan peneliti untuk tetap melakukan inovasi pembelajaran fisika (Zulirfan et al., 2021; Yusmaridi et al., 2021) Bentuk eksperimen ini mesti memenuhi beberapa kriteria, yaitu (1) menggunakan alat dan bahan sederhana yang ada di rumah dan/atau mudah diperoleh dengan harga terjangkau; (2) dapat dilakukan di rumah secara individu oleh siswa dengan pengawasan daring oleh guru dan/atau luring oleh orang tua; (3) dapat disamakan dengan kegiatan eksperimen sebagaimana apabila dilakukan di laboratorium; dan (4) tetap mampu menjelaskan konsep Fisika yang guru ingin siswa untuk kuasai (White, 2020; Iqbal et al., 2020; Campari et al., 2021). Hal inilah yang dipaparkan penulis dalam tulisan ini, yaitu sebuah bentuk eksperimen yang memenuhi kriteria tersebut dan hasil implementasinya secara langsung dalam kelas.

Tulisan ini mengulas kegiatan Laboratorium Dari Rumah (LDR) pada materi gelombang bunyi dengan menggunakan suling dan gawai sebagai media pembelajaran serta gambaran hasil implementasinya selama masa pandemi COVID-19. Tujuan utama dirancangnya kegiatan LDR yang memanfaatkan alat musik suling (*a recorder*) berbantuan gawai ini adalah untuk memberikan pengalaman langsung kepada siswa bagaimana cara mengukur kelajuan bunyi di udara dengan menggunakan alat musik. Namun sekaligus dapat digunakan untuk menjelaskan konsep kekerasan bunyi (*loudness*) dan tinggi nada (*pitch*) bunyi yang masing-masing berkaitan dengan amplitudo dan frekuensi bunyi.

Banyak publikasi sebelumnya yang juga menggunakan perlengkapan sederhana untuk mengukur kelajuan bunyi di udara, tapi belum terdapat yang memakai alat musik suling (Huggins, 2008; da Silva et al., 2005; Bacon, 2012). Pemilihan suling sebagai alat musik yang digunakan didasarkan pada rasional bahwa (1) bentuk suling merupakan penerapan konsep pipa organa dengan kedua ujung terbuka yang masih mudah dijelaskan pada siswa sekolah menengah pertama (SMP) dengan mengaitkannya pada konsep tabung resonansi, dan (2) panjang kolom udara pada suling untuk tiap nada dasar harmonik pertama mudah diukur. Adapun pemilihan materi tentu saja bersesuaian dengan gagasan penggunaan suling sebagai media pembelajaran.

METODOLOGI

Penelitian *pre-experiment* dengan desain *one-group posttest only* ini melibatkan siswa kelas delapan sebanyak 37 siswa tahun ajaran 2020/2021 dan 23 siswa tahun ajaran 2018/2019 pada salah satu SMP swasta di Kota Bekasi. Desain ini digunakan dengan rasional bahwa penelitian ini dilakukan secara bersamaan dan tanpa mengganggu proses kegiatan belajar mengajar yang sudah diprogramkan di tempat penelitian. Pembelajaran gelombang bunyi menggunakan media suling berbantuan gawai pernah diimplementasikan pada masa sebelum pandemi dan dibenahi kembali untuk diterapkan selama pandemi Covid-19. Pembenaannya terletak pada bentuk lembar kerja eksperimen yang digunakan siswa serta penambahan lembar kerja tes formatif selama pembelajaran sebelum dan setelah melakukan sesi praktikum. Pembelajaran yang diterapkan penulis diawali dengan fase penanaman konsep terlebih dahulu yang kemudian dikuatkan kembali melalui kegiatan LDR oleh siswa secara individu dan diakhiri dengan sesi penguatan konsep. Keseluruhan pembelajaran gelombang bunyi menggunakan 6-8 jam pelajaran daring dimana 1 jam pembelajaran berlangsung selama 40 menit.

Data dikumpulkan menggunakan dua perangkat tes sumatif berbentuk uraian dan satu tes diagnostik yang diambil dari Mechanical Wave Conceptual Survey (MWCS) (Barniol & Zavala, 2016; Tongchai et al., 2009) diberikan di akhir pertemuan setelah siswa mendapatkan semua pembelajaran materi gelombang bunyi. Tes sumatif yang diujikan pada tahun ajaran 2020/2021 dan 2018/2019 disusun berbentuk uraian menggunakan format soal PISA sebanyak lima konteks yang mencakup konsep (1) bagaimana gelombang bunyi merambat; (2) kekerasan bunyi (*loudness*) berkaitan dengan amplitudo; (3) tinggi nada (*pitch*) berkaitan dengan frekuensi; dan (4) kelajuan bunyi di udara. Sementara instrumen tes diagnostik yang dipilih dari butir soal tes MWCS terdiri dari 10 butir soal berbentuk pilihan ganda (1 butir soal berbentuk tes dua tingkat, *two-tier test*, sehingga dihitung 2 soal) yang mencakup lima subtopik. Subtopik tersebut meliputi: Variabel bunyi (T1), Laju gelombang bunyi (T2), Laju gelombang bunyi pada tali (T2), Simpangan medium gelombang bunyi (T3) dan Gelombang berdiri longitudinal pada bunyi (T4) (Barniol & Zavala, 2016).

Berikut disajikan sampel butir soal tes sumatif yang diujikan pada tahun ajaran 2020/2021 tema Angklung dalam Gambar 1.

4. Read the following passage carefully!

ANGKLUNG

The *angklung* is a musical instrument from West Java, Indonesia made of a varying number of bamboo tubes attached to a bamboo frame. Each performer in an *angklung* ensemble is typically responsible for one individual *angklung*, sounding their individual *angklung* at the appropriate times to produce complete melodies.



(Source: <https://en.wikipedia.org/wiki/Angklung>)

The *angklung* is popular throughout the world, but it originated in what is now West Java and Banten provinces in Indonesia, and has been played by the Sundanese for many centuries.

(a) How can the Angklung players change the loudness of a note?
..... [1]

(b) How can the Angklung players change the pitch of a note? Explain what change can produce a note with a higher pitch.
..... [3]

(c) Which of the following statements is/are true? Circle "Yes" or "No" for each. [3]

No.	Statement	Yes or No?
1.	The louder the sound, the greater the amplitude of the sound wave.	Yes / No?
2.	The higher the pitch of sound, the higher the frequency of the sound wave.	Yes / No
3.	Sound from Angklung can travel through vacuum.	Yes / No

Gambar 1. Sampel Soal Tes Sumatif Tema Angklung

Pemahaman konsep siswa diukur dari perolehan nilai tes sumatif dan tes diagnostik. Aturan penskoran tes diagnostik menggunakan aturan penskoran biner, poin 1 untuk jawaban benar dan poin 0 untuk jawaban salah. Untuk 1 butir soal dalam tes diagnostik yang berbentuk tes dua tingkat (dengan pilihan dan alasan), masing-masing diberi poin 1 untuk pilihan jawaban dan alasan yang dijawab benar dan poin 0 apabila salah. Sementara untuk tes sumatif berbentuk uraian, tiap soal diberikan poin antara 1 – 5 untuk jawaban benar sesuai dengan rubrik jawaban yang telah disusun. Total perolehan poin lalu dikonversi ke dalam skala maksimum 100. Adapun analisis data yang digunakan didasarkan pada analisis deskriptif dengan melihat rata-rata nilai kelas yang dicapai dan kecenderungan yang ditunjukkan jawaban siswa pada setiap konsep esensial yang diujikan. Persentase ketuntasan dihitung dari rasio siswa yang mencapai passing grade

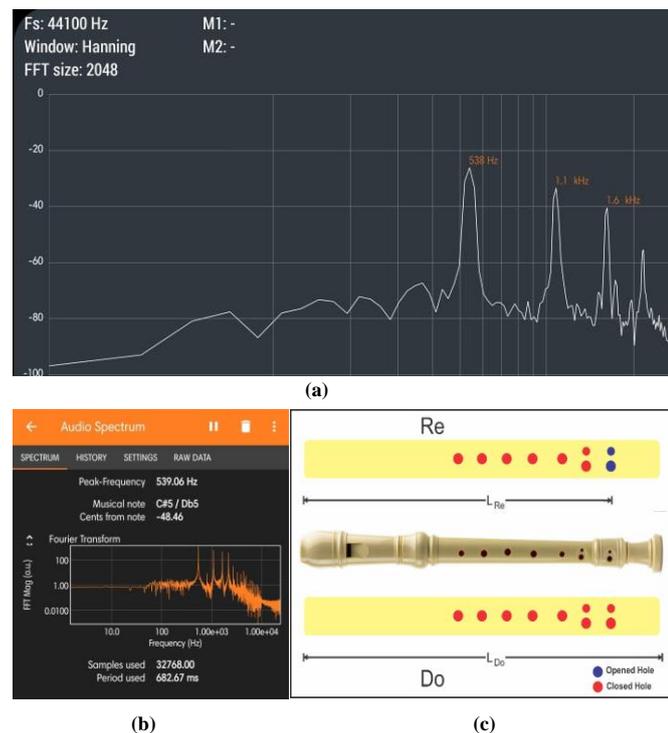
terhadap jumlah total siswa yang mengikuti tes. Oleh karena subjek penelitian merupakan kelompok siswa yang menggunakan kurikulum kerjasama dengan *Cambridge Lower Secondary Science* (1113), maka standar ketuntasan yang ditetapkan adalah sebesar 50 dari maksimum 100 atau berada pada kategori C6 menurut *Cambridge* (CAIE, 2018).

TEMUAN DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini disajikan penjelasan tentang deskripsi kegiatan LDR yang menggunakan alat musik suling berbantuan gawai untuk mengukur kelajuan bunyi di udara, deskripsi pemahaman konsep siswa pada materi gelombang bunyi secara umum dan ditinjau dari setiap konsep esensial yang dirangkai dengan analisis kelebihan dan kelemahan pembelajaran yang telah diterapkan.

Deskripsi Kegiatan LDR dengan Alat Musik Suling

Penggunaan alat musik suling untuk mengukur kelajuan bunyi di udara difungsikan sebagai sumber suara yang menghasilkan frekuensi bunyi dari tujuh tangga nada dasar. Suling yang digunakan adalah yang memiliki tujuh lubang. Frekuensi dari tiap tangga nada diukur menggunakan *Audio Spectrum* yang terdapat dalam aplikasi *Physical Phone Experiment (Phypox)*. *Phypox* adalah sebuah *platform* aplikasi tidak berbayar dan terdapat di Android maupun iOS yang berguna untuk menampilkan sebuah spektrum frekuensi dari sinyal audio yang diberikan (Stacks et al., 2018). Alternatif aplikasi lainnya adalah *Advanced Spectrum Analyzer PRO* yang hanya terdapat di Android (Vuchelabs, 2017). Kedua aplikasi ini dipilih karena selain mampu mengukur frekuensi dari sinyal audio yang diberikan dengan cukup akurat, keduanya juga memvisualisasikan amplitudo dan frekuensi dalam bentuk gelombang transversal serta mudah dioperasikan.



Gambar 2. Hasil Tangkapan Layar Aplikasi (a) *Advanced Spectrum Analyzer PRO*, (b) *Phypox* dan, (c) Sampel Pengukuran Panjang Kolom Udara.

Nilai frekuensi dapat diukur dengan melihat *Peak Frequency* pada submenu *spectrum* di aplikasi *Phypox* atau puncak gelombang pertama yang ditampilkan oleh spektrum apabila menggunakan aplikasi *Advanced Spectrum Analyzer PRO*. Hasil tangkapan layar kedua aplikasi ditampilkan pada Gambar 2(a-b). Setelah memperoleh data frekuensi untuk tiap nada dasar, berikutnya memerlukan

data panjang kolom udara ketika tiap nada tersebut ditiup. Suling dipandang sebagai pipa yang terbuka di kedua ujungnya, sehingga pengukuran panjang kolom udara adalah jarak antara ujung lubang atas yang ditiup sampai ke titik tengah lubang yang terbuka di dekat lubang yang tertutup oleh jari ketika nada dimainkan. Diagram pengukuran kolom udara disajikan pada Gambar 2c.

Kelajuan bunyi di udara yang diukur menggunakan alat musik suling ini mengaplikasikan konsep frekuensi nada dasar (harmonik pertama) pada pipa dengan kedua ujung terbuka sehingga memenuhi Persamaan (1) sebagai berikut:

$$f = \frac{v}{2L} \quad \text{Persamaan (1)}$$

dimana f adalah frekuensi tiap tangga nada (Hz), L adalah panjang kolom udara (m), dan v adalah kelajuan bunyi di udara (m.s^{-1}). Berdasarkan persamaan (1), grafik antara nilai f terhadap $1/L$ akan memiliki kemiringan garis $v/2$. Dengan demikian, menggunakan nilai kemiringan garis ini akan diperoleh nilai kelajuan bunyi di udara. Berikut disajikan sampel data yang diambil menggunakan aplikasi *Advanced Spectrum Analyzer PRO* pada Tabel 1.

Tabel 1. Sampel Data Frekuensi dan Panjang Kolom Udara Tiap Tangga Nada yang Diambil dengan Aplikasi Advanced Spectrum Analyzer PRO.

Not nada	Tangga nada	Kolom Udara		f_0 (Hz)	$V=2f_0L'$ (m.s^{-1})	
		L (cm)	1/L (m^{-1})			
1	do	C (lubang tertutup semua)	2.6	3.1	538	350.8
2	re	D (1 lubang ujung bawah terbuka)	8.0	3.6	602	337.1
3	mi	E (2 lubang ujung bawah terbuka)	5.5	3.9	667	340.2
4	fa	F (3 lubang ujung bawah terbuka)	3.8	4.2	710	338.0
5	sol	G (4 lubang ujung bawah terbuka)	1.3	4.7	796	339.1
6	la	A (5 lubang ujung bawah terbuka)	8.9	5.3	882	333.4
7	si	B (6 lubang ujung bawah terbuka)	6.6	6.0	990	328.7
8	Do'	C' (semua lubang terbuka)	4.6	6.8	1100	321.2

Berdasarkan data yang diperoleh dalam Tabel 1, nilai kelajuan bunyi di udara dapat diperoleh melalui dua metode, yaitu metode grafik dengan menghitung kemiringan garis dan metode rata-rata. Untuk siswa kelas delapan saat implementasi, penulis menggunakan metode kedua dengan mencari nilai rata-rata sehingga diperoleh besar kelajuan bunyi di udara sebesar $336,0 \pm 3,1 \text{ m.s}^{-1}$. Sedangkan apabila menggunakan metode grafik, diperoleh kemiringan garis sebesar $166,1 \pm 1,5 \text{ m.s}^{-1}$ sehingga besar kelajuan bunyi didapat sebesar $332,2 \pm 3,0 \text{ m.s}^{-1}$.

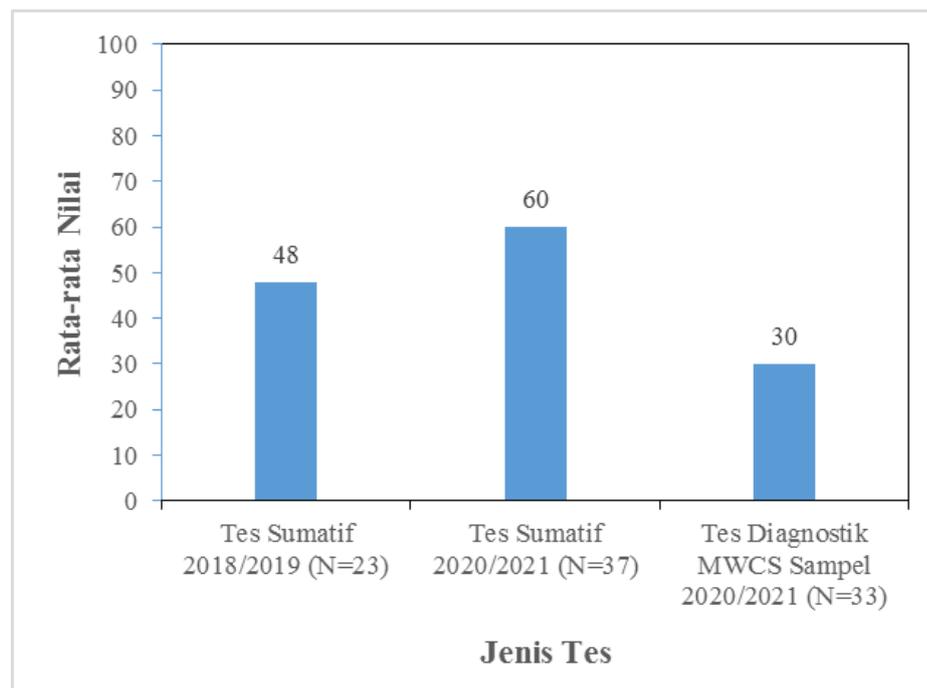
Hasil kelajuan bunyi di udara yang diperoleh dengan menggunakan alat musik suling berbantuan gawai ini cukup mendekati dengan nilai yang diberikan dalam literatur, yaitu $343,2 \text{ m.s}^{-1}$ pada temperatur ruangan $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ("*Speed of sound*," 2021). Persentase kesalahan berkisar 2% - 3% sudah cukup untuk menunjukkan kepada siswa SMP bagaimana cara mengukur kelajuan bunyi di udara secara langsung. Meskipun terdapat beberapa keterbatasan, seperti pertimbangan temperatur dan kadar karbondioksida dalam udara dalam suling selama pengambilan data, koreksi ujung (*end-correction*) pipa suling, dan ketelitian aplikasi dalam mengukur data frekuensi sinyal audio, namun kegiatan LDR ini memberikan pengalaman nyata kepada siswa.

Kegiatan LDR dengan alat musik suling dilakukan secara mandiri oleh siswa dengan pengawasan langsung secara daring melalui layanan konferensi video *Google Meet* selama dua jam pelajaran (80 menit). Siswa juga diberikan Lembar Kerja Mandiri (LKM) yang didesain menggunakan format *Guided Inquiry Laboratory*. Tetapi, sebelum siswa melakukan kegiatan LDR, siswa mendapat pembelajaran konseptual terlebih dahulu sebagai penanaman konsep. Pada fase tersebut siswa juga telah diperkenalkan dengan aplikasi *Phyphox* dan alat musik suling yang dipakai

untuk menanamkan konsep *loudness* dan *pitch*. Kemudian sesi akhir pembelajaran merupakan tahap penguatan yang berisi latihan soal konseptual dan pemecahan masalah.

Deskripsi Pemahaman Konsep Siswa

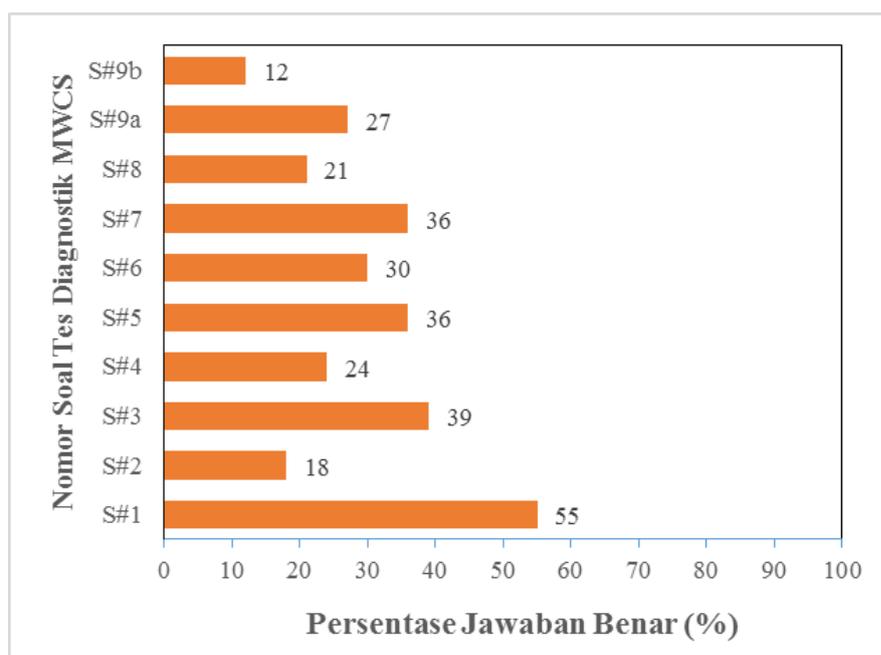
Pemahaman konsep siswa setelah mendapatkan pembelajaran gelombang bunyi menggunakan alat musik suling berbantuan gawai pada tahun ajaran 2020/2021 diukur menggunakan dua set instrumen tes yang berbeda, yaitu tes sumatif berformat PISA dan tes diagnostik MWCS. Sementara pada tahun ajaran 2018/2019 diukur menggunakan tes sumatif yang berbeda namun mencakup indikator dan konsep yang sama. Rata-rata capaian siswa untuk ketiga jenis tes ini ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Rata-rata Capaian Siswa Tiap Jenis Tes

Persentase ketuntasan siswa berturut-turut sebesar 35% untuk tes sumatif 2018/2019, 70% untuk tes sumatif 2020/2021 dan 15% untuk tes Diagnostik MWCS sampel 2020/2021. Hasil yang diperlihatkan memang tidak dapat dibandingkan karena tidak menggunakan perangkat tes yang sama dan tidak mengontrol kemampuan awal kelompok sampel. Tetapi, gambaran capaian nilai siswa dan ketuntasan yang ditunjukkan dari tahun ajaran 2018/2019 ke tahun ajaran 2020/2021 dapat menjadi bahan evaluasi yang baik dalam rangka mengembangkan desain kegiatan LDR. Analisis mendalam kecenderungan jawaban siswa pada tiap butir tes diagnostik MWCS dapat dijadikan bahan acuan dalam pengembangan dan lembar kerja mandiri yang melengkapi kegiatan LDR mengukur kelajuan bunyi di udara menggunakan alat musik suling berbantuan gawai. Rekapitulasi persentase siswa yang menjawab benar pada tiap butir soal tes diagnostik MWCS disajikan pada Gambar 4.

Pembenahan lembar kerja mandiri siswa yang dilakukan di tahun 2020/2021 memperlihatkan kontribusi dalam meningkatkan capaian rata-rata nilai maupun ketuntasan siswa. Penulis menambahkan dua pertanyaan analisis yang secara eksplisit meminta siswa (1) untuk menjelaskan bagaimana suling menghasilkan bunyi dan (2) bagaimana cara yang dapat dilakukan untuk merubah kekerasan bunyi (*loudness*) tapi tidak menambahkan pertanyaan analisis bagaimana cara untuk merubah frekuensi saat memainkan suling.



Gambar 4. Proporsi Jawaban Benar Siswa Tiap Butir Soal Tes Diagnostik MWCS

Penambahan pertanyaan analisis pertama membantu siswa untuk mengatasi miskonsepsi tentang bunyi mengisi ruang bukan merambat (Leccia et al., 2015; Eshacha & Schwartzb, 2006). Sekalipun siswa telah mampu memahami bahwa bunyi merambat melalui partikel udara yang bergetar, namun hanya 30% (menjawab benar soal #6 (S#6) tes diagnostik) yang mampu menjelaskan osilasi longitudinal partikel udara saat bunyi merambat melaluinya. Pada bagian ini, siswa telah memahami model sumber – medium – detektor agar bunyi mampu didengar tapi masih butuh penekanan eksplisit pada bagian gerak osilasi partikel udara. Sisa 70% siswa yang menjawab salah perlu didiagnosa lebih lanjut apakah mengalami miskonsepsi tentang partikel udara yang ikut berpindah tempat saat bergetar seperti yang dilaporkan penelitian sebelumnya (Hernandez et al., 2012; Iliaki et al., 2018; Caleon & Subramaniam, 2010). Hal ini bisa difasilitasi pada pengembangan berikutnya dengan diagram dan representasi piktorial yang menggambarkan arah osilasi partikel apabila sumber getar diatur menghadap ke berbagai arah, misal apabila suling sebagai sumber getar menghadap ke arah vertikal, maka osilasi partikel akan gerak atas – bawah.

Pertanyaan analisis kedua di lembar kerja mandiri tentang cara merubah kekerasan bunyi suling membantu 39% siswa menjawab benar S#3 yang menuntut siswa paham mengenai laju bunyi tidak bergantung amplitudo. Siswa mengerti bahwa ketika mereka meniup suling dengan keras atau lemah di tangga nada tertentu, frekuensi yang ditampilkan oleh aplikasi tetap sama. Artinya bahwa apabila kelajuan bunyi dihitung pasti akan menghasilkan angka yang sama. Hal ini juga menguatkan bukti bahwa siswa telah memahami perbedaan antara amplitudo dan frekuensi yang kerap dilaporkan sebagai miskonsepsi dalam penelitian sebelumnya (Barniol & Zavala, 2016; Leccia et al., 2015; Caleon & Subramaniam, 2010; Pejuan et al., 2012) . Sebanyak 55% bisa menjawab benar S#1 yang mengases interpretasi konsep amplitudo dan frekuensi. Temuan lainnya yang menguatkan hal ini adalah sebanyak 36% siswa menjawab benar S#7 yang menguji konsep frekuensi akan meningkat, ketika osilasi makin cepat.

Siswa memang SMP membutuhkan sebuah pertanyaan penuntun menuju fenomena agar siswa melakukan pengamatan secara detil pada aspek yang dimaksud. Karakteristik siswa SMP dimana mesti dipandu dengan pertanyaan penuntun untuk mengarahkan mereka pada pengamatan yang abstrak bersesuaian dengan tahap perkembangan penalaran mereka yang sekarang berada pada tahap transisi dari penalaran konkret menuju penalaran formal (Lawson, 2010). Apabila tidak terdapat pertanyaan penuntun yang secara eksplisit mengarahkan kepada fenomena, sekalipun fenomena tersebut dapat teramati langsung dan seharusnya mampu menstimulus rasa ingin tahu

dan berpikir kritis siswa, tetap saja fenomena tersebut luput dari perhatian mereka. Hal inilah yang ditunjukkan siswa saat menjawab pertanyaan tes diagnostik S#9.

Question #9 is a question that needs you to provide a reason for your answer.

(a) Air blown across the top end of a bottle filled one third with water, creating a sound. How would the pitch of the sound be changed if more water were added to fill the bottle to half full? The pitch would ...

Answer:

A. stay the same
B. become higher
C. become lower

(b) Reasons:

1. Each bottle has its own constant frequency.
2. The air column becomes shorter and the wavelength changes.
3. There is a shorter air column, so the air molecules have less space to vibrate.
4. There is a shorter air column, so there is higher air pressure inside the bottle.
5. There is a longer column of water which absorbs more energy from the sound waves.

Gambar 5. Sampel Soal Tes Dua Tingkat (#9a dan #9b)

Konsep yang diuji di soal tes diagnostik S#9 yang berbentuk tes dua tingkat (two-tier test) adalah pitch (berkaitan dengan frekuensi) yang timbul akibat tiupan udara di ujung mulut botol yang terbuka akan meningkat ketika volume air di dalam botol meningkat. Butir soal #9 disajikan dalam Gambar 5. Konteks soal ini menuntut siswa untuk memahami konsep panjang kolom udara yang memendek untuk menghasilkan bunyi dengan frekuensi meninggi. Hal ini seharusnya dapat diamati langsung saat siswa mengambil data dari memainkan suling di nada do-re-mi-fa-sol-la-si-Do'. Tetapi, sebanyak 70% dari 33 siswa memilih pilihan C, sedang sisanya berturut-turut 27% dan 3% memilih pilihan B dan A. Kecenderungan ini semakin memperlihatkan bahwa siswa belum bisa mengambil perbandingan dari cara memainkan suling dari nada rendah ke nada tinggi dengan perlahan membuka lubang suling satu persatu dari bawah sehingga kolom udara memendek.

Berdasarkan soal tingkat 1 hanya terdapat 27% (sekitar 9 siswa) yang menjawab benar tapi hanya satu siswa yang mampu memberikan alasan benar dan pilihan benar. Meskipun demikian, alasan yang dominan dipilih oleh 55% siswa adalah alasan nomor 3, yaitu siswa mampu mengenali bahwa kolom udara memendek tapi belum mampu menghubungkannya dengan panjang gelombang. Siswa justru menghubungkannya dengan ruang yang sempit bagi partikel udara untuk bergetar. Kecenderungan alasan siswa ini wajar mengingat memang siswa dengan tingkat penalaran konkret operasional atau transisi menuju formal lebih mengarahkan perhatiannya pada aspek yang bisa diamati secara langsung, yaitu ketersediaan ruang gerak yang sempit untuk partikel udara yang bergetar. Hal ini perlu untuk diselidiki lebih jauh karena ada kaitannya dengan miskonsepsi tentang partikel udara yang ikut berpindah tempat saat bergetar seperti yang dilaporkan penelitian sebelumnya (Hernandez et al., 2012; Iliaki et al., 2018; Caleon & Subramaniam, 2010).

Rasional lain yang menjelaskan mengapa siswa lebih memilih “terdapat kolom udara yang pendek, sehingga partikel udara memiliki ruang sempit untuk bergetar” daripada “kolom udara memendek dan panjang gelombang berubah” mungkin saja disebabkan oleh pengetahuan awal yang siswa peroleh di awal pembelajaran mengenai rambatan gelombang bunyi melalui partikel udara. Lebih mudah menemukan alasan yang berkaitan dengan bagaimana partikel udara bergetar dan gelombang merambat daripada menghubungkannya dengan panjang gelombang yang berubah saat kolom udara memendek. Konsep ini memang diperkenalkan berikutnya pada jenjang sekolah menengah atas, yaitu pada konsep pipa organa terbuka dan tertutup.

Terlepas dari itu, jawaban siswa di S#9a dimana sebanyak 70% (sekitar 23 dari 33 siswa) yang memilih pitch (yang berkaitan dengan frekuensi bunyi) menjadi lebih rendah nampak tidak konsisten dengan jawaban mereka di soal lainnya. Kalo pada soal S#1 menunjukkan bahwa siswa sudah memahami interpretasi amplitudo dan frekuensi, semestinya hubungan kedua besaran ini dengan loudness dan pitch bukan menjadi hambatan bagi mereka untuk mampu mengidentifikasi bahwa pertanyaan tentang pitch di S#9 berhubungan dengan frekuensi. Apalagi jika dihubungkan dengan jawaban siswa pada soal tes sumatif tema Angklung, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Pada soal 4b menanyakan bagaimana seorang pemain Angklung merubah pitch dalam memainkan Angklung. Analisis jawaban siswa menunjukkan sebanyak 43% (16 dari 37 siswa) mampu menjawab benar dengan mengaitkan ukuran panjang angklung dengan cara mengubah pitch (frekuensi) yang dihasilkan. Semakin pendek angklung maka menghasilkan nada makin tinggi. Ketidakkonsistenan yang diperlihatkan siswa dapat dijelaskan kaitannya dengan konteks soal yang berbeda-beda. Penelitian sebelumnya menjelaskan bahwa konteks memberi pengaruh pada mental model siswa (Özcan, 2015; Didiş et al., 2014; Hrepic et al., 2010). Adapun untuk mengetahui secara pasti diperlukan penyelidikan lebih lanjut.

Pembelajaran gelombang bunyi dengan menggunakan alat musik suling berbantuan gawai masih memerlukan pengembangan lanjutan. Temuan penyelidikan kali ini merupakan masukan yang membangun. Kelebihan pembelajaran ini yang mampu memberikan pengalaman langsung dan nyata kepada siswa untuk mengukur kelajuan gelombang bunyi di udara tanpa mesti menggunakan peralatan laboratorium menjadi hal yang menarik untuk dikembangkan. Temuan penyelidikan kali ini juga memperlihatkan beberapa aspek kekurangan yang terdapat pada kegiatan LDR ini. Pertama, menambahkan pertanyaan penuntun dalam lembar kerja mandiri pelengkap kegiatan LDR menggunakan alat musik suling dan gawai. Beberapa konsep esensial yang perlu dibuatkan pertanyaan penuntun secara eksplisit adalah berkaitan dengan konsep frekuensi, antara lain: kelajuan bunyi yang tidak bergantung pada frekuensi, hubungan panjang kolom udara pada suling dengan frekuensi bunyi yang dihasilkan, bagaimana merubah frekuensi tanpa merubah amplitudo dan sebaliknya. Kedua, menggunakan beragam konteks dalam soal latihan atau berupa soal isomorfik yang memiliki konsep sama namun konteks dan representasi berbeda dalam sesi akhir penguatan konsep setelah melakukan kegiatan laboratorium dari rumah.

SIMPULAN

Pembelajaran fisika di masa pandemi Covid-19 memang nampak sulit untuk memperoleh hasil yang maksimal. Selain pembelajaran dituntut interaktif meski secara daring, namun tujuan pembelajaran yang telah disusun juga mesti diupayakan tercapai. Menyusun materi yang sederhana namun tetap esensial dan terus berpikir hati-hati serta kreatif dalam merancang pembelajaran yang disertai kegiatan eksperimen merupakan tantangan bagi guru Fisika. Pembelajaran gelombang bunyi dengan menggunakan alat musik suling dan gawai didesain untuk memenuhi kondisi tersebut. Pembelajaran yang sederhana tapi sanggup memberikan pengalaman nyata, asik dan menyenangkan kepada siswa serta dapat dilakukan mandiri di rumah menjadikan desain kegiatan ini sebagai alternatif pembelajaran yang dapat digunakan selama atau pasca pandemi. Hasil belajar yang ditunjukkan siswa yang lebih tinggi dibanding tahun ajaran sebelumnya cukup menjadi alasan untuk menerapkan dan mengembangkan kegiatan ini secara simultan di tahap berikutnya.

REFERENSI

- Bacon, M. E. (2012). Speed of Sound Versus Temperature Using PVC Pipes Open at Both Ends." *Phys. Teach.*, 50, 351–353. <https://doi.org/10.1119/1.4745687>
- Barniol, P. & Zavala, G. (2016) Mechanical Waves Conceptual Survey: Its Modification and Conversion to a Standard Multiple-choice Test. *Physical Review Physics Education Research*, 12, 010107. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.010107>
- Caleon, I. & Subramaniam, R. (2010) Development and Application of a Three-tier Diagnostic Test to Assess Secondary Students' Understanding of Waves. *International Journal of Science Education*, 32 (7), 939-961. <https://doi.org/10.1080/09500690902890130>
- Cambridge Assessment International Education. (2018). *Teacher guide Cambridge Lower Secondary Science* (1113). UCLES.
- Compari, E.G., Barbetta, M., Braibant, S., Cuzzuol, N., Gesuato, A., Maggiore, L., Marulli, F., Venturoli, G., & Vignali, C. (2021). Physics Laboratory at Home During the COVID-19 Pandemic. *Phys. Teach.*, 59(1), 68-71. <https://doi.org/10.1119/5.0020515>
- Didiş, N., Eryilmaz, E., & Erkoç, Ş. (2014). Investigating students' mental models about the quantization of light, energy, and angular momentum. *Physical Review Physics Education Research*, 10(2), 020127(28). <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.10.020127>
- Eshach, H. & Schwartzb, J. L. (2006). Sound Stuff Naïve Materialism in Middle-school Students' Conceptions of Sound. *International Journal of Science Education*, 28 (7), 733–764. <https://doi.org/10.1080/09500690500277938>
- Hernandez, M. I., Couso, D. & Pinto, R. (2012). The Analysis of Students' Conceptions as a Support for Designing a Teaching/Learning Sequence on The Acoustic Properties of Materials. *J Sci Educ Technol* 21, 702–712. <https://doi.org/10.1007/s10956-011-9358-4>
- Hrepic, Z., Zollman, D. A., & Rebello, N. S. (2010). Identifying Students' Mental Models of Sound Propagation: The Role of Conceptual Blending in Understanding Conceptual Change. *Physical Review Physics Education Research*, 6(2), 020144(18). <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.6.020144>.
- Huggins, E. (2008). Speed of Sound in Metal Pipes: an Inexpensive Lab. *Phys. Teach*, 46, 13–14. <https://doi.org/10.1119/1.2823993>
- Iliaki, G., Velentzas, A., Michailidi, E. & Stavrou, D. (2018) Exploring The Music: a Teaching-Learning Sequence About Sound in Authentic Settings. *Research in Science & Technological Education*, 218-238. <https://doi.org/10.1080/02635143.2018.1526170>
- Iqbal, M., Ahmed, F., Iqbal, A., & Uddin, Z. (2020). Teaching Physics Online Through Spreadsheets in a Pandemic Situation. *Physics Education*, 55(6), 063006.

- Lawson, A. (2010). *"Teaching Inquiry Science in Middle and Secondary Schools."* SAGE Publication, Inc.
- Leccia, S., Colantonio, A., Puddu, E., Galano, S. & Testa, I. (2015) Teaching About Mechanical Waves and Sound With a Tuning Fork and The Sun. *Physics Education*, 50 (6) IOPP, 677-689.
- Ozcan, O. (2015). Investigating Students' Mental Models About The Nature of Light in Different Contexts. *Eur. J. Phys.*, 36, 065042 (16pp).
- Pejuan, A., Bohigas, X., Jaen, X. & Periago, C. (2012) Misconceptions About Sound Among Engineering Students, *J Sci Educ Technol*, 21, 669-685. <https://doi.org/10.1007/s10956-011-9356-6>
- Pereira da Silva, W., Precker, J. W., & e Silva, D. D. P. S. (2005). The Speed of Sound in Air: An at-home Experiment. *Phys. Teach.*, 43, 219–221. <https://doi.org/10.1119/1.1888080>
- Speed of Sound. (2021, March 20). In Wikipedia. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Speed_of_sound&action=history
- Staacks, S. Hütz, S., Heinke, H., & Stampfer, C. (2018). Advanced Tools for Smartphone-based Experiment: phyox. *Physics Education*, 53(4), 045009.
- Tongchai, A., Sharma, M., Johnston, I., Arayathanitkul, K. & Soankwan, C. (2009). Developing, Evaluating and Demonstrating the Use of a Conceptual Survey in Mechanical Waves. *Int. J. Sci. Educ.*, 31 (18), 2437. <https://doi.org/10.1080/09500690802389605>
- Vuchelabs. (2017). Advanced Spectrum Analyzer PRO (Version 2.1) [Mobile app]. Google Play Store. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vuche.asap&hl=en&gl=US>
- White, J.D. (2020). Teaching General Physics in a COVID-19 Environment: Insight from Taiwan. *Physics Education*, 55(6), 065027.
- Yusmaridi, M., Ambiyar, A., Aziz, I. & Juita, D. (2021). Peningkatan Kualitas Pembelajaran Mata Kuliah Evaluasi Hasil Belajar Fisika Melalui Penggunaan Asesmen Alternatif di Masa Pandemi Covid-19. *Journal of Natural Science and Integration*, 4(1), 22-31. DOI : 10.24014/jnsi.v4i1.10932
- Zulirfan, Z., Yennita, Y., Rahmad, M., & Purnama, A. (2021) Desain dan Konstruksi Prototype KIT Proyek STEM Sebagai Media Pembelajaran IPA SMP Secara Daring pada Topik Aplikasi Listrik Dinamis. *Journal of Natural Science and Integration*, 4(1), 22-31. DOI : 10.24014/jnsi.v4i1.11446