



LAMPIRAN I

INSTRUMEN PENELITIAN



Lampiran 1.1 Kisi-kisi Tes KBK yang Diujicobakan

Lampiran 1.2 Pedoman Penskoran Tes KBK yang Diujicobakan

Lampiran 1.3 Tes KBK yang Diujicobakan

Lampiran 1.4 Pembahasan Tes KBK yang Diujicobakan

Lampiran 1.5 Kisi-kisi Tes KBK yang Digunakan

Lampiran 1.6 Pedoman Penskoran Tes KBK yang Digunakan

Lampiran 1.7 Tes KBK yang Digunakan

Lampiran 1.8 Pembahasan Tes KBK yang Digunakan

Lampiran 1. 1 Kisi -kisi Tes KBK yang Diujicobakan

Mata Pelajaran: Fisika

Kelas/Semester: XII/Genap

Materi Pokok: Gelombang Bunyi

Waktu : 90 Menit

Sekolah: SMA Negeri 4 Singaraja

No	Dimensi KBK	Indikator KBK	Sebaran Soal	Jumlah Soal
1	Merumuskan masalah	a. Rumusan masalah sesuai dengan narasi masalah b. Memformulasikan dalam bentuk pertanyaan dengan arah menentukan jawaban	1,2,3	3
2	Memberikan argument	a. Argumen dengan alasan yang sesuai b. Menunjukkan perbedaan dan persamaan	4,5	2
3	Melakukan deduksi	a. Mendeduksi secara logis b. Melakukan interpretasi terhadap pertanyaan	6,9	2
4	Melakukan induksi	a. Melakukan pengumpulan data secara lengkap b. Membuat generalisasi dari data, membuat tabel, dan grafik	8,7	2
5	Melakukan evaluasi	a. Memberikan solusi berdasarkan masalah yang diberikan b. Memberikan alternatif penyelesaian sesuai teori	10,11,14	3
6	Melakukan dan melaksanakan	a. Memilih kemungkinan alternatif yang ada b. Menentukan kemungkinan solusi yang akan dilaksanakan berdasarkan teori	12,13	2
Jumlah Butir Soal				14

Lampiran 1. 2 Pedoman Penskoran Tes KBK yang Diujicobakan

No	Dimensi	Indikator	Kriteria	Skor
1	Merumuskan masalah	c. Rumusan masalah sesuai dengan narasi masalah d. Memformulasikan dalam bentuk pertanyaan dengan arah menentukan jawaban (jawabannya tidak menyimpang dari pertanyaan, terdapat kata kunci jawaban secara tepat, kata penghubung sebab-akibat)	Kedua indikator terpenuhi	4
			Salah satu indikator terpenuhi	3
			Kedua indikator ada tetapi tidak terpenuhi	2
			Salah satu indikator ada tetapi tidak terpenuhi	1
			Kedua indikator tidak ada	0
2	Memberikan Argumen	c. Argumen dengan alasan yang sesuai d. Menunjukkan perbedaan dan persamaan	Kedua indikator terpenuhi	4
			Salah satu indikator terpenuhi	3
			Kedua indikator ada tetapi tidak terpenuhi	2
			Salah satu indikator ada tetapi tidak terpenuhi	1
			Kedua indikator tidak ada	0
3	Melakukan deduksi	c. Mendeduksi secara logis (menarik kesimpulan yang masuk akal) d. Melakukan interpretasi terhadap pertanyaan (memahami dan menafsirkan maksud soal secara tepat)	Kedua indikator terpenuhi	4
			Salah satu indikator terpenuhi	3
			Kedua indikator ada tetapi tidak terpenuhi	2
			Salah satu indikator ada tetapi tidak terpenuhi	1
			Kedua indikator tidak ada	0
4	Melakukan induksi	c. Melakukan pengumpulan data secara lengkap (mengolah data, menjadi	Kedua indikator terpenuhi	4
			Salah satu indikator terpenuhi	3

		titik awal berpikir, bukan langsung menuju rumus)	Kedua indikator ada tetapi tidak terpenuhi	2
		d. Membuat generalisasi dari data, membuat tabel, dan grafik (dari data → pola → kesimpulan umum)	Salah satu indikator ada tetapi tidak terpenuhi	1
			Kedua indikator tidak ada	0
5	Melakukan Evaluasi	c. Memberikan solusi berdasarkan masalah yang diberikan (memilih konsep/rumus yang tepat menghasilkan solusi akhir yang benar dan relevan) d. Memberikan alternatif penyelesaian sesuai teori	Kedua indikator terpenuhi	4
			Salah satu indikator terpenuhi	3
			Kedua indikator ada tetapi tidak terpenuhi	2
			Salah satu indikator ada tetapi tidak terpenuhi	1
			Kedua indikator tidak ada	0
6	Memutuskan dan melaksanakan	c. Memilih kemungkinan alternatif yang ada. d. Menentukan kemungkinan solusi yang akan dilaksanakan berdasarkan teori (solusi yang dipilih harus dapat dilaksanakan dan dapat dipertanggungjawabkan secara teori)	Kedua indikator terpenuhi	4
			Salah satu indikator terpenuhi	3
			Kedua indikator ada tetapi tidak terpenuhi	2
			Salah satu indikator ada tetapi tidak terpenuhi	1
			Kedua indikator tidak ada	0

Lampiran 1. 3 Tes KBK yang Diujicobakan

SOAL KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS

MATERI GELOMBANG BUNYI

SMA NEGERI 4 SINGARAJA

Petunjuk Pengerjaan Soal

1. Tuliskan identitas secara lengkap pada lembar jawaban!
2. Cermatilah seluruh soal dengan baik! Jika terdapat soal yang kurang jelas silahkan tanyakan kepada pengawas ruangan.
3. Kerjakanlah soal yang dianggap lebih mudah terlebih dahulu!
4. Kerjakanlah soal dengan baik, mandiri dan jujur!

1. Anggi sangat hobi bermain gitar. Pada saat dimainkan, senar gitar tersebut menimbulkan nada yang berbeda-beda.
 - a. Berdasarkan peristiwa tersebut, rumuskanlah permasalahan yang tepat.
 - b. Bagaimana hubungan antara ketebalan dawai, besar tekanan (tegangan), dan panjang dawai dengan energi, frekuensi, serta panjang gelombang bunyi yang dihasilkan pada gitar?
2. Stevin dan tessa merupakan seorang penjelajah alam asal Samosir. Suatu ketika mereka pergi menjelajah salah satu gua di tempat tinggal mereka. Ketika berada dalam gua mereka mencoba berteriak kemudian terdengar suara yang bergema. Namun, suara asli mereka tidak terdengar dengan jelas.
 - a. Berdasarkan peristiwa tersebut, rumuskanlah permasalahan yang tepat.



- b. Bagaimana hubungan antara pemantulan gelombang bunyi, jarak dinding gua, dan waktu tempuh bunyi terhadap terjadinya gema sehingga suara asli tidak terdengar jelas?
3. Dalam sebuah konser di ruang terbuka, seorang pemain musik saksofon merasa bahwa nada yang dihasilkan terdengar lebih rendah saat udara terasa lebih dingin di malam hari dibandingkan siang hari.
- Berdasarkan peristiwa tersebut, rumuskanlah permasalahan yang tepat.
 - Bagaimana hubungan antara suhu udara dengan cepat rambat bunyi di udara serta pengaruhnya terhadap frekuensi nada yang dihasilkan oleh pipa organa?
4. Fenomena yang terjadi di alam semesta sangatlah beragam, salah satunya merupakan fenomena yang terjadi di ruang angkasa seperti tabrakan antara meteor yang menghasilkan ledakan yang sangat besar. Dalam peristiwa ini, apabila anda diposisikan sebagai seorang pengamat yang berada di luar angkasa, maka anda tidak akan mendengar peristiwa ledakan tersebut. Mengapa hal tersebut bisa terjadi dan bandingkan jika anda sebagai pengamat di Bumi.
5. Stevin dan Tessa sedang berada di dalam rumah, kemudian mereka berdua mendengar suara sirine ambulans. Stevin menghampiri sumber bunyi tersebut dan berlari ke halaman rumahnya meninggalkan Tessa. Saat mobil ambulans melewati rumah mereka, maka Stevin mendengar lebih keras suara sirine ambulans tersebut dibandingkan dengan Tessa. Jelaskan mengapa frekuensi bunyi sirine yang didengar Stevin berbeda dengan yang didengar Tessa, kemudian bandingkan bunyi yang didengar keduanya dengan menunjukkan persamaan dan perbedaannya.
6. Perhatikan tabel berikut!



Sumber Bunyi	Taraf Intensitas
Suara anjing menggonggong	60 dB
Suara sirine ambulans	80 dB
Suara petir	140 dB

Sebuah mesin mobil menghasilkan taraf intensitas bunyi sebesar $TI = 40 \text{ dB}$ ($I_o = 10^{-12} \frac{\text{watt}}{\text{m}^2}$). Agar menghasilkan taraf intensitas yang sama (setara) dengan suara sirine ambulans maka berapa jumlah mesin mobil yang diperlukan serta tunjukkan langkah penyelesaiannya.

7. Perhatikan tabel di bawah ini!

No	$I \text{ (m)}$	$M \text{ (g)}$
1	1	2,5
2	1	4
3	1	0,20

Tabel diatas merupakan tabel hasil percobaan praktikum yang dilakukan oleh natasya pada materi gelombang bunyi dengan menggunakan senar. Apabila senar tersebut dipasangkan pada gitar dengan tegangan sebesar 15 N, maka senar yang manakah yang menghasilkan frekuensi paling tinggi? berdasarkan data dan hasil perhitungan tersebut, apa yang dapat kamu simpulkan tentang hubungan antara massa jenis linear senar dan frekuensi bunyi?

8. Perhatikan tabel di bawah ini!

Nama Zat	Massa Jenis	Cepat Rambat
Besi	7.900 kg/m^3	$0,0112 \text{ m/s}$
Kayu	300 kg/m^3	$0,06 \text{ m/s}$
Alumunium	2.700 kg/m^3	$0,2 \text{ m/s}$
Kuningan	8.400 kg/m^3	$0,0109 \text{ m/s}$

Berdasarkan data tersebut, bagaimana pengaruh massa jenis bahan terhadap cepat rambat bunyi dengan membandingkan setiap bahan, kemudian buatlah kesimpulan umum yang mengaitkan hasil analisis tersebut dengan konsep cepat rambat gelombang bunyi.

9. Dinda mengetuk meja dengan dua cara. Cara yang pertama, dia mengetuk meja keras-keras. Sedangkan cara kedua, dia mengetuk meja dengan pelan-pelan. Pilihlah salah satu opsi yang menurut anda paling benar dan berikan alasannya sesuai dengan sudut pandang anda!

Pilihan Jawaban	Nada bunyi	Bunyi kuat
1	Bunyi pertama lebih tinggi	Bunyi pertama lebih kuat
2	Bunyi pertama lebih rendah	Bunyi pertama lebih kuat
3	Kedua bunyi sama	Bunyi pertama lebih kuat

10. Seutas dawai menghasilkan nada atas ke-3 sebesar 600 Hz dengan cepat rambat gelombang 150 m/s. Jika tegangan dawai ditingkatkan, apakah panjang dawai perlu diubah agar tetap menghasilkan nada yang harmonis?
11. Sebuah mobil polisi dengan sirine menyala yang berfrekuensi 940 Hz bergerak dengan kecepatan 90 km/jam mendekati seseorang yang sedang berdiri dipinggir jalan. Jika kecepatan suara di udara sebesar 340 m/s, hitunglah frekuensi bunyi sirine yang didengar oleh orang tersebut dan jelaskan bagaimana teori efek doppler digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut!
12. Ester pada saat tahun baru menyalakan kembang api di lapangan yang terletak 1 km dari rumah evin, diamati bahwa cahaya kembang api di udara dan bunyi ledakan terjadi saat bersamaan. Menurut anda manakah lebih dahulu muncul antara cahaya kembang api atau bunyi ledakan? jelaskan mengapa bisa demikian!
13. Pada hari Senin, Ayah menuju ke Kantor dengan mengendarai sebuah mobil. Ketika diperjalanan Ayah berpapasan dengan temannya Pak Robi dan mereka berdua saling menyapa dengan membunyikan klakson mobil. Bagaimanakah suara klakson yang di dengar oleh Ayah dan Pak Robi, apakah tidak terdengar atau terdengar lebih keras? Mengapa bisa demikian?



14. Sebuah petasan meledak dengan daya sebesar 2000π watt, maka analisislah intensitas bunyi yang diterima oleh seorang anak dengan jarak 10 m dari ledakan petasan tersebut dan jelaskan konsep fisika yang digunakan dalam menentukan hasil perhitungan tersebut!



Lampiran 1. 4 Pembahasan Tes KBK yang Diujicobakan

Soal	Jawaban
1. Anggi sangat hobi bermain gitar. Pada saat dimainkan, senar gitar tersebut menimbulkan nada yang berbeda-beda. a. Berdasarkan peristiwa tersebut, rumuskanlah permasalahan yang tepat. b. Bagaimana hubungan antara ketebalan dawai, besar tekanan (tegangan), dan panjang dawai dengan energi, frekuensi, serta panjang gelombang bunyi yang dihasilkan pada gitar? 	Indikator 1 Apakah yang menyebabkan senar gitar tersebut ketika dimainkan menghasilkan nada yang berbeda-beda? Indikator 2 Ketebalan, tegangan, dan panjang dawai memengaruhi bunyi yang dihasilkan. Dawai yang lebih tipis dan tegang bergetar lebih cepat sehingga menghasilkan nada yang lebih tinggi. Sebaliknya, dawai yang lebih tebal dan lebih panjang bergetar lebih lambat sehingga menghasilkan nada yang lebih rendah. Perbedaan getaran ini menyebabkan perbedaan frekuensi, energi, dan panjang gelombang bunyi.
2. Stevin dan Tessa merupakan seorang penjelajah alam asal Samosir. Suatu ketika mereka pergi menjelajah salah satu gua di tempat tinggal mereka. Ketika berada dalam gua mereka mencoba berteriak kemudian terdengar suara yang bergema. Namun, suara asli mereka tidak terdengar dengan jelas.	Indikator 1 Mengapa saat berteriak dalam gua terdengar suara yang bergema dan suara asli yang kurang jelas? Indikator 2 Gema terjadi karena bunyi dipantulkan oleh dinding gua dan kembali ke pendengar. Jika jarak dinding gua cukup jauh, bunyi pantul datang setelah bunyi asli sehingga

a. Berdasarkan peristiwa tersebut, rumuskanlah permasalahan yang tepat. b. Bagaimana hubungan antara pemantulan gelombang bunyi, jarak dinding gua, dan waktu tempuh bunyi terhadap terjadinya gema sehingga suara asli tidak terdengar jelas? 	terdengar sebagai gema. Semakin jauh dinding gua, semakin lama waktu tempuh bunyi pantul, sehingga suara asli menjadi tidak terdengar jelas.
3. Dalam sebuah konser di ruang terbuka, seorang pemain musik saksofon merasa bahwa nada yang dihasilkan terdengar lebih rendah saat udara terasa lebih dingin di malam hari dibandingkan siang hari. a. Berdasarkan peristiwa tersebut, rumuskanlah permasalahan yang tepat. b. Bagaimana hubungan antara suhu udara dengan cepat rambat bunyi di udara serta pengaruhnya terhadap frekuensi nada yang dihasilkan oleh pipa organa?	Indikator 1 Mengapa nada musik saksofon terdengar lebih rendah saat udara lebih dingin pada malam hari dibandingkan siang hari? Indikator 2 Perbedaan nada yang dihasilkan saat malam dan siang hari dipengaruhi oleh suhu udara sehingga mempengaruhi frekuensi bunyi yang dihasilkan oleh pipa organa. Frekuensi gelombang bunyi dalam pipa organa bergantung pada cepat rambat bunyi di udara, yang diberikan oleh rumus:

	$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$ Dari rumus ini, terlihat bahwa kecepatan bunyi berbanding lurus dengan akar kuadrat suhu udara. Artinya, jika suhu udara menurun, maka kecepatan bunyi juga menurun.
4. Fenomena yang terjadi di alam semesta sangatlah beragam, salah satunya merupakan fenomena yang terjadi di ruang angkasa seperti tabrakan antara meteor yang menghasilkan ledakan yang sangat besar. Dalam peristiwa ini, apabila anda di posisikan sebagai seorang pengamat yang berada di luar angkasa, maka anda tidak akan mendengar peristiwa ledakan tersebut. Mengapa hal tersebut bisa terjadi dan  bandingkan jika anda sebagai pengamat di Bumi.	Indikator 1 Peristiwa tersebut terjadi dikarenakan tanpa adanya medium perantara (ruang hampa) maka gelombang bunyi tidak dapat merambat. Indikator 2 Karena tidak ada medium yang merambat maka, ledakan yang terjadi diluar angkasa tidak terdengar oleh pengamat. Hal ini berbeda apabila pengamat berada di bumi. Bumi memiliki ledakan yang terjadi diluar angkasa tidak terdengar oleh pengamat. Hal ini berbeda apabila pengamat berada di bumi. Bumi memiliki medium perantara berupa udara sehingga bunyi ledakan tersebut bisa terdengar.

5. Stevin dan Tessa sedang berada di dalam rumah, kemudian mereka berdua mendengar suara sirine ambulans. Stevin menghampiri sumber bunyi tersebut dan berlari ke halaman rumahnya meninggalkan Tessa. Saat mobil ambulans melewati rumah mereka, maka Stevin mendengar lebih keras suara sirine ambulans tersebut dibandingkan dengan Tessa. Jelaskan mengapa frekuensi bunyi sirine yang didengar Stevin berbeda dengan yang didengar Tessa, kemudian bandingkan bunyi yang didengar keduanya dengan menunjukkan persamaan dan perbedaannya.	Indikator 1 Apabila sumber bunyi dan pendengar saling bergerak relatif, frekuensi yang didengar kedua belah pihak tidak sama. Hal ini dikarenakan Stevin mendekati sumber bunyi sedangkan Tessa menjauhi sumber bunyi. Indikator 2 Persamaannya: bunyi yang didengar Stevin dan Tessa adalah keduanya berasal dari sumber yang sama, yaitu sirine ambulans, dan merambat melalui medium udara. Perbedaannya: Karena frekuensi meningkat apabila sumber bunyi tersebut bergerak mendekati pengamat, begitupula sebaliknya apabila sumber bunyi menjauhi pengamat maka frekuensi akan menurun, sehingga Stevin mendengar bunyi dengan frekuensi lebih tinggi dan terasa lebih keras karena bergerak mendekati sumber, sedangkan Tessa mendengar bunyi dengan frekuensi lebih rendah karena berada dalam keadaan diam.				
6. Perhatikan tabel berikut! <table border="1" data-bbox="316 1711 808 1816"> <tr> <th data-bbox="316 1711 602 1759">Sumber Bunyi</th><th data-bbox="602 1711 808 1759">Taraf</th></tr> <tr> <td></td><td data-bbox="602 1759 808 1816">Intensitas</td></tr> </table>	Sumber Bunyi	Taraf		Intensitas	Indikator 1 Diketahui: Taraf intensitas mesin
Sumber Bunyi	Taraf				
	Intensitas				

Suara anjing menggonggong	60 dB	$TI_2 = 80 \text{ dB}$ Ditanya: jumlah mesin mobil yang diperlukan? Penyelesaian: Jumlah mesin mobil yang diperlukan: $TI_2 = TI_1 + 10 \log n$ $80 \text{ dB} = 40 \text{ dB} + 10 \log n$ $10 \log n = 40 \text{ dB}$ $\log n = 4$ $n = 10^4 = 10000$ Indikator 2 Jumlah mesin yang diperlukan agar taraf intensitasnya setara dengan suara sirine ambulans adalah 10000 mesin.
Suara sirine ambulans	80 dB	
Suara petir	140 dB	

Sebuah mesin mobil menghasilkan taraf intensitas bunyi sebesar $TI = 40 \text{ dB}$ ($I_o = 10^{-12} \frac{\text{watt}}{\text{m}^2}$). Agar menghasilkan taraf intensitas yang sama (setara) dengan suara sirine ambulans maka berapa jumlah mesin mobil yang diperlukan serta tunjukkan langkah penyelesaiannya.

. 7. Perhatikan Tabel dibawah ini!

No	l (panjang senar) (m)	M (g)
1	1	2,5
2	1	4
3	1	0,20

Tabel diatas merupakan tabel hasil percobaan praktikum yang dilakukan oleh natasya pada materi gelombang bunyi dengan menggunakan senar. Apabila senar tersebut dipasangkan pada gitar dengan tegangan sebesar 15 N, maka senar yang manakah yang menghasilkan frekuensi paling tinggi? berdasarkan data dan hasil

Indikator 1
Diketahui:

$l_1 = l_2 = l_3 = 1 \text{ m}$
 $M_1 = 2,5 \text{ g}$
 $M_2 = 4 \text{ g}$
 $M_3 = 0,20 \text{ g}$

Ditanya:
Frekuensi tertinggi apabila $F = 15 \text{ N}$

Penyelesaian:

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

Kita akan mencari nilai μ dari masing-masing senar terlebih dahulu sebelum mencari frekuensi

$$\mu = \frac{M}{l}$$

perhitungan tersebut Apa yang dapat kamu simpulkan tentang hubungan antara massa jenis linear senar dan frekuensi bunyi?

$$\mu_1 = 2,5$$

$$\mu_2 = 4$$

$$\mu_3 = 0,20$$

Maka diperoleh hasil:

$$f_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{15}{2,5}} = \frac{1}{2} \sqrt{6} = 1,22 \text{ Hz}$$

$$f_2 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{15}{4}} = \frac{1}{2} \sqrt{3,75} = 0,97 \text{ Hz}$$

$$f_3 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{15}{0,20}} = \frac{1}{2} \sqrt{75} = 4,35 \text{ Hz}$$

Indikator 2:

Semakin kecil massa jenis linear senar, maka frekuensi yang dihasilkan semakin besar. Frekuensi tertinggi didapat pada senar ketiga yaitu 4,35 Hz. Dapat disimpulkan semakin kecil nilai μ senar, maka semakin besar frekuensi yang dihasilkan oleh senar tersebut.

8. Perhatikan tabel di bawah ini!

Nama Zat	Massa Jenis	Cepat Rambat
Besi	7.900 kg/m^3	$0,0112 \text{ m/s}$
Kayu	300 kg/m^3	$0,06 \text{ m/s}$
Alumunium	2.700 kg/m^3	$0,2 \text{ m/s}$

Indikator 1 & 2

Nama Zat	Massa Jenis	Cepat Rambat
Besi	7.900 kg/m^3	$0,0112 \text{ m/s}$
Kayu	300 kg/m^3	$0,06 \text{ m/s}$
Alumunium	2.700 kg/m^3	$0,2 \text{ m/s}$

Kuningan	8.400 kg $/m^3$	0,0109 m $/s$		kg $/m^3$	
Berdasarkan data tersebut, analisislah pengaruh massa jenis bahan terhadap cepat rambat bunyi dengan membandingkan setiap bahan, kemudian buatlah kesimpulan umum yang mengaitkan hasil analisis tersebut dengan konsep cepat rambat gelombang bunyi.			Kuningan	8.400 kg $/m^3$	0,0109 m $/s$
Dari hasil percobaan tersebut, dapat dibuktikan bahwa massa jenis suatu zat mempengaruhi cepat rambat bunyi. Apabila massa jenis kecil maka cepat rambat bunyinya semakin besar. Sebaliknya, apabila massa jenis zat besar maka cepat rambat bunyinya akan semakin kecil. Senada dengan konsep cepat rambat gelombang yang menyatakan bunyi berbanding terbalik dengan akar massa jenisnya.					
9.Dinda mengetuk meja dengan dua cara. Cara yang pertama, dia mengetuk meja keras-keras. Sedangkan cara kedua, dia mengetuk meja dengan pelan-pelan. Pilihlah salah satu opsi yang menurut anda paling benar dan berikan alasannya sesuai dengan sudut pandang anda!			Indikator 1: Pilihan yang benar adalah opsi 3. Ketukan pertama menghasilkan bunyi yang lebih kuat karena diketuk lebih keras, sedangkan nada kedua bunyi sama karena frekuensi getaran meja tidak berubah, hanya amplitudonya yang berbeda. Indikator 2: Makna dari peristiwa tersebut adalah bahwa keras atau pelan ketukan tidak memengaruhi nada bunyi, tetapi		
Pilihan Jawaban	Nada bunyi	Bunyi kuat			
1	Bunyi pertama lebih tinggi	Bunyi pertama			

		lebih kuat	memengaruhi kuat bunyi. Ketukan yang lebih keras menghasilkan bunyi yang lebih kuat, sedangkan nada bunyi tetap sama.
2	Bunyi pertama lebih rendah	Bunyi pertama lebih kuat	
3	Kedua bunyi sama	Bunyi pertama lebih kuat	
10. Seutas dawai menghasilkan nada atas ke-3 sebesar 600 Hz dengan cepat rambat gelombang 150 m/s. Jika tegangan dawai ditingkatkan, apakah panjang dawai perlu diubah agar tetap menghasilkan nada yang harmonis?			Indikator 1 Ya, panjang dawai perlu diubah agar tetap menghasilkan nada yang harmonis setelah tegangan dawai ditingkatkan. Indikator 2 Panjang dawai harus disesuaikan untuk mengimbangi perubahan cepat rambat gelombang agar frekuensi tetap stabil pada 600 Hz
11. Sebuah mobil polisi dengan sirine menyala yang berfrekuensi 940 Hz bergerak dengan kecepatan 90 km/jam mendekati seseorang yang sedang berdiri dipinggir jalan. Jika kecepatan suara di udara sebesar 340 m/s, hitunglah frekuensi bunyi sirine yang didengar oleh orang tersebut dan jelaskan bagaimana teori efek			Indikator 1 Diketahui bahwa $v_s = 90 \text{ km/jam} = 25 \text{ m/s}$. Karena sumber suara mendekati pendengar, maka $v_s (-)$. Kemudian pendengar dalam kondisi diam, maka $v_p = 0$ Dengan demikian rumus untuk mencari menggunakan: $f_p = \left[\frac{v+v_p}{v-v_s} \right] f_s$ Indikator 2

doppler digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut!	$f_p = \left[\frac{v+v_p}{v-v_s} \right] f_s$ $f_p = \left[\frac{340+0}{340-25} \right] 90$ $f_p = \frac{340}{315} \times 90 = 1014,6 \text{ Hz}$
12. Ester pada saat tahun baru menyalakan kembang api di lapangan yang terletak 1 km dari rumah evin, diamati bahwa cahaya kembang api di udara dan bunyi ledakan terjadi saat bersamaan. Menurut anda manakah lebih dahulu muncul antara cahaya kembang api atau bunyi ledakan? jelaskan mengapa bisa demikian! 	Indikator 1 Yang terlihat lebih dahulu adalah Sinar kembang api . Indikator 2 Hal ini dapat dijelaskan bahwa sinar kembang api merupakan gelombang cahaya dengan cepat rambat gelombangnya $3 \times 10^8 \text{ m/s}$, sedangkan bunyi ledakan kembang api sendiri merupakan gelombang bunyi dengan cepat rambat gelombangnya 340 m/s. Dari hal tersebut dapat dinyatakan bahwa sinar dari kembang api akan terlebih dahulu muncul dibandingkan dengan suara ledakan kembang api.
13. Pada hari Senin, Ayah menuju ke Kantor dengan mengendarai sebuah mobil. Ketika diperjalanan Ayah berpapasan dengan temannya Pak Robi dan mereka berdua saling menyapa dengan membunyikan klakson mobil. Bagaimanakah suara klakson yang di dengar oleh Ayah dan Pak Robi, apakah tidak terdengar atau terdengar lebih keras? Mengapa bisa demikian?	Indikator 1 Suara klakson terdengar lebih keras. Indikator 2 Yang menyebabkan suara klakson terdengar lebih keras dikarenakan saat sumber dan pendengar itu bergerak berdekatan atau berada pada jarak yang paling dekat maka, gelombang yang sampai pada pendengar semakin

	rapat sehingga frekuensi yang dihasilkan semakin besar.
14. Sebuah petasan meledak dengan daya sebesar 2000π watt, maka analisislah intensitas bunyi yang diterima oleh seorang anak dengan jarak 10 m dari ledakan petasan tersebut dan jelaskan konsep fisika yang digunakan dalam menentukan hasil perhitungan tersebut!	Indikator 1 Diketahui: $P = 2000 \pi W$ $r = 10 \text{ meter}$ Ditanya: $I = \dots ?$ Jawab: $I = \frac{P}{A} \text{ dan Adalah luas kulit bola}$ $I = \frac{P}{4\pi R^2}$ $I = \frac{2000 \pi}{4\pi(10)^2} = \frac{2000 \pi}{4\pi(100)}$ $I = \frac{2000 \pi}{400 \pi} = 5 \text{ Watt/m}^2$ Jadi intensitas bunyi yang diterima adalah 5 Watt/m^2 Indikator 2 Menurut teori perambatan bunyi, semakin jauh jarak pendengar dari sumber bunyi, semakin besar luas daerah rambatan gelombang sehingga intensitas bunyi yang diterima semakin kecil. Oleh karena itu, intensitas bunyi yang diterima anak pada jarak 10 m dari petasan adalah 5 Watt/m^2.

Lampiran 1. 5 Kisi-kisi Tes KBK yang Digunakan

No	Dimensi KBK	Indikator KBK	Sebaran Soal	Jumlah Soal
1	Merumuskan masalah	c. Rumusan masalah sesuai dengan narasi masalah d. Memformulasikan dalam bentuk pertanyaan dengan arah menentukan jawaban	1,2	2
2	Memberikan argument	c. Argumen dengan alasan yang sesuai d. Menunjukkan perbedaan dan persamaan	3,4 (4,5)	2
3	Melakukan deduksi	c. Mendeduksi secara logis d. Melakukan interpretasi terhadap pertanyaan	6 (9)	1
4	Melakukan induksi	c. Melakukan pengumpulan data secara lengkap d. Membuat generalisasi dari data, membuat tabel, dan grafik	5 (7)	1
5	Melakukan evaluasi	c. Memberikan solusi berdasarkan masalah yang diberikan d. Memberikan alternatif penyelesaian sesuai teori	7,10 (11,14)	2
6	Melakukan dan melaksanakan	c. Memilih kemungkinan alternatif yang ada d. Menentukan kemungkinan solusi yang akan dilaksanakan berdasarkan teori	8,9 (12,13)	2
Jumlah Butir Soal				10

Lampiran 1. 6 Pedoman Penskoran Tes KBK yang Digunakan

No	Dimensi	Indikator	Kriteria	Skor
1	Merumuskan masalah	a. Rumusan masalah sesuai dengan narasi masalah b. Memformulasikan dalam bentuk pertanyaan dengan arah menentukan jawaban	Kedua indikator terpenuhi	4
			Salah satu indikator terpenuhi	3
			Kedua indikator ada tetapi tidak terpenuhi	2
			Salah satu indikator ada tetapi tidak terpenuhi	1
			Kedua indikator tidak ada	0
2	Memberikan Argumen	a. Argumen dengan alasan yang sesuai b. Menunjukkan perbedaan dan persamaan	Kedua indikator terpenuhi	4
			Salah satu indikator terpenuhi	3
			Kedua indikator ada tetapi tidak terpenuhi	2
			Salah satu indikator ada tetapi tidak terpenuhi	1
			Kedua indikator tidak ada	0
3	Melakukan deduksi	a. Mendeduksi secara logis b. Melakukan interpretasi terhadap pertanyaan	Kedua indikator terpenuhi	4
			Salah satu indikator terpenuhi	3
			Kedua indikator ada tetapi tidak terpenuhi	2
			Salah satu indikator ada tetapi tidak terpenuhi	1

			Kedua indikator tidak ada	0
4	Melakukan induksi	a. Melakukan pengumpulan data secara lengkap b. Membuat generalisasi dari data, membuat tabel, dan grafik	Kedua indikator terpenuhi	4
			Salah satu indikator terpenuhi	3
			Kedua indikator ada tetapi tidak terpenuhi	2
			Salah satu indikator ada tetapi tidak terpenuhi	1
			Kedua indikator tidak ada	0
5	Melakukan Evaluasi	a. Memberikan solusi berdasarkan masalah yang diberikan b. Memberikan alternatif penyelesaian sesuai teori	Kedua indikator terpenuhi	4
			Salah satu indikator terpenuhi	3
			Kedua indikator ada tetapi tidak terpenuhi	2
			Salah satu indikator ada tetapi tidak terpenuhi	1
			Kedua indikator tidak ada	0
6	Memutuskan dan melaksanakan	a. Memilih kemungkinan alternatif yang ada. b. Menentukan kemungkinan solusi yang akan dilaksanakan berdasarkan teori	Kedua indikator terpenuhi	4
			Salah satu indikator terpenuhi	3
			Kedua indikator ada tetapi tidak terpenuhi	2
			Salah satu indikator ada tetapi tidak terpenuhi	1
			Kedua indikator tidak ada	0

Lampiran 1. 7 Tes KBK yang Digunakan

Petunjuk Pengerjaan Soal

1. Tuliskan identitas secara lengkap pada lembar jawaban!
2. Cermatilah seluruh soal dengan baik! Jika terdapat soal yang kurang jelas silahkan tanyakan kepada pengawas ruangan.
3. Kerjakanlah soal yang dianggap lebih mudah terlebih dahulu!
4. Kerjakanlah soal dengan baik, mandiri dan jujur!

1. Anggi sangat hobi bermain gitar. Pada saat dimainkan, senar gitar tersebut menimbulkan nada yang berbeda-beda.
 - a. Berdasarkan peristiwa tersebut, rumuskanlah permasalahan yang tepat.
 - b. Bagaimana hubungan antara ketebalan dawai, besar tekanan (tegangan), dan panjang dawai dengan energi, frekuensi, serta panjang gelombang bunyi yang dihasilkan pada gitar?
2. Stevin dan tessa merupakan seorang penjelajah alam asal Samosir. Suatu ketika mereka pergi menjelajah salah satu gua di tempat tinggal mereka. Ketika berada dalam gua mereka mencoba berteriak kemudian terdengar suara yang bergema. Namun, suara asli mereka tidak terdengar dengan jelas.
 - a. Berdasarkan peristiwa tersebut, rumuskanlah permasalahan yang tepat.
 - b. Bagaimana hubungan antara pemantulan gelombang bunyi, jarak dinding gua, dan waktu tempuh bunyi terhadap terjadinya gema sehingga suara asli tidak terdengar jelas?



3. Fenomena yang terjadi di alam semesta sangatlah beragam, salah satunya merupakan fenomena yang terjadi di ruang angkasa seperti tabrakan antara meteor yang menghasilkan ledakan yang sangat besar. Dalam peristiwa ini, apabila anda di posisikan sebagai seorang pengamat yang berada di luar angkasa, maka anda tidak akan mendengar peristiwa ledakan tersebut. Mengapa hal tersebut bisa terjadi dan bandingkan jika anda sebagai pengamat di Bumi.
4. Stevin dan tessa sedang berada di dalam rumah, kemudian mereka berdua mendengar suara sirine ambulans. Stevin menghampiri sumber bunyi tersebut dan berlari ke halaman rumahnya meninggalkan Tessa. Saat mobil ambulans melewati rumah mereka, maka Stevin mendengar lebih keras suara sirine ambulans tersebut dibandingkan dengan Tessa. Jelaskan mengapa frekuensi bunyi sirine yang didengar Stevin berbeda dengan yang didengar Tessa, kemudian bandingkan bunyi yang didengar keduanya dengan menunjukkan persamaan dan perbedaannya.
5. Perhatikan tabel di bawah ini!



No	l (m)	M (g)
1	1	2,5
2	1	4
3	1	0,20

Tabel diatas merupakan tabel hasil percobaan praktikum yang dilakukan oleh natasya pada materi gelombang bunyi dengan menggunakan senar. Apabila senar tersebut dipasangkan pada gitar dengan tegangan sebesar 15 N, maka senar yang manakah yang menghasilkan frekuensi paling tinggi? berdasarkan data dan hasil perhitungan tersebut, apa yang dapat kamu simpulkan tentang hubungan antara massa jenis linear senar dan frekuensi bunyi?

6. Dinda mengetuk meja dengan dua cara. Cara yang pertama, dia mengetuk meja keras-keras. Sedangkan cara kedua, dia mengetuk meja dengan pelan-pelan. Pilihlah salah satu opsi yang menurut anda paling benar dan berikan alasannya sesuai dengan sudut pandang anda!

Pilihan Jawaban	Nada bunyi	Bunyi kuat
1	Bunyi pertama lebih tinggi	Bunyi pertama lebih kuat
2	Bunyi pertama lebih rendah	Bunyi pertama lebih kuat
3	Kedua bunyi sama	Bunyi pertama lebih kuat

7. Sebuah mobil polisi dengan sirine menyala yang berfrekuensi 940 Hz bergerak dengan kecepatan 90 km/jam mendekati seseorang yang sedang berdiri dipinggir jalan. Jika kecepatan suara di udara sebesar 340 m/s, hitunglah frekuensi bunyi sirine yang didengar oleh orang tersebut dan jelaskan bagaimana teori efek doppler digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut!

8. Ester pada saat tahun baru menyalakan kembang api di lapangan yang terletak 1 km dari rumah evin, diamati bahwa cahaya kembang api di udara dan bunyi ledakan terjadi saat bersamaan. Menurut anda manakah lebih dahulu muncul antara cahaya kembang api atau bunyi ledakan? jelaskan mengapa bisa demikian!



9. Pada hari Senin, Ayah menuju ke Kantor dengan mengendarai sebuah mobil. Ketika diperjalanan Ayah berpapasan dengan temannya Pak Robi dan mereka berdua saling menyapa dengan membunyikan klakson mobil. Bagaimanakah suara klakson yang di dengar oleh Ayah dan Pak Robi, apakah tidak terdengar atau terdengar lebih keras? Mengapa bisa demikian?
10. Sebuah petasan meledak dengan daya sebesar 2000π watt, maka analisislah intensitas bunyi yang diterima oleh seorang anak dengan jarak 10 m dari ledakan petasan tersebut dan jelaskan konsep fisika yang digunakan dalam menentukan hasil perhitungan tersebut!

Lampiran 1. 8 Pembahasan Tes KBK yang Digunakan

No	Dimensi/Indikator	Pembahasan
1	KBK D1: Merumuskan Masalah Indikator: a. Rumusan masalah sesuai dengan narasi masalah b. Memformulasikan dalam bentuk pertanyaan dengan arah menentukan jawaban	Indikator 1 Apakah yang menyebabkan senar gitar tersebut ketika dimainkan menghasilkan nada yang berbeda-beda? Indikator 2 Ketebalan, tegangan, dan panjang dawai memengaruhi bunyi yang dihasilkan. Dawai yang lebih tipis dan tegang bergetar lebih cepat sehingga menghasilkan nada yang lebih tinggi. Sebaliknya, dawai yang lebih tebal dan lebih panjang bergetar lebih lambat sehingga menghasilkan nada yang lebih rendah. Perbedaan getaran ini menyebabkan perbedaan frekuensi, energi, dan panjang gelombang bunyi.
2	KBK D1: Merumuskan Masalah Indikator: a. Rumusan masalah sesuai dengan narasi masalah b. Memformulasikan dalam bentuk pertanyaan dengan arah menentukan jawaban	Indikator 1 Mengapa saat berteriak dalam gua terdengar suara yang bergema dan suara asli yang kurang jelas? Indikator 2 Gema terjadi karena bunyi dipantulkan oleh dinding gua dan kembali ke pendengar. Jika jarak dinding gua cukup jauh, bunyi pantul datang setelah bunyi asli sehingga terdengar sebagai gema. Semakin jauh dinding gua, semakin lama waktu tempuh bunyi pantul, sehingga suara asli menjadi tidak terdengar jelas.

3	KBK D2: Memberikan Argument Indikator: a. Argumen dengan alasan yang sesuai b. Menunjukkan perbedaan dan persamaan	Indikator 1 Peristiwa tersebut terjadi dikarenakan tanpa adanya medium perantara (ruang hampa) maka gelombang bunyi tidak dapat merambat. Indikator 2 Karena tidak ada medium yang merambat maka, ledakan yang terjadi diluar angkasa tidak terdengar oleh pengamat. Hal ini berbeda apabila pengamat berada di bumi. Bumi memiliki ledakan yang terjadi diluar angkasa tidak terdengar oleh pengamat. Hal ini berbeda apabila pengamat berada di bumi. Bumi memiliki medium perantara berupa udara sehingga bunyi ledakan tersebut bisa terdengar.
4	KBK D2: Memberikan Argument Indikator: a. Argumen dengan alasan yang sesuai b. Menunjukkan perbedaan dan persamaan	Indikator 1 Apabila sumber bunyi dan pendengar saling bergerak relatif, frekuensi yang didengar kedua belah pihak tidak sama. Hal ini dikarenakan Stevin mendekati sumber bunyi sedangkan Tessa menjauhi sumber bunyi. Indikator 2 Persamaannya: bunyi yang didengar Stevin dan Tessa adalah keduanya berasal dari sumber yang sama, yaitu sirine ambulans, dan merambat melalui medium udara.

		Perbedaanya: Karena frekuensi meningkat apabila sumber bunyi tersebut bergerak mendekati pengamat, begitupula sebaliknya apabila sumber bunyi menjauhi pengamat maka frekuensi akan menurun, sehingga Stevin mendengar bunyi dengan frekuensi lebih tinggi dan terasa lebih keras karena bergerak mendekati sumber, sedangkan Tessa mendengar bunyi dengan frekuensi lebih rendah karena berada dalam keadaan diam
5	KBK D4: Melakukan induksi Indikator: a. Melakukan pengumpulan data secara lengkap b. Membuat generalisasi dari data, membuat tabel, dan grafik	Indikator 1 Diketahui: $l_1 = l_2 = l_3 = 1 \text{ m}$ $M_1 = 2,5 \text{ g}$ $M_2 = 4 \text{ g}$ $M_3 = 0,20 \text{ g}$ Ditanya: Frekuensi tertinggi apabila $F = 15 \text{ N}$ Penyelesaian: $f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ Kita akan mencari nilai μ dari masing-masing senar terlebih dahulu sebelum mencari frekuensi $\mu = \frac{M}{l}$ $\mu_1 = 2,5$ $\mu_2 = 4$ $\mu_3 = 0,20$

		Maka diperoleh hasil: $f_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{15}{2,5}} = \frac{1}{2} \sqrt{6} = 1,22 \text{ Hz}$ $f_2 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{15}{4}} = \frac{1}{2} \sqrt{3,75} = 0,97 \text{ Hz}$ $f_3 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{15}{0,20}} = \frac{1}{2} \sqrt{75} = 4,35 \text{ Hz}$ Indikator 2: Semakin kecil massa jenis linear senar, maka frekuensi yang dihasilkan semakin besar. Frekuensi tertinggi didapat pada senar ketiga yaitu 4,35 Hz. Dapat disimpulkan semakin kecil nilai μ senar, maka semakin besar frekuensi yang dihasilkan oleh senar tersebut.
6	KBK D3: Melakukan deduksi Indikator: a. Mendeduksi secara logis b. Melakukan interpretasi terhadap pertanyaan	Indikator 1: Pilihan yang benar adalah opsi 3. Ketukan pertama menghasilkan bunyi yang lebih kuat karena diketuk lebih keras, sedangkan nada kedua bunyi sama karena frekuensi getaran meja tidak berubah, hanya amplitudonya yang berbeda. Indikator 2: Makna dari peristiwa tersebut adalah bahwa keras atau pelan ketukan tidak memengaruhi nada bunyi, tetapi memengaruhi kuat bunyi. Ketukan yang lebih keras menghasilkan bunyi yang lebih kuat, sedangkan nada bunyi tetap sama.
7	Dimensi: D5: Melakukan Evaluasi	Indikator 1

	Indikator: a. Memberikan solusi berdasarkan masalah yang diberikan b. Memberikan alternatif penyelesaian sesuai teori	Diketahui bahwa $v_s = 90 \text{ km/jam} = 25 \text{ m/s}$. Karena sumber suara mendekati pendengar, maka v_s (-). Kemudian pendengar dalam kondisi diam, maka $v_p = 0$. Dengan demikian rumus untuk mencari menggunakan: $f_p = \left[\frac{v+v_p}{v-v_s} \right] f_s$ Indikator 2 $f_p = \left[\frac{v+v_p}{v-v_s} \right] f_s$ $f_p = \left[\frac{340+0}{340-25} \right] 90$ $f_p = \frac{340}{315} \times 90 = 1014,6 \text{ Hz}$
8	Dimensi: D6: Memutuskan dan melaksanakan Indikator: a. Memilih kemungkinan alternatif yang ada b. Menentukan kemungkinan solusi yang akan dilaksanakan berdasarkan teori	Indikator 1 Yang terlihat lebih dahulu adalah Sinar kembang api Indikator 2 Hal ini dapat dijelaskan bahwa sinar kembang api merupakan gelombang cahaya dengan cepat rambat gelombangnya $3 \times 10^8 \text{ m/s}$, sedangkan bunyi ledakan kembang api sendiri merupakan gelombang bunyi dengan cepat rambat gelombangnya 340 m/s. Dari hal tersebut dapat dinyatakan bahwa sinar dari kembang api akan terlebih dahulu muncul dibandingkan dengan suara ledakan kembang api.
9	Dimensi: D6: Memutuskan dan melaksanakan	Indikator 1 Suara klakson terdengar lebih keras.

	Indikator: a. Memilih kemungkinan alternatif yang ada b. Menentukan kemungkinan solusi yang akan dilaksanakan berdasarkan teori	Indikator 2 Yang menyebabkan suara klakson terdengar lebih keras dikarenakan saat sumber dan pendengar itu bergerak berdekatan atau berada pada jarak yang paling dekat maka, gelombang yang sampai pada pendengar semakin rapat sehingga frekuensi yang dihasilkan semakin besar.
10	Dimensi: D5: Melakukan Evaluasi Indikator: a. Memberikan solusi berdasarkan masalah yang diberikan b. Memberikan alternatif penyelesaian sesuai teori	Indikator 1 Diketahui: $P = 2000 \pi W$ $r = 10 \text{ meter}$ Ditanya: $I = \dots ?$ Jawab: $I = \frac{P}{A} \text{ dan Adalah luas kulit bola}$ $I = \frac{P}{4\pi R^2}$ $I = \frac{2000 \pi}{4\pi(10)^2} = \frac{2000 \pi}{4\pi(100)}$ $I = \frac{2000 \pi}{400 \pi} = 5 \text{ Watt/m}^2$ Jadi intensitas bunyi yang diterima adalah 5 Watt/m^2 Indikator 2 Menurut teori perambatan bunyi, semakin jauh jarak pendengar dari sumber bunyi, semakin besar luas daerah rambatan gelombang sehingga intensitas bunyi yang diterima semakin kecil. Oleh karena itu,

		intensitas bunyi yang diterima anak pada jarak 10 m dari petasan adalah 5 Watt/m^2 .
--	--	---



LAMPIRAN II

HASIL UJI COBA INSTRUMEN PENELITIAN



Lampiran 2.1 Data Hasil Uji Coba Tes KBK

Lampiran 2.2 Hasil Analisis IDB dan IKB Tes KBK

Lampiran 2.3 Hasil Analisis Konsistensi Internal Butir Tes KBK

Lampiran 2.4 Hasil Analisis Reliabilitas Internal Butir Tes KBK

Lampiran 2.5 Rekapitulasi Hasil Analisis Uji Coba Tes KBK



Lampiran 2. 1 Data Hasil Uji Coba Tes Kemampuan Berpikir Kritis

Sekolah Uji Coba: SMA Negeri 4 Singaraja

Kelas: XII-J dan XII-K

Jumlah Responden: 72 Orang

Jumlah soal: 14 butir

Butir soal 1-10

No	Responden	No Butir									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Siswa 1	4	4	4	4	3	3	3	4	3	3
2	Siswa 2	3	4	4	3	3	3	4	3	3	4
3	Siswa 3	2	0	4	1	1	3	1	0	0	0
4	Siswa 4	2	3	4	3	2	3	3	2	3	3
5	Siswa 5	4	4	4	4	4	4	3	2	2	3
6	Siswa 6	4	4	4	4	3	4	3	1	3	3
7	Siswa 7	3	4	4	4	3	4	3	2	3	3
8	Siswa 8	2	2	4	0	0	0	0	0	0	0
9	Siswa 9	2	3	3	0	0	0	0	0	0	0
10	Siswa 10	3	2	4	3	3	4	3	3	1	3
11	Siswa 11	2	1	4	1	3	3	1	1	3	3
12	Siswa 12	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4
13	Siswa 13	2	2	4	1	1	2	1	0	0	0
14	Siswa 14	1	3	4	3	2	4	2	1	3	1
15	Siswa 15	3	4	3	4	3	4	3	1	3	3
16	Siswa 16	3	4	4	4	3	4	3	2	3	1
17	Siswa 17	3	4	4	4	4	4	4	1	3	1
18	Siswa 18	3	3	4	3	4	4	4	3	1	1
19	Siswa 19	3	3	4	4	4	4	3	1	3	3
20	Siswa 20	4	4	4	4	4	4	2	4	4	1
21	Siswa 21	4	4	4	3	3	4	2	4	4	1
22	Siswa 22	2	3	3	1	1	4	1	1	1	3
23	Siswa 23	3	4	4	4	3	3	3	1	3	3
24	Siswa 24	3	4	4	4	3	4	1	1	1	1
25	Siswa 25	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1

No	Responden	No Butir									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
26	Siswa 26	4	4	4	3	3	4	3	1	3	3
27	Siswa 27	2	2	4	3	3	4	1	1	1	1
28	Siswa 28	1	2	2	3	3	3	1	0	0	0
29	Siswa 29	3	4	4	4	4	3	3	1	3	1
30	Siswa 30	4	3	4	4	4	4	3	1	1	3
31	Siswa 31	2	1	4	2	2	1	1	1	1	2
32	Siswa 32	3	4	4	3	4	4	2	1	1	2
33	Siswa 33	3	2	4	3	3	1	1	1	2	2
34	Siswa 34	3	3	3	3	4	3	3	3	3	1
35	Siswa 35	3	4	4	4	4	3	2	2	1	2
36	Siswa 36	4	3	3	4	4	4	3	1	1	3
37	Siswa 37	3	4	4	3	4	2	2	1	2	1
38	Siswa 38	3	4	4	3	4	4	2	2	1	1
39	Siswa 39	2	2	4	2	3	2	1	2	1	1
40	Siswa 40	2	2	4	1	3	2	2	1	1	1
41	Siswa 41	4	3	4	3	4	4	2	1	1	3
42	Siswa 42	3	4	4	3	4	4	2	2	3	1
43	Siswa 43	3	4	3	4	3	3	2	2	3	1
44	Siswa 44	4	3	3	4	4	3	2	2	4	3
45	Siswa 45	3	3	4	4	3	3	3	2	2	3
46	Siswa 46	4	3	4	4	4	4	2	1	1	3
47	Siswa 47	3	2	4	3	2	2	2	1	2	1
48	Siswa 48	2	1	4	2	3	2	1	1	1	1
49	Siswa 49	1	3	3	3	2	1	2	2	1	1
50	Siswa 50	1	2	4	3	2	1	2	1	1	1
51	Siswa 51	3	3	4	3	4	3	3	1	3	1
52	Siswa 52	3	4	4	3	4	4	3	1	3	1
53	Siswa 53	3	4	4	3	3	4	3	1	4	1
54	Siswa 54	4	4	4	3	4	4	3	1	4	1
55	Siswa 55	3	4	4	3	3	4	3	2	3	1
56	Siswa 56	3	4	4	3	4	4	2	1	1	1
57	Siswa 57	3	3	4	4	4	3	3	2	3	1
58	Siswa 58	4	3	4	4	4	3	4	2	3	1
59	Siswa 59	4	3	4	4	4	4	2	1	1	3
60	Siswa 60	1	3	4	2	1	3	2	1	1	1

No	Responden	No Butir									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
61	Siswa 61	3	4	4	4	3	3	2	1	4	3
62	Siswa 62	3	4	3	4	4	4	2	2	1	3
63	Siswa 63	3	4	4	3	4	4	2	2	4	1
64	Siswa 64	3	4	3	4	4	3	2	2	3	4
65	Siswa 65	4	4	4	3	4	4	3	1	1	1
66	Siswa 66	4	4	4	4	4	4	3	1	4	1
67	Siswa 67	4	4	4	4	4	4	2	1	1	4
68	Siswa 68	2	2	4	3	2	3	1	1	2	1
69	Siswa 69	4	2	4	4	4	4	2	1	1	3
70	Siswa 70	4	4	4	4	4	2	2	2	1	2
71	Siswa 71	3	4	4	3	4	4	2	2	3	1
72	Siswa 72	4	3	4	4	4	4	2	1	2	1

Butir Soal 11-14

No	Responden	No Butir				Total
		11	12	13	14	
1	Siswa 1	4	4	4	4	51
2	Siswa 2	4	4	4	4	50
3	Siswa 3	0	0	0	0	12
4	Siswa 4	4	4	4	3	43
5	Siswa 5	4	4	4	4	50
6	Siswa 6	4	4	4	4	49
7	Siswa 7	4	4	4	4	49
8	Siswa 8	0	0	0	0	8
9	Siswa 9	0	0	0	0	8
10	Siswa 10	0	0	0	0	29
11	Siswa 11	1	0	0	1	24
12	Siswa 12	2	4	2	1	46
13	Siswa 13	0	0	0	0	13
14	Siswa 14	1	4	4	1	34
15	Siswa 15	4	4	4	4	47
16	Siswa 16	4	4	4	4	47
17	Siswa 17	4	4	4	4	48
18	Siswa 18	4	4	4	4	46
19	Siswa 19	4	4	4	1	45

No	Responden	No Butir				Total
		11	12	13	14	
20	Siswa 20	4	4	4	4	51
21	Siswa 21	4	4	1	3	45
22	Siswa 22	4	4	4	3	35
23	Siswa 23	4	4	3	3	45
24	Siswa 24	4	4	4	3	41
25	Siswa 25	4	4	4	3	43
26	Siswa 26	4	4	4	1	45
27	Siswa 27	4	4	4	1	35
28	Siswa 28	0	0	0	0	15
29	Siswa 29	4	4	4	3	45
30	Siswa 30	4	4	3	3	45
31	Siswa 31	0	0	0	0	17
32	Siswa 32	4	4	4	3	43
33	Siswa 33	2	4	4	1	33
34	Siswa 34	4	4	4	3	44
35	Siswa 35	4	4	4	3	44
36	Siswa 36	4	4	3	3	44
37	Siswa 37	4	4	4	3	41
38	Siswa 38	4	4	4	3	43
39	Siswa 39	4	4	4	3	35
40	Siswa 40	4	4	3	3	33
41	Siswa 41	4	4	3	3	43
42	Siswa 42	4	4	4	3	45
43	Siswa 43	4	4	4	2	42
44	Siswa 44	4	4	4	4	48
45	Siswa 45	4	3	4	3	44
46	Siswa 46	4	4	3	3	44
47	Siswa 47	4	4	4	3	37
48	Siswa 48	1	4	2	2	27
49	Siswa 49	1	4	3	1	28
50	Siswa 50	1	4	3	1	27
51	Siswa 51	4	4	4	3	43
52	Siswa 52	4	4	4	3	45
53	Siswa 53	4	3	4	3	44
54	Siswa 54	4	4	4	3	47

No	Responden	No Butir				Total
		11	12	13	14	
55	Siswa 55	4	4	4	3	45
56	Siswa 56	4	4	4	3	42
57	Siswa 57	4	4	4	4	46
58	Siswa 58	4	4	4	4	48
59	Siswa 59	4	4	3	3	44
60	Siswa 60	4	4	2	3	32
61	Siswa 61	4	4	2	3	44
62	Siswa 62	4	4	4	3	45
63	Siswa 63	4	4	4	3	46
64	Siswa 64	4	4	4	4	48
65	Siswa 65	1	4	4	3	41
66	Siswa 66	1	4	4	3	45
67	Siswa 67	4	4	4	3	47
68	Siswa 68	3	4	1	1	30
69	Siswa 69	4	4	2	3	42
70	Siswa 70	2	4	4	1	40
71	Siswa 71	4	4	4	3	45
72	Siswa 72	4	4	3	2	42

Kelompok atas 27% (20 Responden)

Butir soal 1-10

No	Responden	No Butir									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	Siswa 20	4	4	4	4	4	4	2	4	4	1
1	Siswa 1	4	4	4	4	3	3	3	4	3	3
2	Siswa 2	3	4	4	3	3	3	4	3	3	4
5	Siswa 5	4	4	4	4	4	4	3	2	2	3
7	Siswa 7	3	4	4	4	3	4	3	2	3	3
6	Siswa 6	4	4	4	4	3	4	3	1	3	3
17	Siswa 17	3	4	4	4	4	4	4	1	3	1
44	Siswa 44	4	3	3	4	4	3	2	2	4	3
58	Siswa 58	4	3	4	4	4	3	4	2	3	1
64	Siswa 64	3	4	3	4	4	3	2	2	3	4
15	Siswa 15	3	4	3	4	3	4	3	1	3	3
16	Siswa 16	3	4	4	4	3	4	3	2	3	1

No	Responden	No Butir									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
54	Siswa 54	4	4	4	3	4	4	3	1	4	1
67	Siswa 67	4	4	4	4	4	4	2	1	1	4
18	Siswa 18	3	3	4	3	4	4	4	3	1	1
57	Siswa 57	3	3	4	4	4	3	3	2	3	1
63	Siswa 63	3	4	4	3	4	4	2	2	4	1
12	Siswa 12	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4
19	Siswa 19	3	3	4	4	4	4	3	1	3	3
21	Siswa 21	4	4	4	3	3	4	2	4	4	1

Butir soal 11-14

No	Responden	No Butir				Total
		11	12	13	14	
20	Siswa 20	4	4	4	4	51
1	Siswa 1	4	4	4	4	51
2	Siswa 2	4	4	4	4	50
5	Siswa 5	4	4	4	4	50
7	Siswa 7	4	4	4	4	49
6	Siswa 6	4	4	4	4	49
17	Siswa 17	4	4	4	4	48
44	Siswa 44	4	4	4	4	48
58	Siswa 58	4	4	4	4	48
64	Siswa 64	4	4	4	4	48
15	Siswa 15	4	4	4	4	47
16	Siswa 16	4	4	4	4	47
54	Siswa 54	4	4	4	3	47
67	Siswa 67	4	4	4	3	47
18	Siswa 18	4	4	4	4	46
57	Siswa 57	4	4	4	4	46
63	Siswa 63	4	4	4	3	46
12	Siswa 12	2	4	2	1	46
19	Siswa 19	4	4	4	1	45
21	Siswa 21	4	4	1	3	45

Kelompok Bawah 27% (20 Responden)

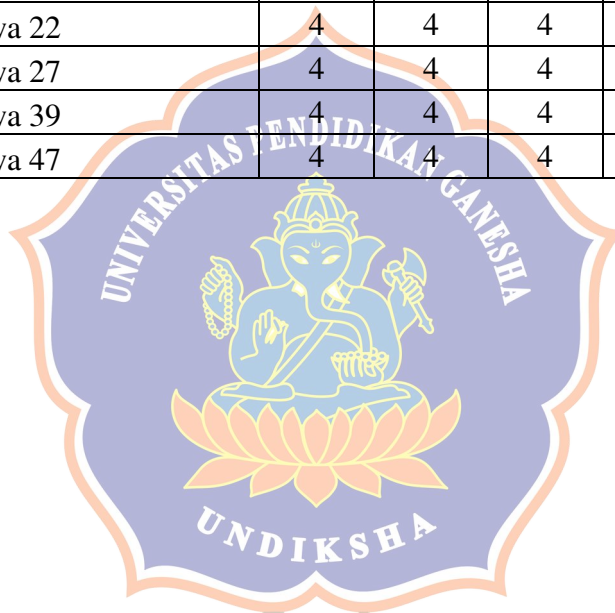
Butir Soal 1-10

No	Responden	No Butir									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	Siswa 8	2	2	4	0	0	0	0	0	0	0
9	Siswa 9	2	3	3	0	0	0	0	0	0	0
3	Siswa 3	2	0	4	1	1	3	1	0	0	0
13	Siswa 13	2	2	4	1	1	2	1	0	0	0
28	Siswa 28	1	2	2	3	3	3	1	0	0	0
31	Siswa 31	2	1	4	2	2	1	1	1	1	2
11	Siswa 11	2	1	4	1	3	3	1	1	3	3
48	Siswa 48	2	1	4	2	3	2	1	1	1	1
50	Siswa 50	1	2	4	3	2	1	2	1	1	1
49	Siswa 49	1	3	3	3	2	1	2	2	1	1
10	Siswa 10	3	2	4	3	3	4	3	3	1	3
68	Siswa 68	2	2	4	3	2	3	1	1	2	1
60	Siswa 60	1	3	4	2	1	3	2	1	1	1
33	Siswa 33	3	2	4	3	3	1	1	1	2	2
40	Siswa 40	2	2	4	1	3	2	2	1	1	1
14	Siswa 14	1	3	4	3	2	4	2	1	3	1
22	Siswa 22	2	3	3	1	1	4	1	1	1	3
27	Siswa 27	2	2	4	3	3	4	1	1	1	1
39	Siswa 39	2	2	4	2	3	2	1	2	1	1
47	Siswa 47	3	2	4	3	2	2	2	1	2	1

Butir Soal 11-14

No	Responden	No Butir				Total
		11	12	13	14	
8	Siswa 8	0	0	0	0	8
9	Siswa 9	0	0	0	0	8
3	Siswa 3	0	0	0	0	12
13	Siswa 13	0	0	0	0	13
28	Siswa 28	0	0	0	0	15
31	Siswa 31	0	0	0	0	17

No	Responden	No Butir				Total
		11	12	13	14	
11	Siswa 11	1	0	0	1	24
48	Siswa 48	1	4	2	2	27
50	Siswa 50	1	4	3	1	27
49	Siswa 49	1	4	3	1	28
10	Siswa 10	0	0	0	0	29
68	Siswa 68	3	4	1	1	30
60	Siswa 60	4	4	2	3	32
33	Siswa 33	2	4	4	1	33
40	Siswa 40	4	4	3	3	33
14	Siswa 14	1	4	4	1	34
22	Siswa 22	4	4	4	3	35
27	Siswa 27	4	4	4	1	35
39	Siswa 39	4	4	4	3	35
47	Siswa 47	4	4	4	3	37



Lampiran 2. 2 Hasil Analisis IDB dan IKB Tes KBK

1. Analisis Indeks Daya Beda Butir (IDB)

Butir soal 1-7

	1	2	3	4	5	6	7
Jumlah Responden	72	72	72	72	72	72	72
kelompok atas dan bawah (N)	20	20	20	20	20	20	20
Jumlah skor kelas atas (H)	70	75	77	75	73	74	58
Jumlah skor kelas bawah (L)	38	40	75	40	40	45	26
skor maksimum	4	4	4	4	4	4	4
skor minimum	0	0	0	0	0	0	0
(skor maks)-(skor min)	4	4	4	4	4	4	4
$\Sigma H - \Sigma L$	32	35	2	35	33	29	32
N * (Skor max - Skor min)	80	80	80	80	80	80	80
Indeks Daya Beda Butir	0,4	0,4375	0,025	0,4375	0,4125	0,3625	0,4
Hasil IDB	Sedang	Sedang	Sangat Rendah	Sedang	Sedang	Rendah	Sedang

Butir soal 8-14

	8	9	10	11	12	13	14
Jumlah Responden	72	72	72	72	72	72	72
kelompok atas dan bawah (N)	20	20	20	20	20	20	20
Jumlah skor kelas atas (H)	43	60	46	78	80	75	70
Jumlah skor kelas bawah (L)	19	22	23	34	48	38	24
skor maksimum	4	4	4	4	4	4	4
skor minimum	0	0	0	0	0	0	0
(skor maks)-(skor min)	4	4	4	4	4	4	4
$\Sigma H - \Sigma L$	24	38	23	44	32	37	46
N * (Skor max - Skor min)	80	80	80	80	80	80	80
Indeks Daya Beda Butir	0,3	0,475	0,2875	0,55	0,4	0,4625	0,575
Hasil IDB	Rendah	Sedang	Rendah	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang

2. Analisis Indeks Kesukaran Butir (IKB)

Butir Soal 1-7

	1	2	3	4	5	6	7
Jumlah Responden	72	72	72	72	72	72	72
Kelompok atas dan Bawah (N)	20	20	20	20	20	20	20
Jumlah skor K. Atas (H)	70	75	77	75	73	74	58
Jumlah skor K. Bawah (L)	38	40	75	40	40	45	26
Skor Maksimum	4	4	4	4	4	4	4
Skor Minimum	0	0	0	0	0	0	0
2(N)*Skor min	0	0	0	0	0	0	0
(Skor maks)- (skor min)	4	4	4	4	4	4	4
$\Sigma H + \Sigma L - (2N * \text{Skor min})$	108	115	152	115	113	119	84
2N * (Skor max - Skor min)	160	160	160	160	160	160	160
Indeks Kesukaran Butir	0,675	0,71875	0,95	0,71875	0,70625	0,74375	0,525
Hasil IKB	Sedang	Mudah	Mudah	Mudah	Mudah	Mudah	Sedang

Butir Soal 8-14

	8	9	10	11	12	13	14
Jumlah Responden	72	72	72	72	72	72	72
Kelompok atas dan Bawah (N)	20	20	20	20	20	20	20
Jumlah skor K. Atas (H)	43	60	46	78	80	75	70
Jumlah skor K. Bawah (L)	19	22	23	34	48	38	24
Skor Maksimum	4	4	4	4	4	4	4
Skor Minimum	0	0	0	0	0	0	0
2(N)*Skor min	0	0	0	0	0	0	0
(Skor maks)- (skor min)	4	4	4	4	4	4	4
$\Sigma H + \Sigma L - (2N * \text{Skor min})$	62	82	69	112	128	113	94
2N * (Skor max - Skor min)	160	160	160	160	160	160	160
Indeks Kesukaran Butir	0,3875	0,5125	0,43125	0,7	0,8	0,70625	0,5875



Hasil IKB							
	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Mudah	Mudah	Sedang

Lampiran 2. 3 Hasil Analisis Konsistensi Internal Butir dari Hasil Uji Coba

Butir Soal No. 1-10

Correlations

[illegible]

P14	Pearson Correlation	,496**	,596**	,101	,532**	,540**	,483**	,576**	,410**	,457**	,270*
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,398	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,022
	N	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
TOTAL	Pearson Correlation	,690**	,746**	,189	,795**	,759**	,676**	,720**	,530**	,621**	,459**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,112	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	N	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Butir Soal No. 11-14



		P11	P12	P13	P14	TOTAL
P01	Pearson Correlation	,474**	,398**	,382**	,496**	,690**
	Sig. (2-tailed)	,000	,001	,001	,000	,000
	N	72	72	72	72	72
P02	Pearson Correlation	,571**	,578**	,640**	,596**	,746**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	,000
	N	72	72	72	72	72
P03	Pearson Correlation	,136	,171	,110	,101	,189
	Sig. (2-tailed)	,254	,150	,358	,398	,112
	N	72	72	72	72	72
P04	Pearson Correlation	,543**	,626**	,577**	,532**	,795**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	,000
	N	72	72	72	72	72

P05	Pearson Correlation	,539**	,557**	,564**	,540**	,759**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	,000
	N	72	72	72	72	72
P06	Pearson Correlation	,536**	,426**	,410**	,483**	,676**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	,000
	N	72	72	72	72	72
P07	Pearson Correlation	,451**	,460**	,516**	,576**	,720**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	,000
	N	72	72	72	72	72
P08	Pearson Correlation	,328**	,339**	,299*	,410**	,530**
	Sig. (2-tailed)	,005	,004	,011	,000	,000
	N	72	72	72	72	72
P09	Pearson Correlation	,417**	,404**	,416**	,457**	,621**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	,000
	N	72	72	72	72	72
P10	Pearson Correlation	,311**	,241*	,177	,270*	,459**
	Sig. (2-tailed)	,008	,042	,138	,022	,000
	N	72	72	72	72	72
P11	Pearson Correlation	1	,760**	,716**	,795**	,826**
	Sig. (2-tailed)		,000	,000	,000	,000
	N	72	72	72	72	72
P12	Pearson Correlation	,760**	1	,829**	,687**	,811**
	Sig. (2-tailed)	,000		,000	,000	,000
	N	72	72	72	72	72
P13	Pearson Correlation	,716**	,829**	1	,699**	,800**

	Sig. (2-tailed)	,000	,000		,000	,000
	N	72	72	72	72	72
P14	Pearson Correlation	,795**	,687**	,699**	1	,826**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000		,000
	N	72	72	72	72	72
TOTAL	Pearson Correlation	,826**	,811**	,800**	,826**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	
	N	72	72	72	72	72

****.** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

***.** Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).



Lampiran 2. 4 Hasil Analisis Reliabilitas Internal Butir Tes KBK**Case Processing Summary**

		N	%
Cases	Valid	72	100,0
	Excluded ^a	0	,0
	Total	72	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
,914	14



Lampiran 2. 5 Rekapitulasi Hasil Analisis Uji Coba Tes Kemampuan Berpikir Kritis

No	Indeks Daya Beda		Indeks Kesukaran Butir		Konsistensi Internal Butir		Keputusan
	d_{hitung}	Kriteria	I_{hitung}	Kriteria	r_{hitung}	Kriteria	
1	0,4	Sedang	0.675	Sedang	0,690	Konsisten	Digunakan
2	0.4375	Sedang	0.71875	Mudah	0,746	Konsisten	Digunakan
3	0.025	Sangat rendah	0.95	Mudah	0,189	Tidak Konsisten	Tidak Digunakan
4	0.4375	Sedang	0.71875	Mudah	0,795	Konsisten	Digunakan
5	0.4125	Sedang	0.70625	Mudah	0,759	Konsisten	Digunakan
6	0.3625	Rendah	0.74375	Mudah	0,676	Konsisten	Tidak Digunakan
7	0.4	Sedang	0.525	Sedang	0,720	Konsisten	Digunakan
8	0.3	Rendah	0.3875	Sedang	0,530	Konsisten	Tidak Digunakan
9	0.475	Sedang	0.5125	Sedang	0,621	Konsisten	Digunakan
10	0.2875	Rendah	0.43125	Sedang	0,459	Konsisten	Tidak Digunakan
11	0.55	Sedang	0.7	Sedang	0,826	Konsisten	Digunakan
12	0.4	Sedang	0.8	Mudah	0,811	Konsisten	Digunakan
13	0.4625	Sedang	0.70625	Mudah	0,800	Konsisten	Digunakan
14	0.575	Sedang	0.5875	Sedang	0,826	Konsisten	Digunakan



LAMPIRAN III
HASIL UJI COBA INSTRUMEN PENELITIAN



Lampiran 3.1 Modul Ajar Kelompok Eksperimen

Lampiran 3.2 Modul Ajar Kelompok Kontrol



Lampiran 3. 1 Modul Ajar Kelompok Eksperimen**MODUL AJAR KELOMPOK EKSPERIMEN**

I. Informasi Umum	
A. Identitas Sekolah	
Nama Penulis	Febria Septiana Br Surbakti
Asal Instansi	SMA Negeri 4 Singaraja
Tahun Penyusunan	2026
Fase	F
Jenjang	SMA
Kelas	XI
Mata Pelajaran	Fisika
Alokasi Waktu	5 JP
B. Kompetensi Awal	
Peserta didik menganalisis konsep gelombang bunyi, yang meliputi: ➤ Siswa menganalisis karakteristik gelombang bunyi ➤ Siswa menganalisis cepat rambat gelombang bunyi ➤ Siswa menganalisis intensitas dan taraf intensitas gelombang bunyi ➤ Menganalisis mengenai fenomena dawai dan pipa organa ➤ Menganalisis fenomena mengenai persamaan efek doppler	
C. Profil Belajar Pancasila	
Profil pelajar pancasila yang memiliki kaitan erat dengan pembelajaran materi gelombang bunyi adalah sebagai berikut: ➤ Bergotong royong • Siswa bersama kelompok secara sukarela dan saling membantu dalam melakukan kegiatan penyelesaian tugas agar dapat dikerjakan dengan mudah, ringan, dan berjalan lancar. • Masing-masing siswa dapat bekerja sama, saling peduli dan berbagi antar sesama temannya. ➤ Bernalar kritis	

- Mencari informasi yang dapat diperoleh dari buku maupun internet untuk menjawab LKPD
- Dapat memilih referensi informasi yang dapat dipertanggungjawabkan dan dari sumber-sumber informasi yang terpercaya
- Dapat berdiskusi secara bersama kelompok untuk menganalisa dan mengambil keputusan untuk menyelesaikan suatu permasalahan

➤ Kreatif

- Membuat presentasi dari hasil diskusi yang orisinal, bermakna, bermanfaat, dan berdampak.

D. Sarana dan Prasarana

Sarana dan prasarana yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

- Laptop/Smartphone
- LCD Proyektor
- LKPD
- Sumber ajar

E. Target Siswa

Perangkat ajar ini dirancang untuk:

√	Peserta didik regular/tipikal: umum, tidak ada kesulitan dalam mempelajari materi ajar
	Peserta didik dengan kesulitan belajar seperti gaya belajar yang terbatas hanya satu gaya belajar
	Peserta didik berprestasi tinggi: mencerna dengan cepat, mampu mencapai keterampilan berpikir kritis tingkat tinggi (HOTS) dan mampu memimpin

F. Model Pembelajaran

Model pembelajaran yang digunakan adalah model *conceptual understanding procedures*

KOMPONEN INTI

A. Tujuan Pembelajaran
2. Menganalisis karakteristik gelombang bunyi 3. Menganalisis cepat rambat gelombang bunyi pada zat padat, cair dan gas 4. Menganalisis intensitas dan taraf intensitas bunyi 5. Menganalisis mengenai fenomena dawai dan pipa organa 6. Menganalisis fenomena mengenai persamaan efek doppler
B. Pemahaman Bermakna
• Siswa mampu menganalisis karakteristik dan sifat-sifat gelombang • Siswa mampu menganalisis cepat rambat gelombang bunyi pada zat padat, cair dan gas • Siswa mampu menganalisis intensitas dan taraf intensitas bunyi • Siswa mampu menganalisis fenomena dawai dan pipa organa • Siswa mampu menganalisis fenomena mengenai persamaan efek doppler
C. Pertanyaan Pemantik
1. Mengapa saat terjadi petir, pengamat mendengar suara gemuruh setelah melihat kilatan cahaya? 2. Seruling adalah salah satu alat music yang dimainkan dengan cara ditiup, memiliki lubang yang menghasilkan nada berbeda dan apa kaitannya dengan prinsip kerja pipa organa? 3. Pernahkah kalian berada di dekat pengeras suara saat konser atau acara sekolah? Suara yang terdengar terasa sangat keras hingga telinga terasa tidak nyaman. Namun, ketika kita menjauh dari sumber bunyi tersebut, suara yang sama terdengar lebih pelan. Padahal sumber bunyinya tidak berubah. Mengapa suara konser terdengar lebih keras saat kita berada dekat panggung? 4. Jika terdapat dua kendaraan A dan B yang saling berpapasan, dan saling membunyikan klakson mobil. Bagaimanakah suara klakson yang di dengar

oleh kendaraan A dan B, apakah tidak terdengar atau terdengar lebih keras?
Mengapa bisa demikian?

D. Persiapan Pembelajaran

1. Materi Ajar

Materi ajar pada gelombang bunyi membahas tentang:

1. Karakteristik gelombang bunyi
2. Cepat rambat bunyi
3. Sumber bunyi (dawai dan pipa organa)
4. Intensitas dan taraf intensitas bunyi
5. Efek doppler

5. Kontrak Pembelajaran

Membahas Hak dan kewajiban/tanggungjawab siswa selama melakukan proyek pada aspek gelombang bunyi.

- Siswa berhak mengikuti proses pembelajaran setelah memenuhi prasyarat yang ditetapkan (hadir paling lambat 5 menit setelah pembelajaran dimulai).
- Siswa berkewajiban mematuhi tata tertib yang diterapkan di kelas
- Siswa berkewajiban menyelesaikan semua tugas yang diberikan selama proses pembelajaran
- Siswa juga bertanggung jawab atas kelancaran proses pembelajaran.

6. Pengaturan Siswa

Selama pembelajaran, siswa akan bekerja secara berkelompok dengan masing masing kelompok yang terdiri dari 4 orang.

7. Metode Pembelajaran

- Diskusi, berbasis masalah dan penugasan

E. Kegiatan Pembelajaran

Materi Pertemuan 1

1. Karakteristik gelombang bunyi

2. Cepat rambat bunyi Alokasi Waktu: 2 JP (2 x 45 menit)		
A.	Pendahuluan	Waktu
	- Guru membuka pelajaran dengan salam pembuka dan mengkondisikan siswa untuk belajar. - Guru mengajak siswa untuk berdoa sebelum memulai pelajaran - Guru mendata kehadiran siswa - Guru menyampaikan tujuan pembelajaran kepada siswa - Pembiasaan Profil pelajar pancasila: - Beriman, bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, dan berakhlak mulia - Guru memberikan motivasi: Manfaat belajar tentang karakteristik gelombang bunyi dan cepat rambat bunyi - Apersepsi: Karakteristik gelombang bunyi Dalam kehidupan sehari-hari, kita sering mendengar berbagai macam bunyi, seperti suara manusia, alat musik, dan bunyi kendaraan. Setiap bunyi tersebut terdengar berbeda meskipun sama-sama kita dengar dengan telinga. Perbedaan bunyi inilah yang menunjukkan adanya karakteristik gelombang bunyi. Cepat rambat bunyi Saat terjadi petir, kita selalu melihat kilatan cahaya lebih dahulu, kemudian beberapa saat baru mendengar bunyinya. Peristiwa ini sering kita alami dalam kehidupan sehari-hari.	10 menit
B.	Kegiatan inti	
	FASE 1: SISWA BEKERJA SECARA INDIVIDU Guru menyampaikan inti tujuan pembelajaran hari ini.	70 menit

	• Guru memberikan pertanyaan pemantik untuk mengetahui pengetahuan awal siswa yang berkaitan dengan materi yang dipelajari, misalnya: ”Menurut kalian, mengapa suara manusia, alat musik, dan kendaraan terdengar berbeda walaupun sama-sama berupa bunyi?” Mengapa saat terjadi petir, pengamat mendengar suara gemuruh setelah melihat kilatan cahaya?” • Siswa menjawab pertanyaan yang diberikan guru • Guru memberikan pujian dan memperkuat pemahaman siswa • Guru memberikan materi kepada siswa berupa power point. • Siswa menyimak/membaca serta memahami materi tersebut. • Guru membagikan LKPD kepada setiap siswa yang terkait dengan materi dan menjelaskan petunjuk pengerjaannya. • Siswa menerima kemudian mencermati lembar kerja tersebut. Apabila terdapat hal hal yang kurang dimengerti terkait petunjuk pengerjaan, siswa dapat bertanya kepada guru. • Guru mempersilahkan setiap siswa untuk mengerjakan LKPD secara individu. FASE 2: SISWA BEKERJA SECARA BERKELOMPOK (TRIPLET) • Guru membentuk siswa menjadi beberapa kelompok dengan beranggotakan 3 siswa setiap kelompok (dapat disesuaikan lagi apabila jumlah siswa tidak dapat dibagi menjadi 3). • Guru mengarahkan siswa untuk mendiskusikan lebih lanjut terkait penyelesaian dari permasalahan pada lembar kerja yang sudah dikerjakan secara individu.	
--	---	--

	- Siswa mulai berdiskusi bersama kelompoknya dan guru menjadi fasilitator jika terdapat kesulitan dalam diskusi kelompok. FASE 3: DISKUSI KELAS - Guru meminta masing masing kelompok untuk menampilkan hasil diskusinya pada layar. - Guru memperhatikan semua jawaban dari siswa dan mencari letak kesamaan dan perbedaan dari tiap jawaban, kemudian guru memilih jawaban yang terbaik atau paling tepat. - Untuk kelompok yang memiliki jawaban terbaik akan menyajikan hasil, sedangkan siswa yang lainnya memperhatikan dan memberikan tanggapan. - Guru memberikan fasilitas kepada siswa untuk menganalisis hasil diskusi menjadi suatu kesimpulan. - Siswa menyimpulkan dari hasil diskusi terkait materi yang dipelajari.	
C. Penutup		
	- Guru menegaskan kembali terkait kesimpulan yang sudah disampaikan oleh siswa. - Guru merefleksikan materi dan menyampikan materi yang akan dibahas di pertemuan selanjutnya. - Guru mengakhiri kegiatan belajar dengan memberikan pesan dan motivasi tetap semangat belajar dan diakhiri dengan berdoa - Guru dan siswa mengucapkan salam penutup	10 Menit
Materi Pertemuan 2 - Sumber Bunyi (dawai dan Pipa Organa) - Intensitas dan taraf intensitas bunyi Alokasi Waktu: 2 JP (2 x 45 menit)		

A.	Pendahuluan	Waktu
	➤ Guru membuka pelajaran dengan salam pembuka dan mengkondisikan siswa untuk belajar. ➤ Guru mengajak siswa untuk berdoa sebelum memulai pelajaran ➤ Guru mendata kehadiran siswa ➤ Guru menyampaikan tujuan pembelajaran kepada siswa ➤ Pembiasaan Profil pelajar pancasila: - Beriman, bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, dan berakhlak mulia ➤ Guru memberikan motivasi: Manfaat belajar tentang sumber bunyi (dawai dan pipa organa) dan intensitas dan taraf intensitas bunyi • Apersepsi: Sumber bunyi dan pipa organa Pernahkah kalian melihat atau memainkan seruling? Saat ditiup, seruling dapat menghasilkan berbagai nada meskipun berasal dari satu alat musik. Ketika kita membuka dan menutup lubang pada seruling, nada yang dihasilkan juga berubah. Mengapa hal tersebut bisa terjadi? Intensitas dan taraf intensitas bunyi Pernahkah kalian berada di dekat pengeras suara saat konser atau acara sekolah? Suara yang terdengar terasa sangat keras hingga telinga terasa tidak nyaman. Namun, ketika kita menjauh dari sumber bunyi tersebut, suara yang sama terdengar lebih pelan. Padahal sumber bunyinya tidak berubah.	10 menit
B.	Kegiatan inti	
	FASE 1: SISWA BEKERJA SECARA INDIVIDU • Guru menyampaikan inti tujuan pembelajaran hari ini.	70 menit

- Guru memberikan pertanyaan pemantik untuk mengetahui pengetahuan awal siswa yang berkaitan dengan materi yang dipelajari, misalnya:
 ”Menurut kalian, mengapa membuka dan menutup lubang seruling dapat menghasilkan nada yang berbeda?”
 ”Mengapa suara konser terdengar lebih keras saat kita berada dekat panggung?”
- Siswa menjawab pertanyaan yang diberikan guru
- Guru memberikan pujian dan memperkuat pemahaman siswa
- Guru memberikan materi kepada siswa berupa power point.
- Siswa menyimak/membaca serta memahami materi tersebut.
- Guru membagikan LKPD kepada setiap siswa yang terkait dengan materi dan menjelaskan petunjuk pengerjaannya.
- Siswa menerima kemudian mencermati lembar kerja tersebut. Apabila terdapat hal-hal yang kurang dimengerti terkait petunjuk pengerjaan, siswa dapat bertanya kepada guru.
- Guru mempersilahkan setiap siswa untuk mengerjakan LKPD secara individu.

FASE 2: SISWA BEKERJA SECARA BERKELOMPOK (TRIPLET)

- Guru mengarahkan siswa untuk berkumpul dengan kelompok yang sudah dibentuk sebelumnya.
- Guru mengarahkan siswa untuk mendiskusikan lebih lanjut terkait penyelesaian dari permasalahan pada lembar kerja yang sudah dikerjakan secara individu.
- Siswa mulai berdiskusi bersama kelompoknya dan guru menjadi fasilitator jika terdapat kesulitan dalam diskusi kelompok.

FASE 3: DISKUSI KELAS

	- Guru meminta masing masing kelompok untuk menampilkan hasil diskusinya pada layar. - Guru memperhatikan semua jawaban dari siswa dan mencari letak kesamaan dan perbedaan dari tiap jawaban, kemudian guru memilih jawaban yang terbaik atau paling tepat. - Untuk kelompok yang memiliki jawaban terbaik akan menyajikan hasil, sedangkan siswa yang lainnya memperhatikan dan memberikan tanggapan. - Guru memberikan fasilitas kepada siswa untuk menganalisis hasil diskusi menjadi suatu kesimpulan. - Siswa menyimpulkan dari hasil diskusi terkait materi yang dipelajari.	
C.	Penutup	
	- Guru menegaskan kembali terkait kesimpulan yang sudah disampaikan oleh siswa. - Guru merefleksikan materi dan menyampaikan materi yang akan dibahas di pertemuan selanjutnya. - Guru mengakhiri kegiatan belajar dengan memberikan pesan dan motivasi tetap semangat belajar dan diakhiri dengan berdoa - Guru dan siswa mengucapkan salam penutup	10 Menit
Materi Pertemuan 3 1. Efek Doppler Alokasi Waktu: 2 JP (2 x 45 menit)		
A.	Pendahuluan	Waktu
	Guru membuka pelajaran dengan salam pembuka dan mengkondisikan siswa untuk belajar.	10 menit

	• Guru mengajak siswa untuk berdoa sebelum memulai pelajaran • Guru mendata kehadiran siswa • Guru menyampaikan tujuan pembelajaran kepada siswa • Pembiasaan Profil pelajar pancasila: ▪ Beriman, bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, dan berakhlak mulia • Guru memberikan motivasi: tentang manfaat belajar tentang efek doppler • Apersepsi: Efek doppler Pernahkan kalian ketika berada di dalam mobil dan berpapasan dengan teman kalian, dan saling membunyikan klakson. Bagaimana suara yang kalian dengar? apakah tidak terdengar atau terdengar lebih keras? Mengapa bisa demikian?	
B.	Kegiatan inti	
	FASE 1: SISWA BEKERJA SECARA INDIVIDU • Guru menyampaikan inti tujuan pembelajaran hari ini. • Guru memberikan pertanyaan pemantik untuk mengetahui pengetahuan awal siswa yang berkaitan dengan materi yang dipelajari, misalnya: "Apakah yang membuat nada bunyi berubah saat kendaraan saling mendekat dan kemudian menjauh?" • Siswa menjawab pertanyaan yang diberikan guru • Guru memberikan pujian dan memperkuat pemahaman siswa • Guru memberikan materi kepada siswa berupa power point. • Siswa menyimak/membaca serta memahami materi tersebut. • Guru membagikan LKPD kepada setiap siswa yang terkait dengan materi dan menjelaskan petunjuk pengerjaannya.	70 menit

	• Siswa menerima kemudian mencermati lembar kerja tersebut. Apabila terdapat hal hal yang kurang dimengerti terkait petunjuk pengerjaan, siswa dapat bertanya kepada guru. • Guru mempersilahkan setiap siswa untuk mengerjakan LKPD secara individu. FASE 2: SISWA BEKERJA SECARA BERKELOMPOK (TRIPLET) • Guru mengarahkan siswa untuk berkumpul dengan kelompok yang sudah dibentuk sebelumnya. • Guru mengarahkan siswa untuk mendiskusikan lebih lanjut terkait penyelesaian dari permasalahan pada lembar kerja yang sudah dikerjakan secara individu. • Siswa mulai berdiskusi bersama kelompoknya dan guru menjadi fasilitator jika terdapat kesulitan dalam diskusi kelompok. FASE 3: DISKUSI KELAS • Guru meminta masing masing kelompok untuk menampilkan hasil diskusinya pada layar. • Guru memperhatikan semua jawaban dari siswa dan mencari letak kesamaan dan perbedaan dari tiap jawaban, kemudian guru memilih jawaban yang terbaik atau paling tepat. • Untuk kelompok yang memiliki jawaban terbaik akan menyajikan hasil, sedangkan siswa yang lainnya memperhatikan dan memberikan tanggapan. • Guru memberikan fasilitas kepada siswa untuk menganalisis hasil diskusi menjadi suatu kesimpulan. • Siswa menyimpulkan dari hasil diskusi terkait materi yang dipelajari.	
C.	Penutup	

	• Guru menegaskan kembali terkait kesimpulan yang sudah disampaikan oleh siswa. • Guru merefleksikan materi dan menyampikan materi yang akan dibahas di pertemuan selanjutnya. • Guru mengakhiri kegiatan belajar dengan memberikan pesan dan motivasi tetap semangat belajar dan diakhiri dengan berdoa • Guru dan siswa mengucapkan salam penutup	10 Menit
--	--	-----------------

F. Assesmen

Penilaian pemahaman sains dilakukan selama proses pembelajaran melalui tes lisan atau kuis dan tes formatif. Penilaian keterampilan proses dilakukan selama proses pembelajaran melalui presentasi atau penilaian portofolio

G. Refleksi Guru

No	Pertanyaan	Jawaban
1.	Apakah kegiatan membuka pelajaran bisa mempersiapkan dan mengarahkan siswa untuk mengikuti pembelajaran dengan baik?	
2.	Apakah cara penyampaian materi dapat diterima dengan baik oleh siswa?	
3.	Apakah siswa memberikan respon positif terhadap pertanyaan-pertanyaan yang diberikan?	
4.	Apakah pelaksanaan pembelajaran hari ini dapat memberikan semangat kepada siswa untuk lebih antusias dalam pembelajaran selanjutnya?	

5.	Apakah penggunaan model pembelajaran sudah diterapkan dan diterima dengan baik?	
H. Refleksi Siswa		
No	Aspek	Refleksi Guru
1.	Perasaan dalam belajar	Apakah yang menyenangkan dalam kegiatan pembelajaran hari ini?
2.	Makna	Apakah aktivitas pembelajaran hari ini bermakna dalam kehidupan saya?
3.	Penguasaan diri	Saya dapat menguasai materi pelajaran pada hari ini a. Baik b. Cukup c. Kurang
4.	Keaktifan	Apakah saya terlibat aktif dan menyumbangkan ide dalam proses pembelajaran hari ini?
5.	Gotong royong	Apakah saya dapat bekerjasama dengan teman 1 kelompok saya?
I. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)		

Terlampir

J. Pengayaan dan Remedial

Bagi peserta didik yang berprestasi tinggi diberikan pengayaan berupa penyelidikan, atau peserta didik yang berprestasi tinggi juga dapat dijadikan sebagai mentor bagi peserta didik lainnya yang memiliki kesulitan dalam belajar. Sedangkan untuk kegiatan remedial dilakukan untuk peserta didik yang kesulitan dalam belajar melalui pembelajaran tambahan dan mentoring sesama peserta didik.

- Remedial

Peserta didik yang hasil belajarnya belum mencapai target, guru melakukan pengulangan materi dengan pendekatan yang lebih individual dengan memberikan tugas individu tambahan untuk memperbaiki hasil belajar peserta didik yang bersangkutan.

- Pengayaan

Peserta didik yang daya tangkap dan daya kerjanya lebih dari peserta didik lain, guru memberikan kegiatan pengayaan yang lebih menantang dan memperkuat daya serapnya terhadap materi yang telah diajarkan guru.

LAMPIRAN

- 1. Bahan Ajar**
- 2. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)**
- 3. Kisi -kisi Instrumen dan Rubrik Penilaian**
- 4. Daftar Pustaka**

BAHAN AJAR

➤ Pertemuan 1

1. Karakteristik gelombang bunyi

2. Cepat rambat bunyi

A. Karakteristik Gelombang bunyi

Bunyi merupakan gelombang longitudinal yang merambat melalui suatu medium zat, yaitu zat padat, zat cair, dan zat gas, namun tidak dapat bergerak melalui vakum (hampa udara). Bunyi mampu merambat melalui medium dengan cara memindahkan energi kinetik dari suatu molekul ke molekul lainnya. Dalam hal ini, cepat rambat bunyi pada suatu zat padat akan lebih cepat dibandingkan melalui zat lainnya seperti zat cair maupun gas. Hal ini disebabkan karena jarak antar molekul pada zat padat lebih pendek dibandingkan pada zat cair atau gas.

Bunyi mampu mengalami beberapa peristiwa, seperti refleksi, refraksi, difraksi dan interferensi

1. Refleksi

Refleksi merupakan proses pemantulan bunyi, pemantulan bunyi pada ruang tertutup dapat menimbulkan gaung. Gaung merupakan proses pemantulan bunyi yang bersamaan dengan bunyi asli. Sehingga mampu menyebabkan bunyi asli menjadi tidak terdengar jelas.

2. Refraksi

Refraksi merupakan proses pembiasan bunyi. Proses pembiasan bunyi dapat terjadi ketika gelombang bunyi merambat dari satu medium ke medium lain yang memiliki kerapatan yang berbeda.

3. Difraksi

Difraksi merupakan proses penyebaran atau pembelokan arah gelombang saat melintasi bukaan atau penghalang. Dalam hal ini, gelombang bunyi sangat mudah mengalami difraksi. Hal ini disebabkan karena gelombang

bunyi di udara memiliki panjang gelombang dalam rentang beberapa sentimeter sampai beberapa meter. Gelombang yang memiliki panjang gelombang lebih panjang akan lebih mudah mengalami proses difraksi.

4. Interferensi

Interferensi merupakan perpaduan dua gelombang yang bersifat saling menguatkan atau meniadakan. Dalam hal ini, fenomena interferensi gelombang bunyi dapat dengan mudah dipahami ketika berada diantara dua buah pengeras suara yang memiliki frekuensi dan amplitudo yang sama atau hampir sama.

B. Cepat Rambat Bunyi

Bunyi hanya bisa merambat melalui medium, baik itu berbentuk padat, cair maupun gas. Bunyi ditransfer melalui rapatan dan renggangan molekul molekul medium sehingga tekanan dan suhu sangat mempengaruhi cepat rambat bunyi dalam suatu medium. Makin panas suhu medium yang dilalui gelombang bunyi, maka semakin cepat merambat. Cepat rambat bunyi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$v = \lambda \cdot f \text{ atau } v = \frac{\lambda}{T}$$

Dengan:

v = cepat rambat bunyi (m/s)

λ = panjang gelombang bunyi (m)

f = frekuensi bunyi (Hz)

T = periode (s)

Berikut merupakan beberapa data mengenai cepat rambat bunyi dalam suatu medium

Medium	Kecepatan rambat bunyi (m/s)
Udara (0°C)	331
Udara (100°C)	386
Air	1490

Air laut	1530
Alumunium	5100
Besi	5130

Makin rapat susunan partikel medium, maka semakin cepat bunyi merambta, sehingga bunyi merambat paling cepat pada zat padat. Cepat rambat bunyi juga bergantung pada sifat elastisitas material dan massa jenisnya. Kedua besaran ini mempengaruhi kecepatan peerambatan energi getaran pada medium, baik itu zat padat, cair maupun gas.

1. Cepat rambat bunyi pada zat padat

Pada benda padat, cepat rambat bunyi dihitung dengan menggunakan akar perbandingan modulus elastisitas (E) terhadap massa jenis (ρ) bahan tersebut, dengan menggunakan persamaan berikut.

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Keterangan:

v = cepat rambat bunyi (m/s)

E = Modulus Young (N/m^2)

ρ = massa jenis (Kg/m^2)

2. Cepat rambat bunyi pada zat cair

Pada zat cair, cepat rambat bunyi dipengaruhi oleh modulus Bulk (B) dan massa jenis (ρ) benda yang diunjukkan dengan persamaan berikut.

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$$

Keterangan:

v = cepat rambat bunyi (m/s)

E = Modulus Bulk (N/m^2)

ρ = massa jenis (Kg/m^2)

3. Cepat rambat bunyi pada zat gas

Pada zat gas, kecepatan yang ada pada molekul akan dipengaruhi oleh suhu, semakin cepat molekul bergerak maka bunyi akan semakin cepat dirambatkan. Dengan persamaan sebagai berikut.

$$v = \sqrt{\frac{\gamma R \cdot T}{Mr}}$$

Keterangan:

v = cepat rambat bunyi (m/s)

γ = tetapan Laplace

R = tetapan gas umum (J/mol K)

T = suhu mutlak (K)

Mr = massa molekul relative (Kg/mol)

➤ Pertemuan 2

3. Sumber bunyi (Dawai dan Pipa Organa)

4. Intensitas dan taraf intensitas bunyi

A. Sumber bunyi (Dawai dan pipa organa)

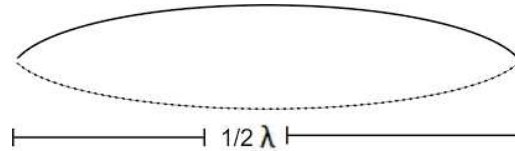
1. Dawai

Pada saat kalian memetik dawai/senar, kalian akan menghasilkan gelombang-gelombang stasioner dengan ujung terikat yang merupakan hasil superposisi gelombang. Frekuensi yang dihasilkan akan beresonansi dengan udara di sekitar dan samapai ke telinga. Gitar merupakan salah satu alat musik yang menggunakan dawai sebagai sumber bunyinya. Gitar dapat menghasilkan nada-nada yang berbeda dengan jalan menekan bagian bagian tertentu pada senar itu saat dipetik. Nada yang dihasilkan dengan pola paling sederhana disebut dengan nada dasar, kemudian secara berturut-turut pola gelombang yang terbentuk

menghasilkan nada atas ke-1, nada atas ke-2, nada atas ke-3 dan seterusnya.

a. Nada Dasar

Nada dasar terjadi apabila sepanjang dawai terbentuk $\frac{1}{2}$ gelombang seperti pada gambar



Tali dengan panjang (L) membentuk $\frac{1}{2} \lambda$, sehingga $L = \frac{1}{2} \lambda$ maka $\lambda = 2L$. Maka frekuensi nada dasar dapat dilihat dengan persamaan

$$f_o = \frac{v}{2L}$$

Keterangan:

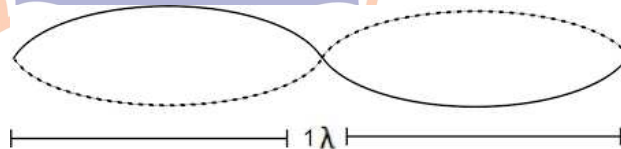
f_o = frekuensi nada dasar (Hz)

v = cepat rambat gelombang bunyi (m/s)

L = panjang dawai (m)

b. Nada atas ke-1

Nada atas ke-1 terjadi apabila sepanjang dawai terbentuk 1 gelombang.



Tali dengan panjang (L) membentuk 1λ , sehingga $L = 1 \lambda$ maka $\lambda = L$. Maka frekuensi nada atas ke-1 dapat dilihat dengan persamaan berikut.

$$f_1 = \frac{2v}{2L} = 2 \left(\frac{v}{2L} \right)$$

Keterangan:

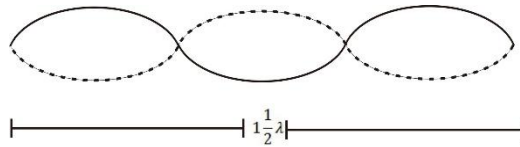
f_1 = frekuensi nada dasar (Hz)

v = cepat rambat gelombang bunyi (m/s)

L = panjang dawai (m)

c. Nada atas ke-2

Nada atas ke-2 terjadi apabila sepanjang dawai terbentuk $1\frac{1}{2}$ gelombang.



Tali dengan panjang (L) membentuk $1\frac{1}{2}\lambda$ atau $\frac{3}{2}\lambda$, sehingga $L = \frac{3}{2}\lambda$ maka $\lambda = \frac{2}{3}L$. Maka frekuensi nada atas ke-2 dapat dilihat dengan persamaan berikut.

$$f_2 = 3\left(\frac{v}{L}\right)$$

Keterangan:

f_2 = frekuensi nada dasar (Hz)

v = cepat rambat gelombang bunyi (m/s)

L = panjang dawai (m)

d. Nada atas ke-3

Nada atas ke-3 terjadi apabila sepanjang dawai terbentuk 2 gelombang.

Tali dengan panjang (L) membentuk 2λ , sehingga $L = 2\lambda$ maka $\lambda = \frac{L}{2}$. Maka frekuensi nada atas ke-3 dapat dilihat dengan persamaan berikut.

$$f_3 = 4\left(\frac{v}{2L}\right)$$

Keterangan:

f_3 = frekuensi nada dasar (Hz)

v = cepat rambat gelombang bunyi (m/s)

L = panjang dawai (m)

Frekuensi nada atas ke-n disebut frekuensi alami atau frekuensi resonansi.

Perbandingan frekuensi nada-nada yang dihasilkan oleh sumber bunyi berupa dawai dengan frekuensi nada dasarnya merupakan perbandingan bilangan bulat.

Berdasarkan data diatas dapat diambil kesimpulan bahwa frekuensi nada atas ke-n

$$f_n = (n + 1) \frac{v}{2L}$$

Frekuensi-frekuensi dan seterusnya disebut frekuensi alami atau resonansi.

$$f_o = \frac{v}{2L}, f_1 = 2 \left(\frac{v}{2L} \right), f_2 = 3 \left(\frac{v}{2L} \right), f_3 = 4 \left(\frac{v}{2L} \right)$$

Perbandingan frekuensi-frekuensi diatas, yaitu:

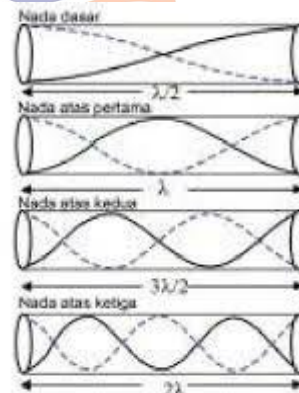
$$f_o : f_1 : f_2 : f_3 = 1 : 2 : 3 : 4$$

2. Pipa Organa

Adapun sumber bunyi yang menggunakan kolom udara sebagai sumber getarnya disebut juga sebagai pipa organa, contohnya pada seruling, terompet atau piano. Pipa organa dibagi menjadi pipa organa terbuka dan pipa organa tertutup.

a. Pipa organa terbuka

Pipa organa terbuka merupakan sebuah pipa dengan kolom udara tanpa penutup pada kedua ujungnya, seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah.



Adapun contoh dari alat musik pipa organa terbuka adalah pianika dan terompet. Sama halnya dengan dawai, frekuensi

pada pipa organa dimulai dengan panjang gelombang $\frac{\lambda}{2}$ dan terus naik dengan beda $\frac{\lambda}{2}$ sehingga penentuan frekuensi nada ke-n dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$f_o = \frac{v}{2L}$$

Keterangan:

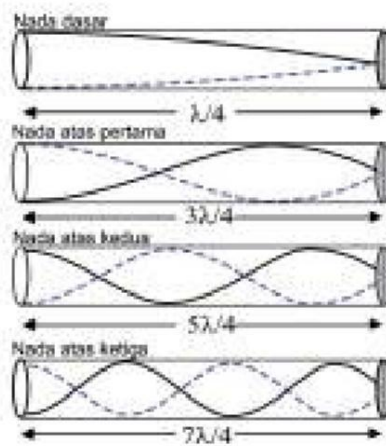
f_o = frekuensi nada dasar (Hz)

v = cepat rambat gelombang bunyi (m/s)

L = panjang dawai (m)

b. Pipa organa tertutup

Pada pipa organa tertutup, salah satu ujung dari kolom udara pada pipa berada dalam posisi tertutup. Hubungan panjang gelombang dan panjang kolom, dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Adapun contoh dari alat musik pipa organa tertutup adalah seruling dan saksofon. Frekuensi tiap tingkatan nada dapat ditunjukkan dengan persamaan berikut.

$$f_n = \frac{2n - 1}{4L} v$$

Keterangan:

f_n = frekuensi nada dasar (Hz)

v = cepat rambat gelombang bunyi (m/s)

L = panjang dawai (m)

B. Intensitas dan Taraf Intensitas Bunyi

Saat bel tanda istirahat di sekolah berdering, pernahkah kalian tidak mendengar suara bel istirahat di sekolah dengan jelas? Kira-kira, mengapa hal tersebut bisa terjadi? Kalian sudah pasti bisa menduga bahwa kalian tidak bisa mendengar dengan jelas karena posisi kalian yang agak jauh dari bel sebagai sumber bunyinya. Sebaliknya jika kalian berada dekat dengan sumber bunyi, tentu terdengar dengan jelas bahkan kadang sampai memekakkan telinga. Inilah yang dinamakan dengan Intensitas Bunyi.

a. Intensitas bunyi

Intensitas adalah besaran untuk mengukur kenyaringan bunyi. Intensitas bunyi adalah energi gelombang bunyi yang menembus permukaan bidang tiap satu satuan luas tiap detiknya (daya bunyi) secara tegak lurus. Pada dasarnya gelombang bunyi merupakan rambatan energi yang berasal dari sumber bunyi yang merambat ke segala arah, sehingga muka gelombangnya berbentuk bola. Besarnya intensitas bunyi di suatu tempat yang berjarak r dari sumber bunyi dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2}$$

Keterangan:

I = intensitas bunyi (W/m^2)

P = energi tiap waktu dan daya (W)

A = luas (m^2)

r = jarak tempat dari sumber bunyi (m)

Taukah kalian bahwa kuat bunyi yang terdengar oleh telinga tidak berbanding lurus dengan besarnya intensitas bunyi. Misalnya, jika intensitas awal 10^{-5} Wm^{-2} dan dinaikkan menjadi $2 \times 10^{-5} \text{ Wm}$, ternyata telinga kita tidak mendengar bunyi dua kali lebih kuat, bahkan telinga merasa mendengar bunyi yang hampir sama kuatnya. Oleh karena jangkauan intensitas bunyi yang dapat didengar manusia sangat besarr maka dibuatlah suatu besaran yang menyatakan intensitas dalam bilangan yang lebih kecil. Besaran ini dinamakan taraf intensitas bunyi disingkat TI.

b. **Taraf Intensitas Bunyi**

Telinga manusia memiliki batas/ambang pendengaran yang berkisar $10^{-12} \text{ watt/m}^2$. Jika kurang dari batas tersebut itu telinga tidak dapat mendengar bunyi dari sumber bunyi. Adapun ukuran kekuatan dari bunyi dinyatakan dengan istilah Taraf intensitas bunyi. Taraf intensitas bunyi merupakan perbandingan nilai logaritma antara intensitas bunyi yang diukur dengan intensitas ambang pendengaran (I_0) yang dituliskan dalam persamaan berikut.

$$TI = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

Keterangan

TI = taraf intensitas bunyi ($\text{dB} = \text{desibel}$)

I = intensitas bunyi (watt/m^2)

I_0 = intensitas ambang pendengaran ($I_0 = 10^{-12} \text{ watt/m}^2$)

Berikut merupakan contoh beberapa taraf intensitas beserta sumbernya:

Sumber Bunyi	Taraf Intensitas (dB)	Intensitas (watt/m^2)

Ambang pendengaran	0	1×10^{-12}
Ambang rasa sakit telinga manusia	120	1
Sirine jarak 30 m	100	1×10^{-2}
Lalu lintas ramai	70	1×10^{-3}
Percakapan biasa jarak 50 cm	65	1×10^{-6}
Radio pelan	40	1×10^{-8}
Bisik bisik	20	1×10^{-10}

➤ Pertemuan ke 3

1. Efek Doppler

A. Efek doppler

Efek doppler adalah peristiwa berubahnya frekuensi bunyi yang diterima oleh pendengar (P) dari frekuensi suatu sumber bunyi (S) apabila sumber bunyi bergerak mendekat atau menjauhi pengamat. Efek doppler dapat dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$f_P = \frac{v \pm v_P}{v \pm v_S} f_S$$

Keterangan

f_P = frekuensi yang didengar pendengar (Hz)

v = kecepatan bunyi di udara (340m/s)

f_S = frekuensi yang dipancarkan sumber bunyi (Hz)

v_P = kecepatan pendengar (m/s)

v_S = kecepatan sumber bunyi (m/s)

Kecepatan pendengar v_P akan berada (+) apabila mendekati sumber dan akan bertanda (-) apabila menjauhi sumber, sedangkan v_S menunjukkan kecepatan sumber bunyi, v_S akan bertanda (+) apabila menjauhi pengamat dan bertanda (-) apabila mendekati pengamat.

Contoh dari efek doppler dapat dilihat pada gambar di bawah. Pada saat sumber suara diam, kedua penerima mendengar frekuensi yang sama, namun saat sumber suara bergerak, salah satu penerima mendengar frekuensi yang lebih besar dari sebelumnya dan penerima lain mendengar frekuensi yang lebih kecil dari sebelumnya.

Lampiran 2. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)

LKPD PERTEMUAN 1

Tujuan

- Menganalisis karakteristik gelombang bunyi

Fenomena

Suatu hari, OSIS mengadakan latihan paduan suara di aula sekolah yang berukuran besar dan memiliki dinding keras. Ketika ketua paduan suara memberi aba-aba dengan suara keras, suara tersebut terdengar kurang jelas dan seolah-olah memanjang. Beberapa kata terdengar saling bertumpuk sehingga sulit dipahami. Namun, saat latihan dipindahkan ke ruang kelas yang lebih kecil dan dilengkapi tirai serta papan mading di dinding, suara aba-aba terdengar lebih jelas



Rumusan Masalah (individu)

1.
2.
3.

4. Dst
Hipotesis (Individu) 1. 2. 3. 4. Dst
Rumusan masalah dan Hipotesis (Kelompok)
Tujuan - Menganalisis cepat rambat gelombang bunyi pada medium air
Fenomena   Perhatikan gambar di atas! Saat kamu sedang mendaki gunung, di tengah perjalanan kamu samar samar mendengar ada suara air terjun. Ketika kamu terus berjalan mendekati air terjun tersebut, kamu dapat mendengar bahwa suara air terjun tersebut semakin keras terdengar. Sesampainya di lokasi air terjun, kamu melihat bahwa air yang jatuh ke permukaan air membentuk gelombang lingkaran.
Rumusan Masalah (individu) 1.

2. 3. 4. Dst
Hipotesis (Individu) 1. 2. 3. 4. Dst
Rumusan masalah dan Hipotesis (Kelompok)
Jawaban akhir kelompok harus menunjukkan keterkaitan yang jelas antara rumusan masalah, hipotesis, dan rumus fisika yang digunakan (sesuai dengan materi).

LKPD PERTEMUAN 2
Tujuan 1. Menganalisis sumber bunyi (dawai dan pipa organa)
Fenomena Saat jam istirahat, Andi bermain gitar di ruang seni sekolah. Ia memetik senar gitar yang berbeda-beda. Andi menyadari bahwa senar yang lebih tipis menghasilkan bunyi yang lebih tinggi, sedangkan senar yang lebih tebal menghasilkan bunyi yang lebih rendah. Kemudian, Andi menekan senar pada bagian tertentu sehingga panjang senar menjadi lebih pendek. Ia kembali memetik senar tersebut dan mendengar bahwa bunyinya menjadi lebih tinggi dibandingkan sebelumnya.



Rumusan Masalah (Individu)

1.
2.
3.

dst

Hipotesis (Individu)

1.
2.
3.

Dst

Rumusan masalah dan hipotesis (Kelompok)

Jawaban akhir kelompok harus menunjukkan keterkaitan yang jelas antara rumusan masalah, hipotesis, dan rumus fisika yang digunakan (sesuai dengan materi).

Tujuan 1. Menganalisis intensitas bunyi dengan perbedaan luas permukaan
Fenomena Perhatikan gambar di atas! Ketika kamu sedang menonton konser musik, kamu menontonnya dengan jarak 3 meter dari panggung. Dengan jarak tersebut kamu mendengar musik yang dimainkan begitu keras dan jelas, sehingga kamu merasakan rasa sakit pada telinga. Oleh karena itu kamu memutuskan untuk mundur ke barisan belakang dan kamu menyadari musik yang terdengar lebih sayup. Rumusan Masalah (Individu) 1. 2. 3. 4. dst
Hipotesis (Individu) 1. 2. 3. 4. Dst
Rumusan masalah dan hipotesis (Kelompok)

Jawaban akhir kelompok harus menunjukkan keterkaitan yang jelas antara rumusan masalah, hipotesis, dan rumus fisika yang digunakan (sesuai dengan materi).

LKPD PERTEMUAN 3

Tujuan

1. Menganalisis perubahan pendengar mendekati dan menjauhi sumber bunyi

Fenomena



Perhatikan gambar di atas! Ketika kamu sedang menonton siaran langsung dari balapan motor GP melalui televisi, kamu menyadari bahwa suara mesin dan suara yang dihasilkan oleh knalpot motor para pembalap akan terdengar berubah-ubah

ketika melewati kamera televisi yang kamu tonton. Fenomena ini akan lebih terdengar jelas jika kamu menonton balapan ini secara langsung dari sirkuit.

Rumusan Masalah

1.
2.
3.
4. dst

Hipotesis

1.
2.
3.
4. dst

Rumusan masalah dan hipotesis (Kelompok)

Buatkan Kesimpulan dari rumusan masalah dan hipotesis yang telah dibuat serta kaitnya dengan konsep fisika yang telah kita pelajari

Lampiran 3. Kisi kisi Instrumen dan Rubrik Penilaian

Lembar Observasi Penilaian Sikap

No	Nama	Pengembangan Sikap/Prilaku				Nilai
		Rasa InginTahu	Kerja Sama	Tanggung Jawab	Jujur	

Rubrik Kriteria Penilaian Sikap

Aspek	skor	Indikator
Rasa Ingin Tahu	4	Selalu bertanya dan mengeksplorasi informasi dari berbagai sumber
	3	Sering bertanya dan mengeksplorasi informasi dari berbagai sumber
	2	Kadang-kadang bertanya dan mengeksplorasi informasi dari berbagai sumber
	1	Tidak pernah bertanya dan mengeksplorasi informasi dari berbagai sumber
Bekerja Sama	4	Selalu bekerja sama dengan teman kelompok
	3	Sering bekerja sama dengan teman kelompok
	2	Kadang-kadang bekerja sama dengan teman kelompok
	1	Tidak pernah bekerja sama dengan teman kelompok
Jujur	4	Selalu menjawab pertanyaan dan melakukan kegiatan dengan jujur
	3	Sering menjawab pertanyaan dan melakukan kegiatan dengan jujur
	2	Kadang-kadang menjawab pertanyaan dan melakukan kegiatan dengan jujur
	1	Tidak pernah menjawab pertanyaan dan melakukan kegiatan dengan jujur
Tanggung Jawab	4	Selalu bertanggungjawab dalam mengikuti jalannya pembelajaran
	3	Sering bertanggungjawab dalam mengikuti jalannya pembelajaran
	2	Kadang-kadang bertanggungjawab dalam mengikuti jalannya pembelajaran
	1	Tidak pernah bertanggungjawab dalam mengikuti jalannya pembelajaran

Keterangan:

Skor maksimum : $4 \times 4 = 16$

$$\text{Nilai} = \text{Skor yang diperoleh} \div \text{Skor maksimum} \times 100$$

Lembar Observasi Penilaian Keterampilan

No	Nama	Penilaian Keterampilan		Jumlah Skor	Nilai
		Visualisasi	Konten		
1					
2					
3					
4					
5					
Dst					

Rubrik Penilaian Keterampilan

Aspek yang dinilai	Indikator Penilaian	Skor
Visualisasi	Memberikan pertanyaan atau menanggapi dengan bahasa yang jelas dan lancar serta gestur yang baik	4
	Memberikan pertanyaan atau menanggapi dengan bahasa yang jelas dan lancar tanpa menggunakan gestur yang baik	3
	Memberikan pertanyaan atau menanggapi dengan bahasa yang tidak jelas dan tidak lancar tapi dengan gestur yang baik	2
	Memberikan pertanyaan atau menanggapi dengan bahasa yang tidak jelas dan tidak lancar serta tidak dengan gestur yang baik	1
Konten	Tepat, jelas dan lengkap	4
	Tepat, jelas, akan tetapi tidak lengkap	3
	Tepat, tetapi tidak jelas dan tidak lengkap	2
	Salah, tidak jelas dan tidak lengkap	1

Keterangan:

Skor maksimal $2 \times 4 = 8$

$$\text{Total Skor} = \frac{\text{Jumlah skor siswa}}{\text{Skor maksimal}} \times 100$$

Lampiran 3. 2 Modul Ajar Kelompok Kontrol

MODUL AJAR KELOMPOK KONTROL

I. Informasi Umum	
A. Identitas Sekolah	
Nama Penulis	Febria Septiana Br Surbakti
Asal Instansi	SMA Negeri 4 Singaraja
Tahun Penyusunan	2026
Fase	F
Jenjang	SMA
Kelas	XI
Mata Pelajaran	Fisika
Alokasi Waktu	5 JP
B. Kompetensi Awal	
➤ Siswa menganalisis karakteristik gelombang bunyi ➤ Siswa menganalisis cepat rambat gelombang bunyi ➤ Siswa menganalisis intensitas dan taraf intensitas gelombang bunyi ➤ Menganalisis mengenai fenomena dawai dan pipa organa ➤ Menganalisis fenomena mengenai persamaan efek doppler	
C. Profil Belajar Pancasila	
Profil pelajar pancasila yang memiliki kaitan erat dengan pembelajaran materi gelombang bunyi adalah sebagai berikut: ➤ Bergotong royong • Siswa bersama kelompok secara sukarela dan saling membantu dalam melakukan kegiatan penyelesaian tugas agar dapat dikerjakan dengan mudah, ringan, dan berjalan lancar. • Masing-masing siswa dapat berkolaborasi, saling peduli dan berbagi antar sesama temannya.	

➤ Bernalar kritis

- Mencari informasi yang dapat diperoleh dari buku maupun internet untuk menjawab LKPD
- Dapat memilih referensi informasi yang dapat dipertanggungjawabkan dan dari sumber-sumber informasi yang terpercaya
- Dapat berdiskusi secara bersama kelompok untuk menganalisa dan mengambil keputusan untuk menyelesaikan suatu permasalahan

➤ Kreatif

- Membuat presentasi dari hasil diskusi yang orisinal, bermakna, bermanfaat, dan berdampak.

D. Sarana dan Prasarana

Sarana dan prasarana yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

- Laptop/Smartphone
- LCD Proyektor
- LKPD
- Sumber ajar

E. Target Siswa

Perangkat ajar ini dirancang untuk:

√	Peserta didik regular/tipikal: umum, tidak ada kesulitan dalam mempelajari materi ajar
	Peserta didik dengan kesulitan belajar seperti gaya belajar yang terbatas hanya satu gaya belajar
	Peserta didik berprestasi tinggi: mencerna dengan cepat, mampu mencapai keterampilan berpikir kritis tingkat tinggi (HOTS) dan mampu memimpin

F. Model Pembelajaran

Model pembelajaran yang digunakan adalah model pembelajaran Konvensional

KOMPONEN INTI

A. Tujuan Pembelajaran
1. Menganalisis karakteristik gelombang bunyi 2. Menganalisis cepat rambat gelombang bunyi pada zat padat, cair dan gas 3. Menganalisis intensitas dan taraf intensitas bunyi 4. Menganalisis mengenai fenomena dawai dan pipa organa 5. Menganalisis fenomena mengenai persamaan efek doppler
B. Pemahaman Bermakna
• Siswa mampu menganalisis karakteristik dan sifat-sifat gelombang • Siswa mampu menganalisis cepat rambat gelombang bunyi pada zat padat, cair dan gas • Siswa mampu menganalisis intensitas dan taraf intensitas bunyi • Siswa mampu menganalisis fenomena dawai dan pipa organa • Siswa mampu menganalisis fenomena mengenai persamaan efek doppler
C. Pertanyaan Pemantik
1. Mengapa saat terjadi petir, pengamat mendengar suara gemuruh setelah melihat kilatan cahaya? 2. Seruling adalah salah satu alat music yang dimainkan dengan cara ditiup, memiliki lubang yang menghasilkan nada berbeda dan apa kaitannya dengan prinsip kerja pipa organa? 3. Pernahkah kalian berada di dekat pengeras suara saat konser atau acara sekolah? Suara yang terdengar terasa sangat keras hingga telinga terasa tidak nyaman. Namun, ketika kita menjauh dari sumber bunyi tersebut, suara yang sama terdengar lebih pelan. Padahal sumber bunyinya tidak berubah. Mengapa suara konser terdengar lebih keras saat kita berada dekat panggung? 4. Jika terdapat dua kendaraan A dan B yang saling berpapasan, dan saling membunyikan klakson mobil. Bagaimanakah suara klakson yang di

dengar oleh kendaraan A dan B, apakah tidak terdengar atau terdengar lebih keras? Mengapa bisa demikian?

D. Persiapan Pembelajaran

1. Materi Ajar

Materi ajar pada gelombang bunyi membahas tentang:

1. Karakteristik gelombang bunyi
2. Cepat rambat bunyi
3. Sumber bunyi (dawai dan pipa organa)
4. Intensitas dan taraf intensitas bunyi
5. Efek doppler

2. Kontrak Pembelajaran

Membahas Hak dan kewajiban/tanggungjawab siswa selama melakukan proyek pada aspek gelombang bunyi.

- Siswa berhak mengikuti proses pembelajaran setelah memenuhi prasyarat yang ditetapkan (hadir paling lambat 5 menit setelah pembelajaran dimulai).
- Siswa berkewajiban mematuhi tata tertib yang diterapkan di kelas
- Siswa berkewajiban menyelesaikan semua tugas yang diberikan selama proses pembelajaran
- Siswa juga bertanggung jawab atas kelancaran proses pembelajaran.

3. Pengaturan Siswa

Selama pembelajaran, siswa akan bekerja secara berkelompok dengan masing masing kelompok yang terdiri dari 3 orang.

4. Metode Pembelajaran

- Diskusi, dan penugasan

E. Kegiatan Pembelajaran

Materi Pertemuan 1

1. Karakteristik gelombang bunyi
2. Cepat rambat bunyi

Alokasi Waktu: 2 JP (2 x 45 menit)		
A.	Pendahuluan	Waktu
	- Guru membuka pelajaran dengan salam pembuka dan mengkondisikan siswa untuk belajar. - Guru mengajak siswa untuk berdoa sebelum memulai pelajaran - Guru mendata kehadiran siswa - Guru menyampaikan tujuan pembelajaran kepada siswa - Pembiasaan Profil pelajar pancasila: - Beriman, bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, dan berakhlak mulia - Guru memberikan motivasi: manfaat belajar tentang karakteristik gelombang bunyi dan cepat rambat bunyi - Apersepsi: Karakteristik gelombang bunyi Dalam kehidupan sehari-hari, kita sering mendengar berbagai macam bunyi, seperti suara manusia, alat musik, dan bunyi kendaraan. Setiap bunyi tersebut terdengar berbeda meskipun sama-sama kita dengar dengan telinga. Perbedaan bunyi inilah yang menunjukkan adanya karakteristik gelombang bunyi. Cepat rambat bunyi Saat terjadi petir, kita selalu melihat kilatan cahaya lebih dahulu, kemudian beberapa saat baru mendengar bunyinya. Peristiwa ini sering kita alami dalam kehidupan sehari-hari.	10 menit
B.	Kegiatan Inti	

	FASE 1: MENDEMONSTRASIKAN PENGETAHUAN DAN KETERAMPILAN - Guru memberikan pertanyaan pemantik yang berkaitan dengan materi yang dipelajari, misalnya: ”Menurut kalian, mengapa suara manusia, alat musik, dan kendaraan terdengar berbeda walaupun sama-sama berupa bunyi?” ”Mengapa saat terjadi petir, pengamat mendengar suara gemuruh setelah melihat kilatan cahaya?” - Siswa menjawab pertanyaan yang diberikan guru - Guru menjelaskan materi secara umum mengenai karakteristik gelombang bunyi dan cepat rambat bunyi tanpa berbantuan powerpoint - Siswa memperhatikan dan mencatat materi yang dijelaskan oleh guru - Guru mengelompokkan siswa menjadi kelompok kecil (3 orang) - Guru memberikan LKPD kepada siswa FASE 2: MEMBIMBING SISWA - Guru membimbing siswa menyelesaikan masalah yang tertuang dalam LKPD - Siswa bersama anggota kelompoknya menyelesaikan masalah yang diberikan dalam LKPD melalui diskusi FASE 3: MENGECEK PEMAHAMAN DAN MEMBERIKAN UMPAN BALIK	70 Menit
--	--	------------------------

	a. Guru menunjuk siswa secara acak untuk memaparkan hasil LKPD yang telah dikerjakan kemudian akan ditanggapi oleh siswa lain b. Guru melakukan pemeriksaan LKPD yang telah dikerjakan oleh siswa c. Guru memberikan masukan dan penilaian terhadap hasil LKPD yang telah dikerjakan siswa d. Guru menyimpulkan materi pelajaran e. Siswa mencatat kesimpulan materi pembelajaran FASE 4: MEMBERI KESEMPATAN UNTUK PELATIHAN LANJUT DAN PENERAPAN • Guru memberikan pelatihan lanjutan berupa latihan soal • Siswa menjawab latihan soal yang diberikan oleh guru	
C.	Penutup	
	• Guru menyampaikan materi yang akan dipelajari di pertemuan berikutnya • Guru mengakhiri kegiatan belajar dengan memberikan pesan dan motivasi tetap semangat belajar dan diakhiri dengan berdoa • Guru dan siswa mengucapkan salam penutup	10 Menit

Materi Pertemuan 2

1. Sumber Bunyi (Dawai dan Pipa organa)
2. Intensitas dan taraf intensitas bunyi

Alokasi Waktu: 2 JP (2 x 45 menit)

A.	Pendahuluan	Waktu
	• Guru membuka pelajaran dengan salam pembuka dan mengkondisikan siswa untuk belajar. • Guru mengajak siswa untuk berdoa sebelum memulai pelajaran • Guru mendata kehadiran siswa • Guru menyampaikan tujuan pembelajaran kepada siswa • Pembiasaan Profil pelajar pancasila: ▪ Beriman, bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, dan berakhlak mulia • Guru memberikan motivasi: Manfaat belajar tentang sumber bunyi (dawai dan pipa organa) dan intensitas dan taraf intensitas bunyi • Apersepsi: Sumber bunyi (dawai dan pipa organa) Pernahkah kalian melihat atau memainkan seruling? Saat ditiup, seruling dapat menghasilkan berbagai nada meskipun berasal dari satu alat musik. Ketika kita membuka dan menutup lubang pada seruling, nada yang dihasilkan juga berubah. Mengapa hal tersebut bisa terjadi? Intensitas dan taraf intensitas bunyi Pernahkah kalian berada di dekat pengeras suara saat konser atau acara sekolah, suara yang terdengar terasa sangat keras hingga telinga terasa tidak nyaman. Namun, ketika kita menjauh dari sumber bunyi tersebut, suara	10 menit

	yang sama terdengar lebih pelan. Padahal sumber bunyinya tidak berubah.	
B.	Kegiatan Inti	
	FASE 1: MENDEMONSTRASIKAN PENGETAHUAN DAN KETERAMPILAN - Guru memberikan pertanyaan pemantik yang berkaitan dengan materi yang dipelajari, misalnya: ”Menurut kalian, mengapa membuka dan menutup lubang seruling dapat menghasilkan nada yang berbeda?” ”Mengapa suara konser terdengar lebih keras saat kita berada dekat panggung?” - Siswa menjawab pertanyaan yang diberikan guru - Guru menjelaskan materi secara umum mengenai sumber bunyi (dawai dan pipa organa) dan intensitas dan taraf intensitas bunyi - Siswa memperhatikan dan mencatat materi yang dijelaskan oleh guru - Guru mengelompokkan siswa menjadi kelompok kecil (3 orang) - Guru memberikan LKPD kepada siswa FASE 2: MEMBIMBING SISWA - Guru membimbing siswa menyelesaikan masalah yang tertuang dalam LKPD - Siswa bersama anggota kelompoknya menyelesaikan masalah yang diberikan dalam LKPD melalui diskusi FASE 3: MENGECEK PEMAHAMAN DAN MEMBERIKAN UMPAN BALIK	70 Menit

	f. Guru menunjuk siswa secara acak untuk memaparkan hasil LKPD yang telah dikerjakan kemudian akan ditanggapi oleh siswa lain g. Guru melakukan pemeriksaan LKPD yang telah dikerjakan oleh siswa h. Guru memberikan masukan dan penilaian terhadap hasil LKPD yang telah dikerjakan siswa i. Guru menyimpulkan materi pelajaran FASE 4: MEMBERI KESEMPATAN UNTUK PELATIHAN LANJUT DAN PENERAPAN - Guru memberikan pelatihan lanjutan berupa latihan soal - Siswa menjawab latihan soal yang diberikan oleh guru	
C.	Penutup	
	- Guru menyampaikan materi yang akan dipelajari di pertemuan berikutnya - Guru mengakhiri kegiatan belajar dengan memberikan pesan dan motivasi tetap semangat belajar dan diakhiri dengan berdoa - Guru dan siswa mengucapkan salam penutup	10 Menit

Materi Pertemuan 3		
1. Efek Doppler Alokasi Waktu: 2 JP (2 x 45 menit)		
A.	Pendahuluan	Waktu
	Guru membuka pelajaran dengan salam pembuka dan mengkondisikan siswa untuk belajar.	10 menit

	• Guru mengajak siswa untuk berdoa sebelum memulai pelajaran • Guru mendata kehadiran siswa • Guru menyampaikan tujuan pembelajaran kepada siswa • Pembiasaan Profil pelajar pancasila: ▪ Beriman, bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, dan berakhlak mulia • Guru memberikan motivasi: Manfaat belajar tentang sumber bunyi (dawai dan pipa organa) dan intensitas dan taraf intensitas bunyi • Apersepsi: Efek doppler Pernahkan kalian ketika berada di dalam mobil dan berpapasan dengan teman kalian, dan saling membunyikan klakson. Bagaimana suara yang kalian dengar? apakah tidak terdengar atau terdengar lebih keras? Mengapa bisa demikian?	
B.	Kegiatan Inti	
	FASE 1: MENDEMONSTRASIKAN PENGETAHUAN DAN KETERAMPILAN • Guru memberikan pertanyaan pemantik yang berkaitan dengan materi yang dipelajari, misalnya: ”Apa yang membuat nada bunyi berubah saat kendaraan saling mendekat dan kemudian menjauh?” • Siswa menjawab pertanyaan yang diberikan guru	70 Menit

	• Guru menjelaskan materi secara umum mengenai efek doppler • Siswa memperhatikan dan mencatat materi yang dijelaskan oleh guru • Guru mengelompokan siswa menjadi kelompok kecil (3 orang) • Guru memberikan LKPD kepada siswa FASE 2: MEMBIMBING SISWA • Guru membimbing siswa menyelesaikan masalah yang tertuang dalam LKPD • Siswa bersama anggota kelompoknya menyelesaikan masalah yang diberikan dalam LKPD melalui diskusi FASE 3: MENGECEK PEMAHAMAN DAN MEMBERIKAN UMPAN BALIK j. Guru menunjuk siswa secara acak untuk memaparkan hasil LKPD yang telah dikerjakan kemudian akan ditanggapi oleh siswa lain k. Guru melakukan pemeriksaan LKPD yang telah dikerjakan oleh siswa l. Guru memberikan masukan dan penilaian terhadap hasil LKPD yang telah dikerjakan siswa m. Guru menyimpulkan materi pelajaran FASE 4: MEMBERI KESEMPATAN UNTUK PELATIHAN LANJUT DAN PENERAPAN • Guru memberikan pelatihan lanjutan berupa latihan soal • Siswa menjawab latihan soal yang diberikan oleh guru	
--	--	--

C.	Penutup	
	- Guru menyampaikan materi yang akan dipelajari di pertemuan berikutnya - Guru mengakhiri kegiatan belajar dengan memberikan pesan dan motivasi tetap semangat belajar dan diakhiri dengan berdoa - Guru dan siswa mengucapkan salam penutup	10 Menit

K. Assesmen		
Penilaian pemahaman sains dilakukan selama proses pembelajaran melalui tes lisan atau kuis dan tes formatif. Penilaian keterampilan proses dilakukan selama proses pembelajaran melalui presentasi atau penilaian portofolio.		
L. Refleksi Guru		
No	Pertanyaan	Jawaban
1.	Apakah kegiatan membuka pelajaran bisa mempersiapkan dan mengarahkan siswa untuk mengikuti pembelajaran dengan baik?	
2.	Apakah cara penyampaian materi dapat diterima dengan baik oleh siswa?	
3.	Apakah siswa memberikan respon positif terhadap pertanyaan-pertanyaan yang diberikan?	
4.	Apakah pelaksanaan pembelajaran hari ini dapat memberikan semangat kepada siswa untuk lebih antusias dalam pembelajaran selanjutnya?	

5.	Apakah penggunaan model pembelajaran sudah diterapkan dan diterima dengan baik?		
M. Refleksi Siswa			
No	Aspek	Refleksi Guru	Jawaban
1.	Perasaan dalam belajar	Apakah yang menyenangkan dalam kegiatan pembelajaran hari ini?	
2.	Makna	Apakah aktivitas pembelajaran hari ini bermakna dalam kehidupan saya?	
3.	Penguasaan diri	Saya dapat menguasai materi pelajaran pada hari ini d. Baik e. Cukup f. Kurang	
4.	Keaktifan	Apakah saya terlibat aktif dan menyumbangkan ide dalam proses pembelajaran hari ini?	
5.	Gotong royong	Apakah saya dapat bekerjasama dengan teman 1 kelompok saya?	
N. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)			
<i>Terlampir</i>			
O. Pengayaan dan Remedial			

Bagi peserta didik yang berprestasi tinggi diberikan pengayaan berupa penyelidikan, atau peserta didik yang berprestasi tinggi juga dapat dijadikan sebagai mentor bagi peserta didik lainnya yang memiliki kesulitan dalam belajar. Sedangkan untuk kegiatan remedial dilakukan untuk peserta didik yang kesulitan dalam belajar melalui pembelajaran tambahan dan mentoring sesama peserta didik.

- Remedial

Peserta didik yang hasil belajarnya belum mencapai target, guru melakukan pengulangan materi dengan pendekatan yang lebih individual dengan memberikan tugas individu tambahan untuk memperbaiki hasil belajar peserta didik yang bersangkutan.

- Pengayaan

Peserta didik yang daya tangkap dan daya kerjanya lebih dari peserta didik lain, guru memberikan kegiatan pengayaan yang lebih menantang dan memperkuat daya serapnya terhadap materi yang telah diajarkan guru.

LAMPIRAN

1. Bahan ajar
2. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)
3. Kisi-kisi instrumen dan rubrik penilaian
4. Daftar pustaka

MATERI AJAR

Materi Pertemuan 1

1. **Karakteristik gelombang bunyi**
2. **Cepat rambat bunyi**

A. Karakteristik Gelombang bunyi

Bunyi merupakan gelombang longitudinal yang merambat melalui suatu medium zat, yaitu zat padat, zat cair, dan zat gas, namun tidak dapat bergerak melalui vakum (hampa udara). Bunyi mampu merambat melalui medium dengan cara memindahkan energi kinetik dari suatu molekul ke molekul lainnya. Dalam hal ini, cepat rambat bunyi pada suatu zat padat akan lebih cepat dibandingkan melalui zat lainnya seperti zat cair maupun gas. Hal ini disebabkan karena jarak antar molekul pada zat padat lebih pendek dibandingkan pada zat cair atau gas.

Bunyi mampu mengalami beberapa peristiwa, seperti refleksi, refraksi, difraksi dan interferensi

1. Refleksi

Refleksi merupakan proses pemantulan bunyi, pemantulan bunyi pada ruang tertutup dapat menimbulkan gaung. Gaung merupakan proses pemantulan bunyi yang bersamaan dengan bunyi asli. Sehingga mampu menyebabkan bunyi asli menjadi tidak terdengar jelas.

2. Refraksi

Refraksi merupakan proses pembiasan bunyi. Proses pembiasan bunyi dapat terjadi ketika gelombang bunyi merambat dari satu medium ke medium lain yang memiliki kerapatan yang berbeda.

3. Difraksi

Difraksi merupakan proses penyebaran atau pembelokan arah gelombang saat melintasi bukaan atau penghalang. Dalam hal ini, gelombang bunyi sangat mudah mengalami difraksi. Hal ini disebabkan karena gelombang

bunyi di udara memiliki panjang gelombang dalam rentang beberapa sentimeter sampai beberapa meter. Gelombang yang memiliki panjang gelombang lebih panjang akan lebih mudah mengalami proses difraksi.

4. Interferensi

Interferensi merupakan perpaduan dua gelombang yang bersifat saling menguatkan atau meniadakan. Dalam hal ini, fenomena interferensi gelombang bunyi dapat dengan mudah dipahami ketika berada diantara dua buah pengeras suara yang memiliki frekuensi dan amplitudo yang sama atau hampir sama.

B. Cepat Rambat Bunyi

Bunyi hanya bisa merambat melalui medium, baik itu berbentuk padat, cair maupun gas. Bunyi ditransfer melalui rapatan dan renggangan molekul molekul medium sehingga tekanan dan suhu sangat mempengaruhi cepat rambat bunyi dalam suatu medium. Makin panas suhu medium yang dilalui gelombang bunyi, maka semakin cepat merambat. Cepat rambat bunyi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$v = \lambda \cdot f \text{ atau } v = \frac{\lambda}{T}$$

Dengan:

v = cepat rambat bunyi (m/s)

λ = panjang gelombang bunyi (m)

f = frekuensi bunyi (Hz)

T = periode (s)

Berikut merupakan beberapa data mengenai cepat rambat bunyi dalam suatu medium

Medium	Kecepatan rambat bunyi (m/s)
Udara (0°C)	331
Udara (100°C)	386
Air	1490

Air laut	1530
Alumunium	5100
Besi	5130

Makin rapat susunan partikel medium, maka semakin cepat bunyi merambta, sehingga bunyi merambat paling cepat pada zat padat. Cepat rambat bunyi juga bergantung pada sifat elastisitas material dan massa jenisnya. Kedua besaran ini mempengaruhi kecepatan peerambatan energi getaran pada medium, baik itu zat padat, cair maupun gas.

a. Cepat rambat bunyi pada zat padat

Pada benda padat, cepat rambat bunyi dihitung dengan menggunakan akar perbandingan modulud elastisitas (E) terhadap massa jenis (ρ) bahan tersebut, dengan menggunakan persamaan berikut.

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Keterangan:

v = cepat rambat bunyi (m/s)

E = Modulus Young (N/m^2)

ρ = massa jenis (Kg/m^2)

b. Cepat rambat bunyi pada zat cair

Pada zat cair, cepat rambat bunyi dipengaruhi oleh modulus Bulk (B) dan massa jenis (ρ) benda yang diunjukkan dengan persamaan berikut.

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$$

Keterangan:

v = cepat rambat bunyi (m/s)

E = Modulus Bulk (N/m^2)

ρ = massa jenis (Kg/m^2)

c. Cepat rambat bunyi pada zat gas

Pada zat gas, kecepatan yang ada pada molekul akan dipengaruhi oleh suhu, semakin cepat molekul bergerak maka bunyi akan semakin cepat dirambatkan. Dengan persamaan sebagai berikut.

$$v = \sqrt{\frac{\gamma R \cdot T}{Mr}}$$

Keterangan:

v = cepat rambat bunyi (m/s)

γ = tetapan Laplace

R = tetapan gas umum ($J/mol \cdot K$)

T = suhu mutlak (K)

Mr = massa molekul relative (Kg/mol)

Materi Pertemuan 2

1. Sumber bunyi (Dawai dan Pipa Organa)
2. Intensitas dan taraf intensitas bunyi

A. Sumber bunyi (Dawai dan pipa organa)

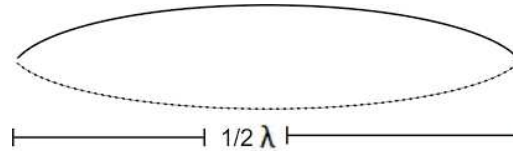
1. Dawai

Pada saat kalian memetik dawai/senar, kalian akan menghasilkan gelombang-gelombang stasioner dengan ujung terikat yang merupakan hasil superposisi gelombang. Frekuensi yang dihasilkan akan beresonansi dengan udara di sekitar dan samapai ke telinga. Gitar merupakan salah satu alat musik yang menggunakan dawai sebagai sumber bunyinya. Gitar dapat menghasilkan nada-nada yang berbeda dengan jalan menekan bagian bagian tertentu pada senar itu saat dipetik. Nada yang dihasilkan dengan pola paling sederhana disebut dengan nada dasar, kemudian secara berturut-turut pola gelombang yang terbentuk

menghasilkan nada atas ke-1, nada atas ke-2, nada atas ke-3 dan seterusnya.

a. Nada Dasar

Nada dasar terjadi apabila sepanjang dawai terbentuk $\frac{1}{2}$ gelombang seperti pada gambar



Tali dengan panjang (L) membentuk $\frac{1}{2} \lambda$, sehingga $L = \frac{1}{2} \lambda$ maka $\lambda = 2L$. Maka frekuensi nada dasar dapat dilihat dengan persamaan

$$f_o = \frac{v}{2L}$$

Keterangan:

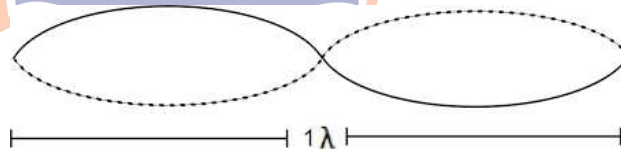
f_o = frekuensi nada dasar (Hz)

v = cepat rambat gelombang bunyi (m/s)

L = panjang dawai (m)

b. Nada atas ke-1

Nada atas ke-1 terjadi apabila sepanjang dawai terbentuk 1 gelombang.



Tali dengan panjang (L) membentuk 1λ , sehingga $L = 1 \lambda$ maka $\lambda = L$. Maka frekuensi nada atas ke-1 dapat dilihat dengan persamaan berikut.

$$f_1 = \frac{2v}{2L} = 2 \left(\frac{v}{2L} \right)$$

Keterangan:

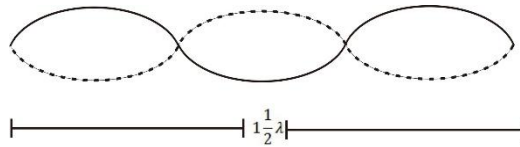
f_1 = frekuensi nada dasar (Hz)

v = cepat rambat gelombang bunyi (m/s)

L = panjang dawai (m)

c. Nada atas ke-2

Nada atas ke-2 terjadi apabila sepanjang dawai terbentuk $1\frac{1}{2}$ gelombang.



Tali dengan panjang (L) membentuk $1\frac{1}{2}\lambda$ atau $\frac{3}{2}\lambda$, sehingga $L = \frac{3}{2}\lambda$ maka $\lambda = \frac{2}{3}L$. Maka frekuensi nada atas ke-2 dapat dilihat dengan persamaan berikut.

$$f_2 = 3\left(\frac{v}{L}\right)$$

Keterangan:

f_2 = frekuensi nada dasar (Hz)

v = cepat rambat gelombang bunyi (m/s)

L = panjang dawai (m)

d. Nada atas ke-3

Nada atas ke-3 terjadi apabila sepanjang dawai terbentuk 2 gelombang.

Tali dengan panjang (L) membentuk 2λ , sehingga $L = 2\lambda$ maka $\lambda = \frac{L}{2}$. Maka frekuensi nada atas ke-3 dapat dilihat dengan persamaan berikut.

$$f_3 = 4\left(\frac{v}{2L}\right)$$

Keterangan:

f_3 = frekuensi nada dasar (Hz)

v = cepat rambat gelombang bunyi (m/s)

L = panjang dawai (m)

Frekuensi nada atas ke- n disebut frekuensi alami atau frekuensi resonansi. Perbandingan frekuensi nada-nada yang dihasilkan oleh sumber bunyi berupa dawai dengan frekuensi nada dasarnya merupakan perbandingan bilangan bulat. Berdasarkan data diatas dapat diambil kesimpulan bahwa frekuensi nada atas ke- n

$$f_n = (n + 1) \frac{v}{2L}$$

Frekuensi-frekuensi dan seterusnya disebut frekuensi alami atau resonansi.

$$f_0 = \frac{v}{2L}, f_1 = 2\left(\frac{v}{2L}\right), f_2 = 3\left(\frac{v}{2L}\right), f_3 = 4\left(\frac{v}{2L}\right)$$

Perbandingan frekuensi-frekuensi diatas, yaitu:

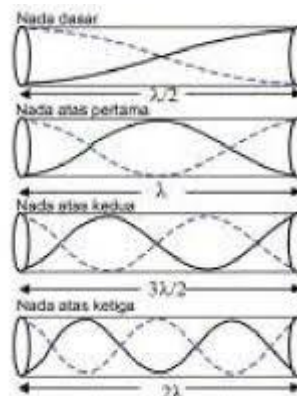
$$f_0 : f_1 : f_2 : f_3 = 1 : 2 : 3 : 4$$

2. Pipa Organa

Adapun sumber bunyi yang menggunakan kolom udara sebagai sumber getarnya disebut juga sebagai pipa organa, contohnya pada seruling, terompet atau piano. Pipa organa dibagi menjadi pipa organa terbuka dan pipa organa tertutup.

a. Pipa organa terbuka

Pipa organa terbuka merupakan sebuah pipa dengan kolom udara tanpa penutup pada kedua ujungnya, seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah.



Adapun contoh dari alat musik pipa organa terbuka adalah pianika dan terompet. Sama halnya dengan dawai, frekuensi pada pipa organa dimulai dengan panjang gelombang $\frac{\lambda}{2}$ dan terus naik dengan beda $\frac{\lambda}{2}$ sehingga penentuan frekuensi nada ke-n dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$f_o = \frac{v}{2L}$$

Keterangan:

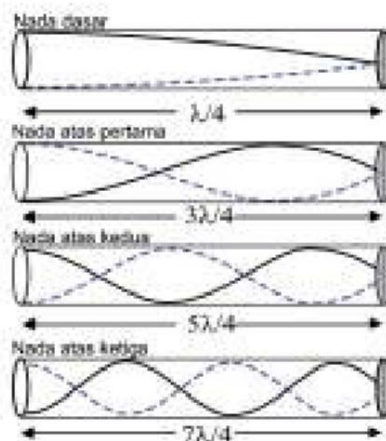
f_o = frekuensi nada dasar (Hz)

v = cepat rambat gelombang bunyi (m/s)

L = panjang dawai (m)

b. Pipa organa tertutup

Pada pipa organa tertutup, salah satu ujung dari kolom udara pada pipa berada dalam posisi tertutup. Hubungan panjang gelombang dan panjang kolom, dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Adapun contoh dari alat musik pipa organa tertutup adalah

seruling dan saksofon. Frekuensi tiap tingkatan nada dapat ditunjukkan dengan persamaan berikut.

$$f_n = \frac{2n - 1}{4L} v$$

Keterangan:

f_n = frekuensi nada dasar (Hz)

v = cepat rambat gelombang bunyi (m/s)

L = panjang dawai (m)

3. Intensitas dan Taraf Intensitas Bunyi

Saat bel tanda istirahat di sekolah berdering, pernahkah kalian tidak mendengar suara bel istirahat di sekolah dengan jelas? Kira-kira, mengapa hal tersebut bisa terjadi? Kalian sudah pasti bisa menduga bahwa kalian tidak bisa mendengar dengan jelas karena posisi kalian yang agak jauh dari bel sebagai sumber bunyinya. Sebaliknya jika kalian berada dekat dengan sumber bunyi, tentu terdengar dengan jelas bahkan kadang sampai memekakkan telinga. Inilah yang dinamakan dengan Intensitas Bunyi.

a. Intensitas bunyi

Intensitas adalah besaran untuk mengukur kenyaringan bunyi. Intensitas bunyi adalah energi gelombang bunyi yang menembus permukaan bidang tiap satu satuan luas tiap detiknya (daya bunyi) secara tegak lurus. Pada dasarnya gelombang bunyi merupakan rambatan energi yang berasal dari sumber bunyi yang merambat ke segala arah, sehingga muka gelombangnya berbentuk bola. Besarnya intensitas bunyi di suatu tempat yang berjarak r dari sumber bunyi dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2}$$

Keterangan:

I = intensitas bunyi (W/m^2)

P = energi tiap waktu dan daya (W)

A = luas (m^2)

r = jarak tempat dari sumber bunyi (m)

Taukah kalian bahwa kuat bunyi yang terdengar oleh telinga tidak berbanding lurus dengan besarnya intensitas bunyi. Misalnya, jika intensitas awal $10^{-5} Wm^{-2}$ dan dinaikkan menjadi $2 \times 10^{-5} Wm$, ternyata telinga kita tidak mendengar bunyi dua kali lebih kuat, bahkan telinga merasa mendengar bunyi yang hampir sama kuatnya. Oleh karena jangkauan intensitas bunyi yang dapat didengar manusia sangat besarr maka dibuatlah suatu besaran yang menyatakan intensitas dalam bilangan yang lebih kecil. Besaran ini dinamakan taraf intensitas bunyi disingkat TI.

b. Taraf Intensitas Bunyi

Telinga manusia memiliki batas/ambang pendengaran yang berkisar $10^{-12} watt/m^2$. Jika kurang dari batas tersebut itu telinga tidak dapat mendengar bunyi dari sumber bunyi. Adapun ukuran kekuatan dari bunyi dinyatakan dengan istilah Taraf intensitas bunyi. Taraf intensitas bunyi merupakan perbandingan nilai logaritma antara intensitas bunyi yang diukur dengan intensitas ambang pendengaran (I_0) yang dituliskan dalam persamaan berikut.

$$TI = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

Keterangan

TI = taraf intensitas bunyi ($dB=desibel$)

I = intensitas bunyi ($watt/m^2$)

I_0 = intensitas ambang pengdengaran ($I_0 = 10^{-12} watt/m^2$)

Berikut merupakan contoh beberapa taraf intensitas beserta sumbernya:

Sumber Bunyi	Taraf Intensitas (dB)	Intensitas (watt/m ²)
Ambang pendengaran	0	1×10^{-12}
Ambang rasa sakit telinga manusia	120	1
Sirine jarak 30 m	100	1×10^{-2}
Lalu lintas ramai	70	1×10^{-3}
Percakapan biasa jarak 50 cm	65	1×10^{-6}
Radio pelan	40	1×10^{-8}
Bisik bisik	20	1×10^{-10}

Materi Pertemuan 3

1. Efek Doppler

Efek doppler adalah peristiwa berubahnya frekuensi bunyi yang diterima oleh pendengar (P) dari frekuensi suatu sumber bunyi (S) apabila sumber bunyi bergerak mendekat atau menjauhi pengamat. Efek doppler dapat dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$f_P = \frac{v \pm v_P}{v \pm v_S} f_S$$

Keterangan

f_P = frekuensi yang didengar pendengar (Hz)

v = kecepatan bunyi di udara (340m/s)

f_S = frekuensi yang dipancarkan sumber bunyi (Hz)

v_P = kecepatan pendengar (m/s)

v_S = kecepatan sumber bunyi (m/s)

Kecepatan pendengar v_P akan berada (+) apabila mendekati sumber dan akan bertanda (-) apabila menjauhi sumber, sedangkan v_S menunjukkan kecepatan sumber

bunyi, v_s akan bertanda (+) apabila menjauhi pengamat dan bertanda (-) apabila mendekati pengamat.

Contoh dari efek doppler dapat dilihat pada gambar di bawah. Pada saat sumber suara diam, kedua penerima mendengar frekuensi yang sama, namun saat sumber suara bergerak, salah satu penerima mendengar frekuensi yang lebih besar dari sebelumnya dan penerima lain mendengar frekuensi yang lebih kecil dari sebelumnya.

Lampiran 2 Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)

LKPD PERTEMUAN 1 NAMA KELOMPOK: 1. 2. 3. 4. KELAS:	
Tujuan - Menganalisis karakteristik gelombang bunyi	
Fenomena Suatu hari, OSIS mengadakan latihan paduan suara di aula sekolah yang berukuran besar dan memiliki dinding keras. Ketika ketua paduan suara memberi aba-aba dengan suara keras, suara tersebut terdengar kurang jelas dan seolah-olah memanjang. Beberapa kata terdengar saling bertumpuk sehingga sulit dipahami. Namun, saat latihan dipindahkan ke ruang kelas yang lebih kecil dan dilengkapi tirai serta papan mading di dinding, suara aba-aba terdengar lebih jelas	



1. Mengapa suara aba-aba ketua paduan suara terdengar kurang jelas dan seolah-olah memanjang saat latihan dilakukan di aula besar dengan dinding keras?
2. Mengapa beberapa kata terdengar saling bertumpuk di aula, tetapi tidak terjadi di ruang kelas yang lebih kecil?
3. Apa perbedaan karakteristik bunyi yang terdengar di ruangan besar berdinding keras dan ruangan kecil dengan tirai serta papan mading?

Tujuan

- Menganalisis cepat rambat gelombang bunyi pada medium air

Fenomena



Perhatikan gambar di atas! Saat kamu sedang mendaki gunung, di tengah perjalanan kamu samar samar mendengar ada suara air terjun. Ketika kamu terus berjalan mendekati air terjun tersebut, kamu dapat mendengar bahwa suara air terjun tersebut

semakin keras terdengar. Sesampainya di lokasi air terjun, kamu melihat bahwa air yang jatuh ke permukaan air membentuk gelombang lingkaran.

1. Mengapa suara air terjun terdengar samar saat masih jauh dan terdengar semakin keras ketika kita mendekatinya?
2. Faktor-faktor apa saja yang memengaruhi cepat rambat gelombang bunyi dalam medium air?
3. Mengapa air yang jatuh ke permukaan air membentuk gelombang lingkaran?

Nama Kelompok:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Kelas:

Soal:

Pada permainan tradisional seperti telepon kaleng, kita dapat mendengar suara teman kita melalui kaleng tersebut. Hal ini terjadi ketika benang yang digunakan ditegangkan, namun ketika benang tersebut kendur kita tidak dapat mendengar suara teman kita.

Pertanyaan:

1. Mengapa saat benang dikendurkan kita tidak dapat mendengar suara teman kita?
2. Sebutkan medium perambatan bunyi!
3. Jika frekuensi gelombang yang dihasilkan adalah 30 Hz dengan jarak sejauh 40 cm, maka berapakah cepat rambat gelombang tersebut?

LKPD PERTEMUAN 2

NAMA KELOMPOK:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

KELAS:**Tujuan**

Menganalisis sumber bunyi (dawai dan pipa organa)

Fenomena

Saat jam istirahat, Andi bermain gitar di ruang seni sekolah. Ia memetik senar gitar yang berbeda-beda. Andi menyadari bahwa senar yang lebih tipis menghasilkan bunyi yang lebih tinggi, sedangkan senar yang lebih tebal menghasilkan bunyi yang lebih rendah.

Kemudian, Andi menekan senar pada bagian tertentu sehingga panjang senar menjadi lebih pendek. Ia kembali memetik senar tersebut dan mendengar bahwa bunyinya menjadi lebih tinggi dibandingkan sebelumnya.



1. Bagaimana pengaruh ketebalan senar dan panjang dawai terhadap frekuensi bunyi?
2. Mengapa senar gitar yang tipis menghasilkan bunyi lebih tinggi dan senar gitar yang tebal menghasilkan bunyi lebih rendah?
3. Dari peristiwa ini, apa yang dapat kamu simpulkan tentang faktor-faktor yang memengaruhi nada bunyi pada gitar?

Cermati situasi masalah berikut ini!

Saksofon merupakan alat music yang menghasilkan suara melalui getaran udara di dalam pipa. Alat music ini memiliki lubang-lubang yang dapat dibuka dan ditutup untuk mengubah Panjang kolom udara di dalamnya. Sehingga dapat menghasilkan nada yang berbeda. Dari pernyataan di atas, mengapa lubang tersebut dapat menghasilkan nada yang berbeda? Saat seseorang memainkannya, mengapa nada

yang dihasilkan sumbang? Adakah hubungannya dengan prinsip dari pipa organa pada fisika? Berikan argumen Anda terhadap situasi tersebut!

NAMA KELOMPOK:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

KELAS:

1. Terdapat sumber gelombang bunyi yang memancarkan gelombang ke medium sekitarnya dengan besar daya 3,14 watt. Tentukanlah intensitas gelombang bunyi pada jarak 10 meter dari sumber bunyi.
2. Taraf intensitas sebuah mesin jahit 30 dB dan intensitas ambang bunyi besarnya 10^{-12} W/m^2 maka berapa besar intensitasnya bunyi untuk 100 mesin jahit?
3. Tentukanlah pernyataan berikut, dengan memilih salah atau benar
 - a. Taraf bunyi adalah ukuran kuat atau lemahnya bunyi yang didengar.
 - b. Semakin besar amplitudo gelombang suara, semakin rendah intensitas bunyinya.
 - c. Satuan SI untuk intensitas bunyi adalah desibel (dB)
 - d. Bunyi dapat merambat di ruang hampa
 - e. Bunyi dapat merambat lebih cepat dalam udara dingin dibandingkan dengan udara panas
4. Apakah perbedaan yang dimiliki oleh taraf intensitas bunyi dengan intensitas bunyi?

Tujuan

Menganalisis intensitas bunyi dengan perbedaan luas permukaan

Fenomena



Perhatikan gambar di atas! Ketika kamu sedang menonton konser musik, kamu menontonnya dengan jarak 3 meter dari panggung. Dengan jarak tersebut kamu mendengar musik yang dimainkan begitu keras dan jelas, sehingga kamu merasakan rasa sakit pada telinga. Oleh karena itu kamu memutuskan untuk mundur ke barisan belakang dan kamu menyadari musik yang terdengar lebih sayup.

1. Mengapa saat kamu menjauh dari panggung, suara musik terdengar lebih sayup sedangkan musik di dekat panggung terdengar sangat keras?
2. Bagaimana pengaruh jarak terhadap kuat lemahnya bunyi yang terdengar?
3. Mengapa telinga bisa terasa sakit saat mendengar musik yang terlalu keras?

LKPD PERTEMUAN 3

NAMA KELOMPOK:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

KELAS:

Tujuan

1. Menganalisis perubahan pendengar mendekati dan menjauhi sumber bunyi

Fenomena



Perhatikan gambar di atas! Ketika kamu sedang menonton siaran langsung dari balapan motor GP melalui televisi, kamu menyadari bahwa suara mesin dan suara yang dihasilkan oleh knalpot motor para pembalap akan terdengar berubah-ubah ketika melewati kamera televisi yang kamu tonton. Fenomena ini akan lebih terdengar jelas jika kamu menonton balapan ini secara langsung dari sirkuit.

1. Mengapa suara motor terdengar berubah-ubah saat motor melintas di depan kamera?
2. Mengapa suara motor terdengar lebih tinggi saat motor mendekati kamera dan terdengar lebih rendah saat motor menjauh dari kamera?
3. Apa kesimpulan yang dapat kamu ambil tentang pengaruh gerak sumber bunyi terhadap bunyi yang terdengar?
4. Sebuah mobil ambulans membunyikan sirene dengan frekuensi 1000 Hz dan bergerak menuju pengamat dengan kecepatan 20 m/s. Jika cepat rambat bunyi di udara adalah 340 m/s, hitung frekuensi bunyi yang didengar pengamat!



Lampiran 3. Kisi kisi Instrumen dan Rubrik Penilaian

Lembar Observasi Penilaian Sikap

No	Nama	Pengembangan Sikap/Prilaku				Nilai
		Rasa Ingin Tahu	Kerja Sama	Tanggung Jawab	Jujur	

Rubrik Kriteria Penilaian Sikap

Aspek	skor	Indikator
Rasa Ingin Tahu	4	Selalu bertanya dan mengeksplorasi informasi dari berbagai sumber
	3	Sering bertanya dan mengeksplorasi informasi dari berbagai sumber
	2	Kadang-kadang bertanya dan mengeksplorasi informasi dari berbagai sumber
	1	Tidak pernah bertanya dan mengeksplorasi informasi dari berbagai sumber
Bekerja Sama	4	Selalu bekerja sama dengan teman kelompok
	3	Sering bekerja sama dengan teman kelompok
	2	Kadang-kadang bekerja sama dengan teman kelompok
	1	Tidak pernah bekerja sama dengan teman kelompok
Jujur	4	Selalu menjawab pertanyaan dan melakukan kegiatan dengan jujur
	3	Sering menjawab pertanyaan dan melakukan kegiatan dengan jujur
	2	Kadang-kadang menjawab pertanyaan dan melakukan kegiatan dengan jujur
	1	Tidak pernah menjawab pertanyaan dan melakukan kegiatan dengan jujur
Tanggung Jawab	4	Selalu bertanggungjawab dalam mengikuti jalannya pembelajaran
	3	Sering bertanggungjawab dalam mengikuti jalannya pembelajaran
	2	Kadang-kadang bertanggungjawab dalam mengikuti jalannya pembelajaran
	1	Tidak pernah bertanggungjawab dalam mengikuti jalannya pembelajaran

Keterangan:

Skor maksimum : $4 \times 4 = 16$

$$\text{Nilai} = \text{Skor yang diperoleh} \times \frac{100}{\text{Skor maksimum}}$$

Lembar Observasi Penilaian Keterampilan

No	Nama	Penilaian Keterampilan		Jumlah Skor	Nilai
		Visualisasi	Konten		
1					
2					
3					
4					
5					
Dst					

Rubrik Penilaian Keterampilan

Aspek yang dinilai	Indikator Penilaian	Skor
Visualisasi	Memberikan pertanyaan atau menanggapi dengan bahasa yang jelas dan lancar serta gestur yang baik	4
	Memberikan pertanyaan atau menanggapi dengan bahasa yang jelas dan lancar tanpa menggunakan gestur yang baik	3
	Memberikan pertanyaan atau menanggapi dengan bahasa yang tidak jelas dan tidak lancar tapi dengan gestur yang baik	2
	Memberikan pertanyaan atau menanggapi dengan bahasa yang tidak jelas dan tidak lancar serta tidak dengan gestur yang baik	1
Konten	Tepat, jelas dan lengkap	4
	Tepat, jelas, akan tetapi tidak lengkap	3
	Tepat, tetapi tidak jelas dan tidak lengkap	2
	Salah, tidak jelas dan tidak lengkap	1

Keterangan:

Skor maksimal $2 \times 4 = 8$

$$\text{Total Skor} = \frac{\text{Jumlah skor siswa}}{\text{Skor maksimal}} \times 100$$

LAMPIRAN IV
DATA HASIL PENELITIAN



Lampiran 4.1 Data Hasil *Pretest* Kelompok Eksperimen

Lampiran 4.2 Data Hasil *Pretest* Kelompok Kontrol

Lampiran 4.3 Data Hasil *Posttest* Kelompok Eksperimen

Lampiran 4.4 Data Hasil *Posttest* Kelompok Kontrol



Lampiran 4. 1 Data Hasil *Pretest* Kelompok Eksperimen

No Responde n	Skor Perbutir										Tot al	Skala 100
	1 D1	2 D1	3 D2	4 D2	5 D4	6 D3	7 D5	8 D6	9 D6	10 D5		
1	2	1	0	2	0	2	1	0	1	0	9	22,5
2	1	1	0	2	1	0	1	0	0	0	6	15
3	0	1	2	0	0	1	0	1	0	1	6	15
4	2	1	1	2	1	1	2	0	0	1	11	27,5
5	1	2	1	0	2	1	0	0	1	2	10	25
6	3	2	0	1	0	0	0	0	0	1	7	17,5
7	1	2	2	0	0	2	0	1	0	0	8	20
8	2	1	1	0	0	1	2	0	2	0	9	22,5
9	2	0	0	1	2	1	0	0	0	0	6	15
10	2	2	0	1	0	2	1	2	0	1	11	27,5
11	3	0	2	0	1	1	0	0	1	1	9	22,5
12	2	0	0	2	1	1	1	2	0	2	11	27,5
13	0	1	2	1	1	1	1	0	2	0	9	22,5
14	1	3	1	0	2	1	0	0	0	0	8	20
15	2	0	0	2	1	1	0	1	0	1	8	20
16	1	0	2	1	2	2	0	0	1	1	10	25
17	2	2	1	2	1	0	1	1	0	2	12	30
18	0	2	1	0	3	2	0	0	1	0	9	22,5
19	1	1	1	0	0	0	2	1	1	1	8	20
20	2	0	0	2	0	1	2	1	1	0	9	22,5
21	2	2	1	2	2	1	0	0	0	2	12	30
22	2	1	2	0	0	1	2	2	0	0	10	25
23	1	2	0	2	0	0	0	1	0	1	7	17,5
24	0	2	1	0	2	2	0	1	2	2	12	30
25	2	3	1	0	0	0	1	0	2	1	10	25
26	3	1	0	1	0	0	0	2	0	0	7	17,5
27	1	2	3	0	1	0	0	0	0	0	7	17,5
28	2	3	1	1	2	2	0	2	0	0	13	32,5
29	0	1	1	1	0	1	2	1	2	0	9	22,5
30	2	2	2	0	1	1	0	0	2	1	11	27,5
31	2	2	0	2	3	0	0	0	0	0	9	22,5
32	2	3	0	2	2	1	0	2	0	2	14	35
33	3	2	0	1	1	2	1	0	0	0	10	25

Lampiran 4. 2 Data Hasil *Pretest* Kelompok Kontrol

No Responde n	Skor Perbutir										Tot al	Skala 100
	1 D1	2 D1	3 D2	4 D2	5 D4	6 D3	7 D5	8 D6	9 D6	10 D5		
1	1	2	0	0	2	0	1	0	0	0	6	15
2	0	1	2	0	0	1	0	2	0	1	7	17,5
3	2	1	1	1	1	1	0	2	0	0	9	22,5
4	3	2	0	2	0	0	0	1	0	0	8	20
5	3	2	0	2	1	0	1	2	2	1	14	35
6	1	2	2	0	0	1	2	0	1	0	9	22,5
7	2	1	2	0	1	2	0	2	0	0	10	25
8	3	2	1	0	0	0	0	0	0	1	7	17,5
9	1	2	1	2	1	0	1	0	2	1	11	27,5
10	3	0	0	2	0	0	0	1	0	0	6	15
11	2	1	0	0	0	1	0	0	2	0	6	15
12	1	2	0	2	1	0	1	0	2	1	10	25
13	1	0	1	2	0	1	0	2	1	0	8	20
14	2	1	0	2	1	1	2	0	0	1	10	25
15	3	2	2	0	0	1	0	2	0	0	10	25
16	2	1	0	1	0	0	0	2	0	1	7	17,5
17	3	0	1	1	1	0	1	1	0	1	9	22,5
18	0	1	0	2	1	2	0	3	0	0	9	22,5
19	2	1	2	0	0	1	1	1	0	0	8	20
20	2	2	1	0	2	1	0	0	0	1	9	22,5
21	2	2	0	1	2	1	0	2	0	1	11	27,5
22	2	0	0	2	1	0	0	2	2	0	9	22,5
23	2	0	2	0	1	2	0	1	0	0	8	20
24	2	2	0	1	2	1	1	0	0	0	9	22,5
25	3	1	1	1	1	0	1	3	0	1	12	30
26	2	2	2	0	1	0	1	0	2	0	10	25
27	2	1	0	1	0	1	0	2	0	0	7	17,5
28	2	2	1	0	1	0	0	2	1	0	9	22,5
29	1	2	0	2	0	0	1	0	0	1	7	17,5
30	2	1	0	2	2	0	0	0	0	0	7	17,5

Lampiran 4. 3 Data Hasil *Posttest* Kelompok Eksperimen

No Responde n	Skor Perbutir										Tot al	Skala 100
	1 D1	2 D1	3 D2	4 D2	5 D4	6 D3	7 D5	8 D6	9 D6	10 D5		
1	4	2	4	4	2	2	4	4	4	4	34	85
2	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3	32	80
3	3	3	3	4	3	3	2	3	3	2	29	72,5
4	3	4	4	4	3	3	4	4	4	3	36	90
5	4	3	4	2	3	3	4	4	4	3	34	85
6	3	3	3	3	2	2	4	4	4	3	31	77,5
7	4	4	3	3	2	2	3	4	4	3	32	80
8	3	4	4	3	2	2	4	4	4	3	33	82,5
9	4	3	4	2	3	2	3	4	3	2	30	75
10	4	4	4	4	3	2	4	4	3	2	34	85
11	3	3	4	3	2	3	3	4	3	3	31	77,5
12	3	3	4	4	3	4	4	4	4	4	37	92,5
13	4	4	4	4	3	3	4	3	4	2	35	87,5
14	4	3	4	3	2	2	3	3	3	3	30	75
15	3	4	3	2	2	4	3	4	4	4	33	82,5
16	4	4	4	4	3	3	4	4	4	3	37	92,5
17	4	4	4	4	3	2	4	4	4	3	36	90
18	3	4	4	3	3	3	2	4	4	3	33	82,5
19	3	4	3	3	3	3	4	4	3	2	32	80
20	4	4	4	3	3	4	4	3	3	2	34	85
21	3	2	3	2	3	4	4	4	4	4	31	77,5
22	2	4	4	4	2	2	3	4	4	4	33	82,5
23	3	2	4	4	3	2	1	4	3	3	29	72,5
24	3	4	3	4	3	4	4	4	4	2	35	87,5
25	4	4	4	3	3	2	4	3	4	3	34	85
26	4	4	3	2	2	2	4	4	4	3	32	80
27	3	4	4	4	3	2	2	4	3	3	32	80
28	3	4	4	4	2	2	4	4	4	3	34	85
29	3	4	3	3	2	2	4	4	4	4	33	82,5
30	3	4	4	4	2	2	4	3	3	3	32	80
31	4	3	4	3	3	3	3	4	3	3	33	82,5
32	3	4	4	4	3	4	3	4	2	4	35	87,5
33	3	3	4	4	3	2	4	4	3	3	33	82,5

Lampiran 4. 4 Data Hasil *Posttest* Kelompok Kontrol

No Respon den	Skor Perbutir										Tot al	Skala 100
	1 D1	2 D1	3 D2	4 D2	5 D4	6 D3	7 D5	8 D6	9 D6	10 D5		
1	3	2	3	1	1	2	3	2	2	1	20	50
2	2	2	3	2	2	2	3	3	2	2	23	57,5
3	3	2	4	3	3	2	2	3	2	2	26	65
4	2	3	3	3	2	1	3	3	2	1	23	57,5
5	4	3	3	3	3	2	4	2	2	2	28	70
6	3	3	2	2	1	2	3	2	2	2	22	55
7	3	2	3	4	2	2	2	3	3	2	26	65
8	3	2	2	2	1	2	3	2	3	1	21	52,5
9	4	2	3	2	3	3	2	3	2	3	27	67,5
10	2	3	2	2	2	2	1	2	1	2	19	47,5
11	2	2	2	3	1	2	1	2	2	1	18	45
12	2	3	2	2	2	2	4	2	2	3	24	60
13	4	2	3	3	3	2	2	4	2	2	27	67,5
14	4	2	3	2	2	2	3	4	2	1	25	62,5
15	3	4	4	3	2	2	4	2	1	0	25	62,5
16	2	2	2	3	1	2	2	3	2	1	20	50
17	3	3	2	4	2	1	2	3	2	2	24	60
18	4	3	2	3	1	2	2	3	1	2	23	57,5
19	3	2	3	3	1	2	3	2	1	1	21	52,5
20	4	3	2	2	2	1	2	3	3	2	24	60
21	4	2	2	3	2	1	2	3	2	2	23	57,5
22	3	3	3	2	3	1	3	3	1	2	24	60
23	2	2	3	3	2	3	1	2	2	1	21	52,5
24	3	4	2	3	3	2	1	2	3	1	24	60
25	3	3	3	3	2	2	3	3	2	2	26	65
26	3	3	2	2	3	2	3	3	2	2	25	62,5
27	4	3	2	3	1	1	1	3	1	1	20	50
28	3	3	4	3	2	2	2	2	2	2	25	62,5
29	4	3	2	1	2	2	1	3	3	1	22	55
30	4	3	2	2	1	2	1	3	2	1	21	52,5

LAMPIRAN V

HASIL UJI ASUMSI DAN UJI HIPOTESIS



Lampiran 5.1 Output SPSS Analisis Uji Deskriptif

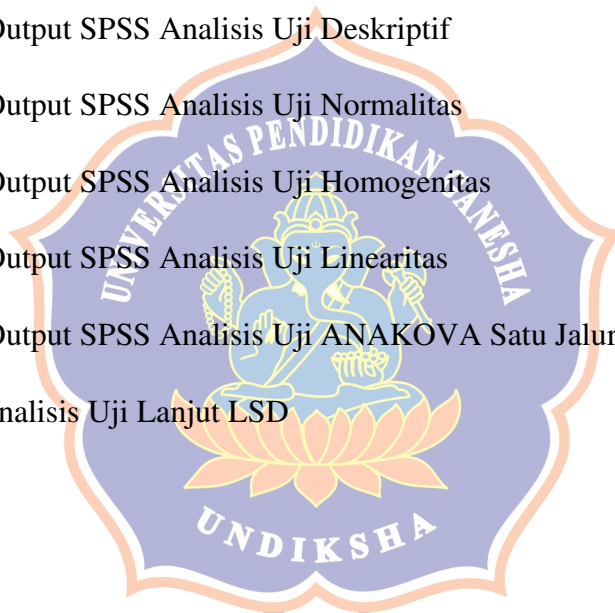
Lampiran 5.2 Output SPSS Analisis Uji Normalitas

Lampiran 5.3 Output SPSS Analisis Uji Homogenitas

Lampiran 5.4 Output SPSS Analisis Uji Linearitas

Lampiran 5.5 Output SPSS Analisis Uji ANAKOVA Satu Jalur

Lampiran 5.5 Analisis Uji Lanjut LSD



Lampiran 5. 1 *Output SPSS Analisis Uji Deskriptif*

Case Processing Summary

		<i>Cases</i>					
		<i>Valid</i>		<i>Missing</i>		<i>Total</i>	
	Model Pembelajaran	<i>N</i>	<i>Percent</i>	<i>N</i>	<i>Percent</i>	<i>N</i>	<i>Percent</i>
Pretest	CUPs	33	100,0%	0	0,0%	33	100,0%
	Konvensional	30	100,0%	0	0,0%	30	100,0%
Posttest	CUPs	33	100,0%	0	0,0%	33	100,0%
	Konvensional	30	100,0%	0	0,0%	30	100,0%



Descriptives

Model Pembelajaran			<i>Statistic</i>	<i>Std. Error</i>
Pretest	CUPs	Mean	9,30	,355
		95% Confidence Interval Lower Bound for Mean	8,58	
		Upper Bound	10,03	
		5% Trimmed Mean	9,25	
		Median	9,00	
		Variance	4,155	
		Std. Deviation	2,038	
		Minimum	6	
		Maximum	14	
		Range	8	
		Interquartile Range	3	
		Skewness	,268	,409
		Kurtosis	-,360	,798
	Konvensional Mean		8,73	,339

		95% Confidence Interval	Lower Bound	8,04	
		for Mean	Upper Bound	9,43	
		5% Trimmed Mean		8,63	
		Median		9,00	
		Variance		3,444	
		Std. Deviation		1,856	
		Minimum		6	
		Maximum		14	
		Range		8	
		Interquartile Range		3	
		Skewness		,696	,427
		Kurtosis		,854	,833
Posttest	CUPs	Mean		33,00	,359
		95% Confidence Interval	Lower Bound	32,27	
		for Mean	Upper Bound	33,73	
		5% Trimmed Mean		33,00	
		Median		33,00	
		Variance		4,250	
		Std. Deviation		2,062	
		Minimum		29	
		Maximum		37	
		Range		8	
		Interquartile Range		2	
		Skewness		,000	,409
		Kurtosis		-,264	,798

Konvensional Mean	23,23	,467
95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	22,28
	Upper Bound	24,19
5% Trimmed Mean	23,26	
Median	23,50	
Variance	6,530	
Std. Deviation	2,555	
Minimum	18	
Maximum	28	
Range	10	
Interquartile Range	4	
Skewness	-,146	,427
Kurtosis	-,712	,833



Lampiran 5. 2 *Output SPSS Analisis Uji Normalitas*

Tests of Normality

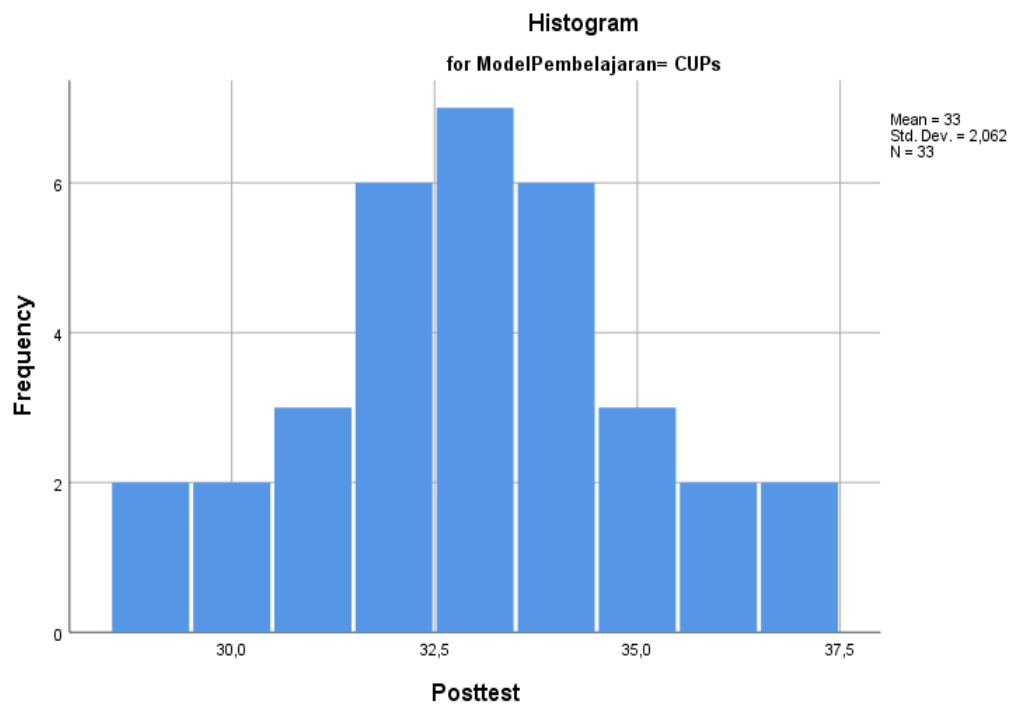
	Model Pembelajaran	<i>Kolmogorov-Smirnov^a</i>			<i>Shapiro-Wilk</i>		
		<i>Statistic</i>	<i>df</i>	<i>Sig.</i>	<i>Statistic</i>	<i>df</i>	<i>Sig.</i>
Pretest	CUPs	,135	33	,135	,964	33	,339
	Konvensional	,143	30	,121	,937	30	,076
Posttest	CUPs	,106	33	,200*	,969	33	,462
	Konvensional	,118	30	,200*	,974	30	,656

*. This is a lower bound of the true significance.

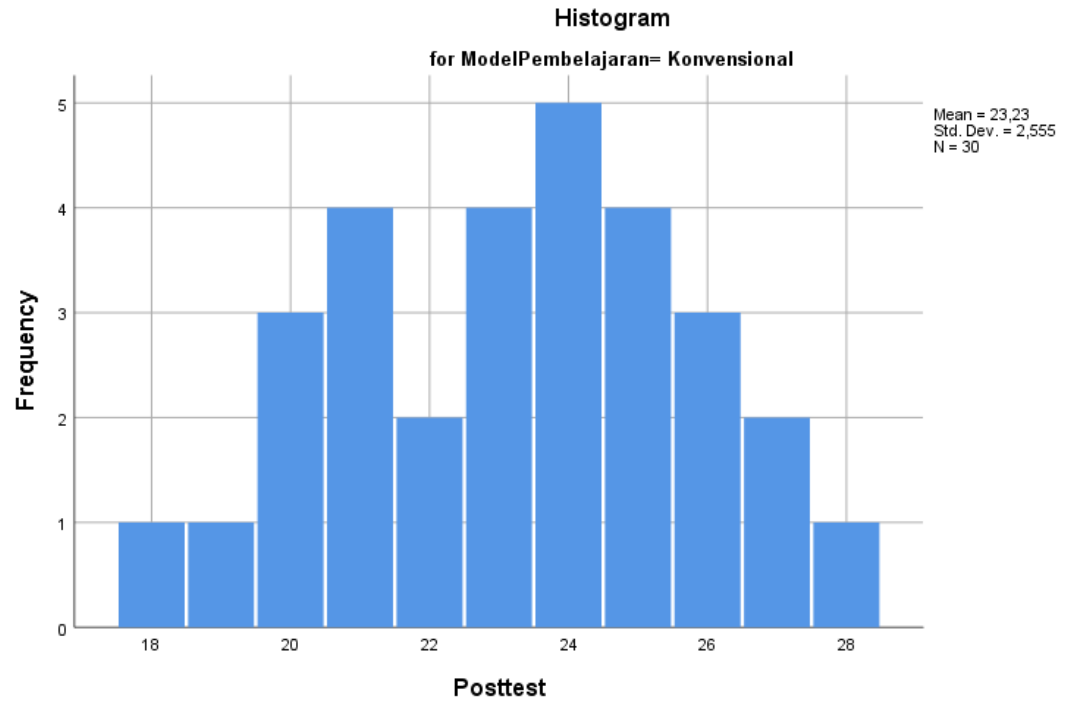
a. Lilliefors Significance Correction

Histogram

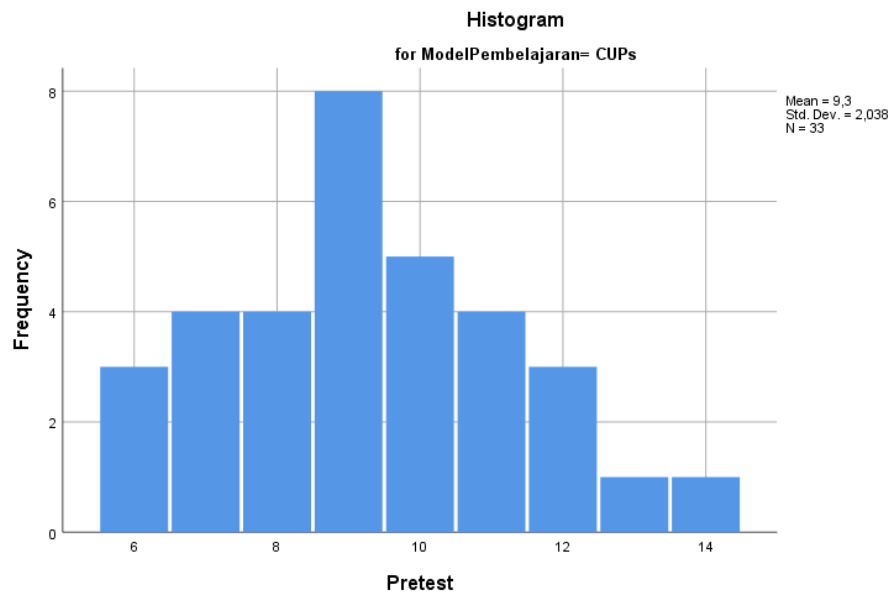
a) Posttest Model Pembelajaran Conceptual Understanding Procedures



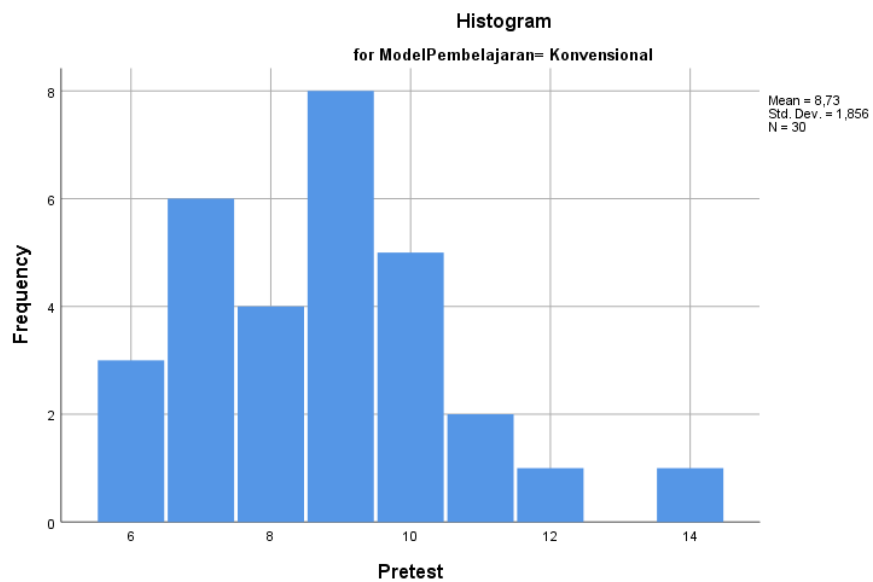
b) Posttest Model Pembelajaran Konvensional



c) Pretest Model Pembelajaran Conceptual Understanding Procedures

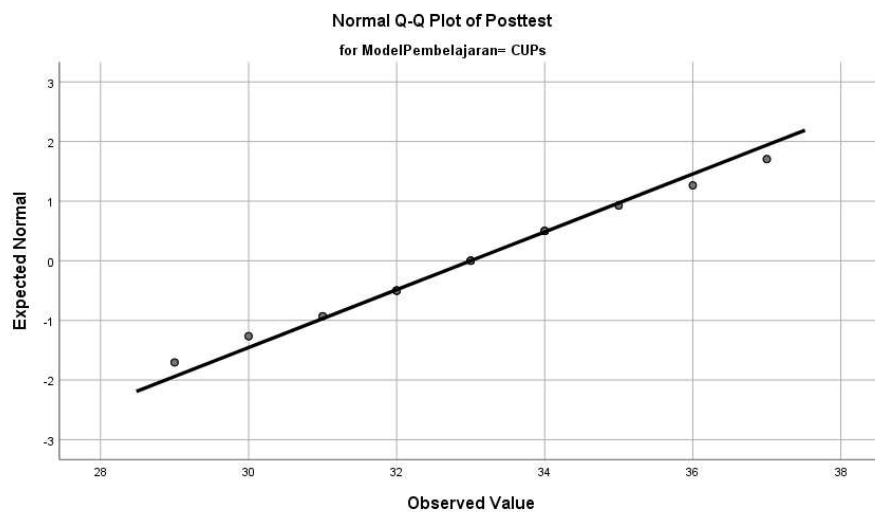


d) Pretest Model Pembelajaran Konvensional

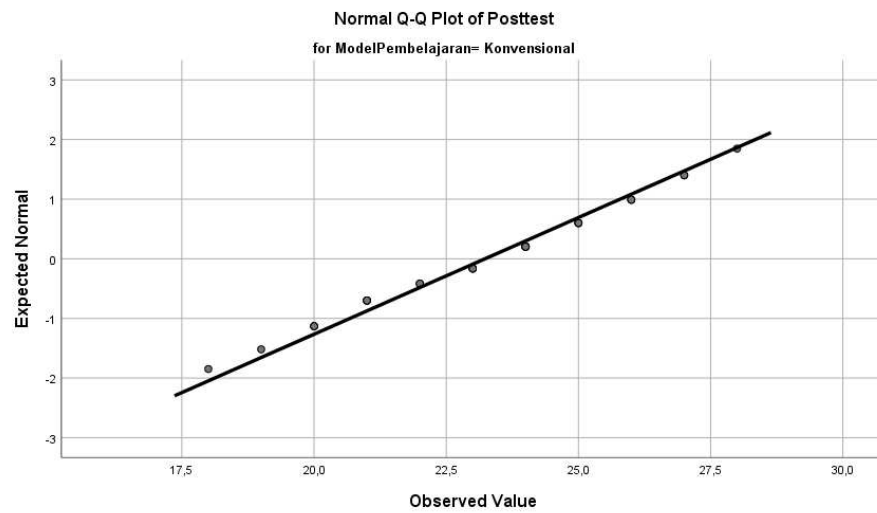


Normal Q-Q Plots

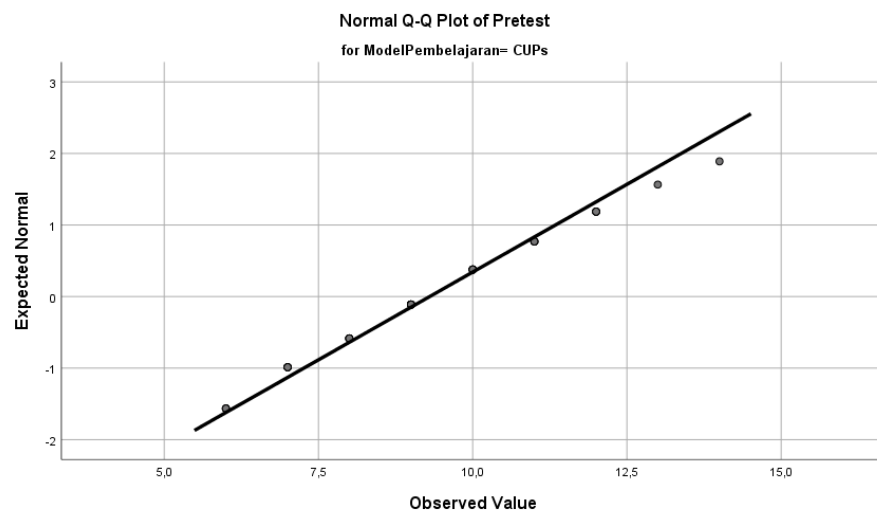
a) Posttest Model Pembelajaran Conceptual Understanding Procedures



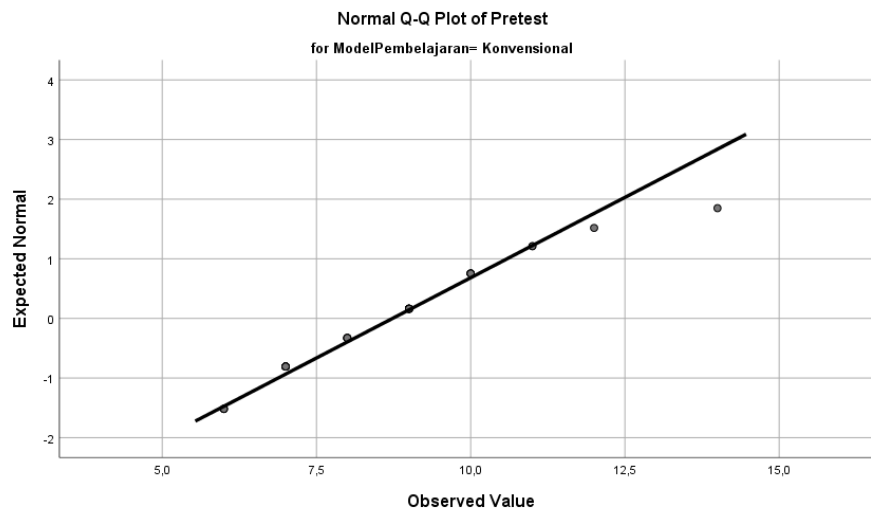
b) *Posttest Model Pembelajaran Konvensional*



c) *Pretest Model Pembelajaran Conceptual Understanding Procedures*

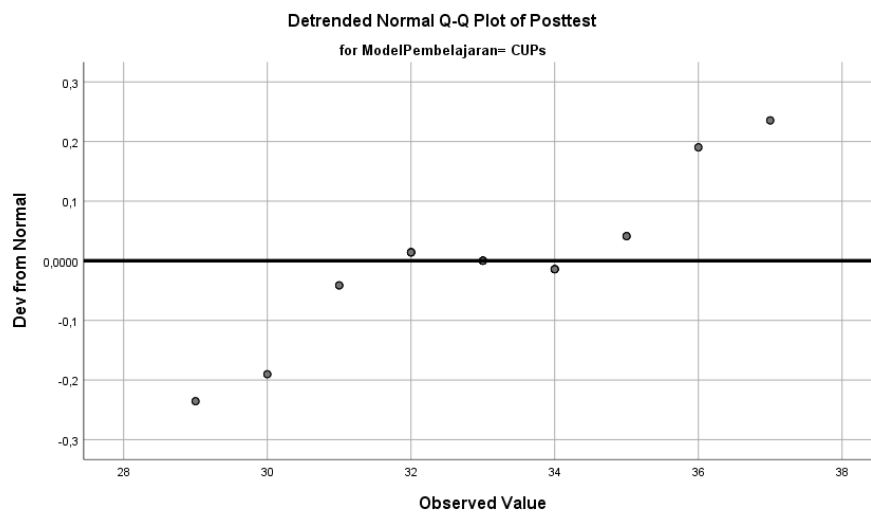


d) *Pretest Model Pembelajaran Konvensional*

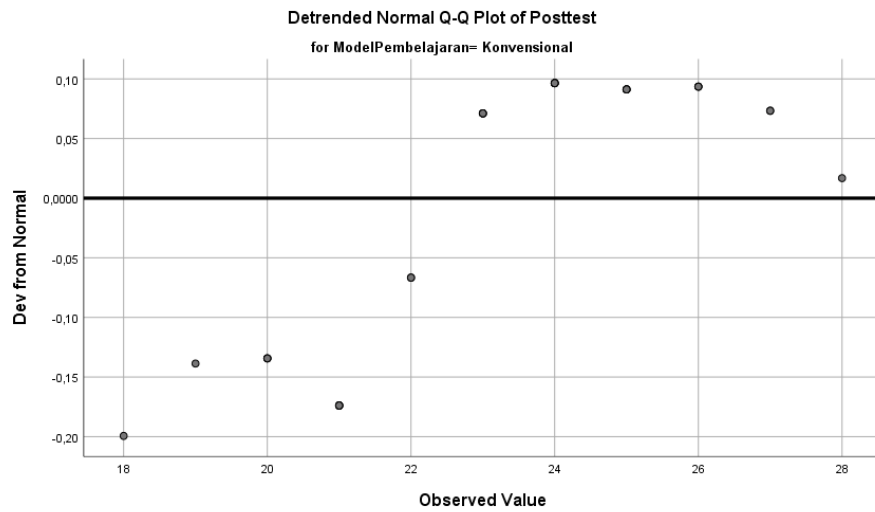


Detrendet Normal Q-Q Plots

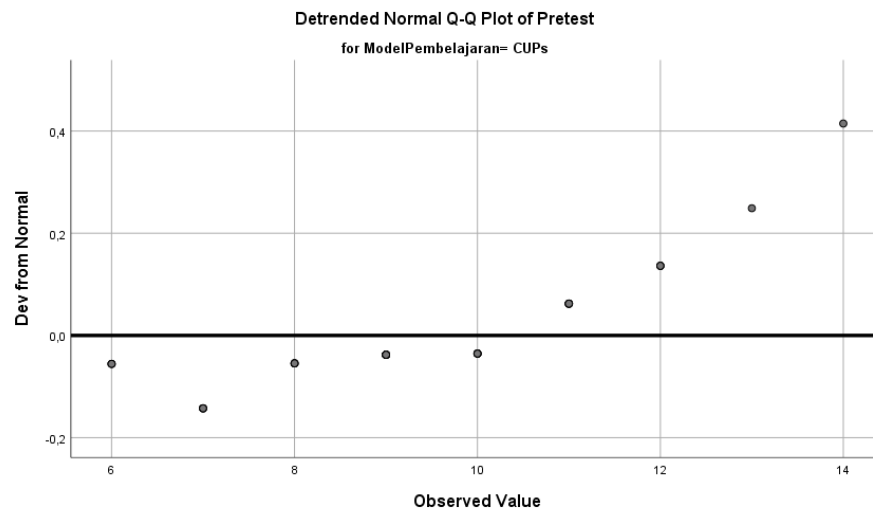
a) *Posttest Model Pembelajaran Conceptual Understanding Procedures*



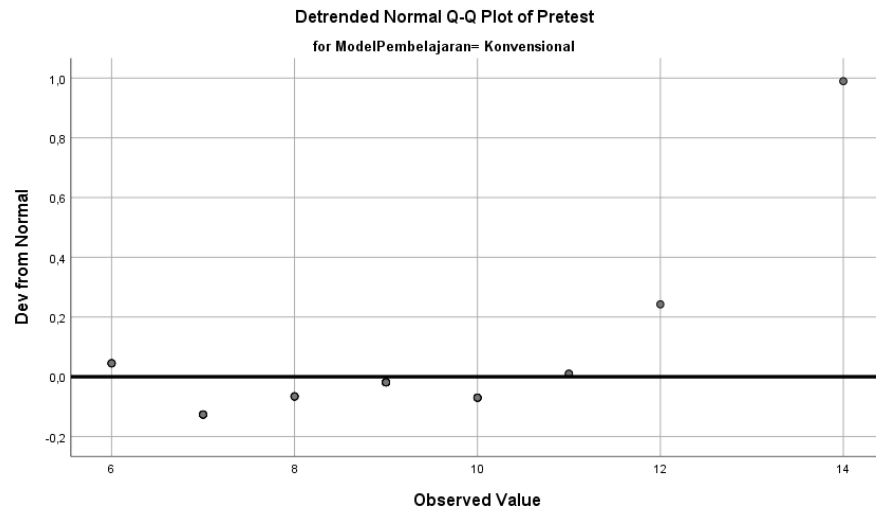
b) *Posttest Model Pembelajaran Konvensional*



c) *Pretest Model Pembelajaran Conceptual Understanding Procedures*



d) *Pretest Model Pembelajaran Konvensional*



Lampiran 5. 3 Output SPSS Analisis Uji Homogenitas**Test of Homogeneity of Variance**

		<i>Levene Statistic</i>	<i>df1</i>	<i>df2</i>	<i>Sig.</i>
Pretest	Based on Mean	,394	1	61	,532
	Based on Median	,304	1	61	,583
	Based on Median and with adjusted df	,304	1	60,762	,583
	Based on trimmed mean	,305	1	61	,583
Posttest	Based on Mean	2,371	1	61	,129
	Based on Median	2,326	1	61	,132
	Based on Median and with adjusted df	2,326	1	60,458	,132
	Based on trimmed mean	2,370	1	61	,129



Lampiran 5. 4 *Output SPSS Analisis Uji Linearitas***Case Processing Summary**

	<i>Cases</i>					
	<i>Included</i>		<i>Excluded</i>		<i>Total</i>	
	<i>N</i>	<i>Percent</i>	<i>N</i>	<i>Percent</i>	<i>N</i>	<i>Percent</i>
Posttest * Pretest	63	100,0%	0	0,0%	63	100,0%

Report

Posttest

Pretest	Mean	N	Std. Deviation
6	24,67	6	6,314
7	25,10	10	5,216
8	27,38	8	5,097
9	28,62	16	4,911
10	29,60	10	4,993
11	31,50	6	5,468
12	32,00	4	4,546
13	34,00	1	.
14	31,50	2	4,950
Total	28,35	63	5,424

ANOVA Table

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Posttest * Pretest	Between(Combined) Groups	376,059	8	47,007	1,753	,107
	Linearity	346,909	1	346,909	12,935	,001
	Deviation from Linearity	29,151	7	4,164	,155	,993
	Within Groups	1448,258	54	26,820		
	Total	1824,317	62			

Measures of Association

	R	R Squared	Eta	Eta Squared
Posttest * Pretest	,436	,190	,454	,206



Lampiran 5. 5 Output SPSS Analisis Uji ANACOVA Satu Jalur**Between-Subjects Factors**

		Value Label	N
Model Pembelajaran	1	CUPs	33
	2	Konvensional	30

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Posttest

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1670,516 ^a	2	835,258	325,846	,000
Intercept	1136,801	1	1136,801	443,482	,000
Pretest	171,565	1	171,565	66,930	,000
ModelPembelajaran	1323,608	1	1323,608	516,358	,000
Error	153,801	60	2,563		
Total	52456,000	63			
Corrected Total	1824,317	62			

a. R Squared = ,916 (Adjusted R Squared = ,913)



LAMPIRAN VI
DOKUMENTASI PELAKSANAAN PENELITIAN



Lampiran 6.1 Dokumentasi Kegiatan Penelitian

Lampiran 6.2 Surat Keterangan Melaksanakan Penelitian



Lampiran 6. 1 Dokumentasi Kegiatan Penelitian



Lampiran 6. 2 Surat Keterangan Melaksanakan Penelitian

Surat Keterangan Kegiatan Uji Coba Instrumen



පළාත් පාලන ආයතන
PEMERINTAH PROVINSI BALI
පළාත් පාලන ආයතන
SMA NEGERI 4 SINGARAJA
කාන්තාර විද්‍යාලය - පළාත් පාලන ආයතන 4 (දකුණු) සිංගරාජා
Jalan Melati Singaraja-Bali (81113), Telepon. (0362) 22845
Laman : <http://sman4singaraja.sch.id> email : sma4singaraja@gmail.com



SURAT KETERANGAN

Nomor : B.10.400.3.8.1/267/SMAN 4 SINGARAJA/DIKPORA

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dr. PUTU GEDE WARTAWAN, S.Pd.,M.Pd
NIP : 19700224 199503 1 003
Jabatan : Kepala Sekolah SMA Negeri 4 Singaraja

Menerangkan dengan sebenarnya bahwa :

Nama : FEBRIA SEPTIANA BR SURBAKTI
NIM : 2213021019
Tempat/Tanggal Lahir : Tiganderket, 16 Februari 2005
Program Studi : Pendidikan Fisika
Instansi : Universitas Pendidikan Ganesha

Memang benar telah melaksanakan kegiatan uji coba instrumen (*uji coba post-test*) di kelas XII. K dan XII. J di SMA Negeri 4 Singaraja, pada tanggal 04 Februari 2026 s/d 05 Februari 2026.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bali, 06 Maret 2026



Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik (TTE).
Scan/Klik QR Code untuk informasi TTE.
Upload file pada <https://tite.komdigi.go.id/verifyPDF> untuk cek keaslian file.



Surat Keterangan Melaksanakan Kegiatan Penelitian



පළාත් පාලන ආයතන
PEMERINTAH PROVINSI BALI
 පළාත් පාලන ආයතන
SMA NEGERI 4 SINGARAJA



කොමිෂන් සභාව පාලන ආයතන 4 (සිංගරාජා) විද්‍යාලය
 Jalan Melati Singaraja-Bali (81113), Telepon. (0362) 22845
 Laman : <http://sman4singaraja.sch.id> email : sma4singaraja@gmail.com

SURAT KETERANGAN

Nomor : B.10.400.3.8.1/267/SMAN 4 SINGARAJA/DIKPORA

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dr. PUTU GEDE WARTAWAN, S.Pd.,M.Pd
 NIP : 19700224 199503 1 003
 Jabatan : Kepala Sekolah SMA Negeri 4 Singaraja

Menerangkan dengan sebenarnya bahwa :

Nama : FEBRIA SEPTIANA BR SURBAKTI
 NIM : 2213021019
 Tempat/Tanggal Lahir : Tiganderket, 16 Februari 2005
 Program Studi : Pendidikan Fisika
 Instansi : Universitas Pendidikan Ganesha

Memang benar telah melaksanakan kegiatan penelitian dan pengambilan data di SMA Negeri 4 Singaraja, pada tanggal 04 Februari 2026 s/d 06 Maret 2026.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bali, 06 Maret 2026



Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik (TTE).
 Scan/Klik QR Code untuk informasi TTE.
 Upload file pada <https://tte.komdigi.go.id/verifyPDF> untuk cek keaslian file.





Febria Septiana Br Surbakti lahir di Tiganderket pada tanggal 16 Februari 2005. Penulis merupakan anak kedua dari pasangan suami istri Spion Surbakti dan Kerihaen Br Sembiring. Penulis berkebangsaan Indonesia dan beragama kristen protestan. Saat ini penulis tinggal di jalan Teleng No.19A, Buleleng, Bali. Penulis memulai pendidikan usia dini di TK Nazareth Tiganderket dan lulus TK pada tahun 2010. Penulis melanjutkan pendidikan dasar di SD Negeri 040487 Tiganderket dan lulus pada tahun 2016. Penulis menepuh sekolah menengah pertama di SMP Negeri 1 Tiganderket dan lulus pada tahun 2019. Tahun 2022 penulis lulus sekolah menengah atas dari SMA Negeri 1 Tiganderket dan kemudian melanjutkan pendidikan S-1 Pendidikan Fisika di Universitas Pendidikan Ganesha. Pada semester akhir tahun 2026 penulis telah menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Model Pembelajaran *Conceptual Understanding Procedures* terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA”. Selanjutnya, dari tahun 2026 hingga penulisan skripsi ini, penulis masih terdaftar sebagai mahasiswi Program Studi Pendidikan Fisika di Universitas Pendidikan Ganesha.

