



REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00201950274, 12 Agustus 2019

Pencipta

Nama : **MARDHIYYATIN NAQIYAH, S.Pd, M.Pd, Dr.**
SUKARDIYONO, M.Si., , dkk
Alamat : BTN Jenetallasa Permai Blok D2, No.8, RT 004, RW 003, Kec.
Pallangga, Kab. Gowa, Sulawesi Selatan , Gowa, Sulawesi Selatan,
92161
Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : **MARDHIYYATIN NAQIYAH, S.Pd, M.Pd, Dr.**
SUKARDIYONO, M.Si., , dkk
Alamat : BTN Jenetallasa Permai Blok D2, No.8, RT 004, RW 003, Kec.
Pallangga, Kab. Gowa, Sulawesi Selatan , Gowa, 15, 92161
Kewarganegaraan : Indonesia
Jenis Ciptaan : **Program Komputer**
Judul Ciptaan : **SIMULASI GELOMBANG BUNYI PADA ALAT MUSIK
TARI GANDRANG BULO**
Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 28 Mei 2019, di Yogyakarta
Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.
Nomor pencatatan : 000149958

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.

a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL



Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.
NIP. 196611181994031001

LAMPIRAN PENCIPTA

| No | Nama | Alamat |
|----|-------------------------------------|--|
| 1 | MARDHIYYATIN NAQIYAH, S.Pd, M.Pd | BTN Jenetallasa Permai Blok D2, No.8, RT 004, RW 003, Kec. Pallangga, Kab. Gowa, Sulawesi Selatan |
| 2 | Dr. SUKARDIYONO, M.Si. | Kamdanen, RT/RW 002/007, Kel/Desa Sariharjo, Kec. Ngaglik, Kab. Sleman, D.I. Yogyakarta |
| 3 | Dr. DADAN ROSANA, M.Si | Perum Citra Ringin Mas C-13, RT/RW 009/003, Kel/Desa Purwomartani, Kec. Kalasan, Kab. Sleman, D.I. Yogyakarta |

LAMPIRAN PEMEGANG

| No | Nama | Alamat |
|----|-------------------------------------|--|
| 1 | MARDHIYYATIN NAQIYAH, S.Pd, M.Pd | BTN Jenetallasa Permai Blok D2, No.8, RT 004, RW 003, Kec. Pallangga, Kab. Gowa, Sulawesi Selatan |
| 2 | Dr. SUKARDIYONO, M.Si. | Kamdanen, RT/RW 002/007, Kel/Desa Sariharjo, Kec. Ngaglik, Kab. Sleman, D.I. Yogyakarta |
| 3 | Dr. DADAN ROSANA, M.Si | Perum Citra Ringin Mas C-13, RT/RW 009/003, Kel/Desa Purwomartani, Kec. Kalasan, Kab. Sleman, D.I. Yogyakarta |





DESKRIPSI PRODUK

Perangkat Pembelajaran Fisika Berbasis Kearifan Lokal
Alat Musik Pada Tari Gandrang Bulo

Disusun Oleh:

MARDHIYYATIN NAQIYAH

DADAN ROSANA

Perangkat Pembelajaran Fisika Berbasis Kearifan Lokal Alat Musik Pada Tari Gandrang Bulu merupakan buku yang berisi perangkat pembelajaran yang dapat digunakan dalam proses pembelajaran fisika, terkhusus pada materi gelombang bunyi. Buku ini terdiri atas Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP), Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD), dan materi ajar yang penyusunannya telah diintegrasikan dengan salah satu kearifan lokal masyarakat Sulawesi Selatan, yaitu alat musik pada tari Gandrang Bulu.

a. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran

Penyusunan dan pengembangan RPP didasarkan pada kurikulum 2013 yang mengacu pada Permendikbud No.22 Tahun 2016. Rancangan RPP dengan materi Gelombang Bunyi disusun untuk pertemuan yang terdiri atas: identitas, kompetensi inti, kompetensi dasar, indikator pencapaian kompetensi, materi ajar, kegiatan pembelajaran, alokasi waktu, metode pembelajaran, penilaian hasil belajar dan sumber belajar.

Kegiatan pembelajaran memuat 4 kali pertemuan dengan alokasi waktu 2 x 45 menit untuk setiap pertemuannya. Pendekatan yang digunakan adalah *scientific approach* dengan model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL). Penilaian disesuaikan dengan tujuan pembelajaran dan digunakan untuk menilai kemampuan pemecahan masalah dan sikap nasionalisme.

b. Lembar Kerja Peserta Didik

Lembar kerja yang dirancang memuat topik penyelidikan, petunjuk penggunaan, kompetensi yang akan dicapai, dan langkah kerja. LKPD dirancang untuk 4 kali pertemuan dengan sub materi yang berbeda-beda dengan mengacu pada model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL). Langkah-langkah penyelidikan yang disusun dalam LKPD ini mengarahkan peserta didik untuk mengedepankan sikap nasionalisme dalam menyelesaikan permasalahan yang diberikan

c. Materi Ajar

Materi ajar yang disusun memuat pembahasan terkait gelombang bunyi yang dikaitkan dengan kearifan lokal alat musik pada tari gandrang bulu. Adapun sub materi yang dibahas pada materi ajar ini adalah karakteristik gelombang bunyi, Efek Doppler, resonansi bunyi, serta intensitas dan tarafintensitas bunyi.

Materi ajar ini disusun seperti bahan ajar pada umumnya yang memuat materi, rumus, dan contoh soal terkait gelombang bunyi. Namun bedanya, penjelasan mengenai konsep dasar

gelombang bunyi selalu diintegrasikan dengan kejadian yang berkaitan dengan kearifan lokal alat musik yang digunakan pada tari gandrang bulo. Selain itu, bahan ajar ini juga dilengkapi dengan beberapa informasi terkait kearifan lokal untuk lebih meningkatkan kesadaran akan budaya lokal setempat. Pada bagian akhir setiap sub materi juga dilengkapi dengan bagian refleksi diri untuk menguatkan sikap nasionalisme yang dimiliki peserta didik.

24 April 2019, di Yogyakarta



**PERANGKAT PEMBELAJARAN FISIKA
BERBASIS KEARIFAN LOKAL ALAT MUSIK
PADA TARI GANDRANG BULO**

Penyusun:
Mardhiyyatin Naqiyah, S.Pd
Dr. Dadan Rosana, M.Si

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat, rahmat dan karunia-Nya berupa energi, kesehatan, dan kesempatan sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan buku Perangkat Pembelajaran Fisika Berbasis Kearifan Lokal Alat Musik Pada Tari Gandrang Bulu dengan sebaik-baiknya.

Buku perangkat pembelajaran fisika berbasis kearifan lokal alat musik pada tari gandrang bulu ini merupakan produk pembelajaran yang dihasilkan berdasarkan penelitian tesis program studi pendidikan fisika. Buku ini memuat perangkat pembelajaran yang digunakan dalam proses pembelajaran fisika SMA khususnya pada materi gelombang bunyi. Perangkat pembelajaran yang dituliskan dalam buku ini berupa Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP), Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD), dan Materi Ajar.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membimbing penulis hingga terselesaikannya perangkat pembelajaran ini. Semoga perangkat ini bisa menjadi salah satu alternatif sumber belajar sehingga dapat bermanfaat dan memunculkan keberagaman dalam proses pembelajaran fisika.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dari penulisan buku ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun akan diterima penulis untuk perbaikan di masa yang akan datang. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya

Yogyakarta, 2019

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----|
| Halaman Judul | i |
| Kata Pengantar | ii |
| Daftar Isi | iii |
| Rencana Pelaksanaan Pembelajaran | 1 |
| Lembar Kerja Peserta Didik..... | 19 |
| Materi Ajar..... | 38 |



Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)



RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN (RPP)

| | |
|----------------|------------------------|
| Nama Sekolah | : SMA NEGERI 1 GOWA |
| Mata Pelajaran | : Fisika |
| Kelas/Semester | : XI/2 |
| Materi Pokok | : Gelombang Bunyi |
| Alokasi Waktu | : 4 x pertemuan (8 JP) |

A. Kompetensi Inti (KI)

- KI 1 Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.
- KI 2 Menunjukkan perilaku jujur, disiplin, tanggung-jawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.
- KI 3 Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minat-nya untuk memecahkan masalah
- KI 4 Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkrit dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, serta mampu menggunakan metode sesuai kaidah keilmuan.

B. Kompetensi Dasar dan Indikator Pencapaian Kompetensi

- KD 3.10 Menerapkan konsep dan prinsip gelombang bunyi dan cahaya dalam teknologi
 - 3.10.1. Menjelaskan karakteristik dan sifat gelombang bunyi
 - 3.10.2. Menganalisis cepat rambat gelombang bunyi pada berbagai zat
 - 3.10.3. Menganalisis efek doppler pada gelombang bunyi
 - 3.10.4. Menganalisis besaran-besaran gelombang bunyi pada dawai dan pipa organa
 - 3.10.5. Menganalisis persamaan intensitas dan taraf intensitas bunyi
- KD 4.10 Melakukan percobaan tentang gelombang bunyi dan/atau cahaya, berikut presentasi hasil dan makna fisisnya mislanya sonometer, dan kisi difraksi
 - 4.10.1 Menyajikan hasil pengamatan percobaan tentang gelombang bunyi

C. Tujuan Pembelajaran

Pertemuan pertama

1. Melalui pengamatan demonstrasi yang dilakukan oleh guru, peserta didik dapat mengembangkan sikap toleransinya dan mampu menjelaskan sifat gelombang bunyi dengan tepat.
2. Melalui diskusi kelompok, peserta didik dapat mengembangkan sikap kerjasama, toleransi, dan cinta tanah air yang dimiliki, serta mampu menjelaskan karakteristik gelombang bunyi dengan benar.
3. Melalui diskusi kelompok, peserta didik dapat mengembangkan sikap kerjasama, toleransi, dan cinta tanah air yang dimiliki, serta mampu menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi cepat rambat gelombang bunyi
4. Melalui diskusi kelompok, peserta didik dapat mengembangkan sikap kerjasama dan toleransi yang dimiliki, serta mampu menyelesaikan persoalan yang berkaitan dengan gelombang bunyi dengan benar.

Pertemuan Kedua

1. Melalui hasil pengamatan animasi, peserta didik dapat mengembangkan sikap toleransinya dan mampu mendeskripsikan fenomena Efek Doppler dalam kehidupan sehari-hari
2. Melalui diskusi kelompok, peserta didik dapat mengembangkan sikap kerjasama, toleransi, dan cinta tanah air yang dimiliki, serta mampu menganalisis peristiwa Efek Doppler pada gelombang bunyi dengan benar
3. Melalui diskusi kelompok, peserta didik dapat mengembangkan sikap kerjasama dan toleransi yang dimiliki, serta mampu menyelesaikan persoalan yang berkaitan dengan Efek Doppler dengan tepat

Pertemuan Ketiga

1. Melalui kerja kelompok, peserta didik dapat mengembangkan sikap kerjasama, toleransi, dan cinta tanah air yang dimiliki, serta mampu menyelidiki jenis gelombang pada pipa organa dengan benar
2. Melalui penyelidikan secara berkelompok, peserta didik dapat mengembangkan sikap kerjasama, toleransi, dan cinta tanah air yang dimiliki, serta mampu menganalisis besaran-besaran yang berpengaruh pada dawai dan pipa organa
3. Melalui diskusi kelompok peserta didik dapat mengembangkan sikap kerjasama dan toleransi yang dimiliki, serta mampu menentukan frekuensi nada-nada pada dawai dan pipa organa dengan benar.

Pertemuan Keempat

1. Melalui diskusi kelompok, peserta didik dapat mengembangkan sikap kerjasama dan toleransi yang dimiliki, serta mampu menganalisis persoalan yang berkaitan dengan intensitas dan taraf intensitas bunyi dengan benar
2. Melalui penyelidikan secara berkelompok, peserta didik dapat mengembangkan sikap kerjasama, toleransi, dan cinta tanah air yang dimiliki, serta mampu menganalisis besaran-besaran yang berpengaruh pada taraf intensitas bunyi dengan benar
3. Melalui diskusi kelompok peserta didik dapat mengembangkan sikap kerjasama dan toleransi yang dimiliki, serta mampu menentukan besar taraf intensitas bunyi pada jarak tertentu dengan benar

D. Materi Pembelajaran

1. Materi Pembelajaran Reguler
 - a. Analisis Kurikulum

| No | Analysis | Result |
|----|--|---|
| 1 | Kompetensi Inti (<i>Core of Competence</i>) | KI-1 : Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya. KI-2 :Menunjukkan perilaku jujur, disiplin, tanggung-jawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia. KI-3: Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasar-kan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerap-kan pengetahuan prose- dural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minat-nya untuk memecahkan masalah. KI 4: Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkrit dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, serta mampu menggunakan metode sesuai kaidah keilmuan. |
| 2 | Kompetensi Dasar (<i>Basic Competence</i>) | KD.3.10 Menerapkan konsep dan prinsip gelombang bunyi dan cahaya dalam teknologi KD 4.10 Melakukan percobaan tentang gelombang bunyi dan/atau cahaya, berikut presentasi hasil dan makna fisisnya mislanya sonometer, dan kisi difraksi |
| 3 | Indikator (<i>Indicators</i>) | 3.10.1 Menjelaskan karakteristik dan sifat gelombang bunyi 3.10.2 Menganalisis cepat rambat gelombang bunyi pada berbagai zat 3.10.3 Menganalisis efek doppler pada gelombang bunyi |

| No | Analysis | Result |
|----|--------------|---|
| | | 3.10.4 Menganalisis besaran-besaran gelombang bunyi pada dawai dan pipa organa 3.10.5 Menganalisis persamaan intensitas dan taraf intensitas bunyi |
| 4 | Materi Pokok | 1. Karakteristik Bunyi 2. Efek Doppler 3. Dawai dan Pipa Organa 4. Intensitas dan Taraf Intensitas Bunyi |

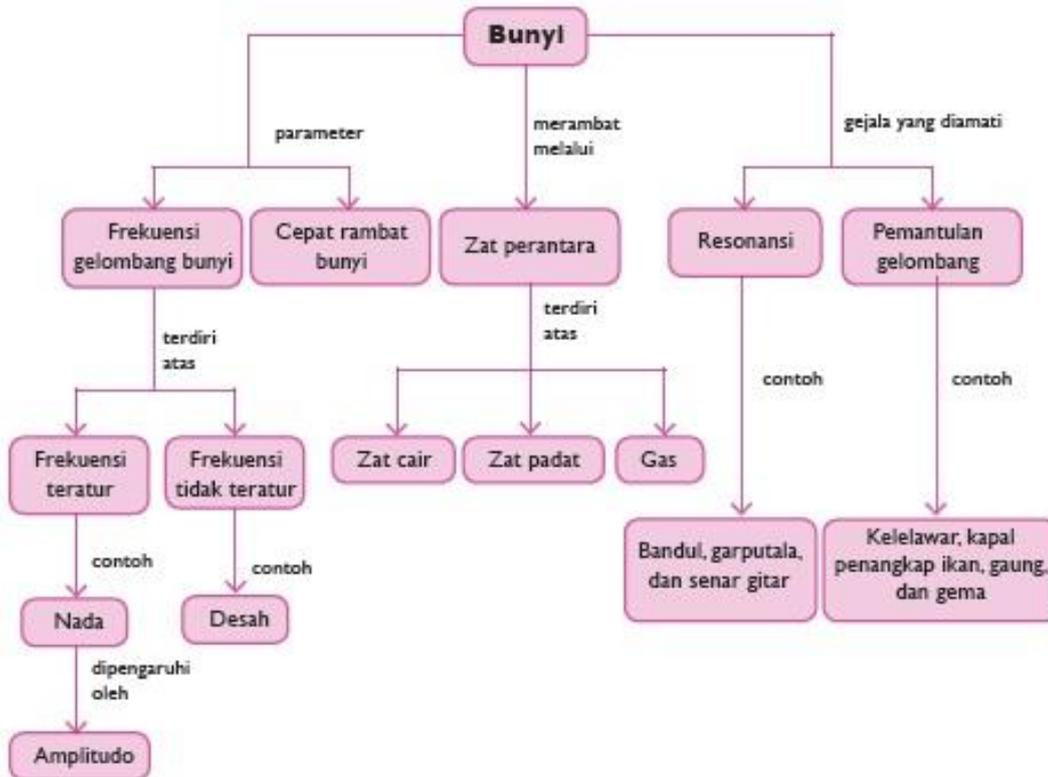
b. Analisis Konsep

| No | Analysis | Result |
|----|----------------------------------|---|
| 1 | Fakta-Fakta (<i>Facts</i>) | 1. Seseorang astronot tidak dapat mendengar bunyi mesin pesawat yang dihidupkan karena di bulan merupakan tempat yang hampa udara 2. Bunyi sirene ambulans yang semakin jauh akan semakin mengecil 3. Alat musik yang menghasilkan bunyi dari getaran yang diberikan |
| 2 | Konsep (<i>Concepts</i>) | 1. Nada 2. Desah 3. Kekuatan Bunyi 4. Warna Bunyi 5. Frekuensi Bunyi 6. Cepat rambat gelombang bunyi 7. Efek Doppler 8. Resonansi Bunyi pada dawai 9. Resonansi bunyi pada pipa organa 10. Insitas bunyi 11. Taraf intensitas bunyi |
| 3 | Prinsip (<i>Principles</i>) | a) Bunyi yang mempunyai frekuensi di atas 20.000 Hz disebut ultrasonik. Bunyi ini hanya dapat didengar oleh lumba-lumba dan kelelawar. Bunyi ultrasonik dapat dimanfaatkan manusia untuk mengukur kedalaman laut dan pemeriksaan USG (ultrasonografi). b) Bunyi yang mempunyai frekuensi antara 20 Hz – 20.000 Hz disebut audiosonik. Selang frekuensi bunyi ini dapat didengar manusia. c) Bunyi yang mempunyai frekuensi di bawah 20 Hz disebut infrasonik. Bunyi ini dapat didengar oleh |

| No | Analysis | Result |
|----|-------------------------|---|
| | | binatang-binatang tertentu, seperti anjing, laba-laba, dan jangkrik |
| 4 | Hukum (<i>Law</i>) | - |
| 5 | Teori (<i>Theory</i>) | <p>1. Cepat rambat gelombang bunyi pada zat padat</p> $v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ <p>2. Cepat rambat gelombang bunyi pada zat cair</p> $v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$ <p>3. Cepat rambat bunyi pada zat gas</p> $v = \sqrt{\gamma \frac{P}{\rho}}$ <p>4. Efek Doppler</p> $f_p = \frac{v \pm v_p}{v \pm v_s} f_s$ <p>5. Frekuensi nada-nada pada dawai</p> $f_0 : f_1 : f_2 : f_3 : \dots = \frac{v}{2l} : 2\left(\frac{v}{2l}\right) : 3\left(\frac{v}{2l}\right) : 4\left(\frac{v}{2l}\right) : \dots$ $= 1 : 2 : 3 : 4 : \dots$ <p>6. Frekuensi nada-nada pada pipa organa terbuka</p> $f_0 : f_1 : f_2 : f_3 : \dots = \frac{v}{2l} : 2\left(\frac{v}{2l}\right) : 3\left(\frac{v}{2l}\right) : 4\left(\frac{v}{2l}\right) : \dots$ $= 1 : 2 : 3 : 4 : \dots$ <p>7. Frekuensi nada-nada pada pipa organa tertutup</p> $f_0 : f_1 : f_2 : f_3 : \dots = \frac{v}{4l} : \frac{3v}{4l} : \frac{5v}{4l} : \frac{7v}{4l} : \dots$ $= 1 : 3 : 5 : 7 : \dots$ <p>8. Intensitas bunyi</p> $I = \frac{P}{4\pi r^2}$ <p>9. Taraf intensitas bunyi</p> $TI = 10 \log \frac{I}{I_0}$ <p>10. Taraf intensitas bunyi untuk banyak sumber bunyi yang homogen</p> $TIn = TI_1 + 10 \log n$ <p>11. Taraf intensitas dua buah sumber bunyi pada jarak yang berbeda</p> |

| No | Analysis | Result |
|----|----------|---|
| | | $TI_2 = TI_1 + 20 \log \frac{R_2}{R_1}$ |

c. Peta Konsep



2. Materi Pembelajaran Pengayaan
Materi pengayaan terkait penerapan gelombang bunyi dalam teknologi
3. Materi Pembelajaran Remedial
Pembelajaran remedial terkait dengan persamaan intensitas dan taraf intensitas bunyi

E. Metode Pembelajaran

- a. Pendekatan : Saintifik
- b. Metode : Tanya jawab, diskusi, dan studi pustaka
- c. Model : Pembelajaran Berbasis Masalah

F. Media dan Bahan Belajar

1. Laptop, proyektor, media presentasi, media simulasi
2. Whiteboard
3. Spidol
4. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)

G. Sumber Belajar

1. Sunardi, Retno P., dan Darmawan A., 2016. *Fisika untuk Siswa SMA/MA Kelas XI, Kelompok Pemintana Matematika dan Ilmu-Ilmu Alam*. Bandung: Yrama Widya
2. Internet

H. Langkah-Langkah Pembelajaran

Pertemuan Pertama

| Kegiatan | Deskripsi Kegiatan | | Aspek Nasionalisme | Alokasi Waktu |
|-------------|---|--|--------------------|---------------|
| | Guru | Peserta Didik | | |
| Pendahuluan | Mengucapkan salam dan meminta peserta didik untuk berdoa | Membalas salam dan ketua kelas memimpin pembacaan doa | | 10 menit |
| | Mengecek kehadiran dan menyiapkan peserta didik untuk belajar | Menyiapkan diri untuk menerima pembelajaran | | |
| | Menyampaikan tujuan pembelajaran pada pertemuan hari ini | Mendengarkan penyampaian tujuan pembelajaran | | |
| | Pemberian Apersepsi | | | |
| | Memberikan narasi tentang fenomena gelombang bunyi yang sering ditemukan dalam kehidupan sehari-hari sebagai motivasi untuk menanamkan sikap nasionalisme, salah satunya pada alat musik yang digunakan dalam tari tradisional <i>Gandrang Bulu</i> | Memperhatikan dengan seksama narasi yang disampaikan oleh guru | Cinta tanah air | |
| | Fase 1 (Orientasi Masalah) | | | |
| | Guru memberikan pertanyaan “saat menginjakkan kaki di Bulan, dapatkah seorang astronot mendengarkan suara mesin pesawat yang dihidupkan? Mengapa demikian?” | Memberikan jawaban atas pertanyaan yang diberikan oleh guru | Toleransi | |
| Inti | Fase 2 (Mengorganisasi untuk Belajar) | | | 75 menit |
| | Mengatur peserta didik agar duduk secara berkelompok | Duduk secara berkelompok | | |
| | Memberikan demonstrasi tentang salah satu sifat gelombang bunyi (identifikasi bunyi <i>handphone</i> yang ditutup dan tidak ditutup oleh toples) | Memperhatikan dengan seksama demonstrasi yang diberikan oleh guru (Mengamati) | | |
| | Meminta peserta didik untuk menanyakan hal-hal yang belum dipahami terkait demonstrasi yang telah dilakukan | Menanyakan faktor yang menyebabkan fenomena pada demonstrasi (Menanya) | | |
| | Fase 3 (Membimbing Penyeidikan) | | | |

| Kegiatan | Deskripsi Kegiatan | | Aspek Nasionalisme | Alokasi Waktu |
|----------|--|--|---|---------------|
| | Guru | Peserta Didik | | |
| | Membantu peserta didik untuk menyelesaikan LKPD terkait karakteristik dan sifat gelombang bunyi secara berkelompok | Menyelesaikan LKPD yang diberikan oleh guru secara berkelompok (Mengeksplorasi) | Kerjasama dan toleransi | |
| | Membimbing peserta didik untuk menyelesaikan permasalahan yang diberikan pada LKPD | Menganalisis persamaan cepat rambat bunyi pada berbagai medium (mengasosiasi) | Kerjasama dan toleransi | |
| | Fase 4 (Mengembangkan dan Mempresentasikan Hasil Penyelidikan) | | | |
| | Guru meminta perwakilan kelompok untuk mempresentasikan hasil kerja kelompok yang telah dilakukan | Mempresentasikan hasil penyelidikan yang telah dilakukan dan menyimak dengan seksama presentasi yang dilakukan oleh teman (Mengomunikasikan) | Toleransi | |
| | Fase 5 (Evaluasi Proses Pemecahan Masalah) | | | |
| | Memberi umpan balik terhadap diskusi yang telah dilakukan | Memperhatikan dengan seksama penjeasan dari guru | | |
| Penutup | Pemberian Refleksi | | | 5 menit |
| | Mengingat kembali bahwa pada pembelajaran hari ini peserta didik telah mengembangkan sikap cinta tanah air, kerjasama, dan toleransi, serta mengasah kemampuan kognitif untuk menganalisis karakteristik gelombang bunyi | Memperhatikan dengan seksama penjelasan guru | Cinta tanah air, kerjasama, dan toleransi | |
| | Membantu peserta didik untuk memberikan kesimpulan atas pembelajaran yang diperoleh hari ini | Menyimpulkan pembelajaran hari ini | | |
| | Mempimpin doa untuk mengakhiri pelajaran dan memberi salam | Membaca doa bersama | | |

Pertemuan Kedua

| Kegiatan | Deskripsi Kegiatan | | Aspek Nasionalisme | Alokasi Waktu |
|-------------|--|---|-------------------------|---------------|
| | Guru | Peserta Didik | | |
| Pendahuluan | Mengucapkan salam dan meminta peserta didik untuk berdoa | Membalas salam dan ketua kelas memimpin pembacaan doa | | 10 menit |
| | Mengecek kehadiran dan menyiapkan peserta didik untuk belajar | Menyiapkan diri untuk menerima pembelajaran | | |
| | Menyampaikan tujuan pembelajaran pada pertemuan hari ini | Mendengarkan penyampaian tujuan pembelajaran | | |
| | Pemberian Apersepsi | | | |
| | Memberikan narasi tentang perlunya kita melestarikan kearifan lokal tari <i>gandrang bulo</i> (beserta alat musik tradisional yang digunakan) sebagai motivasi untuk menanamkan sikap nasionalisme | Memperhatikan dengan seksama narasi yang disampaikan oleh guru | Cinta tanah air | |
| | Fase 1 (Orientasi Masalah) | | | |
| | Guru memberikan pertanyaan “ <i>pernahkah kalian berdiri di pinggir jalan kemudian melintas sebuah ambulans dengan sirene yang sedang berbunyi? Bagaimana bunyi itu ketika ambulans mendekat atau menjauh?</i> ” | Memberikan jawaban atas pertanyaan yang diberikan oleh guru | Toleransi | |
| Inti | Fase 2 (Mengorganisasi untuk Belajar) | | | 75 menit |
| | Mengatur peserta didik agar duduk secara berkelompok | Duduk secara berkelompok | | |
| | Menampilkan video atau animasi tentang Efek Doppler | Memperhatikan dengan seksama video yang ditampilkan oleh guru (Mengamati) | | |
| | Meminta peserta didik untuk menanyakan hal-hal yang belum dipahami terkait video yang telah ditayangkan | Menanyakan hal-hal yang belum diketahui tentang tayangan video (Menanya) | | |
| | Fase 3 (Membimbing Penyeidikan) | | | |
| | Membantu peserta didik untuk menyelesaikan LKPD terkait Efek Doppler secara berkelompok | Menyelesaikan LKPD yang diberikan oleh guru secara berkelompok (Mengeksplorasi) | Kerjasama dan toleransi | |

| Kegiatan | Deskripsi Kegiatan | | Aspek Nasionalisme | Alokasi Waktu |
|---|--|--|---|---------------|
| | Guru | Peserta Didik | | |
| | Membimbing peserta didik untuk menyelesaikan permasalahan yang diberikan pada LKPD | Menganalisis persamaan efek Doppler dalam menyelesaikan permasalahan fisika (mengasosiasi) | Kerjasama dan toleransi | |
| Fase 4 (Mengembangkan dan Mempresentasikan Hasil Penyelidikan) | | | | |
| | Guru meminta perwakilan kelompok untuk mempresentasikan hasil kerja kelompok yang telah dilakukan | Mempresentasikan hasil penyelidikan yang telah dilakukan dan menyimak dengan seksama presentasi yang dilakukan oleh teman (Mengomunikasikan) | Toleransi | |
| Fase 5 (Evaluasi Proses Pemecahan Masalah) | | | | |
| | Memberi umpan balik terhadap diskusi yang telah dilakukan | Memperhatikan dengan seksama penjelasan dari guru | | |
| Penutup | Pemberian Refleksi | | | 5 menit |
| | Mengingat kembali bahwa pada pembelajaran hari ini peserta didik telah mengembangkan sikap cinta tanah air, kerjasama, dan toleransi, serta mengasah kemampuan kognitif untuk menganalisis fenomena efek doppler | Memperhatikan dengan seksama penjelasan guru | Cinta tanah air, kerjasama, dan toleransi | |
| | Membantu peserta didik untuk memberikan kesimpulan atas pembelajaran yang diperoleh hari ini | Menyimpulkan pembelajaran hari ini | | |
| | Mempimpin doa untuk mengakhiri pelajaran dan memberi salam | Membaca doa bersama | | |

Pertemuan Ketiga

| Kegiatan | Deskripsi Kegiatan | | Aspek Nasionalisme | Alokasi Waktu |
|-------------|---|---|--------------------|---------------|
| | Guru | Peserta Didik | | |
| Pendahuluan | Mengucapkan salam dan meminta peserta didik untuk berdoa | Membalas salam dan ketua kelas memimpin pembacaan doa | | 10 menit |
| | Mengecek kehadiran dan menyiapkan peserta didik untuk belajar | Menyiapkan diri untuk menerima pembelajaran | | |

| Kegiatan | Deskripsi Kegiatan | | Aspek Nasionalisme | Alokasi Waktu |
|-----------------------------------|---|---|-------------------------|---------------|
| | Guru | Peserta Didik | | |
| | Menyampaikan tujuan pembelajaran pada pertemuan hari ini | Mendengarkan penyampaian tujuan pembelajaran | | |
| Pemberian Apersepsi | | | | |
| | Memberikan narasi tentang fenomena dawai dan pipa organa yang ada pada <i>Gandrang Bulu</i> adalah alat musik Gendang Bulu dan kacaping sebagai motivasi untuk menanamkan sikap nasionalisme. Alat musik ini merupakan salah satu budaya yang perlu dilestarikan keberadaannya. | Memperhatikan dengan seksama narasi yang disampaikan oleh guru | Cinta tanah air | |
| Fase 1 (Orientasi Masalah) | | | | |
| | Guru memberikan pertanyaan <i>“pernahkah kalian bermain gitar atau melihat orang lain bermain gitar atau gendang? bagaimana agar dihasilkan nada yang berbeda-beda?”</i> | Memberikan jawaban atas pertanyaan yang diberikan oleh guru | Toleransi | |
| Inti | Fase 2 (Mengorganisasi untuk Belajar) | | | |
| | Mengatur peserta didik agar duduk secara berkelompok | Duduk secara berkelompok | | |
| | Meminta salah satu peserta didik untuk mendemonstrasikan salah satu permainan alat musik (gitar atau gendang) | Memperhatikan demonstrasi yang dilakukan oleh teman (Mengamati) | | |
| | Meminta peserta didik untuk menanyakan hal-hal yang belum dipahami terkait demonstrasi yang telah diperlihatkan | Menanyakan hal-hal yang belum diketahui tentang demonstrasi yang telah diperlihatkan (Menanya) | | |
| | Fase 3 (Membimbing Penyeidikan) | | | |
| | Membantu peserta didik untuk menyelesaikan LKPD terkait dawai dan pipa organa | Menyelesaikan LKPD yang diberikan oleh guru secara berkelompok (Mengeksplorasi) | Kerjasama dan toleransi | |
| | Membimbing peserta didik untuk menyelesaikan permasalahan yang diberikan pada LKPD | Menganalisis persamaan pada dawai dan pipa organa dalam menyelesaikan | Kerjasama dan toleransi | |
| | | | 75 menit | |

| Kegiatan | Deskripsi Kegiatan | | Aspek Nasionalisme | Alokasi Waktu |
|----------|---|---|---|---------------|
| | Guru | Peserta Didik | | |
| | | permasalahan fisika (mengasosiasi) | | |
| | Fase 4 (Mengembangkan dan Mempresentasikan Hasil Penyelidikan) | | | |
| | Guru meminta perwakilan kelompok untuk mempresentasikan hasil kerja kelompok yang telah dilakukan | Mempresentasikan hasil penyelidikan yang telah dilakukan dan menyimak dengan seksama presentasi yang dilakukan oleh teman (Mengomunikasikan) | Toleransi | |
| | Fase 5 (Evaluasi Proses Pemecahan Masalah) | | | |
| | Memberi umpan balik terhadap diskusi yang telah dilakukan | Memperhatikan dengan seksama penjeasan dari guru | | |
| Penutup | Pemberian Refleksi | | | 5 menit |
| | Mengingatkan kembali bahwa pada pembelajaran hari ini peserta didik telah mengembangkan sikap cinta tanah air, kerjasama, dan toleransi, serta mengasah kemampuan kognitif untuk menganalisis besaran-besaran terkait dawai dan pipa organa | Memperhatikan dengan seksama penjelasan guru | Cinta tanah air, toleransi, dan kerjasama | |
| | Membantu peserta didik untuk memberikan kesimpulan atas pembelajaran yang diperoleh hari ini | Menyimpulkan pembelajaran hari ini | | |
| | Mempimpin doa untuk mengakhiri pelajaran dan memberi salam | Membaca doa bersama | | |

Pertemuan Keempat

| Kegiatan | Deskripsi Kegiatan | | Aspek Nasionalisme | Alokasi Waktu |
|-------------|---|---|--------------------|---------------|
| | Guru | Peserta Didik | | |
| Pendahuluan | Mengucapkan salam dan meminta peserta didik untuk berdoa | Membalas salam dan ketua kelas memimpin pembacaan doa | | 10 menit |
| | Mengecek kehadiran dan menyiapkan peserta didik untuk belajar | Menyiapkan diri untuk menerima pembelajaran | | |

| Kegiatan | Deskripsi Kegiatan | | Aspek Nasionalisme | Alokasi Waktu |
|-----------------------------------|--|--|-------------------------|---------------|
| | Guru | Peserta Didik | | |
| | Menyampaikan tujuan pembelajaran pada pertemuan hari ini | Mendengarkan penyampaian tujuan pembelajaran | | |
| Pemberian Apersepsi | | | | |
| | Memberikan narasi tentang keharusan untuk berbangga atas keanekaragaman budaya yang dimiliki oleh Indonesia, termasuk Tari <i>Gandrang Bulo</i> dari Sulawesi Selatan sebagai motivasi untuk menanamkan sikap nasionalisme | Memperhatikan dengan seksama narasi yang disampaikan oleh guru | Cinta tanah air | |
| Fase 1 (Orientasi Masalah) | | | | |
| | Guru memberikan pertanyaan “ <i>bagaimana kalian mendeskripsikan suasana di tempat konser yang lebih bisung daripada di rumah?</i> ” | Memberikan jawaban atas pertanyaan yang diberikan oleh guru | Toleransi | |
| Inti | Fase 2 (Mengorganisasi untuk Belajar) | | | |
| | Mengatur peserta didik agar duduk secara berkelompok | Duduk secara berkelompok | | |
| | Memperlihatkan video atau animasi terkait intensitas dan taraf intensitas bunyi | Memperhatikan video yang ditayangkan dengan seksama (Mengamati) | | |
| | Meminta peserta didik untuk menanyakan hal-hal yang belum dipahami terkait video yang telah ditayangkan | Menanyakan hal-hal yang belum diketahui tentang video yang ditayangkan (Menanya) | | |
| | Fase 3 (Membimbing Penyelidikan) | | | |
| | Membantu peserta didik untuk menyelesaikan LKPD intensitas bunyi dan taraf intensitas bunyi | Menyelesaikan LKPD yang diberikan oleh guru secara berkelompok (Mengeksplorasi) | Kerjasama dan toleransi | |
| | Membimbing peserta didik untuk menyelesaikan permasalahan yang diberikan pada LKPD | Menganalisis persamaan intensitas bunyi dan taraf intensitas bunyi dalam menyelesaikan permasalahan fisika (mengasosiasi) | Kerjasama dan toleransi | |
| | Fase 4 (Mengembangkan dan Mempresentasikan Hasil Penyelidikan) | | | |
| | | | | 75 menit |

| Kegiatan | Deskripsi Kegiatan | | Aspek Nasionalisme | Alokasi Waktu |
|----------|--|--|---|---------------|
| | Guru | Peserta Didik | | |
| | Guru meminta perwakilan kelompok untuk mempresentasikan hasil kerja kelompok yang telah dilakukan | Mempresentasikan hasil penyelidikan yang telah dilakukan dan menyimak dengan seksama presentasi yang dilakukan oleh teman (Mengomunikasikan) | Toleransi | |
| | Fase 5 (Evaluasi Proses Pemecahan Masalah) | | | |
| | Memberi umpan balik terhadap diskusi yang telah dilakukan | Memperhatikan dengan seksama penjeasan dari guru | | |
| Penutup | Pemberian Refleksi | | | 5 menit |
| | Mengingat kembali bahwa pada pembelajaran hari ini peserta didik telah mengembangkan sikap cinta tanah air, kerjasama, dan toleransi, serta mengasah kemampuan kognitif untuk menganalisis besaran-besaran terkait intensitas dan taraf intensitas bunyi | Memperhatikan dengan seksama penjelasan guru | Cinta tanah air, toleransi, dan kerjasama | |
| | Membantu peserta didik untuk memberikan kesimpulan atas pembelajaran yang diperoleh hari ini | Menyimpulkan pembelajaran hari ini | | |
| | Mempimpin doa untuk mengakhiri pelajaran dan memberi salam | Membaca doa bersama | | |

I. Penilaian Hasil Belajar

1. Teknik Penilaian

Pengetahuan : tes tertulis dalam bentuk esai (terlampir)

Sikap nasionalisme : angket (terlampir)

2. Pembelajaran Remedial

Tes tertulis

3. Pembelajaran Pengayaan

Presentasi hasil diskusi

Lampiran

Instrumen Tes Pengetahuan (Kemampuan Pemecahan Masalah)

1. Perhatikan gambar berikut!



Seutas dawai pada kacaping memiliki panjang 4 meter dan massanya 250 gram. Tali tersebut ditegangkan dengan gaya 100 N. Hitunglah cepat rambat gelombang pada dawai tersebut!

2. Seorang *pakkacaping* memberikan tegangan sebesar 100 N pada dawai *kacaping* sehingga bergetar dengan frekuensi sebesar f_0 . Hitunglah besar tegangan dawai yang dibutuhkan agar dawai tersebut bergetar dengan frekuensi $2f_0$!
3. Perhatikan gambar berikut!



Sebuah seruling bambu pada pertunjukan tari *Gandarang Bulo* memiliki panjang 60 cm dan dimainkan dalam ruang dimana cepat rambat suara adalah 300 m/s. Tentukan frekuensi nada dasar dan frekuensi nada atas pertama dari seruling bambu tersebut!

4. Sebuah kapal mengukur kedalaman laut menggunakan perangkat suara. Jika bunyi ditembakkan ke dasar laut, bunyi pantul diterima setelah 10 detik. Tentukan kedalaman laut jika cepat rambat bunyi di air adalah 1600 m/s!
5. Sebuah kereta api bergerak dengan kecepatan 36 km/jam. Ketika akan melewati sebuah jembatan, kereta ini mengeluarkan bunyi dengan frekuensi 4950 Hz. Kecepatan bunyi di udara adalah 340 m/s. Hitunglah frekuensi bunyi yang didengar oleh orang yang berada di jembatan tersebut!
6. Pipa organa terbuka A dan pipa organa tertutup B dimainkan bersamaan, maka pipa organa terbuka A menghasilkan nada atas pertama yang sama dengan nada dasar pipa organa tertutup B. Bila kondisinya sama dan panjang pipa organa A adalah 30 cm, maka analisislah panjang pipa organa B!
7. Sebuah seruling yang memiliki kolom udara terbuka pada kedua ujungnya memiliki nada atas kedua dengan frekuensi 1700 Hz. Jika kecepatan suara di udara adalah 340 m/s, tentukan panjang seruling tersebut!
8. Jarak P ke sumber bunyi adalah dua kali jarak Q ke sumber bunyi. Tentukanlah perbandingan intensitas bunyi yang diterima di P dengan intensitas bunyi yang diterima di Q!
9. Sebuah pabrik memiliki 100 mesin yang identik. Jika sebuah mesin memiliki taraf intensitas bunyi sebesar 70 dB, tentukan nilai taraf intensitas bunyi yang terdengar jika semua mesin di pabrik tersebut dinyalakan bersamaan!
10. Sebuah sumber bunyi mengirim bunyi dengan daya 160π Watt. Jika dianggap muka gelombang bunyi berbentuk bola, maka hitunglah intensitas bunyi pada jarak 4 m dari sumber bunyi!

Angket Penilaian Sikap (Sikap Nasionalisme)

Petunjuk

1. Tuliskan identitas diri Anda pada tempat yang telah disediakan
2. Berilah tanda ceklis (√) pada salah satu alternatif jawaban pada setiap nomor
3. Jawaban Anda tidak akan berpengaruh terhadap prestasi Anda dan akan tetap dijaga kerahasiaannya.
4. Jawablah setiap pernyataan secara jujur sesuai dengan yang Anda alami. Adapun keterangan jawaban adalah sebagai berikut:
 SS = sangat setuju TS = tidak setuju
 S = setuju STS = sangat tidak setuju

| No | Pernyataan | SS | S | TS | STS |
|----|--|----|---|----|-----|
| 1 | Saya senang menyisipkan bahasa asing (misalnya bahasa Inggris) dalam percakapan sehari-hari | | | | |
| 2 | Saya senang menggunakan produk yang diproduksi dari dalam negeri | | | | |
| 3 | Saya membersihkan kelas sesuai dengan jadwal piket saya | | | | |
| 4 | Saya tidak suka berteman dengan teman yang memiliki perbedaan pendapat dengan saya | | | | |
| 5 | Sudah menjadi tugas Saya untuk melestarikan budaya daerah yang dimiliki Indonesia, salah satunya adalah tari Gandrang Bulu | | | | |
| 6 | Saya datang ke sekolah sesuai jam yang telah ditentukan | | | | |
| 7 | Saya tidak suka berinteraksi dengan teman yang berasal dari suku lain | | | | |
| 8 | Saya merasa bangga bila menggunakan bahasa Indonesia dalam interaksi sehari-hari | | | | |
| 9 | Saya senang bila mendapat teman baru yang memiliki keyakinan yang berbeda dengan saya | | | | |
| 10 | Saya tidak peduli jika ada negara lain yang mengakui tari tradisional salah satu daerah di Indonesia sebagai milik mereka | | | | |
| 11 | Saya mengetahui budaya daerah lain di Indonesia selain dari budaya di daerah saya | | | | |
| 12 | Saya lebih memercayai kualitas barang yang dihasilkan oleh produsen luar negeri dibandingkan yang diproduksi di dalam negeri | | | | |
| 13 | Saya menghafal Pancasila | | | | |
| 14 | Saya akan lebih memilih tidak peduli bila ada yang berbuat merugikan kepentingan bangsa Indonesia | | | | |
| 15 | Saya tidak bersedia membela negara Indonesia bila terjadi konflik dengan negara lain | | | | |
| 16 | Saya akan memilih bertanya kepada teman saat ujian berlangsung demi mendapatkan nilai yang tinggi | | | | |
| 17 | Saya memiliki kelompok teman tertentu yang sering diajak bergaul | | | | |
| 18 | Saya menghafal lagu-lagu kebangsaan nasional | | | | |
| 19 | Saya tidak senang mengikuti upacara setiap Senin pagi atau upacara pada hari besar nasional Indonesia | | | | |
| 20 | Saya tahu bahwa sekolah saya perlu diberikan fasilitas oleh pemerintah demi memaksimalkan proses pembelajaran | | | | |
| 21 | Saya menyadari apa saja hak saya sebagai warga negara Indonesia | | | | |
| 22 | Saya menyisihkan uang saku untuk membantu korban bencana alam | | | | |
| 23 | Saya menjenguk teman yang sedang sakit | | | | |
| 24 | Saya memakai seragam sekolah dengan rapi dan lengkap | | | | |
| 25 | Saya sering mencoret-coret sarana dan prasarana milik sekolah (meja, kursi, tembok, dll) | | | | |

| No | Pernyataan | SS | S | TS | STS |
|----|---|----|---|----|-----|
| 26 | Saya lebih memilih bermain permainan tradisional (contoh: <i>akgasing</i>) dibanding permainan modern (contoh: <i>game</i> pada android, <i>mobile legend</i>) | | | | |
| 27 | Saya tidak menengahi bila melihat teman yang terlibat konflik | | | | |
| 28 | Saya tidak memperhatikan teman yang sedang presentasi di depan kelas | | | | |
| 29 | Saya sering berbelanja secara <i>online</i> karena barang yang diinginkan adalah produksi dari luar negeri | | | | |
| 30 | Saya membela teman yang berbuat salah | | | | |
| 31 | Jika ada teman yang kurang paham mengenai materi gelombang bunyi, maka saya akan membantu memberikan penjelasan | | | | |
| 32 | Pada saat ada pertunjukan budaya tradisional, saya akan turut serta dalam penyelenggaraannya | | | | |
| 33 | Pada saat diskusi kelompok, jika ada teman yang memiliki pendapat yang berbeda mengenai materi gelombang bunyi, maka saya akan mempertimbangkan pendapat tersebut | | | | |
| 34 | Jika ada teman yang kesulitan dalam mengerjakan latihan yang diberikan, maka saya akan membantunya mengerjakan latihan tersebut | | | | |
| 35 | Saya akan mengumpulkan tugas yang diberikan oleh guru kapan saja saya mau, meskipun telah lewat batas waktu yang telah disepakati bersama | | | | |



***Lembar Kerja Peserta
Didik (LKPD)***

LKPD

LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK

KELOMPOK:.....

NAMA ANGGOTA:

.....
.....
.....
.....

KELAS

XI

SMA/MA



GELOMBANG BUNYI



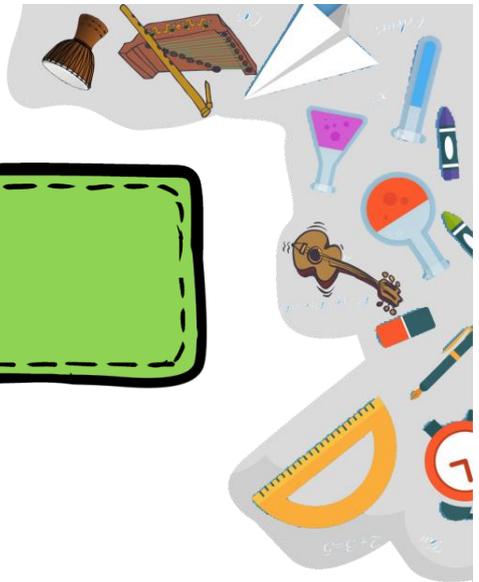
LKPD-1

Karakteristik Gelombang Bunyi

1. Berdasarkan hasil studi literatur, apa saja karakteristik gelombang bunyi?

2. Berdasarkan hasil studi literatur, bagaimana cepat rambat gelombang bunyi pada berbagai medium? Apa saja faktor yang memengaruhi cepat rambat bunyi?

3. Tentukan frekuensi dan periode gelombang bunyi jika panjang gelombang 10 meter dan cepat rambat bunyi 350 m/s!



LKPD-2

Efek Doppler

Orientasi Masalah

Diko menghadiri acara pertunjukan tari tradisional di sebuah gedung sebagai salah satu bentuk kecintaannya terhadap kekayaan budaya yang dimiliki Indonesia. Di dalam aula, Diko memilih untuk duduk di baris paling depan. Di tengah pertunjukan sedang berlangsung, Ia harus meninggalkan ruangan karena ingin mengangkat telepon dari temannya. Saat itu ia berpikir mengapa bunyi dari alat musik pertunjukan tradisional yang didengarkan saat berada di baris paling depan berbeda dengan bunyi yang ia dengarkan saat berjalan menuju pintu keluar?

Mengorganisasi untuk Belajar

1. Tujuan
 - Kognitif : Menganalisis frekuensi pendengar pada fenomena efek Doppler
 - Afektif : Mengembangkan sikap nasionalisme dalam bentuk cinta tanah air, toleransi, dan kerjasama
2. Alat dan Bahan : Lembar Kerja dan media simulasi

Membimbing Penyelidikan

Lakukanlah kegiatan berikut dengan mengutamakan kerjasama dalam kelompok!

1. Bukalah *file* simulasi efek doppler yang telah diberikan sehingga akan muncul tampilan seperti gambar berikut



Keterangan Gambar:

- a. Panel tempat mengisi variabel kontrol dan variabel manipulasi (*input* variabel)
 - b. Tombol navigasi untuk menjalankan, menghentikan, dan memulai kembali simulasi
 - c. Panel tempat variabel respon (*output* variabel)
 - d. Pengamat pertama (diam)
 - e. Pengamat kedua (pengendara motor 1) yang bergerak mendekati sumber bunyi
 - f. Sumber bunyi (gandang bulo) yang bergerak dengan kecepatan tertentu
 - g. Pengamat ketiga (pengendara motor 2) yang bergerak menjauhi sumber bunyi
2. Masukkan nilai-nilai variabel kontrol pada bagian a
 3. Jalankan simulasi dengan menekan tombol *play* pada bagian b
 4. Amati dan bunyi yang didengarkan oleh ketiga pendengar (bagian d, bagian e, dan bagian g) dengan cara mengklik gambar *speaker* yang terdapat pada bagaian c
 5. Lakukan langkah 2 dan 3 dengan memasukkan nilai frekuensi sumber bunyi (gandang bulo) yang berbeda, yakni 630 Hz, 720 Hz, dan 840 Hz. Pastikan untuk tidak mengganti nilai kecepatan pada pengendara motor 1 dan 2
 6. Hitunglah nilai frekuensi yang didengar oleh ketiga pendengar dan bandingkan hasil yang kamu peroleh dengan nilai yang muncul pada bagain c
 7. Tuliskan hasil pengamatan dan perhitungan pada tempat yang telah disediakan.

Mengembangkan dan Mempresentasikan Hasil Penyelidikan

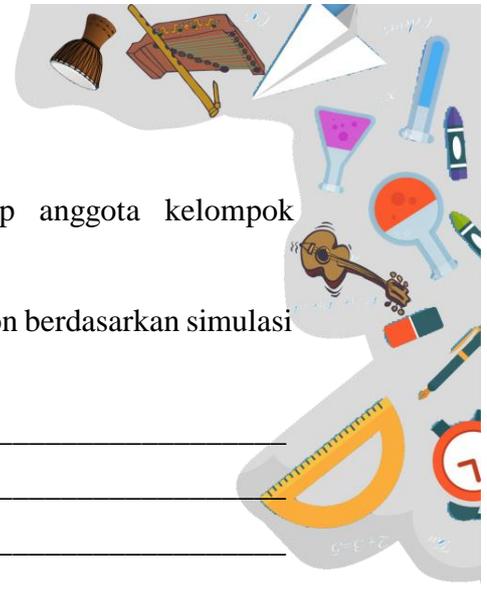
Tuliskan hasil pengamatan dan penyelidikan pada tabel di bawah ini!

Tabel Hasil Pengamatan Efek Doppler

| Pendengar | V_p (m/s) | f_p (Hz) | | |
|-----------|-------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | | Kasus 1 ($f_s = 630$ Hz) | Kasus 2 ($f_s = 720$ Hz) | Kasus 3 ($f_s = 840$ Hz) |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |

Analisis Hasil Penyelidikan

Hitunglah nilai frekuensi yang didengar oleh ketiga pendengar pada setiap kasus!



Jawablah pertanyaan berikut! Jawaban dituliskan setelah setiap anggota kelompok mengutarakan pendapatnya masing-masing!

1. Tentukan variabel kontrol, variabel manipulasi, dan variabel respon berdasarkan simulasi yang telah dilakukan!

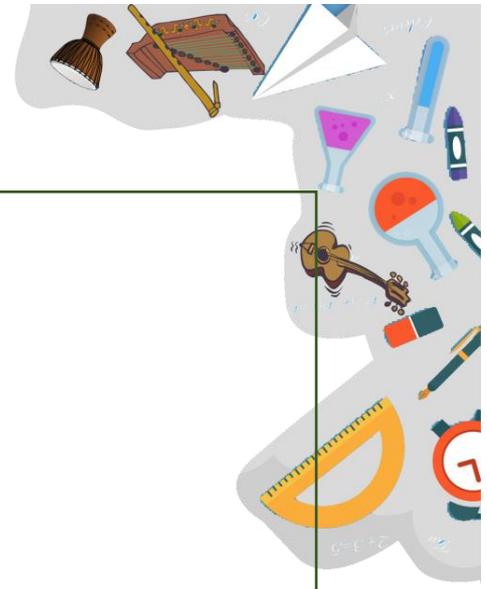
2. Jawablah pertanyaan pada bagian orientasi masalah!

3. Tuliskan kesimpulanmu mengenai Efek Doppler berdasarkan hasil pengamatan yang telah kamu lakukan!

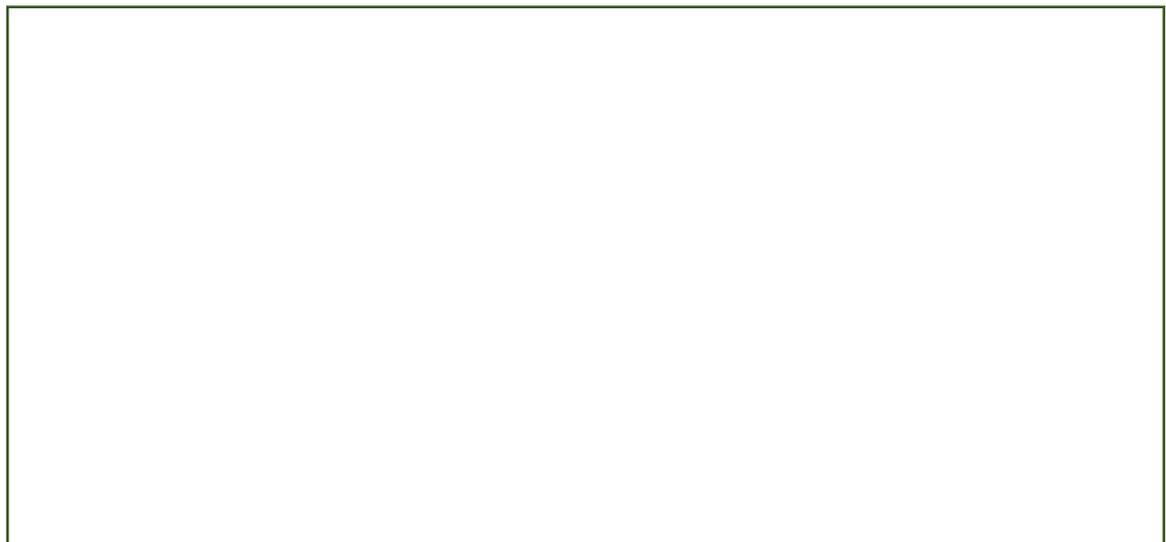
Evaluasi Proses Pemecahan

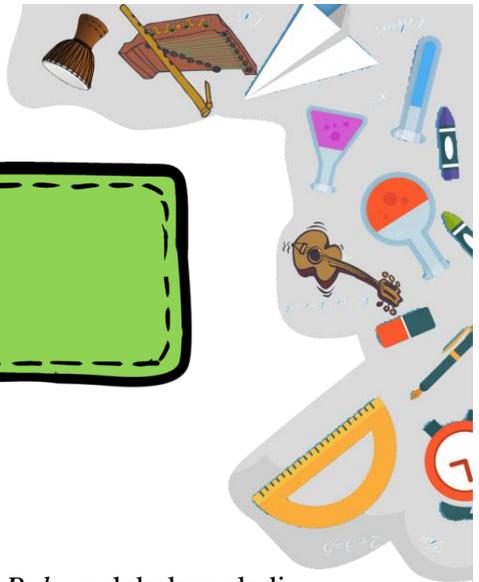
Setelah mengetahui konsep fenomena Efek Doppler, selesaikanlah permasalahan berikut!

1. Sebuah sumber bunyi dengan frekuensi 720 Hz bergerak menjauhi seorang pendengar yang diam. Jika kecepatan bunyi di udara adalah 340 m/s dan kecepatan sumber bunyi adalah 20 m/s, maka hitunglah frekuensi yang didengar oleh pendengar!



2. Sebuah truk bergerak dengan kecepatan 25 m/s dibelakang sepeda motor. Pada saat truk mengeluarkan bunyi klakson dengan frekuensi 945 Hz , pengemudi sepeda motor membaca pada spidometer angka 20 m/s . Apabila kecepatan bunyi di udara 340 m/s , maka hitunglah frekuensi klakson yang didengar oleh pengemudi sepeda motor!





LKPD-3

Dawai dan Pipa Organa

Orientasi Masalah

Seorang pemain gendang dan kacaping pada pertunjukan tari *Gandrang Bulo* melakukan gladi sebelum acara berlangsung. Karena alat musik yang biasa digunakan dalam pertunjukan tersebut belum tersedia, maka mereka menggunakan alat musik lain yang mirip dengan yang biasa mereka gunakan. Penabuh gendang menggunakan gendang biasa yang memiliki panjang yang berbeda dengan gendang bulo dan *pakkacaping* menggunakan kecapai yang memiliki panjang dawai yang berbeda dengan kacaping pada umumnya. Saat itulah mereka merasakan ada perbedaan bunyi yang dihasilkan oleh kedua jenis alat musik tersebut. Berdasarkan kajian fisika, apa saja faktor-faktor yang mempengaruhi perbedaan tersebut?

Mengorganisasi untuk Belajar

1. Tujuan

- Kognitif : Menganalisis frekuensi nada-nada pada dawai dan pipa organa
- Afektif : Mengembangkan sikap nasionalisme dalam bentuk cinta tanah air, toleransi, dan kerjasama

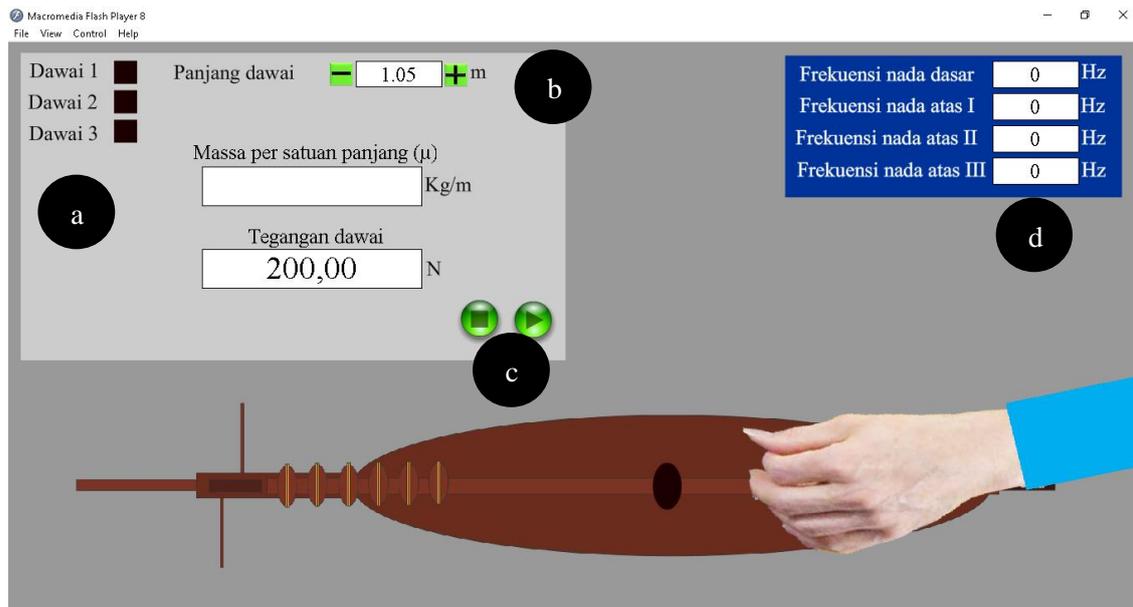
2. Alat dan Bahan : Lembar Kerja dan media simulasi

Membimbing Penyelidikan

Lakukanlah kegiatan berikut dengan mengutamakan kerjasama dalam kelompok!

Kegiatan 1.

1. Bukalah *file* simulasi dawai yang telah diberikan sehingga muncul tampilan seperti gambar berikut



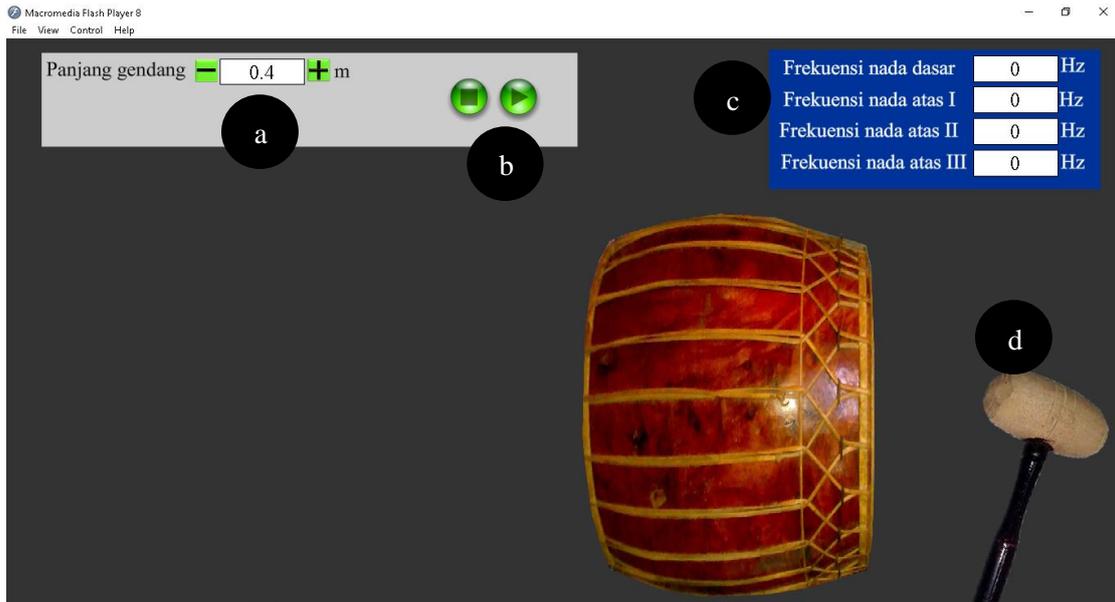
Keterangan Gambar:

- a. Panel untuk memilih jenis dawai yang akan diamati frekuensi bunyinya
- b. Panel untuk mengubah-ubah nilai panjang dawai (*input variabel*)
- c. Tombol navigasi untuk menjalankan, menghentikan, dan memulai kembali simulasi
- d. Panel tempat variabel respon (*output variabel*)

2. Pilihlah jenis dawai yang ingin diamati frekuensinya dengan mengklik salah satu dari tiga jenis dawai
3. Ubahlah nilai panjang dawai dengan mengklik tanda “+” atau “-” pada bagian b
4. Jalankan simulasi dengan menekan tombol *play* pada bagian b
5. Amati bunyi yang dihasilkan oleh kacaping dan hitunglah frekuensi nada dasar, nada atas pertama, nada atas kedua, dan nada atas ketiga.
6. Bandingkan hasil perhitungan yang kamu peroleh dengan nilai yang tertera pada bagian d
7. Ulangi langkah 2 sampai 5 dengan mengubah nilai panjang dawai pada bagian b.
8. Tuliskan hasil pengamatan dan perhitungan pada tabel yang telah disediakan

Kegiatan 2.

1. Bukalah *file* simulasi pipa organa (gendang) yang telah diberikan sehingga muncul tampilan seperti gambar berikut



Keterangan Gambar:

- a. Panel tempat mengubah panjang gendang (*input* variabel)
 - b. Tombol navigasi untuk menjalankan, menghentikan, dan memulai kembali simulasi
 - c. Panel tempat variabel respon (*output* variabel)
 - d. Pemukul gendang ketika simulasi dijalankan
2. Klik tanda “+” atau “-” pada bagian a untuk menentukan nilai panjang gendang
 3. Jalankan simulasi dengan menekan tombol *play* pada bagian b sehingga pemukul (bagian d) akan memukul gendang bulo
 4. Amati bunyi yang dihasilkan oleh gendang bulo dan hitunglah frekuensi nada dasar, nada atas pertama, nada atas kedua, dan nada atas ketiga.
 5. Bandingkan hasil perhitungan yang kamu peroleh dengan nilai yang tertera pada bagian c
 6. Ulangi langkah 2 sampai 5 dengan mengubah nilai panjang gendang bulo pada bagian a. Geserlah panel pada bagian a untuk mengubah-ubah nilai panjang gendang bulo.
 7. Tuliskan hasil pengamatan dan perhitungan pada tabel yang telah disediakan

Mengembangkan dan Mempresentasikan Hasil Penyelidikan

Tuliskan hasil pengamatan dan penyelidikan pada tabel di bawah ini!

Tabel 1. Hasil Pengamatan Frekuensi Nada-Nada Pada Dawai Kacaping

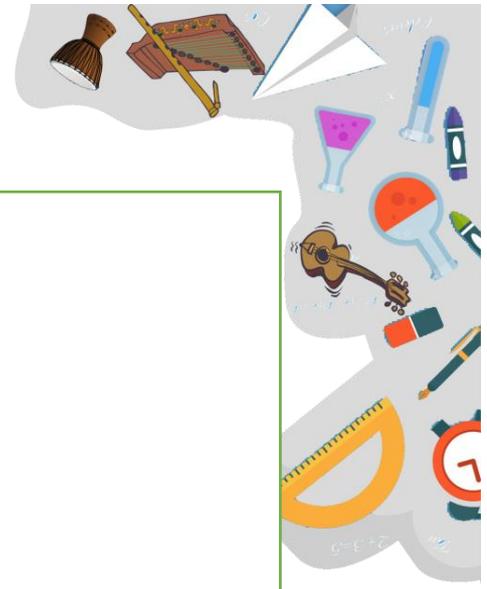
| No | Panjang Dawai Kacaping (m) | Frekuensi | | | |
|----|----------------------------|------------|------------|------------|------------|
| | | f_0 (Hz) | f_1 (Hz) | f_2 (Hz) | f_3 (Hz) |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |

Tabel 2. Hasil Pengamatan Fekuensi Nada-Nada Pada Gendang Bulo

| No | Panjang Gendang Bulo (m) | Frekuensi | | | |
|----|--------------------------|------------|------------|------------|------------|
| | | f_0 (Hz) | f_1 (Hz) | f_2 (Hz) | f_3 (Hz) |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |

Analisis Hasil Penyelidikan

Hitunglah nilai frekuensi nada-nada pada kedua alat musik tersebut!



Jawablah pertanyaan berikut! Jawaban dituliskan setelah setiap anggota kelompok mengutarakan pendapatnya masing-masing!

1. Tentukan variabel kontrol, variabel manipulasi, dan variabel respon berdasarkan simulasi yang telah dilakukan di atas!

2. Jawablah pertanyaan pada bagian orientasi masalah!



3. Buatlah kesimpulan berdasarkan simulasi yang telah dilakukan!

Evaluasi Proses Pemecahan

Setelah mengetahui konsep fenomena dawai dan pipa organa, selesaikanlah permasalahan berikut!

1. Frekuensi nada dasar sebuah dawai sepanjang L adalah 120 Hz. Jika dawai diperpendek menjadi $\frac{1}{4} L$ maka hitunglah frekuensi nada dasarnya!

Jawab:

2. Cepat rambat bunyi di udara adalah 340 m/s. Jika sebuah pipa organa tertutup ditiup menghasilkan nada atas ke-3 dengan tinggi kolom udara sebesar 70 cm, hitunglah frekuensi nada atas ke-3 tersebut!

Jawab:



LKPD-4

Intensitas dan Taraf Intensitas Bunyi

Orientasi Masalah

Dalam suatu pertunjukan musik, mengapa saat banyak alat musik dimainkan secara bersamaan, bunyinya tidak memekakan telinga? Apa yang menyebabkan penonton mendengar bunyi yang lebih lemah dibandingkan para pemain alat musik tersebut?

Mengorganisasi untuk Belajar

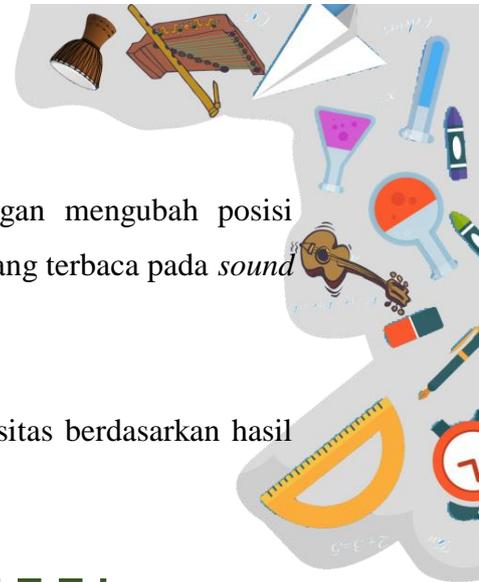
1. Tujuan
 - Kognitif : Menganalisis taraf intensitas bunyi
 - Afektif : Mengembangkan sikap nasionalisme dalam bentuk cinta tanah air, toleransi, dan kerjasama
2. Alat dan Bahan : Lembar kerja, suling, meteran, dan *sound level meter*

Membimbing Penyelidikan

Lakukanlah kegiatan berikut dengan mengutamakan kerjasama dalam kelompok!

1. Siapkan alat dan bahan yang dibutuhkan
2. Pastikan suling (atau alat musik lain) dapat berbunyi dengan baik, dan aplikasi *sound level meter* telah terinstal pada *smartphonemu*.
3. Mintalah salah seorang teman untuk bertugas membunyikan suling dan seorang lagi untuk memegang *sound level meter*.
4. Aturilah agar jarak antara pemegang suling dan pemegang *sound level meter* berada pada jarak 1 meter, kemudian catat jarak tersebut sebagai r_1 .
5. Bunyikan suling tersebut dan amatilah taraf intensitas bunyi yang terbaca pada *sound level meter*. Catatlah nilai tersebut sebagai taraf intensitas pertama (TI_1)

Catatan: pastikan bunyi suling yang kamu hasilkan tidak terganggu oleh bunyi suling kelompok lain.



- Ubahlah jarak antara sumber bunyi dengan alat ukur dengan mengubah posisi pemegang *sound level meter*, kemudian amati taraf intensitas yang terbaca pada *sound level meter* tersebut.
- Catatlah hasil yang kamu peroleh pada tabel hasil pengamatan
- Bandingkan hasil yang kamu peroleh dengan nilai taraf intensitas berdasarkan hasil perhitunganmu.

Mengembangkan dan Mempresentasikan Hasil Penyelidikan

Tuliskan hasil pengamatan dan penyelidikan pada tabel di bawah ini!

Tabel Hasil Pengamatan Taraf Intensitas Bunyi Suling

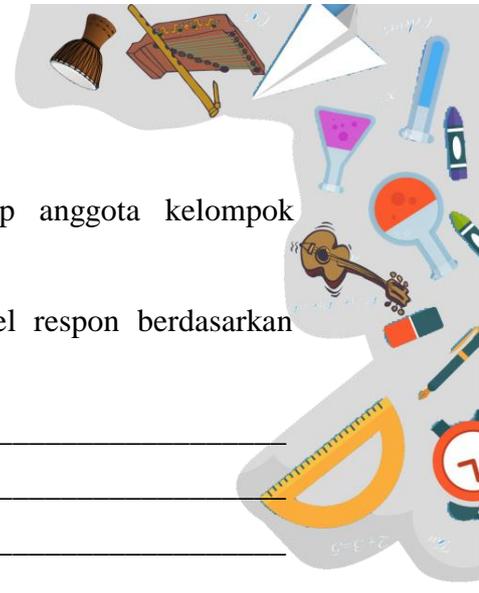
$$TI_1 = \dots\dots\dots \text{ dB}$$

$$r_1 = \dots\dots\dots \text{ m}$$

| No | Jarak (m) | Taraf Intensitas Bunyi(dB) |
|----|-----------|----------------------------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | | |

Analisis Hasil Penyelidikan

Hitunglah nilai taraf intensitas bunyi yang dihasilkan pada setiap jarak!



Jawablah pertanyaan berikut! Jawaban dituliskan setelah setiap anggota kelompok mengutarakan pendapatnya masing-masing!

1. Tentukan variabel kontrol, variabel manipulasi, dan variabel respon berdasarkan penyelidikan yang telah dilakukan!

2. Jawablah pertanyaan pada bagian orientasi masalah!

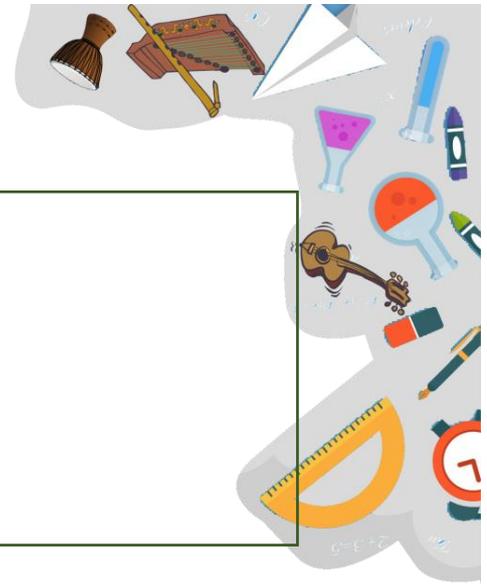
3. Tuliskan kesimpulanmu mengenai intensitas dan taraf intensitas bunyi berdasarkan hasil pengamatan yang telah kamu lakukan!

Evaluasi Proses Pemecahan

Setelah mengetahui konsep fenomena taraf intensitas bunyi, selesaikanlah permasalahan berikut!

1. Sebuah sumber bunyi memiliki taraf intensitas 60 dB. Ketika 100 sumber bunyi yang sama berbunyi secara serentak, hitunglah taraf intensitas yang dihasilkan!

Jawab:



2. Sebuah sumber bunyi dengan taraf intensitas 80 dB terdengar oleh seorang anak pada jarak 2 meter. Hitunglah taraf intensitas bunyi tersebut jika didengar oleh anak lain yang berjarak 200 meter dari sumber bunyi!

Jawab:

3. Jika taraf intensitas bunyi dalam suatu ruangan adalah 100 dB, maka hitunglah intensitas bunyi mesin tersebut!

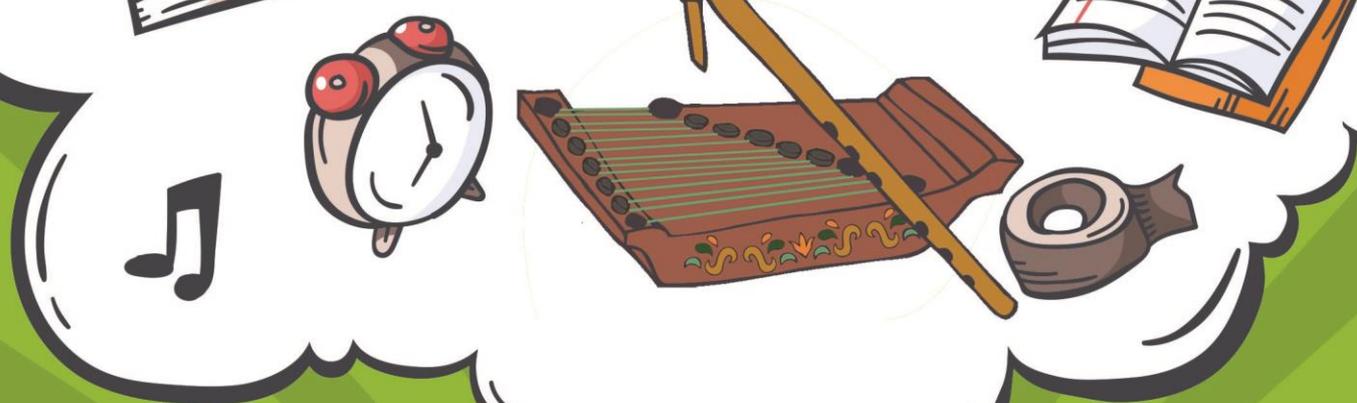
Jawab:

Materi Ajar





GELOMBANG BUNYI



KELAS
XI
SMA/MA



MATERI AJAR FISIKA

GELOMBANG BUNYI



Sudah sepatutnya kita bersyukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena telah dikaruniai alat pendengar (telinga) sehingga dapat mendengar alunan bunyi musik yang merdu. Bagaimana sesungguhnya bunyi dapat terdengar? Bagaimana suara musik dapat sampai di telinga kita? Bagaimana pula jika suara itu terlalu keras? Marilah kita pelajari uraian tentang bunyi berikut ini sehingga dapat memberikan manfaat dalam kehidupan kita.

Salah satu contoh bunyi yang dapat didengarkan adalah alunan yang dihasilkan oleh perpaduan antara bunyi beberapa alat musik yang dimainkan ketika menampilkan tari tradisonal Gandrang Bulu. Tari ini merupakan salah satu tari tradisonal masyarakat Sulawesi Selatan yang sering ditampilkan dalam pesta rakyat. Beberapa alat musik yang digunakan untuk megiringi tari ini adalah gendang bulo, kacaping, dan suling. Tahukah kalian bahwa ternyata alat-alat musik ini memanfaatkan prinsip fisika sehingga kita dapat mendengarkan nada-nada yang dihasilkan?

A Karakteristik Gelombang Bunyi

1. Gelombang Bunyi

Bunyi merupakan getaran di dalam medium elastis pada frekuensi dan intensitas yang dapat didengar oleh telinga manusia. Bunyi termasuk gelombang mekanik, karena dalam perambatannya bunyi memerlukan medium perantara, salah satunya adalah udara. Ada tiga syarat agar terjadi bunyi. Syarat yang dimaksud yaitu ada sumber bunyi, medium, dan pendengar. Bunyi dihasilkan oleh benda yang bergetar, getaran itu merambat melalui medium menuju pendengar. Sama seperti gelombang lainnya, sumber gelombang bunyi merupakan benda yang bergetar, namun yang menarik bahwa bunyi disebarkan dari sumber ke segala arah. Energi dipindahkan dari sumber dalam bentuk gelombang bunyi. Selanjutnya, bunyi dideteksi oleh telinga. Oleh otak, bunyi diterjemahkan, dan kita bisa memberikan respon. Misalnya, ketika kita mendengarkan suara lagu dari radio, kita meresponnya dengan ikut bernyanyi, atau sekadar menggoyangkan kaki.

Gelombang bunyi tidak dapat merambat di dalam ruang hampa udara karena dalam ruang hampa tidak terdapat partikel apapun. Medium atau zat perantara ini dapat berupa zat cair, padat, gas. Jadi, gelombang bunyi dapat merambat pada medium padat, cair, dan gas.

2. Desah, Nada, Kekuatan Bunyi, dan Warna Bunyi

Pernahkah kamu melihat pawai budaya? Jika kamu berada di sebuah pawai kebudayaan seperti yang terlihat pada Gambar 1 atau di tempat-tempat keramaian lainnya, maka kamu dapat mendengar suara-suara orang yang sedang berbicara. Tidak semua suara orang berbicara dapat kamu dengar, ada yang jelas dan ada yang tidak. Suara orang bicara yang dekat dengan kamu mungkin dapat kamu dengar dengan jelas tetapi tidak yang letaknya jauh darimu. Semua suara di keramaian bersatu menjadi suara gemuruh, meskipun kamu berkonsentrasi berusaha mendengar suara-suara itu, kamu tetap tidak dapat melakukannya.

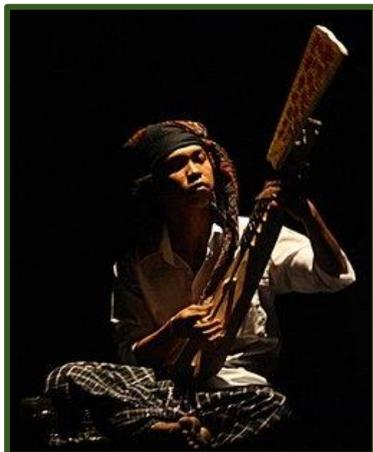


Gambar 1. Pawai Budaya

Di keramaian, setiap bunyi yang mempunyai frekuensi berbeda berkumpul sehingga menimbulkan bunyi yang frekuensinya tak teratur. Oleh karena itu, kamu akan kesulitan

mengidentifikasi suara di keramaian tersebut. Bunyi yang mempunyai frekuensi tak teratur itulah yang disebut sebagai **desah**.

Pernahkah kamu melihat seseorang memainkan kacaping pada pertunjukan tari Gandrang Bulu? Pemain kecapi tersebut disebut sebagai pakkacaping seperti yang terlihat pada Gambar 2. Kacapaing atau kecapi merupakan salah satu contoh sumber bunyi. Setiap senar



Gambar 2. Pakkacaping

pada kacapaing mempunyai ukuran yang berbeda. Hal ini dimaksudkan untuk menghasilkan sebuah bunyi yang frekuensinya teratur. Bunyi yang mempunyai frekuensi tertentu disebut **nada**. Jika dua buah garpu tala yang berbeda frekuensinya digetarkan, ternyata garpu tala yang mempunyai frekuensi lebih besar akan menghasilkan nada yang lebih tinggi. Sebaliknya, garpu tala yang frekuensinya lebih rendah akan menghasilkan bunyi rendah. Frekuensi sebuah sumber bunyi berpengaruh terhadap tinggi rendahnya bunyi.

Sekarang, apakah kekuatan bunyi itu? Bunyi ada yang kuat dan ada yang lemah. Jika bunyi yang kamu dengar sangat keras dan melebihi ambang bunyi yang dapat diterima manusia, bunyi ini dapat merusak telinga. Lakukan kegiatan kecil berikut untuk mengetahui kekuatan bunyi. Petiklah senar gitar sehingga keluar bunyi. Kemudian, pada senar yang sama, petik kembali senar tersebut dengan simpangan yang agak besar. Apa yang terjadi? Senar yang dipetik dengan simpangan besar akan berbunyi lebih kuat daripada dipetik dengan simpangan kecil. Dalam hal ini, simpangan yang kamu berikan pada senar merupakan amplitudo. Semakin besar amplitudo, semakin kuat bunyi dan sebaliknya. Jadi kekuatan bunyi ditentukan oleh besarnya amplitudo bunyi tersebut.

Di dalam suatu keramaian, kamu pasti mendengar berbagai macam bunyi. Ada suara laki-laki, perempuan, anak-anak, dan sebagainya. Meskipun begitu, telinga kamu masih mampu membedakan bunyi-bunyi tersebut. Ketika sebuah gitar dan organ memainkan lagu yang sama, kamu masih dapat membedakan

Tahukah Kamu?

Pada zaman penjajahan Jepang di Indonesia, rakyat Sulawesi Selatan dibuat menderita dengan diberlakukannya kerja paksa. Mereka sering mendapat pukulan, tendangan dan cambuk dari tentara Jepang. Pada saat istirahat, tanpa pengawasan tentara Jepang, para pekerja bermain-main menyanyikan lagu-lagu jenaka sambil melakukan sejumlah adegan lucu yang diambil dari gerakan tentara Jepang. Kejadian inilah yang menjadi awal lahirnya tari Gandrang Bulu sebagai media pemersatu dan penyemangat masyarakat Sulawesi Selatan.

suara kedua alat musik tersebut. Meskipun kedua alat musik tersebut mempunyai frekuensi yang sama, tetapi bunyi yang dihasilkan oleh kedua sumber bunyi tersebut bersifat unik. Keunikan setiap bunyi dengan bunyi lainnya meskipun mempunyai frekuensi yang sama disebut sebagai **warna bunyi**. Dapatkah kamu menyebutkan contoh lain yang menunjukkan bahwa bunyi memiliki warna yang berbeda meskipun frekuensinya sama?

3. Frekuensi Bunyi

Setiap makhluk hidup mempunyai ambang pendengaran yang berbeda-beda. Pendengaran manusia dan hewan tentu akan berbeda. Ada bunyi yang dapat didengar manusia, tetapi tidak oleh hewan dan sebaliknya. Berdasarkan frekuensinya, bunyi dapat dikelompokkan ke dalam tiga kelompok, yaitu ultrasonik, audiosonik, dan infrasonik.

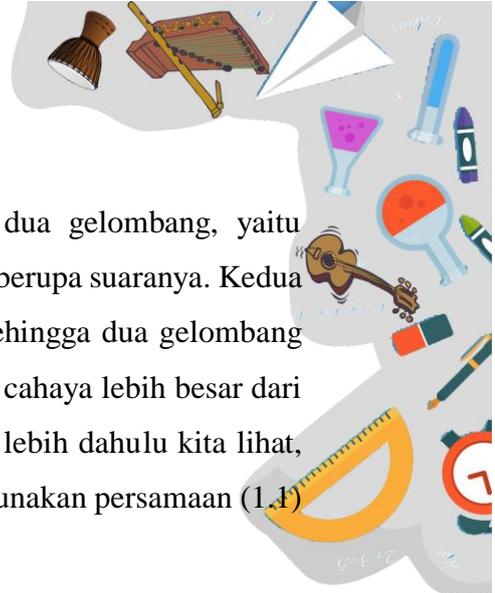
- d) Bunyi yang mempunyai frekuensi di atas 20.000 Hz disebut ultrasonik. Bunyi ini hanya dapat didengar oleh lumba-lumba dan kelelawar. Kelelawar menggunakan frekuensi ini sebagai navigasi ketika terbang di kegelapan. Kelelawar dapat menemukan jalan atau mangsanya dengan cara mengeluarkan bunyi ultrasonik. Bunyi ini akan dipantulkan oleh benda-benda di sekelilingnya, kemudian pantulan bunyi ini dapat ditangkap kembali sehingga kelelawar dapat mengetahui jarak dirinya dengan benda-benda di sekitarnya. Bunyi ultrasonik dapat dimanfaatkan manusia untuk mengukur kedalaman laut dan pemeriksaan USG (ultrasonografi).
- e) Bunyi yang mempunyai frekuensi antara 20 Hz – 20.000 Hz disebut audiosonik. Rentang frekuensi bunyi ini dapat didengar manusia. Akan tetapi, kepekaan pendengaran manusia semakin tua semakin menurun, sehingga pada usia lanjut tidak semua bunyi yang berada di rentang frekuensi ini dapat didengar.
- f) Bunyi yang mempunyai frekuensi di bawah 20 Hz disebut infrasonik. Bunyi ini dapat didengar oleh binatang-binatang tertentu, seperti anjing, laba-laba, dan jangkrik

Ayo Renungkan!

1. Sudahkah kamu bekerjasama dengan baik dengan temanmu?
2. Bagaimana sikapmu bila pendapatmu berbeda dengan temanmu?
3. Sudahkah kamu berkontribusi dalam pelestarian budaya Indonesia?

B Cepat Rambat Gelombang Bunyi

Pernahkah kamu melihat halilintar? Kilatan halilintar dan suaranya tampak tidak terjadi dalam satu waktu. Sebenarnya, kilatan halilintar dan suaranya terjadi bersamaan, namun mengapa kita melihat kilatan halilintar lebih dahulu, kemudian disusul suaranya? Hal ini



berkaitan dengan cepat rambat gelombang. Halilintar terdiri atas dua gelombang, yaitu gelombang cahaya yang berupa kilatannya dan gelombang bunyi yang berupa suaranya. Kedua gelombang ini mempunyai cepat rambat gelombang yang berbeda, sehingga dua gelombang ini tampak terjadi tidak bersamaan. Ternyata cepat rambat gelombang cahaya lebih besar dari cepat rambat gelombang bunyi. Oleh karena itu, kilatan cahaya akan lebih dahulu kita lihat, kemudian disusul suaranya. Cepat rambat bunyi dapat dihitung menggunakan persamaan (1.1)

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f \quad \dots\dots\dots(1.1)$$

keterangan :

- v = cepat rambat bunyi (m/s)
- Δs = jarak sumber bunyi dengan pengamat (m)
- Δt = waktu (s)
- λ = panjang gelombang (m)
- T = periode (s)
- f = frekuensi (Hz)

1. Cepat Rambat Bunyi Pada Zat Padat

Pada zaman dahulu, orang mendekatkan telinganya ke atas rel untuk mengetahui kapan kereta datang. Hal tersebut membuktikan bahwa bunyi dapat merambat pada zat padat. Besarnya cepat rambat bunyi pada zat padat tergantung pada sifat elastisitas dan massa jenis zat padat tersebut. Secara matematis, besarnya cepat rambat bunyi pada zat padat dapat dituliskan seperti pada persamaan (1.2)

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad \dots\dots\dots (1.2)$$

keterangan :

- v : Cepat rambat bunyi pada zat padat (m/s)
- E : Modulus Young medium (N/m²)
- ρ : Massa jenis medium (kg/m³)

2. Cepat Rambat Bunyi pada Zat Cair

Pada saat Anda menyelam dalam air, bawalah dua buah batu, kemudian pukulkan kedua batu tersebut satu sama lain. Meskipun Anda berada dalam air, Anda masih bisa mendengar suara batu tersebut. Hal tersebut membuktikan bahwa bunyi dapat merambat pada zat cair.



Besarnya cepat rambat bunyi dalam zat cair tergantung pada Modulus Bulk dan massa jenis zat cair tersebut. Secara matematis dapat dihitung menggunakan persamaan (1.3)

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \dots\dots\dots (1.3)$$

keterangan:

- v : Cepat rambat bunyi pada zat cair (m/s)
- B : Modulus Bulk medium (N/m²)
- ρ : Massa jenis medium (kg/m³)

3. Cepat Rambat Bunyi pada Gas

Di udara tentu Anda lebih sering mendengar berbagai macam bunyi. Anda bisa mendengar suara radio, televisi, bahkan orang yang berteriak-teriak di kejauhan. Besarnya cepat rambat bunyi pada zat gas tergantung pada sifat-sifat kinetik gas. Cepat rambat bunyi dalam gas dapat dinyatakan dengan persamaan (1.4)

$$v = \sqrt{\gamma \frac{RT}{M}} \dots\dots\dots (1.4)$$

keterangan :

- v : Cepat rambat bunyi pada zat gas (m/s)
- γ : Konstanta Laplace
- R : Tetapan umum gas (8,31 J/molK)
- T : Suhu mutlak gas (K)
- M : Massa atom atau molekul relatif gas (kg/mol)

C Efek Doppler

Dalam kehidupan sehari-hari, kita sering menjumpai bunyi yang kita dengar akan terdengar berbeda apabila antara sumber bunyi dan pendengar terjadi gerakan relatif. Misalnya pada saat sedang mengendarai sepeda motor di jalan raya dan berpapasan dengan mobil ambulans atau mobil patroli yang membunyikan sirine. Bunyi sirine yang terdengar akan makin tinggi saat kita bergerak saling mendekati dan akan semakin rendah pada saat kita bergerak saling menjauhi. Peristiwa ini disebut *Efek Doppler*, yaitu peristiwa terjadinya perubahan frekuensi bunyi yang diterima oleh pendengar jika terjadi gerakan relatif antara sumber bunyi dan pendengar.

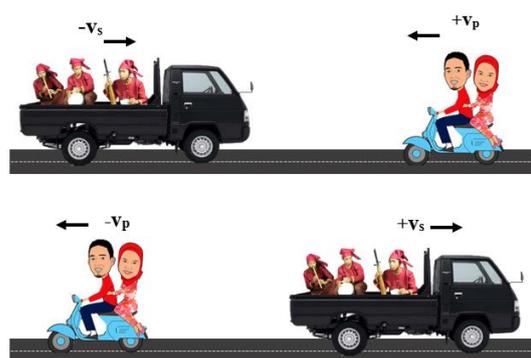
Tahukah Kamu?

Kerjasama yang baik harus dimiliki oleh seorang penari agar menghasilkan tarian yang indah. Perbedaan yang dimiliki oleh para penari tidak boleh menghalangi semangat persatuan dalam menghasilkan tarian yang indah



Efek Doppler secara umum menjelaskan bahwa frekuensi suatu gelombang akan bertambah tinggi ketika sumber bunyi atau pendengar atau keduanya bergerak saling mendekati. Begitupun sebaliknya, frekuensi suatu gelombang akan semakin kecil ketika sumber bunyi atau pendengar atau keduanya bergerak saling menjauhi. Tinggi dan rendahnya bunyi yang terdengar bergantung pada frekuensi yang diterima pendengar. Besar kecil perubahan frekuensi yang terjadi bergantung pada cepat rambat gelombang bunyi dan perubahan kecepatan relatif antara pendengar dan sumber bunyi.

Sebagai contoh, seperti yang terlihat pada Gambar 3, sebuah sumber bunyi berupa alunan musik tradisional pengiring acara pernikahan yang sedang bergerak dengan kecepatan v_s mengeluarkan bunyi berfrekuensi f_s dan pendengar berupa pengendara sepeda motor bergerak dengan kecepatan v_p . Jika kecepatan rambat gelombang bunyi adalah v , maka



Gambar 3. Ilustrasi Efek Doppler

frekuensi sumber bunyi yang diterima oleh pendengar apabila terjadi gerakan relatif antara sumber bunyi dan pendengar dapat dirumuskan dengan persamaan (2.1)

$$f_p = \frac{v \pm v_p}{v \pm v_s} f_s \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan:

f_p = frekuensi bunyi yang diterima pendengar (Hz)

f_s = frekuensi sumber bunyi (Hz)

v = cepat rambat bunyi di udara (m/s)

v_p = kecepatan pendengar (m/s)

v_s = kecepatan sumber bunyi (m/s)

Ingat bahwa:

1. v_p bernilai positif jika pendengar bergerak mendekati sumber bunyi dan sebaliknya v_p bernilai negatif jika pendengar bergerak menjauhi sumber bunyi
2. v_s bernilai positif jika sumber bunyi menjauhi pendengar dan sebaliknya v_s bernilai negatif jika sumber bunyi bergerak mendekati pendengar

Ayo Renungkan!

1. Sudahkah kamu bekerjasama dengan baik dengan temanmu?
2. Bagaimana sikapmu bila pendapatmu berbeda dengan temanmu?
3. Sudahkah kamu berkontribusi dalam pelestarian budaya Indonesia?

Contoh Soal

Seorang pemuda mengendarai motornya dengan kecepatan 36 km/jam bergerak saling mendekat dengan sebuah mobil jenis *pick-up* yang membawa penabuh gendang bulo yang memperdengarkan suara berfrekuensi 600 Hz di bagian belakang mobil. Bila cepat rambat bunyi di udara adalah 340 m/s dan frekuensi yang didengar pengendara motor adalah 700 Hz, maka hitunglah kecepatan mobil *pick up* tersebut!

Jawab

Diketahui:

$$v_p = 10 \text{ m/s}$$

$$f_s = 600 \text{ Hz}$$

$$v = 340 \text{ m/s}$$

$$f_p = 700 \text{ Hz}$$

Ditanyakan : $v_s = \dots\dots?$

Penyelesaian:

$$f_p = \frac{v + v_p}{v - v_s} \cdot f_s$$

$$700 = \frac{(340 + 10)}{(340 - v_s)} \cdot 600$$

$$\frac{700}{600} = \frac{350}{(340 - v_s)}$$

$$2 \cdot (340 - v_s) = 600$$

$$340 - v_s = 300$$

$$v_s = 40 \text{ m/s}$$

D Resonansi Bunyi

Resonansi adalah peristiwa ikut bergetarnya suatu benda karena getaran benda lain. Syarat resonansi adalah frekuensi penggetar sama dengan frekuensi yang digetarkan, misalnya pada peristiwa dawai dan pipa organa pada beberapa alat musik yang dimainkan pada penampilan tari Gandrang Bulu, seperti gendang bulo, suling, dan kacaping.

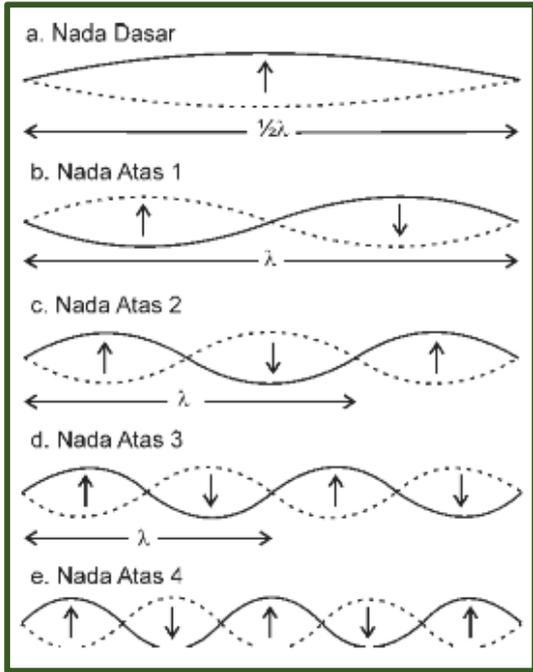
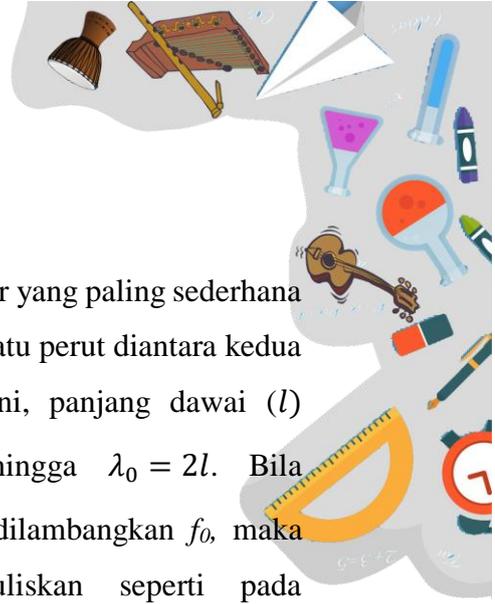
1. Dawai

Sebuah kacapaing seperti yang terlihat pada Gambar 4 merupakan salah satu alat musik yang menggunakan dawai sebagai sumber bunyinya. Kacapaing dapat menghasilkan nada-nada yang berbeda dengan memetik senar-senar yang ada pada kacaping. Getaran pada dawai yang dipetik itu akan menghasilkan gelombang stasioner pada ujung terikat.



Gambar 4. Kacaping

Satu senar akan menghasilkan berbagai frekuensi resonansi dari pola gelombang paling sederhana sampai majemuk. Nada yang dihasilkan dengan pola paling sederhana disebut 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 seperti yang terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pola Gelombang Pada Dawai

a. Nada Dasar

Keadaan dawai bergetar yang paling sederhana adalah menghasilkan satu perut diantara kedua simpul. Pada kasus ini, panjang dawai (l) adalah $l = \frac{1}{2}\lambda_0$, sehingga $\lambda_0 = 2l$. Bila frekuensi nada dasar dilambangkan f_0 , maka besarnya dapat dituliskan seperti pada persamaan (3.1)

$$f_0 = \frac{v}{\lambda_0} = \frac{v}{2l} \dots\dots\dots (3.1)$$

Berdasarkan Hukum Melde, diketahui bahwa cepat rambat gelombang bunyi pada dawai atau senar sesuai dengan persamaan (3.2)

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \dots\dots\dots (3.2)$$

Oleh karena itu, besarnya f_0 dapat dihitung menggunakan persamaan (3.3)

$$f_0 = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \dots\dots\dots (3.3)$$

b. Nada Atas ke-1

Jika sepanjang dawai terbentuk 1 gelombang, maka nada yang dihasilkan disebut nada atas pertama. Pada kasus ini, panjang dawai (l) adalah $l = \lambda_1$, sehingga $\lambda_1 = l$. Bila frekuensi nada atas pertama dilambangkan f_1 , maka besarnya dapat dituliskan seperti pada persamaan (3.4)

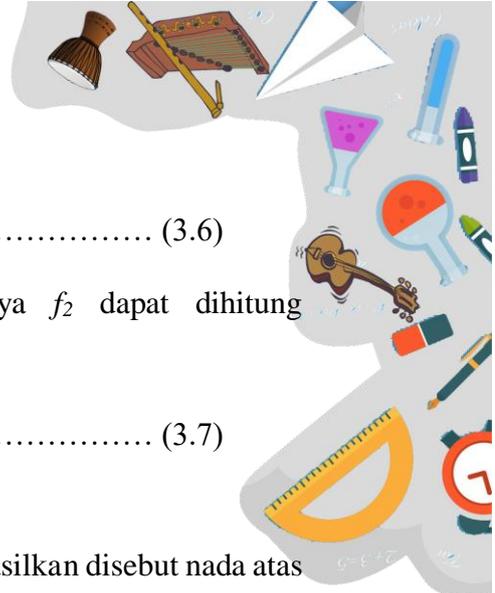
$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{l} = 2 \left(\frac{v}{2l} \right) \dots\dots\dots (3.4)$$

Berdasarkan Hukum Melde pada persamaan (3.2), besarnya f_1 dapat dihitung menggunakan persamaan (3.5)

$$f_1 = \frac{1}{l} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \dots\dots\dots (3.5)$$

c. Nada Atas ke-2

Jika sepanjang dawai terbentuk 1,5 gelombang, maka nada yang dihasilkan disebut nada atas kedua. Pada kasus ini, panjang dawai (l) adalah $l = \frac{3}{2}\lambda_2$, sehingga $\lambda_2 = \frac{2}{3}l$. Bila frekuensi nada atas kedua dilambangkan f_2 , maka besarnya dapat dituliskan seperti pada persamaan (3.6)



$$f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{v}{\frac{2}{3}l} = \frac{3v}{2l} \quad \dots\dots\dots (3.6)$$

Berdasarkan Hukum Melde pada persamaan (3.2), besarnya f_2 dapat dihitung menggunakan persamaan (3.7)

$$f_2 = \frac{3}{2l} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad \dots\dots\dots (3.7)$$

d. Nada Atas ke-3

Jika sepanjang dawai terbentuk 2 gelombang, maka nada yang dihasilkan disebut nada atas ketiga. Pada kasus ini, panjang dawai (l) adalah $l = 2\lambda_3$, sehingga $\lambda_3 = \frac{1}{2}l$. Bila frekuensi nada atas kedua dilambangkan f_3 , maka besarnya dapat dituliskan seperti pada persamaan (3.8)

$$f_3 = \frac{v}{\lambda_3} = \frac{v}{\frac{1}{2}l} = \frac{2v}{l} = 4 \left(\frac{v}{2l} \right) \quad \dots\dots\dots (3.8)$$

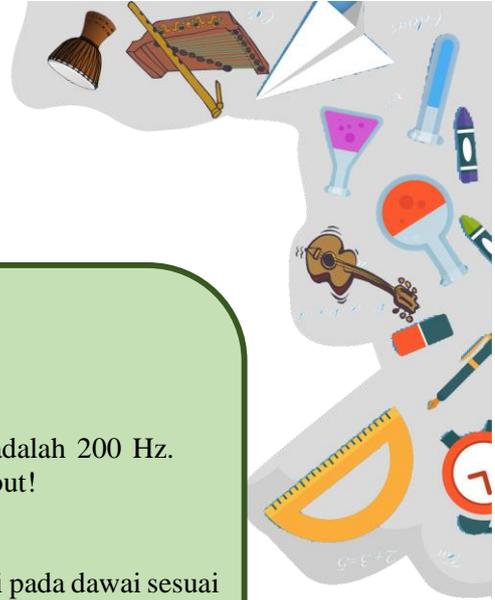
Berdasarkan Hukum Melde pada persamaan (3.2), besarnya f_3 dapat dihitung menggunakan persamaan (3.9)

$$f_3 = \frac{2}{l} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad \dots\dots\dots (3.9)$$

Berdasarkan persamaan (3.3), (3.5), (3.7), dan (3.9) dapat disimpulkan bahwa perbandingan frekuensi nada-nada yang dihasilkan oleh sumber bunyi berupa dawai dengan frekuensi nada dasarnya merupakan perbandingan bilangan bulat seperti yang tertulis pada persamaan (3.10)

$$f_0 : f_1 : f_2 : f_3 : \dots\dots = \frac{v}{2l} : 2 \left(\frac{v}{2l} \right) : 3 \left(\frac{v}{2l} \right) : 4 \left(\frac{v}{2l} \right) : \dots\dots = 1 : 2 : 3 : 4 : \dots\dots \quad \dots\dots\dots (3.10)$$

- dengan:
- f_0 = frekuensi nada dasar (Hz)
 - f_1 = frekuensi nada atas pertama (Hz)
 - f_2 = frekuensi nada atas kedua (Hz)
 - f_3 = frekuensi nada atas ketiga (Hz)
 - F = tegangan tali (N)
 - v = cepat rambat gelombang (m/s)
 - μ = massa per satuan panjang tali (kg/m)
 - l = panjang dawai (m)



Contoh Soal

Frekuensi nada dasar yang dihasilkan oleh sebuah dawai kacaping adalah 200 Hz. Hitunglah frekuensi nada atas kedua yang dihasilkan oleh dawai tersebut!

Jawab

Diketahui:
 $f_0 = 200 \text{ Hz}$

Ditanyakan:
 $f_2 = \dots?$

Penyelesaian:
 Perbandingan frekuensi pada dawai sesuai pada persamaan (3.10).

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

Maka frekuensi nada atas kedua adalah:
 $3 \times \text{nada dasar} = 3 \times 200 = 600 \text{ Hz}$

2. Pipa Organa

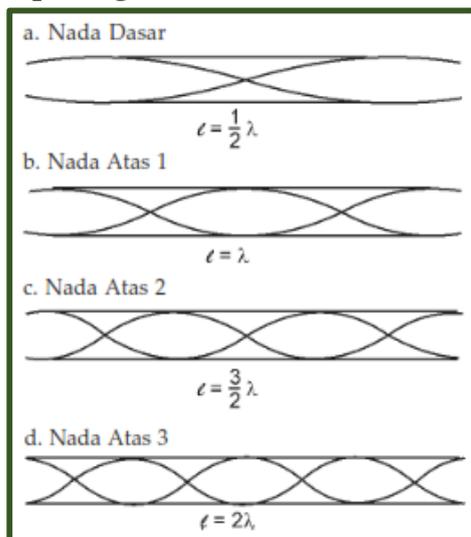
Pernahkah kalian melihat seorang peniup suling dalam pertunjukan tari Gandarang Bulu memainkan suling bambu? Suling yang ditiup dapat memperdengarkan nada rendah dan nada tinggi.

Seruling merupakan salah satu contoh pipa organa seperti yang terlihat pada Gambar 6. Pipa organa adalah elemen penghasil suara yang menggunakan kolom udara sebagai sumber buyi. Pipa organa dibedakan menjadi dua, yaitu pipa organa terbuka dan pipa organa tertutup



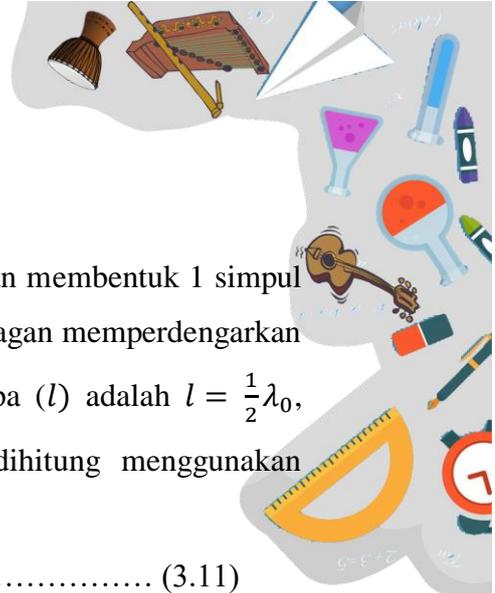
Gambar 6. Suling Bambu

a. Pipa Organa Terbuka



Gambar 7. Pola Gelombang Pada Pipa Organa Terbuka

Pipa organa terbuka adalah sebuah kolom udara yang kedua ujung penampangnya terbuka dan langsung berhubungan dengan udara luar. Apabila pipa ini ditiup, udara dari dalam pipa organa akan membentuk pola gelombang stationer. Pola-pola gelombang yang terbentuk di dalam pipa organa terbuka dapat dilihat pada Gambar 7.



a. Nada dasar

Pipa organa terbuka yang bergetar dengan nada terendah akan membentuk 1 simpul di antara 2 perut. Keadaan ini dapat dikatakan bahwa pipa organa memperdengarkan nada dasar dengan frekuensi f_0 . Pada kasus ini, panjang pipa (l) adalah $l = \frac{1}{2}\lambda_0$, sehingga $\lambda_0 = 2l$. Oleh karena itu, besarnya f_0 dapat dihitung menggunakan persamaan (3.11)

$$f_0 = \frac{v}{\lambda_0} = \frac{v}{2l} \dots\dots\dots (3.11)$$

b. Nada Atas ke-1

Pipa organa terbuka yang bergetar dengan nada yang lebih tinggi lagi akan membentuk 2 simpul dan 3 perut. Keadaan ini dapat dikatakan bahwa pipa organa memperdengarkan nada atas pertama dengan frekuensi f_1 . Pada kasus ini, panjang pipa (l) adalah $l = \lambda_1$, sehingga $\lambda_1 = l$. Oleh karena itu, besarnya f_1 dapat dihitung menggunakan persamaan (3.12)

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{l} = 2 \left(\frac{v}{2l} \right) \dots\dots\dots (3.12)$$

c. Nada Atas ke-2

Pipa organa terbuka yang bergetar dengan nada yang lebih tinggi lagi akan membentuk 3 simpul dan 4 perut. Keadaan ini dapat dikatakan bahwa pipa organa memperdengarkan nada atas kedua dengan frekuensi f_2 . Pada kasus ini, panjang pipa (l) adalah $l = \frac{3}{2}\lambda_2$, sehingga $\lambda_2 = \frac{2}{3}l$. Oleh karena itu, besarnya f_2 dapat dihitung menggunakan persamaan (3.13)

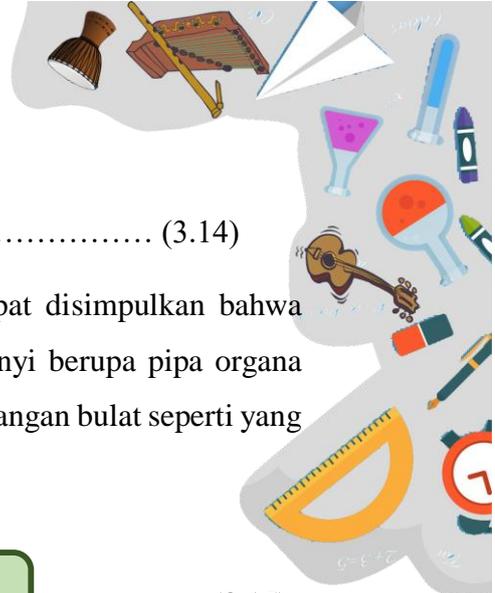
$$f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{v}{\frac{2}{3}l} = \frac{3v}{2l} \dots\dots\dots (3.13)$$

d. Nada Atas ke-3

Pipa organa terbuka yang bergetar dengan nada yang lebih tinggi lagi akan membentuk 4 simpul dan 5 perut. Keadaan ini dapat dikatakan bahwa pipa organa memperdengarkan nada atas ketiga dengan frekuensi f_3 . Pada kasus ini, panjang pipa (l) adalah $l = 2\lambda_3$, sehingga $\lambda_3 = \frac{1}{2}l$. Oleh karena itu, besarnya f_3 dapat dihitung menggunakan persamaan (3.14)

Ayo Lakukan!

Gendang bulo, kacaping, dan suling bambu merupakan beberapa contoh alat musik tradisional Sulawesi Selatan yang saat ini sudah jarang dipelajari oleh generasi muda. Sebagai generasi milenial, sudah sepatutnya kamu melestarikan penggunaan alat musik ini sebagai bagian dari salah satu warisan budaya Indonesia



$$f_3 = \frac{v}{\lambda_3} = \frac{v}{1/2l} = \frac{2v}{l} = 4 \left(\frac{v}{2l} \right) \dots\dots\dots (3.14)$$

Berdasarkan persamaan (3.11), (3.12), (3.13), dan (3.14) dapat disimpulkan bahwa perbandingan frekuensi nada-nada yang dihasilkan oleh sumber bunyi berupa pipa organa terbuka dengan frekuensi nada dasarnya merupakan perbandingan bilangan bulat seperti yang tertulis pada persamaan (3.15)

$$f_0 : f_1 : f_2 : f_3 : \dots\dots = \frac{v}{2l} : 2 \left(\frac{v}{2l} \right) : 3 \left(\frac{v}{2l} \right) : 4 \left(\frac{v}{2l} \right) : \dots\dots = 1 : 2 : 3 : 4 : \dots\dots$$

..... (3.15)

dengan:

- f_0 = frekuensi nada dasar (Hz)
- f_1 = frekuensi nada atas pertama (Hz)
- f_2 = frekuensi nada atas kedua (Hz)
- f_3 = frekuensi nada atas ketiga (Hz)
- v = cepat rambat gelombang (m/s)
- l = panjang pipa (m)

Contoh Soal

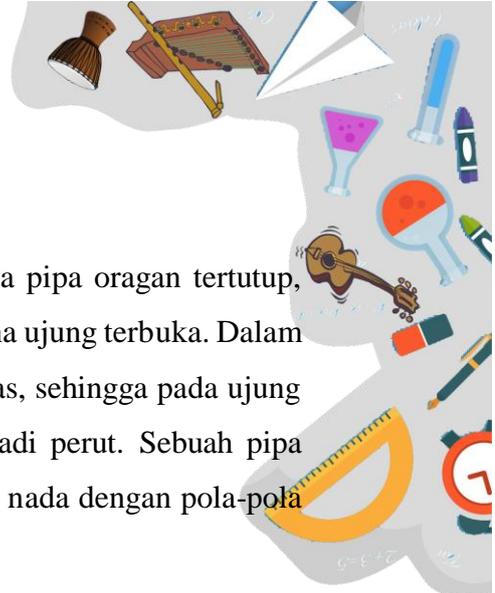
Sebuah seruling yang memiliki kolom udara terbuka pada kedua ujungnya memiliki nada atas kedua dengan frekuensi 1700 Hz. Jika kecepatan suara di udara adalah 340 m/s, maka hitunglah panjang seruling!

Jawab

Diketahui:
 $f_2 = 1700$ Hz
 $v = 340$ m/s

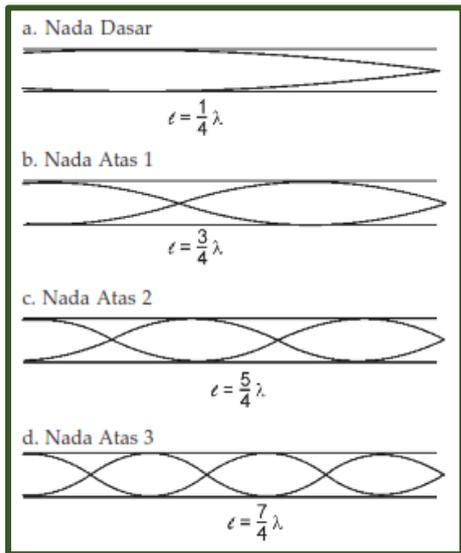
Ditanyakan:
 $l = \dots\dots?$

Penyelesaian:
 $f_2 = \frac{3v}{2l}$
 $1700 = \frac{3(340)}{2l}$
 $l = \frac{3(340)}{2(1700)}$
 $l = 0,3 \text{ m} = 30 \text{ cm}$



b. Pipa Organa Tertutup

Bagaimanakah keadaan resonansi pipa organa tertutup? Pada pipa organa tertutup, keadaan resonansinya berbeda dengan keadaan resonansi pipa organa ujung terbuka. Dalam hal ini, udara pada ujung tertutup tidak dapat bergerak dengan bebas, sehingga pada ujung tertutup selalu terjadi simpul dan pada ujung awalnya selalu terjadi perut. Sebuah pipa organa tertutup jika beresonansi juga akan menghasilkan frekuensi nada dengan pola-pola gelombang yang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Pola Gelombang Pada Pipa Organa Tertutup

a. Nada dasar

Jika sepanjang pipa organa terbentuk $1/4$ gelombang, maka nada yang dihasilkan disebut nada dasar. Pada kasus ini, panjang pipa (l) adalah $l = \frac{1}{4}\lambda_0$, sehingga $\lambda_0 = 4l$. Oleh karena itu, besarnya f_0 dapat dihitung menggunakan persamaan (3.16)

$$f_0 = \frac{v}{\lambda_0} = \frac{v}{4l} \quad \dots\dots\dots (3.16)$$

b. Nada Atas Ke-1

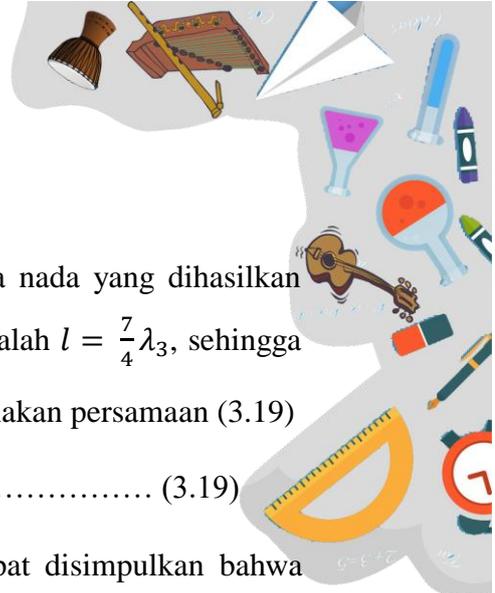
Jika sepanjang pipa organa terbentuk $3/4$ gelombang, maka nada yang dihasilkan disebut nada atas pertama. Pada kasus ini, panjang pipa (l) adalah $l = \frac{3}{4}\lambda_1$, sehingga $\lambda_1 = \frac{4}{3}l$. Oleh karena itu, besarnya f_1 dapat dihitung menggunakan persamaan (3.17)

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{\frac{4}{3}l} = 3 \left(\frac{v}{4l} \right) \quad \dots\dots\dots (3.17)$$

c. Nada Atas Ke-2

Jika sepanjang pipa organa terbentuk $5/4$ gelombang, maka nada yang dihasilkan disebut nada atas kedua. Pada kasus ini, panjang pipa (l) adalah $l = \frac{5}{4}\lambda_2$, sehingga $\lambda_2 = \frac{4}{5}l$. Oleh karena itu, besarnya f_2 dapat dihitung menggunakan persamaan (3.18)

$$f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{v}{\frac{4}{5}l} = 5 \left(\frac{v}{4l} \right) \quad \dots\dots\dots (3.18)$$



d. Nada Atas Ke-3

Jika sepanjang pipa organa terbentuk $7/4$ gelombang, maka nada yang dihasilkan disebut nada atas ketiga. Pada kasus ini, panjang pipa (l) adalah $l = \frac{7}{4}\lambda_3$, sehingga $\lambda_3 = \frac{4}{7}l$. Oleh karena itu, besarnya f_3 dapat dihitung menggunakan persamaan (3.19)

$$f_3 = \frac{v}{\lambda_3} = \frac{v}{\frac{4}{7}l} = 7\left(\frac{v}{4l}\right) \dots\dots\dots (3.19)$$

Berdasarkan persamaan (3.16), (3.17) (3.18), dan (3.19) dapat disimpulkan bahwa perbandingan frekuensi nada-nada yang dihasilkan oleh pipa organa tertutup dengan frekuensi nada dasarnya merupakan perbandingan bilangan ganjil seperti yang tertulis pada persamaan (3.20)

$$f_0 : f_1 : f_2 : f_3 : \dots\dots = \frac{v}{4l} : \frac{3v}{4l} : \frac{5v}{4l} : \frac{7v}{4l} : \dots\dots = 1 : 3 : 5 : 7 : \dots\dots$$

..... (3.20)

dengan:

- f_0 = frekuensi nada dasar (Hz)
- f_1 = frekuensi nada atas pertama (Hz)
- f_2 = frekuensi nada atas kedua (Hz)
- f_3 = frekuensi nada atas ketiga (Hz)
- v = cepat rambat gelombang (m/s)
- l = panjang pipa (m)

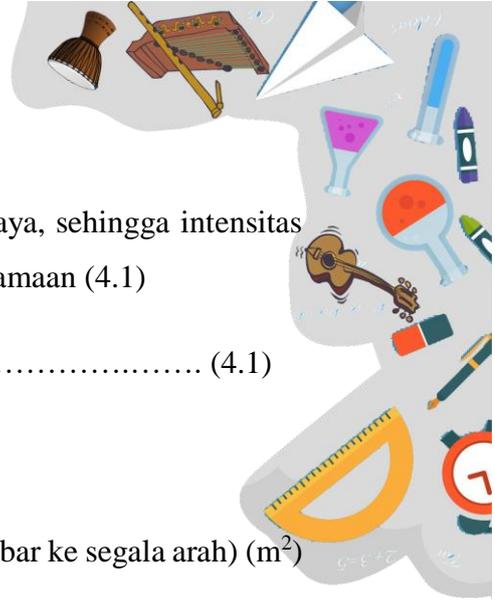
Ayo Renungkan!

1. Sudahkah kamu bekerjasama dengan baik dengan temanmu?
2. Bagaimana sikapmu bila pendapatmu berbeda dengan temanmu?
3. Sudahkah kamu berkontribusi dalam pelestarian budaya Indonesia?

E Intensitas dan Taraf Intesitas Bunyi

1. Intensitas Bunyi

Gelombang merupakan rambatan energi getaran. Jika ada gelombang tali berarti energinya dirambatkan melalui tali tersebut. Bagaimana dengan bunyi? Bunyi dirambatkan dari sumber ke pendengar melalui udara. Jika seseorang berdiri dengan jarak R dari sumber akan mendengar bunyi, maka bunyi itu telah tersebar membentuk luasan bola dengan jari-jari R . Hal ini berarti bahwa energi yang diterima pendengar itu tidak lagi sebesar sumbernya, sehingga yang dapat diukur adalah *energi yang terpancarkan tiap satu satuan waktu tiap satu satuan luas yang dinamakan dengan intensitas bunyi*. Kalian tentu sudah mengenal bahwa besarnya



energi yang dipancarkan tiap satu satuan waktu dinamakan dengan daya, sehingga intensitas bunyi sama dengan daya persatuan luas seperti yang tertulis pada persamaan (4.1)

$$I = \frac{P}{A} \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

dengan :

I = intensitas bunyi (watt/m²)

P = daya bunyi (watt)

A = luasan yang dilalui bunyi, sebesar 4πR² (untuk bunyi yang menyebar ke segala arah) (m²)

Daya gelombang adalah energi yang dirambatkan gelombang tiap detik. Daya dinyatakan dengan persamaan (4.2)

$$P = 2\pi^2 f^2 A^2 \mu \cdot v \quad \dots\dots\dots (4.2)$$

dengan:

P = daya gelombang (watt)

f = frekuensi (Hz)

A = amplitudo (m)

μ = massa per satuan panjang medium (kg/m)

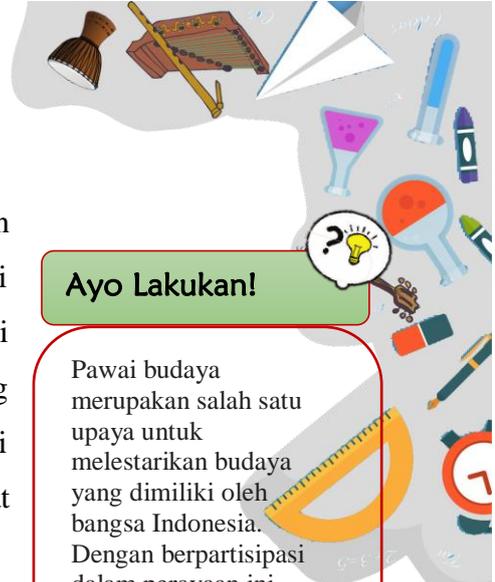
v = cepat rambat gelombang (m/s)

Batas intensitas bunyi yang bisa didengar oleh telinga manusia normal antara lain sebagai berikut:

- a. Intensitas bunyi terkecil yang masih dapat menimbulkan rangsangan pendengaran pada telinga manusia rata-rata adalah sebesar 10⁻¹² Wm⁻² pada frekuensi 1.000 Hz. Intensitas ini disebut intensitas **ambang pendengaran** yang dilambangkan dengan *I₀*
- b. Intensitas terbesar yang masih dapat diterima telinga manusia tanpa rasa sakit adalah sebesar 1 Wm⁻². Intensitas ini disebut **ambang perasaan** yang dilambangkan dengan *I_p*

2. Taraf Intensitas Bunyi

Kalian tentu pernah mendengar bunyi dalam ruangan yang bising. Tingkat kebisingan inilah yang dinamakan dengan taraf intensitas. Rentang intensitas yang dapat dideteksi atau didengar oleh telinga manusia sangat besar sehingga skala yang sering digunakan untuk mengukur intensitas bunyi adalah skala yang berdasarkan kelipatan 10. Skala jenis ini mempunyai hubungan logaritmik. Skala yang digunakan untuk mengukur intensitas bunyi dengan menggunakan prinsip ini disebut skala desibel.



Intensitas ambang pendengaran ($I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$) ditetapkan sebagai taraf bunyi sebesar 0 desibel (disingkat 0 dB) dan suatu bunyi yang 10 kali lebih kuat ($I = 10^{-11} \text{ W/m}^2$) ditetapkan sebagai taraf bunyi sebesar 10 desibel, dan seterusnya. Dalam hal ini, besaran fisika yang dinyatakan dengan satuan desibel disebut dengan taraf intensitas bunyi (TI) atau intensitas relative. Secara matematis taraf intensitas ini dapat ditentukan dengan persamaan (4.3)

$$TI = 10 \log \frac{I}{I_0} \dots\dots\dots (4.3)$$

dengan:

TI = Taraf intensitas (dB)

I = intensitas (watt/m²)

I_0 = intensitas ambang pendengar (10^{-12} watt/m²)

Berdasarkan persamaan (10) dapat disimpulkan bahwa jika suatu bunyi 10^n kali lebih kuat dari bunyi dengan intensitas standar (I_0), sehingga taraf intensitas bunyi tersebut $10 \times n$ desibel. Hubungan taraf intensitas bunyi pada jarak r_1 dari sumber bunyi (TI_1) dengan taraf intensitas bunyi pada jarak r_2 dari sumber bunyi (TI_2) dapat dinyatakan dengan persamaan (4.4).

$$TI_2 = TI_1 + \log \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 \dots\dots\dots (4.4)$$

Sementara itu, jika sebuah sumber bunyi menghasilkan taraf intensitas TI_1 dan n buah sumber bunyi yang identik menghasilkan taraf intensitas TI_2 , maka hubungan TI_1 dan TI_2 secara matematis dituliskan melalui persamaan (4.5).

$$TI_2 = TI_1 + 10 \log n \dots\dots\dots (4.5)$$

Jika sumber bunyi identik sejumlah n_1 menghasilkan TI_1 , maka sumber bunyi identik sejumlah n_2 akan menghasilkan TI_2 yang secara matematis dapat dihitung dengan persamaan (4.6).

$$TI_2 = TI_1 + 10 \log \frac{n_2}{n_1} \dots\dots\dots (4.6)$$

Ayo Lakukan!

Pawai budaya merupakan salah satu upaya untuk melestarikan budaya yang dimiliki oleh bangsa Indonesia. Dengan berpartisipasi dalam perayaan ini, berarti kamu bangga atas kebudayaan yang dimiliki oleh Indonesia dan telah berkontribusi dalam pelestariannya

Ayo Renungkan!

1. Sudahkah kamu bekerjasama dengan baik dengan temanmu?
2. Bagaimana sikapmu bila pendapatmu berbeda dengan temanmu?
3. Sudahkah kamu berkontribusi dalam pelestarian budaya Indonesia?

Contoh Soal

Sebuah sumber bunyi berupa petikan dawai kacaping memiliki taraf intensitas 60 dB. Ketika 100 sumber bunyi yang sama berbunyi secara serentak, hitunglah taraf intensitas yang dihasilkan!

Jawab

Diketahui:

$$TI_1 = 60 \text{ dB}$$

$$n = 100$$

Ditanyakan:

$$TI_2 = \dots\dots?$$

Penyelesaian:

$$TI_2 = TI_1 + 10 \log n$$

$$TI_{100} = 60 \text{ dB} + 10 \log 100$$

$$TI_{100} = 60 \text{ dB} + 10 \cdot 2 \text{ dB}$$

$$TI_{100} = 80 \text{ dB}$$

Evaluasi

Kerjakanlah soal-soal berikut dengan menuliskan jawaban pada tempat yang disediakan!

11. Perhatikan gambar berikut!



Seutas dawai pada kacaping memiliki panjang 4 meter dan massanya 250 gram. Tali tersebut ditegangkan dengan gaya 100 N. Hitunglah cepat rambat gelombang pada dawai tersebut!

| Indikator Kemampuan Pemecahan Masalah | Jawaban |
|---|---------|
| Mendeskripsikan variabel yang diketahui pada masalah | |
| Menentukan persamaan yang sesuai untuk memecahkan masalah | |
| Mensubstitusi nilai yang diketahui ke persamaan | |
| Mengevaluasi solusi | |

12. Perhatikan gambar berikut!



Sebuah seruling bambu pada pertunjukan tari *Gandrang Bulo* memiliki panjang 60 cm dan dimainkan dalam ruang dengan cepat rambat suara adalah 300 m/s. Tentukan frekuensi nada dasar dan frekuensi nada atas pertama dari seruling bambu tersebut!

| Indikator Kemampuan Pemecahan Masalah | Jawaban |
|---|---------|
| Mendeskripsikan variabel yang diketahui pada masalah | |
| Menentukan persamaan yang sesuai untuk memecahkan masalah | |
| Mensubstitusi nilai yang diketahui ke persamaan | |
| Mengevaluasi solusi | |

13. Sebuah kapal mengukur kedalaman laut menggunakan perangkat suara. Jika bunyi ditembakkan ke dasar laut, bunyi pantul diterima setelah 10 detik. Tentukan kedalaman laut jika cepat rambat bunyi di air adalah 1600 m/s!

| Indikator Kemampuan Pemecahan Masalah | Jawaban |
|--|---------|
| Mendeskripsikan variabel yang diketahui pada masalah | |



| Indikator Kemampuan Pemecahan Masalah | Jawaban |
|---|----------------|
| Menentukan persamaan yang sesuai untuk memecahkan masalah | |
| Mensubstitusi nilai yang diketahui ke persamaan | |
| Mengevaluasi solusi | |

14. Jarak P ke sumber bunyi adalah dua kali jarak Q ke sumber bunyi. Tentukanlah perbandingan intensitas bunyi yang diterima di P dengan intensitas bunyi yang diterima di Q!

| Indikator Kemampuan Pemecahan Masalah | Jawaban |
|---|----------------|
| Mendeskripsikan variabel yang diketahui pada masalah | |
| Menentukan persamaan yang sesuai untuk memecahkan masalah | |
| Mensubstitusi nilai yang diketahui ke persamaan | |
| Mengevaluasi solusi | |

15. Tuliskanlah sikap atau perbuatan yang akan kamu lakukan bila berada dalam situasi atau keadaan-keadaan berikut ini!

- a. Terdapat pawai budaya yang sedang berlangsung di sekitar tempat tinggalmu



- b. Mengetahui ada teman yang kurang paham terkait materi gelombang bunyi yang telah diajarkan

- c. Terdapat beberapa orang teman yang sedang berselisih paham

- d. Seorang teman sedang mempresentasikan hasil kerjanya di depan kelas

- e. Ada negara lain yang mengakui tari tradisional salah satu daerah di Indonesia sebagai milik mereka

Penerapan kurikulum 2013 pada proses pembelajaran mengharuskan pendidik untuk dapat menyiapkan perangkat pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik. Perangkat yang harus disiapkan tidak hanya sebatas silabus dan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP), tetapi juga perlu menyiapkan sumber belajar yang variatif dan sesuai dengan karakteristik lingkungan peserta didik.

Buku ini disusun secara khusus untuk menjadi salah satu alternatif bagi pendidik dalam mempersiapkan perangkat pembelajaran, terkhususnya pada mata pelajaran fisika gelombang bunyi, yang sesuai dengan salah satu kearifan lokal masyarakat Sulawesi Selatan yang cukup terkenal, yakni Tari Gandrang Bulo. Pengintegrasian materi fisika dengan kearifan lokal mampu menjadi sumber belajar yang autentik dan membantu peserta didik lebih memahami materi yang diajarkan.