

# Buku Panduan Guru

# FISIKA

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI

2022

SMA/MA KELAS XI

**Hak Cipta pada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi  
Republik Indonesia**  
Dilindungi Undang-Undang

Penafian: Buku ini disiapkan oleh Pemerintah dalam rangka pemenuhan kebutuhan buku pendidikan yang bermutu, murah, dan merata sesuai dengan amanat dalam UU No. 3 Tahun 2017. Buku ini disusun dan ditelaah oleh berbagai pihak di bawah koordinasi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. Buku ini merupakan dokumen hidup yang senantiasa diperbaiki, diperbarui, dan dimutakhirkan sesuai dengan dinamika kebutuhan dan perubahan zaman. Masukan dari berbagai kalangan yang dialamatkan kepada penulis atau melalui alamat surel [buku@kemdikbud.go.id](mailto:buku@kemdikbud.go.id) diharapkan dapat meningkatkan kualitas buku ini.

**Buku Panduan Guru Fisika untuk SMA/MA Kelas XI**

**Penulis**

Marianna Magdalena Radjawane  
Alvius Tinambunan  
Suntar Jono

**Penelaah**

Muslim  
Hasanudin Abdurakhman

**Penyelia/Penyelarass**

Supriyatno  
Lenny Puspita Ekawaty  
Anggraeni Dian Permatasari  
Nening Daryati  
Ervina

**Kontributor**

Aini Chanifah  
Kuncoro Tri Muryanto

**Ilustrator**

Alvius Tinambunan  
Marcha Roselini Yulianto

**Editor**

Aslizar

**Desainer**

Marcha Roselini Yulianto

**Penerbit**

Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi

**Dikeluarkan oleh:**

Pusat Perbukuan  
Kompleks Kemdikbudristek Jalan RS. Fatmawati, Cipete, Jakarta Selatan  
<https://buku.kemdikbud.go.id>

Cetakan Pertama, 2022  
978-623-472-723-4 (no.jil.lengkap)  
978-623-472-724-1 (jil.1)

Isi buku ini menggunakan huruf Noto Serif 10 pt, Steve Matteson.  
xiv, 234 hlm.: 17,6 x 25 cm.

## KATA PENGANTAR



Pusat Perbukuan; Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan; Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi memiliki tugas dan fungsi mengembangkan buku pendidikan pada satuan Pendidikan Anak Usia Dini, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah, termasuk Pendidikan Khusus. Buku yang dikembangkan saat ini mengacu pada Kurikulum Merdeka. Kurikulum ini memberikan keleluasaan bagi satuan/program pendidikan dalam mengimplementasikan kurikulum dengan prinsip diversifikasi sesuai dengan kondisi satuan pendidikan, potensi daerah, dan peserta didik.

Pemerintah dalam hal ini Pusat Perbukuan mendukung implementasi Kurikulum Merdeka di satuan pendidikan dengan mengembangkan buku siswa dan buku panduan guru sebagai buku teks utama. Buku ini dapat menjadi salah satu referensi atau inspirasi sumber belajar yang dapat dimodifikasi, dijadikan contoh, atau rujukan dalam merancang dan mengembangkan pembelajaran sesuai karakteristik, potensi, dan kebutuhan peserta didik.

Adapun acuan penyusunan buku teks utama adalah Pedoman Penerapan Kurikulum dalam rangka Pemulihan Pembelajaran yang ditetapkan melalui Keputusan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi No. 262/M/2022 Tentang Perubahan atas Keputusan Mendikbudristek No. 56/M/2022 Tentang Pedoman Penerapan Kurikulum dalam rangka Pemulihan Pembelajaran, serta Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Nomor 033/H/KR/2022 tentang Perubahan Atas Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 008/H/KR/2022 tentang Capaian Pembelajaran pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah pada Kurikulum Merdeka.

Sebagai dokumen hidup, buku ini tentu dapat diperbaiki dan disesuaikan dengan kebutuhan dan perkembangan keilmuan dan teknologi. Oleh karena itu, saran dan masukan dari para guru, peserta didik, orang tua, dan masyarakat sangat dibutuhkan untuk pengembangan buku ini di masa yang akan datang. Pada kesempatan ini, Pusat Perbukuan menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat dalam penyusunan buku ini, mulai dari penulis, penelaah, editor, ilustrator, desainer, dan kontributor terkait lainnya. Semoga buku ini dapat bermanfaat khususnya bagi peserta didik dan guru dalam meningkatkan mutu pembelajaran.

Jakarta, Desember 2022  
Kepala Pusat,

Supriyatno  
NIP 196804051988121001



## PRAKATA

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas izin dan karunia-Nya sehingga Buku Guru Fisika Kelas XI sebagai arahan mengajar berdasarkan penggunaan buku siswa.

Buku panduan guru ini terdiri atas panduan umum dan panduan khusus. Panduan umum menjabarkan latar belakang pembuatan buku guru, Profil Pelajar Pancasila, karakter mata pelajaran Fisika, capaian pembelajaran fase F yang harus dicapai oleh peserta didik di kelas XI, Alur Tujuan Pembelajaran (ATP) kelas XI, penjelasan fitur-fitur buku siswa, dan strategi umum pembelajaran. Panduan khusus mendeskripsikan tujuan pembelajaran, skema mata pelajaran, pengetahuan dan prasyarat konsepsi, persiapan pembelajaran, apersepsi, konstruksi pengetahuan, aplikasi konsep, penilaian, serta kunci jawaban aktivitas, dan pemahaman. Keunggulan buku ini yaitu membuka wawasan guru sehingga lebih kreatif untuk mengeksplorasi materi belajar. Gambar-gambar baru disertakan untuk mendukung eksplorasi konten. Buku guru juga dilengkapi dengan soal-soal latihan dan pertanyaan-pertanyaan yang menstimulasi peserta didik untuk berpikir kritis. Diharapkan bahwa guru dapat mengembangkan soal-soal latihan dan pertanyaan-pertanyaan bersifat HOTS berdasarkan contoh-contoh yang ada.

Akhir kata, Penulis berharap agar buku ini dapat memberikan kontribusi yang berarti dalam memajukan pendidikan di Indonesia. Saran dan masukan sangat kami perlukan demi penyempurnaan buku ini pada masa mendatang.

Jakarta, Desember 2022

Tim Penulis

# PETUNJUK PENGGUNAAN BUKU



Buku guru dimaksudkan untuk memandu guru dalam membimbing peserta didik dengan penggunaan buku siswa sehingga pembelajaran dapat berjalan secara optimal. Buku ini dirancang untuk mempermudah guru melaksanakan proses pembelajaran berdasarkan buku siswa sebagai buku teks utama. Buku guru terdiri atas Panduan Umum dan Panduan Khusus. Panduan Umum berisikan bagian-bagian sebagai berikut.

## 1. Pendahuluan

Bagian ini menjelaskan latar belakang dan tujuan pembuatan buku guru.

## 2. Capaian Pembelajaran

Bagian ini menjelaskan capaian pembelajaran Fisika dalam fase F yang harus dicapai oleh peserta didik.

## 3. Strategi Umum Pembelajaran

Bagian ini menjelaskan strategi yang harus dilakukan oleh guru dalam melaksanakan pembelajaran terutama melatih peserta didik untuk berpikir kritis dan terbiasa melakukan penyelidikan ilmiah.

## 4. Konten Pada Buku Siswa

Bagian ini menyajikan fitur-fitur yang ada pada buku siswa.



Sedangkan Panduan Khusus berisikan bagian-bagian sebagai berikut.

## 1. Pendahuluan

Bagian ini menjelaskan prinsip dan konsep yang dipelajari dalam bab tersebut serta, hubungan antara materi yang dibahas dengan materi pembelajaran lainnya. Bagian ini juga menunjukkan dimensi Profil Pelajar Pancasila yang dapat dicapai oleh peserta didik.



## 2. Skema Pembelajaran

**A. Skema Pembelajaran**

- Revisi skema pembelajaran 12 jam pelajaran (1 JP) – 45 menit
- Asesmen terdapat dalam latihan soal, aktivitas dan akhir bab. Asesmen remedial siswa untuk asesmen KPI, mandiri dan berkelompok. Asesmen akhir bab berlangsung sesuai peserta didik dalam menyelesaikan masalah yang lebih kompleks.

Tahapan pembelajaran	Materi Pokok	Tujuan Pembelajaran	Contoh Pembelajaran	Sumber Belajar dan media
Bab 4 A : Fluida Statis	<p><b>Tekanan Hidrostatik</b></p> <p>Prinsip Archimedes</p> <p>Terapan Perkapalan</p> <p>Viskositas</p>	<p>1. Peserta didik dapat mengidentifikasi konsep tekanan hidrostatis pada ruang tertutup dan ruang terbuka dan</p> <p>2. Peserta didik dapat mendeskripsikan konsep tekanan hidrostatis pada ruang tertutup dan</p>	<p>1. Penjelasan fenomena</p> <p>2. Aplikasi dan latihan soal</p> <p>3. Perhitungan sederhana</p> <p>4. Demonstrasi menggunakan</p>	<p>1. Buku peserta didik latihan &amp;</p> <p>2. media lain</p> <p>3. literatur internet</p> <p>4. Buku dan/atau penunjang lain</p>

Bagian ini menggambarkan garis besar kegiatan pembelajaran baik itu tahapan pembelajaran, materi esensial, strategi pembelajaran, alokasi waktu dan sumber belajar yang digunakan dalam proses pembelajaran.

## 3. Panduan Pembelajaran

Bagian ini menyajikan alur proses pembelajaran yang akan dilaksanakan oleh guru, dimulai dari persiapan pembelajaran baik oleh guru maupun peserta didik, apersepsi dengan membangun minat belajar peserta didik, kegiatan pembelajaran yang merupakan konstruksi pengetahuan yang perlu dibangun oleh guru, aplikasi konsep yang ditunjukkan oleh peserta didik setelah pembelajaran, kunci jawaban dan pemahaman dari setiap aktivitas dan fitur yang ada.

**B. Panduan Pembelajaran Bab 4**

- 1. Pertemuan Pertama (2 JP)**
  - A. Fluida Statis**
    - 1. Tekanan Hidrostatik**



Penjelasan kegiatan pembelajaran mencakup pembelajaran alternatif, pengecekan miskonsepsi dan rencana tindak lanjut pembelajaran. Guru dapat memilih suatu kegiatan sebagai proyek berdasarkan berbagai bentuk kegiatan Aktivitas yang diberikan khususnya yang berkaitan dengan penyelidikan ilmiah. Buku ini berbasiskan aktivitas sehingga banyak kegiatan yang dapat dikembangkan oleh guru.

## 4. Refleksi Pembelajaran

Bagian ini menyajikan hal-hal apa yang perlu guru refleksikan berdasarkan hasil refleksi yang disampaikan oleh peserta didik. Guru perlu mengevaluasi pembelajaran yang dilakukannya secara terus-menerus dengan pertanyaan hal apakah dari kegiatan pembelajaran yang sudah berjalan dengan baik dan hal apakah yang perlu ditingkatkan.

### C. Refleksi Pembelajaran Bab 4

1. Peserta didik diarahkan untuk menuliskan poin-poin pembelajaran yang telah dipahami pada bab ini di buku latihan
2. Mintalah perwakilan beberapa peserta didik untuk menyampaikan apa yang telah mereka dapatkan dari pembelajaran yang telah dilakukan
3. Mintalah peserta didik untuk menuliskan manfaat dan kendala apa saja yang telah diperoleh dari pembelajaran yang telah dilakukan

## 5. Jawaban Asesmen

Bagian ini menyajikan kunci jawaban untuk asesmen akhir bab dengan tujuan untuk menguji seberapa jauh pemahaman peserta didik akan materi yang telah dipelajari.

### D. Jawaban Asesmen

1a. Gambarkan diagram gaya

Pada detik pertama total gaya yang bekerja adalah nol, karena sistem bergerak dengan kecepatan konstan.



$$\sum F = F_{\text{gesek}} - F_g - F_s = 0$$

$$320 \text{ N} - 60 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \sin 30^\circ - F_s = 0$$

$$F_s = 20 \text{ N}$$

Pada detik 1: 4 sistem mengalami percepatan sebesar  $-1 \text{ m/s}^2$  (gradien grafik), sehingga gaya yang diberikan Seson adalah

$$\sum F = F_s - F_g - F_{\text{gesek}} = 60 \text{ kg}(-1 \text{ m/s}^2)$$

$$\sum F = F_s - 320 \text{ N} - 20 \text{ N} = 60 \text{ kg}(-1 \text{ m/s}^2)$$

$$F_s = 320 \text{ N} + 20 \text{ N} = 340 \text{ N}$$



# DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
PRAKATA .....	iv
PETUNJUK PENGGUNAAN BUKU.....	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiv
<b>Unit 1 Panduan Umum.....</b>	<b>1</b>
<b>Unit 2 Panduan Khusus.....</b>	<b>13</b>
<b>BAB 1 VEKTOR.....</b>	<b>13</b>
PENDAHULUAN.....	13
A. SKEMA PEMBELAJARAN BAB 1 .....	15
B. PANDUAN PEMBELAJARAN BAB 1 .....	16
1.Pertemuan Pertama .....	16
2.Pertemuan Kedua .....	18
3.Pertemuan Ketiga .....	21
4.Pertemuan Keempat dan Kelima .....	25
5.Pertemuan Keenam .....	29
6.Pertemuan Ketujuh .....	34
7.Pertemuan Kedelapan .....	37
C. REFLEKSI PEMBELAJARAN BAB 1 .....	39
D. JAWABAN ASESMEN .....	40
<b>BAB 2 KINEMATIKA.....</b>	<b>43</b>
PENDAHULUAN.....	43
A. SKEMA PEMBELAJARAN BAB 2 .....	45
B. PANDUAN PEMBELAJARAN BAB 2 .....	47
1.Pertemuan Pertama .....	47
2.Pertemuan Kedua .....	49
3.Pertemuan Ketiga .....	53
4.Pertemuan Keempat .....	58
5.Pertemuan Kelima .....	61
6.Pertemuan Keenam .....	64
7.Pertemuan Ketujuh .....	68
8.Pertemuan Kedelapan .....	75
9.Pertemuan Kesembilan .....	77
C. REFLEKSI PEMBELAJARAN BAB 2 .....	79
D. JAWABAN ASESMEN .....	79





**Bab 3 DINAMIKA GERAK PARTIKEL ..... 81**

PENDAHULUAN..... 81

A. Skema Pembelajaran Bab 3..... 83

B. Panduan Pembelajaran Bab 3..... 84

    1. Pertemuan Pertama ..... 84

    2. Pertemuan Kedua ..... 90

    3. Pertemuan Ketiga ..... 94

    4. Pertemuan Keempat ..... 98

    5. Pertemuan Kelima ..... 101

    6. Pertemuan Keenam ..... 104

C. Refleksi Pembelajaran Bab 3..... 107

D. Jawaban Asesmen..... 107

**Bab 4 FLUIDA ..... 111**

PENDAHULUAN..... 111

A. Skema Pembelajaran Bab 4..... 113

B. Panduan Pembelajaran Bab 4..... 114

    1. Pertemuan Pertama ..... 114

    2. Pertemuan Kedua ..... 120

    3. Pertemuan Ketiga ..... 124

    4. Pertemuan Keempat ..... 128

    5. Pertemuan Kelima ..... 131

C. Refleksi Pembelajaran Bab 4..... 133

D. Jawaban Asesmen..... 134

**Bab 5 GELOMBANG, BUNYI DAN CAHAYA ..... 135**

PENDAHULUAN..... 135

A. Skema Pembelajaran Bab 5..... 137

B. Panduan Pembelajaran Bab 5..... 138

    1. Pertemuan Pertama dan Kedua ..... 138

    2. Pertemuan Ketiga ..... 143

    3. Pertemuan Keempat ..... 146

    5. Pertemuan Keenam ..... 153

    6. Pertemuan Ketujuh ..... 155

    7. Pertemuan Kedelapan ..... 160



C. Refleksi Pembelajaran Bab 5.....	162
D. Jawaban Asesmen.....	162

## **Bab 6 KALOR ..... 165**

PENDAHULUAN.....	165
A. Skema Pembelajaran Bab 6.....	167
B. Panduan Pembelajaran Bab 6.....	168
1. Pertemuan Pertama .....	168
2. Pertemuan Kedua Kalor dan Pengaruhnya .....	173
3. Pertemuan Ketiga .....	178
4. Pertemuan Keempat .....	181
5. Pertemuan Kelima .....	185
C. Refleksi Pembelajaran Bab 6.....	188
D. Jawaban Asesmen.....	188

## **Bab 7 TERMODINAMIKA..... 191**

PENDAHULUAN .....	191
A. Skema Pembelajaran Bab 7.....	193
B. Panduan Pembelajaran Bab 7.....	195
1. Pertemuan Pertama .....	195
2. Pertemuan Kedua .....	199
3. Pertemuan Ketiga .....	201
4. Pertemuan Keempat .....	204
5. Pertemuan Kelima .....	210
C. Refleksi Pembelajaran Bab 7.....	216
D. Jawaban Asesmen.....	216

GLOSARIUM.....	218
DAFTAR PUSTAKA.....	222
DAFTAR KREDIT GAMBAR .....	223
TAUTAN DAN SITUS INTERNET.....	224
INDEKS.....	225
PROFIL PELAKU PERBUKUAN.....	228



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Instrumen navigasi pesawat terbang.....	17
Gambar 1.2 Denah Lokasi .....	20
Gambar 1.3 Lintasan perjalanan pesawat udara.....	20
Gambar 1.4a Jembatan yang ditopang tali .....	22
Gambar 1.4b Bola ditendang dengan kecepatan tertentu .....	22
Gambar 1.5 Balok dan tali .....	23
Gambar 1.6 Penguraian Vektor secara Trigonometri .....	27
Gambar 1.7 Penguraian Gaya .....	27
Gambar 1.8 Mencari Panjang dan Arah Vektor .....	28
Gambar 1.9 Vektor pada Kertas Berpetak.....	30
Gambar 1.10 Air hujan jatuh miring.....	31
Gambar 1.11 Penjumlahan vektor tali.....	31
Gambar 1.12 Vektor A dan Vektor B.....	32
Gambar 1.13 Penjumlahan Vektor A dan B .....	32
Gambar 1.14 Penjumlahan Vektor A dan B dengan metode jajargenjang.....	32
Gambar 1.15 Resultan vektor dengan metode segitiga .....	33
Gambar 1.16 Pengurangan vektor dengan metode jajargenjang.....	34
Gambar 1.17 Penjumlahan vektor dengan metode poligon .....	34
Gambar 1.18 Penjumlahan vektor dengan metode analitis .....	36
Gambar 1.19 Gerak partikel bermuatan dalam medan magnet.....	39
Gambar 1.20 Resultan gaya pada pesawat.....	40
Gambar 2.1 Aplikasi waze .....	50
Gambar 2.2 Denah Kota Pontianak.....	51
Gambar 2.3 Ruas jalan tol menembus bukit .....	52
Gambar 2.4 Perpindahan pada denah .....	53
Gambar 2.5 Diagram gerak .....	54
Gambar 2.6 dan Gambar 2.7 Soal jarak dan Perpindahan.....	55
Gambar 2.8 Grafik Posisi terhadap waktu dari Usain Bolt.....	56
Gambar 2.9 Posisi terhadap waktu dari seorang pengendara .....	57
Gambar 2.10 Cara kerja radar gun.....	62
Gambar 2.11 Mobil Ferrari Superfast.....	65
Gambar 2.12 Lintasan gerak bola bowling.....	66
Gambar 2.13 Menentukan jarak tempuh .....	69
Gambar 2.14 Menentukan kecepatan .....	70
Gambar 2.15 Menggambar grafik kecepatan terhadap waktu.....	72
Gambar 2.16 Menggambar grafik posisi terhadap waktu .....	74
Gambar 2.17 Percepatan sebagai Gradien.....	74
Gambar 2.18 Posisi terhadap waktu untuk gerak vertikal.....	75
Gambar 2.19 Percepatan sentripetal .....	78
Gambar 3.1 Dua anak yang diam dalam kerangka yang bergerak (Bumi).....	86
Gambar 3.2 Percobaan efek gaya luar pada benda.....	87
Gambar 3.3 Diagram gaya-gaya pada suatu benda .....	88
Gambar 3.4 Rangkaian percobaan .....	88
Gambar 3.5 Grafik hubungan antara resultan gaya $\Sigma F$ dan percepatan $a$ (kg).....	89



Gambar 3.6 Percobaan menjatuhkan telur .....	90
Gambar 3.7 Fitur-fitur di dalam aplikasi Phet.colorado .....	92
Gambar 3.8 Diagram gaya pada lomba tarik tambang.....	93
Gambar 3.9 Kesalahan konsep “free energy” .....	94
Gambar 3.10 Contoh rangkaian percobaan.....	96
Gambar 3.11 Diagram gaya pada bidang miring .....	96
Gambar 3.12 Diagram gaya pada lemari yang didorong .....	97
Gambar 3.13 Contoh rangkaian percobaan.....	100
Gambar 3.14 Grafik jarak vs waktu dari benda jatuh .....	100
Gambar 3.15 Diagram gaya pada mobil yang bergerak melingkar .....	101
Gambar 3.16 Tumbukan antara dua benda.....	103
Gambar 3.17 Skema percobaan .....	104
Gambar 3.18 Rangkaian percobaan momen gaya .....	106
Gambar 3.19 Penentuan posisi pembuat nol .....	106
Gambar 4.1 Kapal pesiar Symphony of The Seas .....	115
Gambar 4.2 Kapal super tanker Jahre Viking .....	115
Gambar 4.3 Pesawat udara Antonov An-225.....	115
Gambar 4.4 Telur diremas.....	116
Gambar 4.5 Berjalan di atas pecahan kaca.....	116
Gambar 4.6 Pancuran Air .....	116
Gambar 4.7 Berat air dan tekanan hidrostatis .....	117
Gambar 4.8 Tekanan hidrostatis di titik yang sama kedalamannya .....	117
Gambar 4.9 Pengukuran tekanan gas .....	118
Gambar 4.10 Proses penyedotan air.....	119
Gambar 4.11 Es terapung di laut .....	121
Gambar 4.13 Mengapung, melayang dan tenggelam .....	121
Gambar 4.12 Ikan dapat turun di laut.....	121
Gambar 4.14 Kapal terapung.....	122
Gambar 4.16 Tidak membasahi dan membahas permukaan .....	126
Gambar 4.15 Sudut kontak.....	126
Gambar 4.17 Fluida dalam Sistem Pemipaan .....	129
Gambar 4.18 Eksperimen cara kerja semprot nyamuk.....	131
Gambar 4.19 Gaya angkat pada pesawat .....	132
Gambar 4.20 Angin puting beliung mengangkat atap rumah.....	133
Gambar 5.1 Hasil percobaan yang diharapkan pada Aktivitas 5.1 .....	140
Gambar 5.2 Rangkaian percobaan.....	141
Gambar 5.3 Pengaturan pada percobaan virtual.....	141
Gambar 5.4 Beda fase antara dua gelombang pada detik 1 dan 1,5 .....	142
Gambar 5.5 Percobaan dua celah ganda .....	145
Gambar 5.6 Perbedaan intensitas bunyi pengamat karena perbedaan suhu.....	149
Gambar 5.7 Contoh rangkaian percobaan .....	151
Gambar 5.8 Rancangan percobaan resonansi pada tali.....	152
Gambar 5.9 Rangkaian percobaan.....	155



Gambar 5.10 Grafik hasil percobaan yang diharapkan .....	155
Gambar 5.11 Rangkaian percobaan difraksi celah tunggal .....	158
Gambar 5.12 Hasil difraksi pada layar .....	158
Gambar 5.13 Interferensi pada bunyi.....	159
Gambar 5.14 Mekanisme polarisasi suatu sumber gelombang EM .....	161
Gambar 6.1 Berbagai termometer.....	169
Gambar 6.2 Pipa air pecah pada saat musim dingin .....	169
Gambar 6.3 Kesetimbangan termal .....	170
Gambar 6.4 Getaran partikel-partikel.....	171
Gambar 6.5 Skala Reamur, Celcius, Fahrenheit dan Kelvin.....	171
Gambar 6.6 Pengeboran Meriam.....	174
Gambar 6.7 Radiator mobil.....	175
Gambar 6.8 Sambungan pada jembatan .....	183
Gambar 6.9 Pemuaiian cincin.....	184
Gambar 6.10 Proses perpindahan panas secara konveksi .....	186
Gambar 6.11 Konveksi alami dan paksa .....	186
Gambar 6.12 Termos.....	187
Gambar 7.1 Grafik Volume terhadap suhu .....	196
Gambar 7.2 Meniup balon.....	196
Gambar 7.3 Proses termodinamika dalam grafik.....	202
Gambar 7.4 Proses AC dan ABC.....	202
Gambar 7.5 Siklus ABC.....	202
Gambar 7.6 Hukum ke Nol Termodinamika .....	205
Gambar 7.7 Eksperimen Joule.....	205
Gambar 7.8 Kayu.....	207
Gambar 7.9 Pembakaran kayu.....	207
Gambar 7.10 Hukum I Termodinamika dan tubuh manusia .....	208
Gambar 7.11 Pernyataan Kelvin-Planck.....	211
Gambar 7.12 Menara Pendingin .....	212
Gambar 7.13 Proses dalam mesin Carnot .....	213
Gambar 7.14. Entropi dan proses .....	213



## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Penjumlahan Vektor Perpindahan.....	33
Tabel 2.1 Posisi Awal, Posisi Akhir dan Perubahan Posisi Sondang .....	49
Tabel 2.2 Posisi Awal, Posisi Akhir dan Perubahan .....	52
Posisi Berdasarkan Denah Kawasan .....	52
Tabel 2.3 Kecepatan Pesawat Terhadap Udara dan Tanah.....	60
Tabel 2.4 Kecepatan terhadap Waktu.....	63
Tabel 2.5 Posisi terhadap Waktu.....	73
Tabel 3.1 Data hasil pengamatan.....	89
Tabel 4.1 Data 1 .....	123
Tabel 4.2 Data 2 .....	123
Tabel 4.3 Data 3 .....	123
Tabel 6.1 Termometer dan Sifat Termometrik.....	173

## A. Pendahuluan

### 1. Latar Belakang dan Tujuan Buku Guru

Buku panduan guru ditujukan untuk memandu guru dalam menggunakan buku siswa sehingga memudahkan guru dalam melaksanakan proses pembelajaran yang sistematis dan bermakna. Buku ini mendorong guru untuk mengembangkan kreativitas dan berpikir kritis serta membangkitkan minat belajar dari peserta didik. Ada dua bagian dalam buku guru, yaitu Panduan Umum dan Panduan Khusus. Panduan Umum terdiri atas 5 bagian yaitu Pendahuluan, Profil Pelajar Pancasila, Capaian Pembelajaran Fase F yang harus dicapai oleh peserta didik SMA di kelas XI, Penjelasan Fitur-Fitur Buku Siswa, dan Strategi Umum Pembelajaran yang digunakan dalam buku beserta petunjuk aktivitas pembelajaran. Panduan Khusus menjabarkan secara spesifik pelaksanaan pembelajaran yang holistik sesuai dengan materi belajar. Panduan Khusus terdiri atas 7 unit pembelajaran sesuai dengan capaian pembelajaran. Panduan Khusus berisikan deskripsi materi pembelajaran secara singkat, peta konsep, tujuan pembelajaran, skema pembelajaran, pengetahuan prasyarat, persiapan pengajaran, apersepsi, langkah-langkah pembelajaran serta, asesmen, dan kunci jawaban. Asesmen formatif diwujudkan dalam beberapa fitur buku.

### 2. Profil Pelajar Pancasila

Peserta didik diharapkan menjadi pelajar yang berkarakter dan berperilaku sesuai dengan nilai-nilai Pancasila di tengah arus globalisasi dunia dan kemajuan teknologi. Profil Pelajar Pancasila mempunyai enam dimensi yang bersifat holistik, yaitu 1) beriman, bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlak mulia, 2) berkebinekaan global, 3) bergotong royong, 4) kreatif, 5) bernalar kritis, dan 6) mandiri. Semua dimensi profil pelajar Pancasila dapat tercapai dalam pembelajaran Fisika walaupun kecenderungan yang dicapai dan mudah terlihat adalah dimensi bergotong royong, kreatif, bernalar kritis dan mandiri. Fenomena-fenomena fisis menimbulkan kekaguman yang dapat meningkatkan keimanan terhadap Tuhan Yang Maha Esa. Kinerja ilmiah menimbulkan nilai-nilai yang berujung pada akhlak mulia. Dimensi berkebinekaan global terwujud ketika peserta didik mencapai salah satu elemennya yaitu mempunyai perspektif terhadap permasalahan sehari-hari.



### 3. Karakter Mata Pelajaran Fisika

Mata pelajaran Fisika termasuk dalam rumpun Ilmu Pengetahuan Alam. Tiga sisi Ilmu Pengetahuan Alam adalah sebagai kumpulan pengetahuan (konten), sebagai proses dan sebagai sikap. Dua elemen utama IPA yang dituangkan dalam Kurikulum Merdeka adalah IPA sebagai produk dan proses. Produk adalah pemahaman materi sedangkan proses adalah cara melakukan kegiatan ilmiah. Keterampilan proses tidak saja mendukung peserta didik dalam pembelajaran Fisika tetapi juga dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari. OECD (*Organisation for Economic Co-operation and Development*) mengemukakan bahwa peserta didik hendaknya dapat menerapkan atas apa yang mereka ketahui yang berguna untuk diri sendiri maupun orang lain. Tentu saja pengembangan sikap dan karakter perlu peserta didik terus-menerus dikembangkan selama pembelajaran sehingga mencapai Profil Pelajar Pancasila.

Materi Fisika di kelas XI adalah vektor, kinematika, dinamika, fluida, gelombang, kalor dan termodinamika. Materi Fisika dikemas dengan menyajikan fenomena fisis, kegiatan penyelidikan, perumusan matematis dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari untuk mencapai tujuan pembelajaran.

## B. Capaian Pembelajaran

### 1. Capaian Pembelajaran per Fase

Pembelajaran kelas XI termasuk dalam fase F. Capaian pembelajaran Fisika fase F diberikan dalam tabel di bawah ini.

Elemen	Capaian Pembelajaran
Pemahaman Fisika	Peserta didik mampu menerapkan konsep dan prinsip vektor, kinematika dan dinamika gerak, fluida, gejala gelombang bunyi dan gelombang cahaya dalam menyelesaikan masalah, serta menerapkan prinsip dan





Elemen	Capaian Pembelajaran
	<p>konsep kalor dan termodinamika, dengan berbagai perubahannya dalam mesin kalor.</p> <p>Peserta didik mampu menerapkan konsep dan prinsip kelistrikan (baik statis maupun dinamis) dan kemagnetan dalam berbagai penyelesaian masalah dan berbagai produk teknologi menerapkan konsep dan prinsip gejala gelombang elektromagnetik dalam menyelesaikan masalah.</p> <p>Peserta didik mampu memahami prinsip-prinsip gerbang logika dan pemanfaatannya dalam sistem computer dan perhitungan digital lainnya.</p> <p>Peserta didik mampu menganalisis keterkaitan antara berbagai besaran fisis pada teori relativitas khusus, gejala kuantum dan menunjukkan penerapan konsep fisika inti dan radioaktivitas dalam kehidupan sehari-hari dan teknologi.</p>
<p><b>Keterampilan Proses</b></p>	<p><b>1. Mengamati.</b> Peserta didik mampu mengoptimalkan potensi.</p> <p><b>2. Mempertanyakan dan memprediksi.</b> Peserta didik mampu mempertanyakan dan memprediksi berdasarkan hasil observasi, mampu merumuskan permasalahan yang ada dan mampu mengajukan pertanyaan kunci untuk menyelesaikan masalah.</p> <p><b>3. Merencanakan dan melakukan penyelidikan.</b> Peserta didik mengidentifikasi latar belakang masalah, merumuskan tujuan, dan menggunakan referensi dalam perencanaan penelitian.</p> <p>Peserta didik membedakan variabel termasuk yang dikendalikan dan variable bebas, menggunakan instrument yang bersesuaian dengan tujuan penelitian.</p> <p>Peserta didik menentukan langkah-langkah kerja dan cara pengumpulan data.</p>



Elemen	Capaian Pembelajaran
	<p><b>4. Memproses, menganalisis data dan informasi.</b>  Peserta didik menyiapkan peralatan/instrument yang sesuai untuk penelitian ilmiah, menggunakan alat ukur secara teliti dan benar, mengenal keterbatasan dan kelebihan alat ukur yang dipakai.</p> <p>Peserta didik menerapkan teknis/proses pengumpulan data, mengolah data sesuai jenisnya/sesuai keperluan, menganalisa data dan menyimpulkan hasil penelitian serta memberikan rekomendasi tindak lanjut/saran dari hasil penelitian.</p> <p><b>5. Mencipta.</b>  Peserta didik mampu menggunakan hasil analisa data dan informasi untuk menciptakan ide solusi ataupun rancang bangun untuk menyelesaikan suatu permasalahan.</p> <p><b>6. Mengevaluasi dan refleksi.</b>  Peserta didik berani dan santun dalam mengajukan pertanyaan dan berargumentasi, mengembangkan keingintahuan, dan memiliki kepedulian terhadap lingkungan.</p> <p>Peserta didik mengajukan argument ilmiah dan kritis berani mengusulkan perbaikan atas suatu kondisi dan bertanggung jawab terhadap usulannya.</p> <p>Peserta didik bersikap jujur terhadap temuan data/fakta.</p> <p><b>7. Mengomunikasikan hasil.</b>  Peserta didik menyusun laporan tertulis hasil penelitian serta mengomunikasikan hasil penelitian, prosedur perolehan data, cara mengolah dan cara menganalisis data serta mengomunikasikan kesimpulan yang sesuai untuk menjawab masalah penelitian /penyelidikan secara lisan atau tulisan. Peserta didik menyajikan hasil pengolahan data</p>



Elemen	Capaian Pembelajaran
	dalam bentuk tabel, grafik, diagram alur/ flowchart dan/atau peta konsep, menyajikan data dengan simbol dan standar internasional dengan benar, dan menggunakan media yang sesuai dalam penyajian hasil pengolahan data. Peserta didik mendeskripsikan kecenderungan hubungan, pola, dan keterkaitan variabel dan menggunakan bahasa, simbol dan peristilahan yang sesuai.

## 2. Capaian Pembelajaran per Tahun

Peserta didik mampu menerapkan konsep dan prinsip vektor, kinematika dan dinamika gerak, fluida, gejala gelombang bunyi dan gelombang cahaya dalam menyelesaikan masalah, serta menerapkan prinsip dan konsep kalor dan termodinamika, dengan berbagai perubahannya dalam mesin kalor.

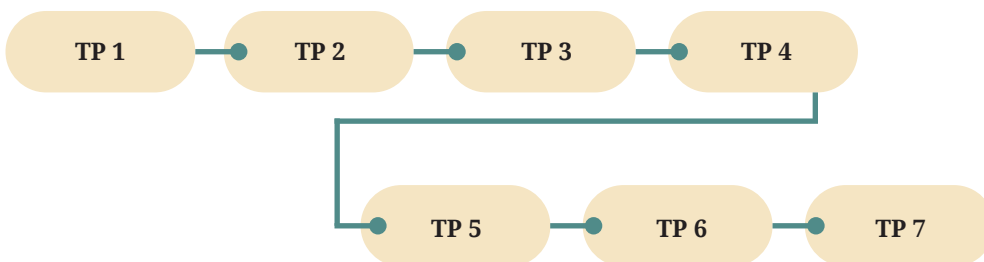
## 3. Alur Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaran untuk setiap bab, secara umum, diberikan dalam tabel di bawah ini.

Elemen	Capaian Pembelajaran	Elemen
<b>Vektor</b>	Menerapkan prinsip dan konsep vektor dalam representasi dan operasi vektor guna menyatakan fenomena fisis dan memecahkan masalah	<b>TP 1</b>
<b>Kinematika</b>	Menguraikan prinsip dan konsep gerak dalam satu dimensi dan dua dimensi melalui kegiatan penyelidikan untuk memecahkan masalah	<b>TP 2</b>
<b>Dinamika</b>	Menguraikan prinsip dan konsep dinamika gerak lurus dan rotasi melalui kegiatan penyelidikan untuk memecahkan masalah	<b>TP 3</b>



Elemen	Capaian Pembelajaran	Elemen
<b>Fluida</b>	Menguraikan prinsip dan konsep fluida melalui kegiatan penyelidikan untuk memecahkan masalah	<b>TP 4</b>
<b>Gelombang, Bunyi dan Cahaya</b>	Menguraikan prinsip dan konsep gelombang, bunyi dan cahaya melalui kegiatan penyelidikan untuk memecahkan masalah	<b>TP 5</b>
<b>Kalor</b>	Menguraikan prinsip dan konsep kalor dan suhu melalui kegiatan penyelidikan untuk memecahkan masalah	<b>TP 6</b>
<b>Termodinamika</b>	Menerapkan prinsip dan konsep termodinamika melalui kegiatan penyelidikan untuk memecahkan masalah khususnya mesin kalor dan pompa kalor	<b>TP 7</b>





## C. Penjelasan Bagian-Bagian Buku Siswa

Buku Siswa dirancang sehingga peserta didik memiliki pengalaman belajar yang bermakna melalui penjelasan teks, gambar, dan kegiatan-kegiatan yang diberikan. Struktur dan fitur-fitur buku siswa diberikan sebagai berikut:

### 1. Sampul Bab

Berisikan gambar, nomor dan judul bab, tujuan pembelajaran dalam bentuk narasi, serta kata-kata kunci.



### 2. Peta Konsep

Peta konsep menjelaskan secara singkat akan gambaran menyeluruh tentang hubungan antar konsep dalam materi yang dibahas secara hierarki.



### 3. Pengantar Bab

Berisikan fenomena-fenomena dan teknologi yang membangkitkan rasa ingin tahu, minat belajar dan berpikir kritis.

### 4. Fitur-Fitur

Beragam jenis kegiatan yang berkaitan dengan materi ditampilkan sebagai tanggapan Peserta didik terhadap konsep yang telah Peserta didik pelajari.



### Ayo, Berdiskusi!

Peserta didik saling bertukar pikiran dengan menyampaikan pendapat guna memperluas dan memperdalam pemahaman materi dalam menjawab pertanyaan atau menyelesaikan masalah khususnya yang berkaitan dengan kebaruan.



### Ayo, Berkolaborasi!

Peserta didik bekerja sama untuk menyelesaikan suatu tugas baik dalam menyelesaikan masalah maupun menjawab pertanyaan.



### Ayo, Berpikir Kritis!

Peserta didik menguraikan informasi atau masalah sehingga dapat membuat perbandingan, memberikan penilaian dan menarik simpulan.



### Ayo, Berteknologi!

Peserta didik menggunakan berbagai aplikasi untuk mendukung pemahaman materi pembelajaran dan penyelesaian tugas.



### Ayo, Amati!

Peserta didik melakukan aktivitas ilmiah dengan melakukan pengamatan dan kemudian menarik simpulan dari pengamatan yang bersesuaian dengan materi yang dipelajari.



### Ayo, Cek Pemahaman!

Peserta didik menunjukkan pemahaman akan subtopik yang telah dipelajari dengan menyelesaikan masalah atau menjawab pertanyaan.



## Ayo, Cermati!

Peserta didik memperhatikan dengan saksama suatu bagian dari materi pembelajaran untuk menjawab pertanyaan.



## Refleksi

Kegiatan untuk merenungkan kembali proses pembelajaran yang telah dijalani dan menilai hal-hal yang sudah dipahami dan masih merupakan tantangan untuk dipahami.

## Aktivitas

Aktivitas dalam berbagai bentuk kegiatan seperti percobaan yang dilakukan secara laboratorium basah ataupun virtual, serta penelusuran dan pengolahan informasi baik dari teks maupun gambar. Dalam aktivitas ditanamkan juga nilai-nilai profil pelajar pancasila.



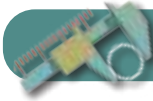
## Intisari

Pada setiap akhir bab peserta didik mendapatkan ringkasan tentang konsep kunci dari materi yang telah dipelajari.



## Pengayaan

Peserta didik mendapatkan materi pembelajaran yang memperdalam dan memperluas wawasan atau pengetahuan akan konsep fisika yang sudah dipelajari.



## Proyek

Peserta didik mengerjakan proyek yang melibatkan penguasaan materi dan keterampilan proses untuk memecahkan suatu masalah atau mengadakan suatu penyelidikan.



## Tahukah Kalian

Peserta didik mendapatkan informasi yang berkaitan dengan materi yang sedang peserta didik pelajari, biasanya merupakan aplikasi dari konsep atau prinsip fisika.

## Empat Isu Penting

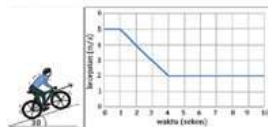
Buku siswa berisikan literasi finansial dan kesadaran lingkungan dari empat isu yang direkomendasikan.



## Asesmen

Asesmen pada akhir bab dirancang dengan memanfaatkan berbagai informasi, misalnya grafik, dan analisis untuk memecahkan masalah.

1. Susan mengendarai sepeda menaiki sebuah bukit dengan kemiringan  $30^\circ$  terhadap horizontal. Dari dasar bukit Susana mengayuh sepeda dengan kecepatan  $5 \text{ m/s}$  dan gaya yang Susana berikan pada 1 detik pertama adalah  $320 \text{ N}$ . Pergerakan Susana selama 10 detik pertama ditunjukkan seperti pada grafik berikut.



Jika massa Susana dan sepeda adalah  $60 \text{ kg}$  dan gaya gesek antara sepeda dan tanah selalu sama. Tentukan:

- a. Gaya yang diberikan Susana pada detik 1 hingga 4
- b. Tentukan Gaya yang diberikan Susana saat detik ke-4 hingga ke-10 ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ).





## D. Strategi Umum Pembelajaran

### 1. Strategi Pembelajaran

Secara umum strategi pembelajaran yang diterapkan dalam pembelajaran Fisika di kelas XI adalah menstimulus dan mengembangkan kemampuan berpikir dan bernalar serta terampil melakukan kinerja ilmiah. Pembelajaran diawali dengan suatu fenomena atau produk teknologi atau masalah/pertanyaan yang memancing rasa ingin tahu. Langkah-langkah pembelajaran menekankan keaktifan peserta didik dalam melakukan berbagai kegiatan, yang akan menjadi pengalaman belajar peserta didik, dengan tujuan mengembangkan kompetensi, pengetahuan dan karakter peserta didik. Aktivitas penyelidikan ilmiah, yang selalu ada dalam setiap bab, mengarahkan peserta didik untuk memahami konsep fisika dan mengembangkan kemampuan berpikir saintifik. Materi pembelajaran selalu dikaitkan dengan dunia nyata sehingga peserta didik dapat melihat penerapan fisika dalam kehidupan sehari-hari. Penggunaan teknologi berupa laboratorium virtual dan aplikasi selalu ada dalam setiap bab. Asemen formatif dilakukan secara berkala untuk memantau perkembangan belajar peserta didik.

Tujuan pembelajaran, melibatkan pengetahuan dan keterampilan proses, dirancang sedemikian rupa sehingga mudah diukur oleh guru. Guna mencapai tujuan pembelajaran maka peserta didik perlu mempunyai minat dan perhatian terhadap fisika terlebih dahulu. Mereka perlu memahami bahwa belajar fisika bukan hanya belajar tentang rumus fisika. Peserta didik diajak untuk mengamati fenomena fisis yang memang ditemukan dalam kehidupan sehari-hari sehingga peserta didik selalu menghubungkan fenomena fisis dengan rumus fisika. Belajar fisika juga mengacu pada cara fisikawan bekerja yaitu dengan inkuiri. Praktik *inquiry-based learning*, secara singkat, adalah bertanya untuk mendapatkan informasi atau melakukan penyelidikan untuk mendapatkan informasi atau jawaban masalah. Metode ilmiah, sebagai salah satu bentuk inkuiri, harus terus menerus dikembangkan dalam pembelajaran sehingga menjadi cara belajar fisika. Bertanya merupakan langkah awal dari inkuiri. Bertanya (*questioning*) merupakan strategi mengajar yang ampuh karena menstimulasi peserta didik untuk berpikir.



Pertanyaan yang tepat akan menuntun guru untuk mendapatkan informasi tentang pemahaman materi belajar berdasarkan jawaban peserta didik. Melakukan penyelidikan ilmiah tidak saja memerlukan pengetahuan tetapi juga keterampilan proses sebagaimana yang diuraikan dalam Capaian Pembelajaran. Asesmen diberikan dalam berbagai bentuk dengan mengungkap konsep *assessment for learning*, *assessment as learning* *assessment of learning*.

## 2. Petunjuk Aktivitas Pembelajaran di Kelas

Berbagai kegiatan di kelas telah dijabarkan di atas.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2022

Buku Panduan Guru Fisika untuk SMA/MA Kelas XI

Penulis : Marianna Magdalena Radjawane, Alvius Tinambunan, Lim Suntar Jono

ISBN : 978-623-472-724-1 (jil.1)

## BAB 1

# Vektor Panduan Khusus

### Pendahuluan

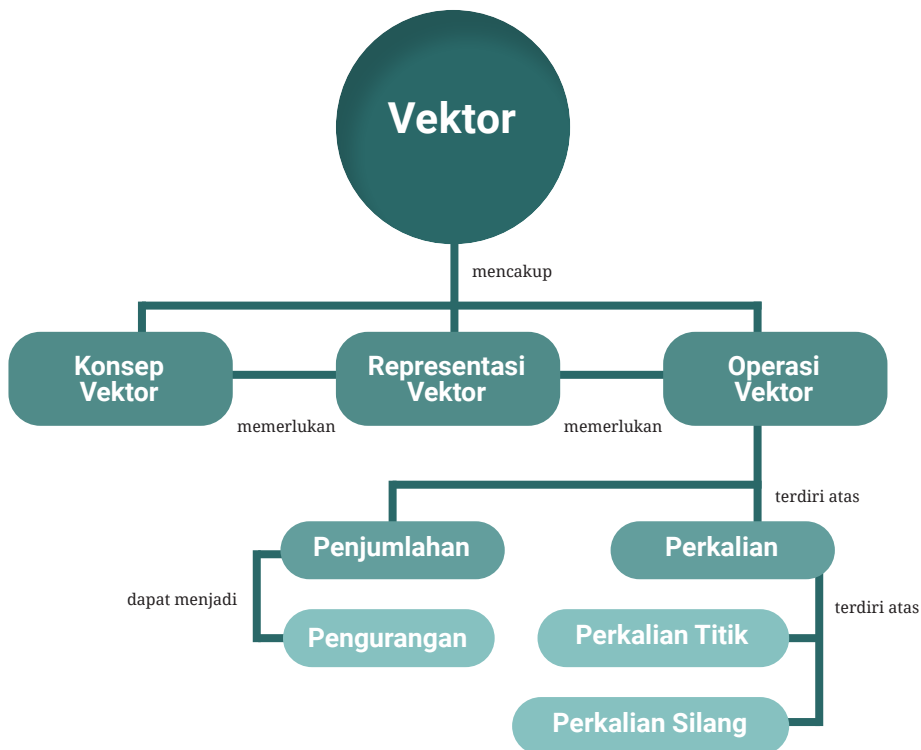
Konsep vektor berperan penting dalam menjelaskan fenomena fisis yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari seperti rute perenang atau kapal yang melenceng karena gerak arus. Materi Vektor disusun sedemikian rupa sehingga peserta didik mendapatkan gambaran fisis yang nyata untuk setiap konsep yang dibahas baik melalui gambar maupun kegiatan eksperimen dan juga penggunaan aplikasi. Aktivitas yang dilakukan sedapat mungkin tidak terkendala oleh alat dan bahan atau sumber daya yang diperlukan. Peserta didik dapat memahami perumusan matematis dari konsep dan prinsip vektor dengan baik karena mendapatkan gambaran nyata dalam kehidupan sehari-hari. Peserta didik juga dapat menuliskan terminologi dan lambang yang berkaitan dengan konsep vektor.

Pengetahuan prasyarat tentang sudut, penetapan arah, sistem koordinat dan aturan trigonometri diperlukan dalam mempelajari konsep-konsep vektor. Melalui materi vektor, peserta didik mengembangkan bernalar kritis, sikap mandiri dan gotong royong dari Profil Pelajar Pancasila. Materi vektor berkaitan dengan materi-materi Fisika lainnya seperti kinematika dan dinamika.

## Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari Bab 1 tentang vektor peserta didik diharapkan dapat menjelaskan vektor dan sifat-sifatnya yang ditemui dalam kehidupan sehari-hari, merepresentasi vektor untuk menggambarkan fenomena fisika dengan tepat, Membedakan operasi skalar secara aljabar dan operasi vektor secara geometri melakukan operasi vektor dalam menyelesaikan masalah.

## Peta Konsep



## A. Skema Pembelajaran Bab 1

1. Rekomendasi waktu pembelajaran 18 jam pelajaran (1 JP = 45 menit).
2. Asesmen terdapat dalam latihan soal, aktivitas dan akhir bab. Asesmen mendorong peserta didik untuk bernalar kritis, mandiri, dan berkolaborasi. Asesmen akhir bab memerlukan kemampuan analitis dan kreativitas peserta didik dalam memecahkan masalah yang lebih kompleks.

Tahapan Pembelajaran	J P	Materi Pokok	Tujuan Pembelajaran Pertahapan	Strategi Pembelajaran	Sumber Belajar dan Media
Pendahuluan  Subbab A : Konsep Vektor	6	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lambang dan Notasi Vektor</li> <li>2. Menggambar Vektor</li> <li>3. Sifat-Sifat Vektor</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Peserta didik dapat menjelaskan konsep vektor dan sifat-sifatnya yang ditemui dalam kehidupan sehari-hari</li> <li>5. Peserta didik dapat menggambar vektor terkait dengan suatu fenomena.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penjelasan fenomena</li> <li>2. Aktivitas dan beberapa eksplorasi sederhana</li> <li>3. Demonstrasi sederhana</li> <li>4. Penggunaan aplikasi dan teknologi</li> <li>5. Cek pemahaman</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Buku peserta didik Subbab A</li> <li>2. Sumber bacaan internet</li> <li>3. Buku-buku penunjang</li> <li>4. Aplikasi vektor</li> </ol>
Subbab B : Representasi Vektor	4	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Komponen Vektor</li> <li>2. Vektor pada Sistem Koordinat Kartesius</li> <li>3. Penguraian Vektor Berdasarkan Aturan Trigonometri</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Peserta didik dapat merepresentasi vektor untuk menggambarkan fenomena fisika</li> <li>2. Peserta didik dapat menggunakan aturan trigonometri untuk menguraikan suatu vektor</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penjelasan fenomena</li> <li>2. Aktivitas sederhana</li> <li>3. Demonstrasi sederhana</li> <li>4. Penggunaan aplikasi dan teknologi</li> <li>5. Cek pemahaman</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Buku peserta didik Subbab B</li> <li>2. Sumber bacaan dari internet</li> <li>3. Buku-buku penunjang</li> <li>4. Pengolah data seperti <i>ms.Excel</i></li> <li>5. Aplikasi vektor</li> </ol>
Subbab C : Operasi Vektor	6	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penjumlahan Vektor dengan Metode Grafis</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Peserta didik dapat membedakan operasi skalar dan vektor</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penjelasan fenomena</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Buku peserta didik Subbab C</li> </ol>

Tahapan Pembelajaran	J P	Materi Pokok	Tujuan Pembelajaran Pertahapan	Strategi Pembelajaran	Sumber Belajar dan Media
		2. Penjumlahan Vektor dengan Metode Analitis 3. Penjumlahan Vektor dengan Rumus Kosinus dan Rumus Sinus 4. Perkalian Vektor	2. Peserta didik dapat melakukan operasi vektor dalam menyelesaikan masalah 3. Peserta didik dapat mendeskripsikan operasi vektor dan hasilnya secara fisis	2. Aktivitas dengan menggunakan alat dan bahan yang sederhana 3. Demonstrasi sederhana 4. Penggunaan aplikasi dan teknologi 5. Cek pemahaman	2. Sumber bacaan dari internet 3. Aplikasi <i>geogebra</i>

## B. Panduan Pembelajaran Bab 1

### 1. Pertemuan Pertama (1 JP)

#### Pendahuluan

#### A. Konsep Vektor



#### Tujuan Pembelajaran

Menjelaskan konsep vektor dan sifat-sifatnya yang ditemui dalam kehidupan sehari-hari.



#### Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

1. Peserta didik telah memahami perbedaan besaran vektor dan skalar.
2. Peserta didik telah memahami tentang penentuan arah.



## Tahapan Pembelajaran

### 1. Persiapan Pembelajaran

- a. Guru menyiapkan gambar, bahan bacaan dan video yang membahas konsep vektor dalam kehidupan sehari-hari.

### 2. Kegiatan Pembelajaran

#### a. Apersepsi

- 1) Minta beberapa peserta didik untuk berbagi pengalaman mereka terkait pengaruh arah yang sangat menentukan dalam hidup mereka sehari-hari. Pastikan yang dibagikan beragam pengalaman yang melibatkan gerak dan gaya.
- 2) Arahkan peserta didik melalui “**Ayo Berpikir Kritis**” untuk memahami apa yang dipelajari dalam bab ini. Hubungkan juga dengan tujuan pembelajaran dan peta konsep.

#### c. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Bangun pemahaman tentang pentingnya vektor dalam kehidupan sehari-hari beserta alat atau instrumen yang digunakan untuk menentukannya. Tanyakan profesi apa saja yang pasti memerlukan arah. Contoh: nelayan, nahkoda, pilot, dan tim Basarnas (Badan Nasional Pencarian dan Pertolongan). Ajak mereka mencari informasi tentang peralatan apa saja yang diperlukan oleh para pelaku profesi untuk mendapatkan arah. Beberapa diberikan dalam Tabel 1.1 dalam kunci jawaban. Contoh penunjuk arah pesawat diberikan dalam Gambar 1.1. Diskusikan angka-angka yang tampak pada layar dan hubungannya dengan arah.



**Gambar 1.1** Instrumen navigasi pesawat terbang  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

- 2) Tanyakan lagi perbedaan skalar dengan vektor dan contoh besaran vektor yang diketahui. Minta peserta didik mencari artikel yang berkaitan dengan aplikasi konsep vektor dalam kehidupan sehari-hari, contoh gerak lempeng bumi. Tunjukkan juga video yang menampilkan penggunaan konsep vektor dalam pembuatan *game*.
- 3) Dari Gambar 1.2 pastikan peserta didik dapat menjelaskan bahwa ada dua gerak yaitu gerak penerjun dan gerak angin. Untuk Gambar 1.3 pastikan peserta didik memahami bahwa ada beberapa kabel yang menopang suatu jembatan. Arahkan bahwa kedua fenomena menunjukkan bahwa vektor dapat dijumlahkan dan pemahaman detail tentang penjumlahan vektor akan dibahas dalam subbab C. Contoh lain penjumlahan vektor adalah lintasan perenang yang berubah arah karena arus laut yang bergerak.
- 4) Beri kesempatan kepada peserta didik untuk mengajukan pertanyaan-pertanyaan yang bisa dijadikan diskusi kelas.

### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik secara berkelompok maupun individu menunjukkan pemahamannya tentang besaran vektor dan aplikasi vektor dalam kehidupan sehari-hari selama kegiatan pembelajaran. Contoh, menggunakan aplikasi *waze* yang memuat jarak tempuh dan arah.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman

Contoh pelaku profesi yang memerlukan konsep vektor dalam pekerjaan mereka.

Profesi	Instrumen
Pilot	Alat penentu arah
BASARNAS	Kompas
Nelayan	Rasi bintang

## 2. Pertemuan Kedua (2 JP)

### A. Konsep Vektor

#### 1. Lambang dan Notasi Vektor





## Tujuan Pembelajaran

Menjelaskan vektor dan sifat-sifatnya yang ditemui dalam kehidupan sehari-hari.



## Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

1. Peserta didik telah memahami sudut dan penetapan arah.
2. Peserta didik telah memahami sistem koordinat Cartesius.



## Tahapan Pembelajaran

### 1. Persiapan Pembelajaran

- a. Guru menyiapkan peralatan seperti busur dan penggaris untuk melakukan **Aktivitas 1.1**.
- b. Guru menguasai aplikasi *geogebra* atau *ophysics* untuk menggambar vektor sehingga dapat mengarahkan peserta didik untuk menggunakannya.

### 2. Kegiatan Pembelajaran

#### a. Apersepsi

- 1) Guru menunjukkan suatu denah dan mengecek pemahaman peserta didik dalam membaca denah tersebut dengan memberikan pertanyaan seperti dimana lokasi suatu bangunan.
- 2) Peserta didik dapat berbagi pengalaman dalam menggunakan denah untuk menemukan suatu lokasi.

#### b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Ajaklah peserta didik untuk melihat suatu denah. Tanyakan, apakah dapat langsung berpindah dari Gedung ke Kantor Pos? (Pertanyaan disesuaikan dengan denah yang ada).

- 2) Arahkan peserta didik untuk melihat hubungan antara konsep vektor dengan rute perjalanan dengan melakukan **Aktivitas 1.1**. Rute langsung menggambarkan suatu vektor dan rute tidak langsung menggambarkan serangkaian vektor. Rute memerlukan jarak dan arah sehingga memerlukan anak panah untuk menunjukkan perjalanan.



**Gambar 1.2** Denah Lokasi  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

- 3) Ajak peserta didik untuk berdiskusi tentang pemilihan rute mereka melalui kegiatan **“Ayo Berdiskusi”**. Tanyakan apakah pemilihan rute memengaruhi jarak tempuh (Pemilihan rute memengaruhi jarak tempuh). Minta peserta didik membagikan pengalaman mereka sehari-hari dalam memilih rute terpendek.
- 4) Diskusikan Gambar 1.5 setelah peserta didik mengamatinya. Konsep yang dapat disimpulkan adalah bahwa vektor merah merupakan gabungan vektor biru. Penggabungan vektor menurut aturan tertentu yaitu ujung panah vektor pertama bertemu dengan pangkal panah vektor kedua. Hal ini tidak perlu diperdalam hanya memberikan gambaran saja.
- 5) Minta peserta didik menyimak lambang dan notasi vektor. Panjang vektor menunjukkan besar atau nilai besaran sedangkan arah ditunjukkan oleh ujung vektor. Tanyakan, apakah yang dimaksud dengan vektor nol. (Vektor nol adalah vektor dengan besar nol dan tanpa arah). Guru memperkenalkan vektor satuan.
- 6) Arahkan siswa untuk melihat aplikasi vektor dalam rute perjalanan suatu pesawat terbang dalam **“Tahukah Kalian.”** Tunjukkan juga suatu rute pesawat terbang yang mengalami cuaca buruk sebelum mendarat, seperti contoh berikut ini.
- 7) Berikan kesempatan kepada peserta didik untuk bertanya.



**Gambar 1.3** Lintasan perjalanan pesawat udara  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik secara berkelompok maupun individu dapat menganalisis konsep dan sifat-sifat vektor dalam permasalahan sehari-hari melalui aktivitas dan diskusi.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman

### Aktivitas 1.1

1. Kemungkinan berbagai rute adalah lebih dari satu.
2. Rute berbeda dalam hal jarak dan arah.

## 3. Pertemuan Ketiga (2 JP)

### A. Konsep Vektor

2. Menggambar Vektor
3. Sifat-Sifat Vektor



## Tujuan Pembelajaran

1. Menjelaskan konsep vektor vektor dan sifat-sifatnya yang ditemui dalam kehidupan sehari-hari.
2. Menggambar vektor terkait dengan suatu fenomena.



## Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

1. Peserta didik telah memahami sudut dan penetapan arah.
2. Peserta didik telah memahami sistem koordinat Cartesius.
3. Peserta didik telah memahami lambang dan notasi vektor.



## Tahapan Pembelajaran

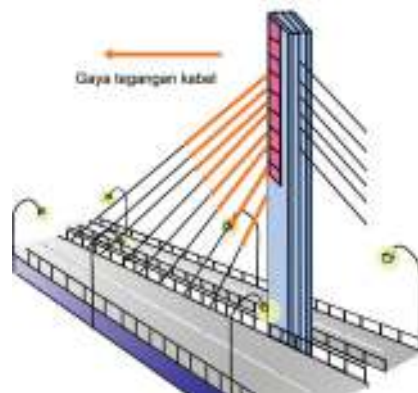
### 1. Persiapan Pembelajaran

- Guru menyiapkan busur dan penggaris untuk melakukan **Aktivitas 1.2** dan **Aktivitas 1.3**.
- Guru menguasai aplikasi *geogebra* atau *ophysics* untuk menggambar vektor sehingga dapat mengarahkan peserta didik untuk menggunakannya.
- Guru menyiapkan gambar, bahan bacaan dan video yang membahas konsep vektor dalam kehidupan sehari-hari.

### 4. Kegiatan Pembelajaran

#### a. Apersepsi

Tunjukkan gambar jembatan dan tali yang menyangganya dan menanyakan bagaimana menggambarkan vektor tegangan tali tersebut.



**Gambar 1.4a** Jembatan yang ditopang tali  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Contoh lainnya seperti yang ada dalam Gambar 1.4b. Bagaimana menggambarkan vektor kecepatan bola?

Berikan contoh-contoh lainnya yang mendorong peserta didik untuk memikirkan bagaimana menggambarkan vektor dari suatu peristiwa.



**Gambar 1.4b** Bola ditendang dengan kecepatan tertentu  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

## b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Minta peserta didik mengamati Gambar 1.9 sebelum melakukan **Aktivitas 1.2**. Guru dapat mengarahkan peserta didik dengan memberikan Gambar 1.5 berikut ini untuk memperkuat pemahaman. Tanyakan, ke arah mana gaya tegangan tali menarik benda (ke atas).



**Gambar 1.5** Balok dan tali  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

- 2) Minta peserta didik memahami Gambar 1.10 tentang penentuan besar sudut dan kemudian menggambar suatu vektor gaya dengan besar 20 N dan sudut  $150^\circ$ . (Perhatikan bahwa skala menentukan panjang vektor yang digambar). Arahkan peserta didik untuk melakukan **Aktivitas 1.2**.
- 3) Sebagai opsi, dalam “**Ayo Berteknologi**” guru dapat menunjukkan aplikasi *geogebra* untuk menggambar suatu vektor serta meminta peserta didik untuk menggunakan aplikasi tersebut dalam menggambar beberapa vektor.
- 4) Arahkan peserta didik untuk mengamati Gambar 1.11, Gambar 1.12, Gambar 1.13 dan Gambar 1.14. Tanyakan mereka apa yang dimaksud dengan dua vektor sama atau setara dan apa yang dimaksud dengan vektor negatif.

Minta mereka memberi contoh dua vektor yang sama dalam kehidupan sehari-hari. Kemudian satu pasang vektor dan vektor negatif dalam kehidupan sehari-hari.

- 5) Minta peserta didik melakukan **Aktivitas 1.3** dan adakan diskusi. Berikan tiga soal lagi untuk menggambar vektor negatif. Mereka dapat menggunakan aplikasi sebagaimana yang ada dalam **Ayo Berteknologi**. Tanyakan hubungan sudut antara vektor asal dan vektor negatif (sudut asal +  $180^\circ$ ).

- 6) Arahkan peserta didik secara berkelompok melakukan **Ayo Cek Pemahaman** dan buatlah diskusi kelas.
- 7) Minta peserta didik menyimak Gambar 1.17 dan penjelasannya. Perkalian vektor dengan skalar dapat menghasilkan vektor diperbesar atau diperkecil dan searah atau berlawanan arah. Faktor yang menentukan adalah  $k$ .
- 8) Minta peserta didik untuk secara berkelompok melakukan **Ayo Cermati**.

### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik secara berkelompok maupun individu melakukan kegiatan-kegiatan untuk menganalisis konsep dan sifat-sifat vektor, termasuk menggambar vektor menurut fenomena yang diamati.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman

### Aktivitas 1.2

1. Sudut yang dibentuk oleh tali dalam Gambar 1.9 adalah  $30^\circ$  searah jarum jam.
2. Besar vektor **P** adalah 9 N, vektor **Q** adalah 8 N dan vektor **R** adalah 8 N.
3. Gambar kedua vektor secara manual maupun dengan menggunakan aplikasi *geogebra*.

### Aktivitas 1.3

Vektor negatif digambarkan, baik secara manual maupun dengan penggunaan aplikasi *geogebra*. Pastikan sudut yang dibentuk adalah vektor negatif selalu ditambah dengan  $180^\circ$ .



## Ayo, Cermati!

Jawaban yang benar adalah E dan F



### Ayo, Cek Pemahaman!

Vektor diperlukan dalam kehidupan sehari-hari seperti dalam transportasi dan struktur bangunan.

## 4. Pertemuan Keempat dan Kelima (4 JP)

### B. Representasi Vektor

1. Komponen Vektor
2. Vektor pada Sistem Koordinat Cartesius
3. Penguraian Vektor Berdasarkan Aturan Trigonometri



### Tujuan Pembelajaran

1. Merepresentasi vektor untuk menggambarkan fenomena fisika.
2. Menggunakan aturan trigonometri untuk menguraikan suatu vektor.



### Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

1. Peserta didik telah memahami konsep dan sifat-sifat vektor.
2. Peserta didik telah memahami sistem koordinat Cartesius.
3. Peserta didik telah memahami aturan trigonometri.



### Tahapan Pembelajaran

#### 1. Persiapan Pembelajaran

Guru menyiapkan suatu pulpen untuk mendemonstrasikan komponen vektor dan latihan soal.

## 2. Kegiatan Pembelajaran

### a. Apersepsi

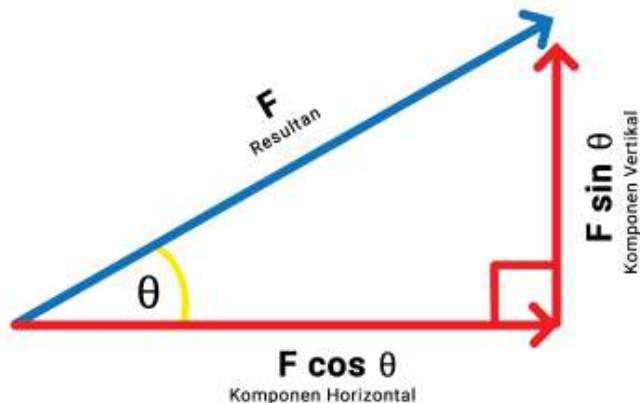
- 1) Ulangi kembali pemahaman representasi vektor sebagai anak panah. Jelaskan pemahaman representasi vektor lainnya dengan menunjukkan bahwa vektor dapat dibentuk oleh komponen vertikal dan komponen horizontal. Guru melakukannya dengan memutar suatu pulpen dari sudut  $0^\circ$  hingga  $90^\circ$ , yang mana pulpen melambangkan suatu vektor. Tunjukkan bahwa nilai komponen dapat negatif atau positif tergantung pada sudut.
- 2) Tanyakan, pada sudut berapa vektor hanya mempunyai komponen horizontal atau komponen vertikal. (Sudut  $0^\circ$  hanya mempunyai komponen horizontal saja dan sudut  $90^\circ$  hanya mempunyai komponen vertikal saja).

### b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Minta peserta didik untuk menyimak Gambar 1.18 dan hubungkan dengan demonstrasi guru sebelumnya bahwa pada sudut antara  $0^\circ$  dan  $90^\circ$  suatu vektor mempunyai komponen horizontal dan komponen vertikal. Komponen vektor merupakan proyeksi vektor pada sumbu koordinat.
- 2) Peserta didik menyimak Gambar 1.19 beserta penjelasannya. Pastikan peserta didik memahami representasi vektor dalam bentuk komponen secara matematis dan fisis. Tanyakan, jika panjang vektor tetap, bagaimana perubahan nilai setiap komponen jika sudut diperbesar? (Nilai komponen vertikal makin besar dan nilai komponen horizontal makin kecil). Pemahaman ini berkaitan dengan nilai sin dan cos.
- 3) Minta peserta didik untuk memperhatikan penulisan arah komponen yaitu **i**, **j** dan **k**. Berikan contoh, jika seseorang bergerak 200 m ke timur dan 300 m ke utara maka penulisannya adalah  $\mathbf{d} = 200 \mathbf{i} + 300 \mathbf{j}$ . Berikan latihan soal lainnya tentang penulisan vektor dalam vektor satuan.
- 4) Arahkan peserta didik untuk bertanya setelah menyimak Gambar 1.21 dan penjelasannya. Tanyakan, apakah vektor berubah jika lokasinya diubah dalam sistem koordinat. (Tidak, karena vektor selalu ditentukan oleh dua titik yaitu pangkal dan ujung).
- 5) Berikan soal-soal untuk mencari vektor satuan. setelah membahas vektor satuan.
- 6) Minta peserta didik menjawab **Ayo Berpikir Kritis** secara individu. Diskusikan hasilnya.
- 7) Minta peserta didik berdiskusi melalui kegiatan **Ayo Berdiskusi**.



- 8) Nyatakan kembali soal dari buku (Suatu pesawat terbang terlihat berada 300 km dari suatu bandara dengan arah  $30^\circ$  dari timur ke utara. Berapa jauh pesawat tersebut ke timur dan ke utara dari bandara?) dengan menggambarannya di papan tulis dan menunjukkan peran komponen dalam menjawab soal. Cek kembali pemahaman sin dan cos dari peserta didik dengan menunjukkan kesetaraan antara gambar vektor dan komponennya dengan segitiga siku-siku dan sisi-sisinya.



Gambar 1.6 Penguraian Vektor secara Trigonometri  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

- 9) Minta peserta didik menyimak Gambar 1.22 dan penjelasannya.

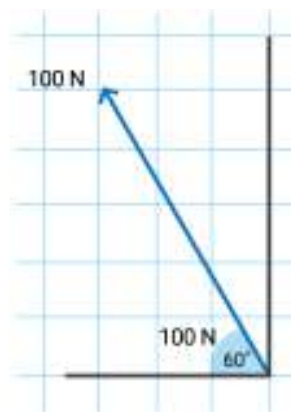
Berikan suatu contoh soal lainnya seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 1.7 di samping ini. Peserta didik menyelesaikannya terlebih dahulu kemudian diskusi dalam kelas.

Berikan contoh-contoh soal lainnya.

$$F_x = -100 \times \frac{1}{2} = -50 \text{ N}$$

$$F_y = 100 \times \frac{1}{2} \sqrt{3} = 50\sqrt{3} \text{ N}$$

Guru mengingatkan tanda positif atau negatif yang digunakan untuk komponen.

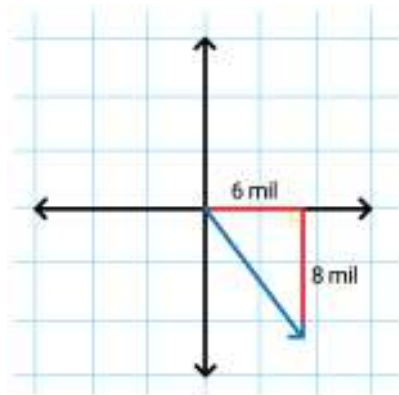


Gambar 1.7 Penguraian Gaya  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

- 10) Peserta didik menyimak soal dan penyelesaiannya dalam Gambar 1.23. Pastikan peserta didik memahami cara mendapatkan panjang vektor dengan dalil Pythagoras dan arah vektor dengan menggunakan tangen.

Berikan soal lainnya. Contohnya, kapal berada 6 mil arah selatan dan 8 mil arah timur dari suatu pelabuhan. Jarak kapal ke pelabuhan adalah 10 mil dengan menggunakan dalil Pythagoras dan sudutnya  $307^\circ$  dengan menggunakan tangen. Berikan soal-soal lainnya.

- 11) Arahkan peserta didik untuk menggunakan aplikasi penguraian vektor *physics*.
- 12) Minta peserta didik menjawab **Ayo Cek Pemahaman**. Buat diskusi kelas.



Gambar 1.8 Mencari Panjang dan Arah Vektor  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

### c. Aplikasi Konsep

- 1) Peserta didik menunjukkan pemahaman tentang representasi vektor dengan melakukan kegiatan dan memberikan respon terhadap pertanyaan guru. Peserta didik juga dapat mengerjakan soal-soal yang diberikan oleh guru.
- 2) Peserta didik dapat menggunakan aplikasi penguraian vektor.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman



### Ayo, Berpikir Kritis!

Lokasi vektor dalam sistem koordinat tidak mengubah arah dan besar suatu vektor jika vektor digeser karena vektor bukan merupakan koordinat. Vektor ditentukan oleh pangkal dan ujung yang memerlukan dua titik koordinat dengan arah dan panjang tetap.



### Ayo, Berdiskusi!

Bukti bahwa setiap vektor dalam Gambar 1.19 adalah  $\mathbf{d} = 3\mathbf{i} + 4\mathbf{j}$  dengan cara menentukan koordinat pangkal dan ujung vektor. Peserta didik bebas memilih dua atau tiga vektor.



### Ayo, Cek Pemahaman!

Kelebihan representasi vektor sebagai anak panah yaitu langsung terbaca arahnya sedangkan kelebihan representasi vektor dinyatakan secara komponen adalah besar vektor terbaca secara langsung.

## 5. Pertemuan Keenam (2 JP)

### C. Operasi Vektor

#### 1. Penjumlahan dan Pengurangan Vektor dengan Metode Grafis



### Tujuan Pembelajaran

1. Membedakan operasi skalar dan operasi vektor .
2. Melakukan operasi vektor dalam menyelesaikan masalah.
3. Mendeskripsikan operasi vektor dan hasilnya secara fisis.



### Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

1. Peserta didik telah memahami konsep dan sifat-sifat vektor.
2. Peserta didik telah memahami konsep penguraian vektor.
3. Peserta didik telah memahami pengertian dasar tentang sinus, kosinus dan tangen.



### Tahapan Pembelajaran

#### 1. Persiapan Pembelajaran

- a. Siapkan soal-soal latihan penjumlahan dan pengurangan vektor secara grafis.
- b. Peserta didik mempersiapkan busur dan alat ukur panjang.

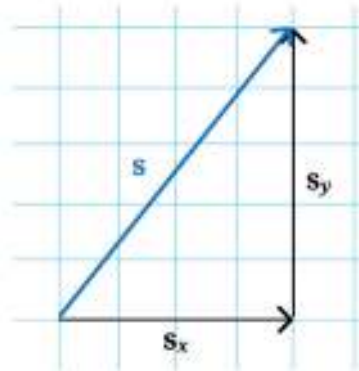
## 2. Kegiatan Pembelajaran

### a. Apersepsi

Tunjukkan suatu vektor perjalanan yang digambar di atas kertas berpetak. Contoh diberikan berikut ini.

Tanyakan lintasan perjalanan dari titik awal ke titik akhir jika satu petak mewakili satu meter. (4m ke timur kemudian 5m ke utara, jadi komponen horizontal adalah 4 m dan komponen vertikal adalah 5 m). Berapa panjang vektor?

( $\sqrt{41}$  m berdasarkan dalil Pythagoras).  
Bagaimana dengan arah vektor? ( $\tan^{-1} \frac{5}{4}$ ).



Gambar 1.9 Vektor pada Kertas Berpetak  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

### b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Peserta didik diminta memberikan suatu contoh besaran skalar. Misalnya, jawabannya adalah massa. Tanyakan jika ada 20 kg beras di rumah kemudian ditambah lagi 10 kg beras, berapa banyak beras keseluruhan? Jika jawabannya besaran lain maka sesuaikan pertanyaan dengan konteks.
- 2) Tanyakan, bagaimana jika vektor dijumlahkan dan meminta peserta didik bekerja secara berkelompok untuk mengerjakan **Aktivitas 1.4**.
- 3) Jelaskan bahwa hasil penjumlahan atau pengurangan vektor disebut sebagai resultan. Diskusikan hasil dari **Aktivitas 1.4**. Tanyakan juga berapa perpindahan minimum dan maksimum (2 m dan 14 m, arahnya bergantung pada arah yang dipilih). Kedua vektor yang membentuk perpindahan minimum pasti berlawanan arah dan yang membentuk perpindahan maksimum pasti berarah sama).
- 4) Tanyakan pada kelas, apa beda penjumlahan secara vektor dan skalar. Penjumlahan skalar hanya menghasilkan satu saja nilai tetapi penjumlahan vektor menghasilkan sangat banyak nilai yang bergantung pada pemilihan arah setiap vektor.

Tanyakan, contoh penerapan penjumlahan vektor dalam kehidupan sehari-hari.

Berikan contoh yaitu air hujan jatuh miring pada jendela pesawat yang sedang bergerak di landasan pacu. Air hujan jatuh cenderung vertikal tetapi pesawat bergerak dalam arah horizontal.



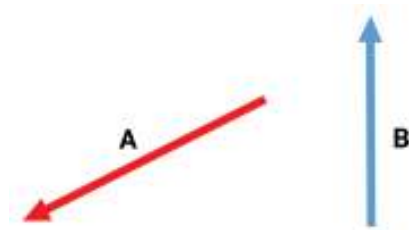
**Gambar 1.10** Air hujan jatuh miring  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

Contoh lainnya adalah penerjun yang mendarat di air karena tiupan angin seperti dalam pendahuluan. Contoh berikut adalah beban ditopang oleh dua tali.



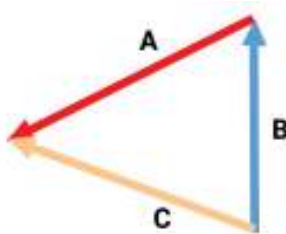
**Gambar 1.11** Penjumlahan vektor tali  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

- 5) Ajak peserta didik menyimak Gambar 1.22 beserta penjelasannya dan membandingkannya dengan tugas yang dilakukan dalam Aktivitas 1.4.
- 6) Minta peserta didik untuk melihat kembali Gambar 1.25 dari buku teks untuk lebih memahami penjumlahan vektor dengan metode segitiga.
- 7) Arahkan peserta didik untuk melakukan **Ayo Berkolaborasi** setelah memahami penjumlahan vektor dengan metode segitiga.
- 8) Tanyakan apakah penjumlahan dua vektor bersifat komutatif. Minta mereka menentukan dua vektor sembarang untuk membuktikannya dan menunjukkan hasil kerjanya ke kelas.
- 9) Minta peserta didik menyimak Gambar 1.26 dan penjelasannya. Berikan satu contoh untuk dikerjakan bersama. Pertama dengan metode segitiga kemudian dengan metode jajargenjang.



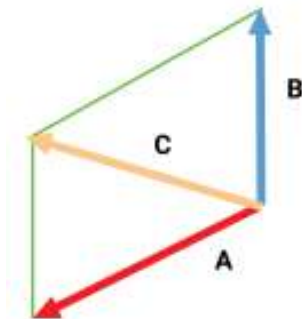
**Gambar 1.12** Vektor A dan Vektor B  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

Dengan metode segitiga.



**Gambar 1.13** Penjumlahan Vektor A dan B  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

Dengan metode jajargenjang.



**Gambar 1.14** Penjumlahan Vektor A dan B dengan metode jajargenjang  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

- 10) Arahkan peserta didik untuk melakukan **Ayo Berkolaborasi** yaitu menggunakan metode jajargenjang untuk pengurangan vektor. Minta peserta didik menyampaikan hasilnya. Berikan lagi soal-soal latihan.
- 11) Minta peserta didik menyimak Gambar 1.27 dan penjelasannya serta arahkan peserta didik untuk melakukan **Ayo Cermati**. Minta mereka menyampaikan hasilnya.
- 12) Minta peserta didik melakukan **Ayo Berkolaborasi** dan menyampaikan hasilnya. Berikan lagi soal-soal latihan.
- 13) Arahkan peserta didik untuk memahami resultan nol dan Gambar 1.29 dan Gambar 1.30 (Besarnya nol dan tidak ada arah).

### a. Aplikasi Konsep


Peserta didik melakukan penjumlahan dan pengurangan vektor secara grafis termasuk menghasilkan resultan vektor nol baik secara individu maupun berkelompok.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman

### Aktivitas 1.4

Tabel 1.1 Penjumlahan Vektor Perpindahan

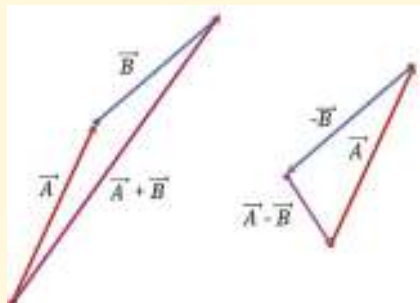
Perpindahan 1	Perpindahan 2	Perpindahan Akhir
6 m Timur 	8 m Timur 	14 m Timur 
6 m Barat	8 m Timur	2 m Timur
6 m Utara	8 m Timur	10 m sudut $37^\circ$
6 m Selatan	8 m Barat	10 m sudut $217^\circ$
6 m $45^\circ$ dari Timur ke Utara	6 m $45^\circ$ dari Timur ke Utara	14 m dari Timur ke Utara

Dapat disimpulkan bahwa penjumlahan vektor menghasilkan sangat banyak kemungkinan resultan.



### Ayo, Berkolaborasi!

Pengurangan  $A - B$  dengan metode segitiga.

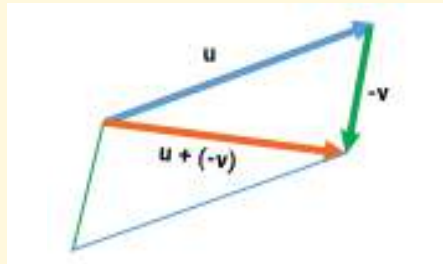


Gambar 1.15 Resultan vektor dengan metode segitiga  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)



## Ayo, Berkolaborasi!

Resultan vektor dari  $u - v$  dengan metode jajargenjang.



Gambar 1.16 Pengurangan vektor dengan metode jajargenjang  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)



## Ayo, Cermati!

Salah satu cara penjumlahan tiga vektor dengan metode poligon.



Gambar 1.17 Penjumlahan vektor dengan metode poligon  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)



## Ayo, Berkolaborasi!

Peserta didik menentukan empat vektor sembarang dan menjumlahkan keempat vektor tersebut dengan menggunakan metode poligon.

## 6. Pertemuan Ketujuh (3 JP)

### C. Operasi Vektor

2. Penjumlahan dan Pengurangan Vektor dengan Metode Analitis
3. Penentuan resultan vektor dengan rumus kosinus
4. Penentuan arah resultan vektor dengan rumus sinus





## Tujuan Pembelajaran

1. Membedakan operasi skalar dan vektor.
2. Melakukan operasi vektor dalam menyelesaikan masalah.
3. Mendeskripsikan operasi vektor dan hasilnya secara fisis.



## Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

1. Peserta didik telah memahami konsep dan sifat-sifat vektor.
2. Peserta didik telah memahami konsep penguraian dan penjumlahan vektor.
3. Peserta didik telah memahami pengertian dasar tentang sinus, kosinus dan tangen.



## Tahapan Pembelajaran

### 1. Persiapan Pembelajaran

- a. Guru menyiapkan soal-soal latihan penjumlahan dan pengurangan vektor secara analitis.
- b. Guru menyiapkan beban, busur derajat, benang kasur, neraca pegas, pengait, statif, dan kertas berpetak.
- c. Peserta didik menyiapkan kertas berpetak, busur dan penggaris.

### 2. Kegiatan Pembelajaran

#### a. Apersepsi

Guru mereviu penguraian vektor atas komponen-komponennya dan pengertian dasar trigonometri.

#### b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Arahkan peserta didik untuk mengerjakan **Aktivitas 1.5** pada kertas berpetak. Hasilnya (arah dan besar) dicek dengan busur dan penggaris. Minta mereka menyampaikan hasilnya dan menyimak Gambar 1.31 dan penjelasannya. Seorang peserta didik menyampaikan apa yang dipahaminya dari Gambar 1.31.

- 2) Berikan soal-soal penjumlahan vektor dengan menggunakan kertas berpetak. Berikan juga soal-soal latihan penjumlahan vektor yang menggunakan aturan trigonometri untuk menguraikan suatu vektor. Pastikan mereka dapat menentukan arah setiap komponen.
- 3) Minta peserta didik menyimak penjelasan penentuan resultan vektor dengan menggunakan rumus kosinus. Berikan contoh soal. Gaya  $F_1 = 25 \text{ N}$ ,  $F_2 = 25 \text{ N}$  dan sudut di antara keduanya adalah  $60^\circ$ , tentukan resultan gaya. (Resultan gaya adalah  $\sqrt{1875} \text{ N}$ ). Berikan soal-soal latihan lagi.
- 4) Minta peserta didik menyimak penjelasan penentuan arah resultan vektor dengan menggunakan rumus sinus. Berikan contoh soal dan soal-soal latihan.
- 5) Arahkan peserta didik untuk melakukan **Aktivitas 1.6**. Tanyakan apa hubungan antara resultan gaya dengan berat beban (resultan gaya sama besar dengan berat beban tetapi berlawanan arah. Jika keduanya dijumlahkan akan menghasilkan vektor nol).
- 6) Arahkan peserta didik untuk melakukan **Aktivitas 1.7**. Minta mereka membuat tabel pengamatan.

### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik menyampaikan hasil kegiatan eksperimen serta menjawab soal dan pertanyaan guru.

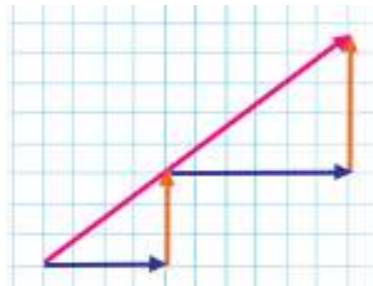


## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman

### Aktivitas 1.5

Satu petak mewakili 20 m.

- a. Komponen horizontal adalah  
 $80 + 120 = 200 \text{ m}$   
 Komponen vertikal adalah  
 $60 + 90 = 150 \text{ m}$
- b. Perpindahan total adalah 250 m  
 sedangkan sudutnya adalah  $37^\circ$ .



**Gambar 1.18** Penjumlahan vektor dengan metode analitis  
 sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

### Aktivitas 1.6

- Hasil yang diperoleh sama. Dengan menggunakan rumus lebih akurat.
- Besar beban = resultan gaya
- Sudut apit antara dua pegas memengaruhi pembacaan neraca pegas. Makin besar sudut apit makin kecil pembacaan neraca pegas. Resultan vektor yang dihasilkan selalu tetap karena beban tidak berubah..
- Hasil diskusi adalah bahwa resultan gaya sama besar dengan berat beban. Analisis hasil gambar dengan nilai resultan vektor gaya yang diperoleh dari hasil perhitungan. Tentukan juga arah resultan vektor gaya dengan menggunakan rumus sinus.

### Aktivitas 1.7

- Makin banyak jumlah beban dengan sudut apit tetap maka makin besar resultan vektor gaya yang terbentuk.
- Hasil diskusi adalah bahwa resultan gaya sama besar dengan berat beban. Analisis hasil gambar dengan nilai resultan vektor gaya yang diperoleh dari hasil perhitungan. Tentukan juga arah resultan vektor gaya dengan menggunakan rumus sinus.

## 7. Pertemuan Kedelapan (2 JP)

### C. Operasi Vektor

#### 5. Perkalian Vektor



### Tujuan Pembelajaran

- Membedakan operasi skalar dan vektor.
- Melakukan operasi vektor dalam menyelesaikan masalah.
- Mendeskripsikan operasi vektor dan hasilnya secara fisis.



## Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

1. Peserta didik telah memahami konsep dan sifat-sifat vektor.
2. Peserta didik telah memahami konsep penguraian vektor.
3. Peserta didik telah memahami pengertian dasar tentang sinus, kosinus dan tangen.



## Tahapan Pembelajaran

### 1. Persiapan Pembelajaran

- a. Persiapkan video yang menampilkan perkalian *dot product* dan *cross product*.
- b. Peserta didik mempersiapkan pensil.

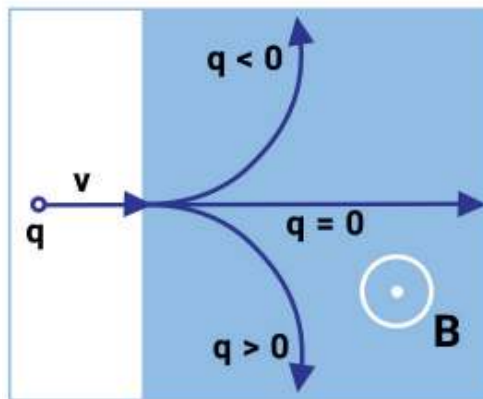
### 2. Kegiatan Pembelajaran

#### a. Apersepsi

Reviu kembali sifat penjumlahan vektor dengan tanya jawab. Lalu tanyakan, menurut perkiraan kalian, apakah perkalian vektor sama dengan perkalian skalar. Contoh, luas merupakan hasil perkalian panjang dan lebar dimana panjang dan lebar adalah besaran skalar.

#### b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Arahkan peserta didik dalam kelompoknya untuk menyimak langkah-langkah kerja dalam **Aktivitas 1.8**. Setiap kelompok menyampaikan hasil pengamatannya.
- 2) Tunjukkan video yang menggambarkan perbedaan *dot product* dan *cross product*. Jelaskan kembali perbedaan *dot product* dan *cross product*. Berikan contoh lain dari *cross product* yaitu gaya Lorentz yang merupakan perkalian kecepatan partikel dalam medan magnet. Gaya, kecepatan dan medan magnet merupakan vektor. Arah kecepatan partikel ke timur dan arah medan magnet adalah ke luar bidang kertas.
- 3) Arah gaya bergantung pada tanda muatan partikel.



**Gambar 1.19** Gerak partikel bermuatan dalam medan magnet  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik menyampaikan simpulan hasil percobaan yang membedakan perkalian *dot product* dan *cross product*.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman

### Aktivitas 1.8

Peserta didik dapat membedakan dua jenis perkalian vektor.

## C. Refleksi Pembelajaran Bab 1

1. Guru merefleksikan hal-hal apa (pengajaran, partisipasi dan pemahaman peserta didik, serta manajemen kelas) yang telah berjalan dengan baik.
2. Guru merefleksikan hal-hal apa (pengajaran, partisipasi dan pemahaman peserta didik, serta manajemen kelas) yang perlu diperbaiki.
3. Guru merefleksikan temuan-temuan khusus terkait miskonsepsi, teknik penyelesaian masalah, sikap dan pertanyaan yang berkaitan dengan prinsip vektor.



### Ayo, Berpikir Kritis!

Perkalian skalar dari dua vektor dapat menghasilkan nilai negatif. Contohnya adalah usaha oleh gaya gesek pada benda yang sedang berpindah pada permukaan kasar menghasilkan nilai negatif yang artinya energi dilepaskan oleh benda untuk mengatasi gaya gesek.



### Ayo, Cek Pemahaman!

Arah dan besar vektor resultan gaya diberikan



Besar vektor adalah 178885 N

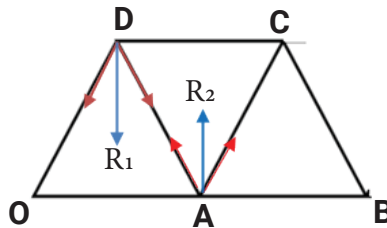
Arah vektor adalah  $26,56^\circ$

**Gambar 1.20** Resultan gaya pada pesawat  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

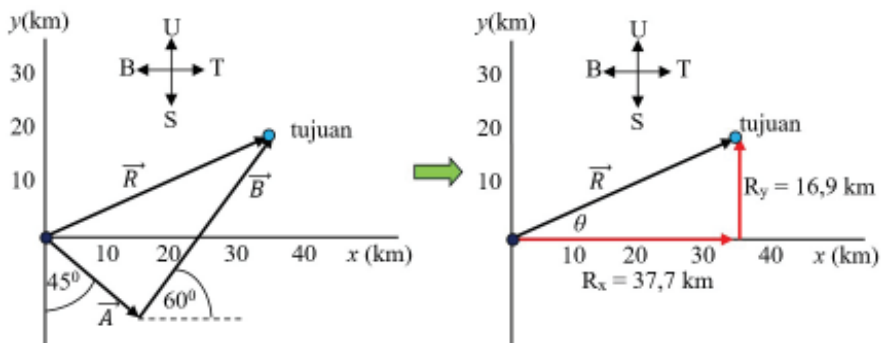
## D. Jawaban Asesmen

1. Besaran-besaran mana yang merupakan vektor.
  - a. Percepatan merupakan perubahan kecepatan terhadap waktu.
  - b. Perubahan kecepatan merupakan vektor sehingga percepatan adalah vektor.
  - c. Tekanan bukan merupakan vektor karena tekanan menunjukkan efek yang terjadi jika suatu gaya diberikan pada suatu permukaan.
2. Pergerakan lempeng tektonik.
  - a. Informasi arah gerak lempeng sangat diperlukan agar dapat diperkirakan terjadi gempa bumi. walaupun waktu terjadinya tidak dapat dipastikan.

- b. Menggunakan cara GPS (*Global Positioning System*).
  - c. Ada vektor-vektor yang sama.
  - d. Ada pasangan vektor yang merupakan vektor dan negatif vektor.
  - e. Ada vektor dengan arah yang sama tetapi besar berbeda.
3. Struktur suatu jembatan.



4. a. Untuk menentukan perpindahan, gunakan metode penguraian vektor.

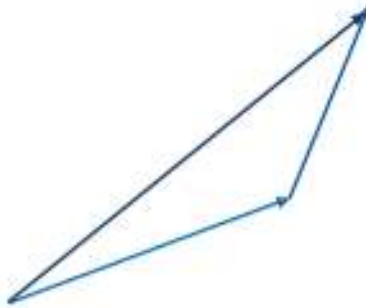


	A	B	C
x	$A_x = A \cos \theta$ $= 25 \cos 45^\circ = 17,7 \text{ km}$	$B_x = B \cos \theta$ $= 40 \cos 60^\circ = 20 \text{ km}$	$R_x = 37,7 \text{ km}$
y	$A_y = A \sin \theta$ $= -25 \sin 45^\circ = -17,7 \text{ km}$	$B_y = B \sin \theta$ $= 40 \sin 60^\circ = 20 \text{ km}$	$R_y = 16,9 \text{ km}$

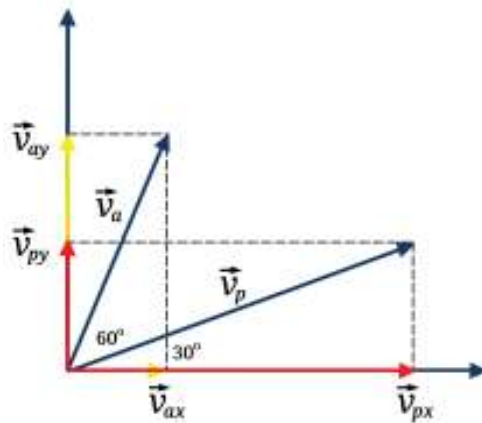
- b. Arah perpindahan

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{R_x}{R_y} \right) = \tan^{-1} \left( \frac{16,9}{37,7} \right) = 24^\circ$$

5. a. Metode segitiga,



b. Metode analitis,



$$v_{px} = v_p \cos \theta = 100 \cos 30^\circ = 100 \frac{1}{2} \sqrt{3} = 50\sqrt{3} \text{ m/s}$$

$$v_{py} = v_p \sin \theta = 100 \sin 30^\circ = 100 \frac{1}{2} = 50 \text{ m/s}$$

$$v_{ax} = v_a \cos \theta = 40 \cos 60^\circ = 40 \frac{1}{2} = 20 \text{ m/s}$$

$$v_{ay} = v_a \sin \theta = 40 \sin 60^\circ = 40 \frac{1}{2} \sqrt{3} = 20\sqrt{3} \text{ m/s}$$

$$v_{Ry} = v_{ay} + v_{py} = 20\sqrt{3} + 50 = 84,6$$

$$v_{Rx} = v_{ax} + v_{px} = 20 + 50\sqrt{3} = 106,6$$

$$v_R = \sqrt{v_{Rx}^2 + v_{Ry}^2} = \sqrt{(106,6)^2 + (84,6)^2} = 136 \text{ m/s}$$

b. Menggunakan rumus kosinus sudut antara perahu dan arus  $30^\circ$

$$v_R = \sqrt{v_p^2 + v_a^2 + 2v_p v_a \cos 30}$$

$$v_R = \sqrt{100^2 + 40^2 + 2(100)(40) \frac{1}{2} \sqrt{3}} = 136 \text{ m/s}$$



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2022

Buku Panduan Guru Fisika untuk SMA/MA Kelas XI

Penulis : Marianna Magdalena Radjawane, Alvius Tinambunan, Lim Suntar Jono

ISBN : 978-623-472-724-1 (jil.1)

## BAB 2

# Kinematika Panduan Khusus



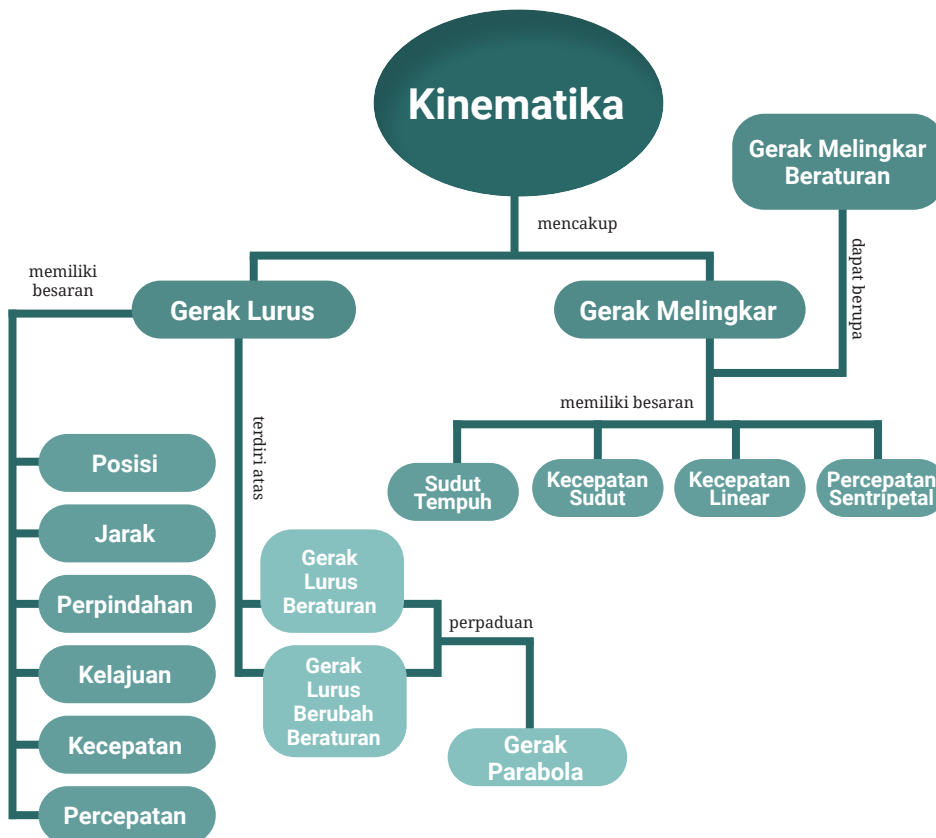
### Pendahuluan

Kinematika mengkaji fenomena gerak dan besaran-besaran yang terkait di dalamnya. Gerak pasti selalu ditemui dalam kehidupan sehari-hari baik oleh makhluk hidup maupun benda tak hidup. Jenis gerak yang dipelajari dalam bab ini adalah gerak lurus, gerak peluru dan gerak melingkar. Materi pembelajaran pada setiap bab, yang memuat konsep dasar dan penerapannya, perlu dipahami oleh para peserta didik yang pemahamannya dapat dicek melalui fitur cek pemahaman dan aktivitas yang dilakukan. Setiap aktivitas menuntut kreatifitas dan bernalar kritis dari para peserta didik bahkan kadang berkolaborasi untuk memecahkan masalah. Konsep-konsep vektor dan operasinya digunakan dalam kajian kinematika. Konsep-konsep kinematika diperlukan untuk mengkaji dinamika yaitu penyebab terjadi gerak serta usaha dan energi.

## Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari Bab 2 tentang Kinematika peserta didik diharapkan dapat menguraikan besaran-besaran fisis pada gerak lurus, menganalisis karakteristik gerak lurus beraturan (GLB) dan gerak lurus berubah beraturan (GLBB), menafsirkan grafik dengan hubungan antara beberapa besaran fisis pada gerak, menerapkan konsep gerak lurus dalam penyelesaian masalah, menganalisis karakteristik gerak parabola, menguraikan besaran-besaran fisis pada gerak melingkar beraturan, menganalisis karakteristik gerak melingkar beraturan, dan menerapkan konsep gerak melingkar beraturan dalam penyelesaian masalah.

## Peta Konsep



## A. Skema Pembelajaran Bab 2

1. Rekomendasi waktu pembelajaran 19 jam pelajaran (1 JP = 45 menit).
2. Asesmen di bagi menjadi beberapa bagian yaitu dengan soal dan aktivitas. Pada akhir bab akan diberikan asesmen untuk menguji kemampuan analitis peserta didik dalam memecahkan masalah.

Tahapan Pembelajaran	J P	Materi Pokok	Tujuan Pembelajaran Pertahanan	Strategi Pembelajaran	Sumber Belajar dan Media
Pendahuluan  Subbab A : Pengertian Gerak	4	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kerangka acuan dan posisi</li> <li>2. Gerak sebagai Perubahan Posisi</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Peserta didik menguraikan besaran-besaran fisis pada gerak lurus</li> <li>2. Menjelaskan pengertian gerak sebagai perubahan posisi</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penjelasan fenomena</li> <li>2. Aktivitas dan beberapa percobaan sederhana</li> <li>3. Demonstrasi menggunakan alat-sederhana</li> <li>4. Penggunaan aplikasi dan teknologi</li> <li>5. Cek pemahaman</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Buku peserta didik Subbab A</li> <li>2. Sumber bacaan dan internet terkait kerangka acuan, posisi dan pengertian gerak</li> <li>3. Buku-buku penunjang topik terkait</li> </ol>
Subbab B : Besaran-Besaran Gerak	6	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Jarak dan Perpindahan</li> <li>2. Kecepatan dan kelajuan</li> <li>3. Gerak bersifat relatif</li> <li>4. Kecepatan dan kelajuan sesaat</li> <li>5. Kecepatan dan kelajuan rata-rata</li> <li>6. Percepatan</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Peserta didik menguraikan besaran-besaran fisis pada gerak lurus</li> <li>2. Peserta didik menafsirkan grafik dengan hubungan antara beberapa besaran fisis pada gerak</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penjelasan fenomena</li> <li>2. Aktivitas menggunakan teknologi</li> <li>3. Demonstrasi menggunakan alat sederhana</li> <li>4. Penggunaan aplikasi dan teknologi</li> <li>5. Cek pemahaman</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Buku peserta didik Subbab B</li> <li>2. Sumber bacaan dari internet terkait besaran-besaran gerak</li> <li>3. Buku-buku penunjang topik terkait</li> <li>4. Aplikasi <i>geogebra</i></li> <li>5. Pengolah data seperti <i>ms.Excel</i></li> </ol>

Tahapan Pembelajaran	J P	Materi Pokok	Tujuan Pembelajaran Pertahapan	Strategi Pembelajaran	Sumber Belajar dan Media
Subbab C : GLB dan GLBB	6	<ol style="list-style-type: none"> <li>Gerak lurus beraturan</li> <li>Gerak lurus berubah beraturan</li> <li>Gerak vertikal</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Peserta didik menganalisis besaran-besaran gerak pada gerak lurus</li> <li>Peserta didik menafsirkan grafik hubungan antara beberapa besaran fisis</li> <li>Menganalisis karakteristik gerak lurus beraturan (GLB) dan gerak lurus berubah beraturan (GLBB)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Penjelasan fenomena</li> <li>Aktivitas menggunakan teknologi</li> <li>Demonstrasi menggunakan alat sederhana</li> <li>Penggunaan aplikasi dan teknologi</li> <li>Cek pemahaman</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Buku peserta didik Subbab C</li> <li>Sumber bacaan dari internet terkait GLB dan GLBB</li> <li>Aplikasi pembuat grafik</li> </ol>
Subbab D : Gerak Parabola	4	<ol style="list-style-type: none"> <li>Pengertian gerak parabola</li> <li>Analisis gerak parabola</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Peserta didik menjelaskan gerak parabola</li> <li>Peserta didik menganalisis karakteristik pada gerak parabola</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Penjelasan fenomena akan topik terkait</li> <li>Aktivitas dan beberapa percobaan sederhana</li> <li>Demonstrasi menggunakan alat-sederhana</li> <li>Penggunaan aplikasi dan teknologi</li> <li>Cek pemahaman</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Buku peserta didik Subbab D</li> <li>Sumber bacaan dan internet terkait gerak parabola</li> <li>Buku-buku penunjang topik terkait gerak parabola</li> </ol>
Subbab E : Gerak Melingkar Beraturan	2	<ol style="list-style-type: none"> <li>Besaran-Besaran Gerak Melingkar Beraturan</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Peserta didik menguraikan besaran-besaran fisis pada gerak melingkar beraturan</li> <li>Peserta didik menerapkan konsep gerak melingkar beraturan dalam penyelesaian masalah</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Penjelasan fenomena</li> <li>Aktivitas menggunakan teknologi</li> <li>Demonstrasi menggunakan alat sederhana</li> <li>Demonstrasi secara virtual</li> <li>Cek pemahaman</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Buku peserta didik Subbab E</li> <li>Sumber bacaan dari internet terkait gerak melingkar beraturan</li> <li>Buku-buku penunjang topik terkait</li> <li>Aplikasi <i>geogebra</i></li> <li>Pengolah data seperti <i>ms.Excel</i></li> </ol>

## B. Panduan Pembelajaran Bab 2

### 1. Pertemuan Pertama (2 JP)

#### Pendahuluan

#### A. Pengertian Gerak

1. Kerangka Acuan dan Posisi
2. Gerak sebagai Perubahan Posisi



#### Tujuan Pembelajaran

1. Peserta didik dapat menguraikan besaran-besaran fisis pada gerak lurus.
2. Peserta didik dapat menjelaskan pengertian gerak sebagai perubahan posisi.



#### Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

1. Peserta didik telah memahami konsep vektor.
2. Peserta didik telah memahami sistem koordinat.



#### Tahapan Pembelajaran

#### 1. Persiapan Pembelajaran

- a. Guru menyiapkan penjelasan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan dalam pengantar bab.
- b. Guru menyediakan beberapa kegiatan tambahan seperti demonstrasi dan ilustrasi atau gambar serta latihan soal yang terkait dengan konsep kerangka acuan, posisi dan pengertian gerak.

#### 2. Kegiatan Pembelajaran

##### a. Apersepsi

- 1) Stimulasi peserta didik untuk memikirkan pertanyaan-pertanyaan dalam pengantar bab dan arahkan mereka untuk memahami tujuan belajar tentang gerak.

- 2) Lakukan diskusi tentang cara menentukan suatu lokasi dengan menggunakan GPS berdasarkan Gambar 2.1.
- 3) Tunjukkan video atau gambar tentang gerak lurus, gerak peluru dan gerak melingkar beraturan dalam berbagai bidang olahraga.

### b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Minta salah seorang peserta didik untuk berbagi pengalaman ketika membuat janji dengan teman di lokasi yang baru. Apakah ada hal-hal khusus yang perlu diperhatikan agar dapat bertemu di lokasi tersebut (Patokan, jarak dan arah).
- 2) Ajak peserta didik secara berkelompok untuk mengerjakan **Ayo Berdiskusi** dan menyampaikan hasil kerja. Guru bertanya “Apakah dua informasi yang diperlukan untuk menentukan posisi?” (Jarak dan arah). Perhatikan jika ada yang sulit menuliskan posisi dalam bentuk vektor. Berikan lagi soal-soal lainnya.
- 3) Tanyakan, apakah masalah posisi dapat merupakan masalah yang genting atau krusial. (Contoh usaha penyelamatan pendaki gunung memerlukan posisi yang tepat). Tanyakan kemungkinan kesalahan yang terjadi dalam mengkomunikasikan posisi di antara dua pihak. (Kemungkinannya adalah patokan, jarak dan pengertian arah yang berbeda atau salah).
- 4) Ajak peserta didik berkelompok untuk mengerjakan **Ayo Berpikir Kritis**. Tanyakan hubungan antara perubahan posisi dengan kerangka acuan (perubahan posisi tidak bergantung pada pemilihan kerangka acuan).

### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik secara berkelompok maupun individu menganalisis pemahaman posisi dan gerak serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman



## Ayo, Berkolaborasi!

### Jawaban

Patokan	Posisi
Rumah Lanny	30 m kiri atau 30 m barat atau 30 i
Rumah Siti	10 m kanan atau 10 m timur atau 10 i



## Ayo, Berdiskusi!

Tabel 2.1 Posisi Awal, Posisi Akhir dan Perubahan Posisi Sondang

Kerangka acuan	Posisi Awal	Posisi Akhir	Perubahan Posisi
Rumah Kezia	20 m barat atau kiri (-20 i)	40 m barat atau kiri (-40 i)	20 m barat atau kiri (-20 i)
Rumah Lanny	40 m barat atau kiri (-40 i)	60 m barat atau kiri (-60 i)	20 m barat atau kiri (-20 i)
Rumah Tenri	10 m barat atau kiri (-10 i)	30 m barat atau kiri (-30 i)	20 m barat atau kiri (-20 i)

## 2. Pertemuan Kedua (2 JP)

### Pendahuluan

#### A. Pengertian Gerak

#### B. Besaran-Besaran Gerak

##### 1. Jarak dan Perpindahan



### Tujuan Pembelajaran

Peserta didik dapat menguraikan besaran-besaran fisis pada gerak lurus.



### Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

1. Peserta didik telah memahami konsep vektor.
2. Peserta didik telah memahami sistem koordinat.
3. Peserta didik telah memahami konsep gerak.



### Tahapan Pembelajaran

#### 1. Persiapan Pembelajaran

- a. Guru menyiapkan artikel Bahasa Inggris yaitu <https://skybrary.aero/accidents-andincidents/b752b722-providence-ri-usa-1999> dan artikel Bahasa Indonesia yaitu <https://www.cnnindonesia.com/internasional/20210722153027-134-670902/dua-pesawat-nyaris-tabrakan-karena-pengawas-udara-salah-ucap>

- b. Guru menyediakan beberapa kegiatan tambahan seperti demonstrasi, ilustrasi atau gambar dan soal-soal yang terkait dengan konsep kerangka acuan, posisi dan pengertian gerak.

## 2. Kegiatan Pembelajaran

### a. Apersepsi

- 1) Reviu konsep kerangka acuan, posisi dan gerak dengan mengajukan dua atau tiga pertanyaan. Contoh, Mengapa untuk menjelaskan gerak perlu menggambarkan posisi?
- 2) Diskusi besaran-besaran gerak yang telah diketahui.

### b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Arahkan peserta didik untuk melakukan **Aktivitas 2.1** dan mencermati Tabel 2.2 yang sudah dilengkapi. Tanyakan pendapat mereka. (Perubahan posisi tidak bergantung pada kerangka acuan). Minta peserta didik untuk menggambarkan vektor perubahan posisi.
- 2) Tunjukkan aplikasi *waze* dan tanyakan mengapa sistem koordinat penting untuk menggambarkan gerak. (Sistem koordinat membantu dalam penetapan suatu posisi sedangkan gerak adalah perubahan posisi).



**Gambar 2.1** Aplikasi waze  
sumber : Marianna MR/Screenshoot Waze.com (2022)

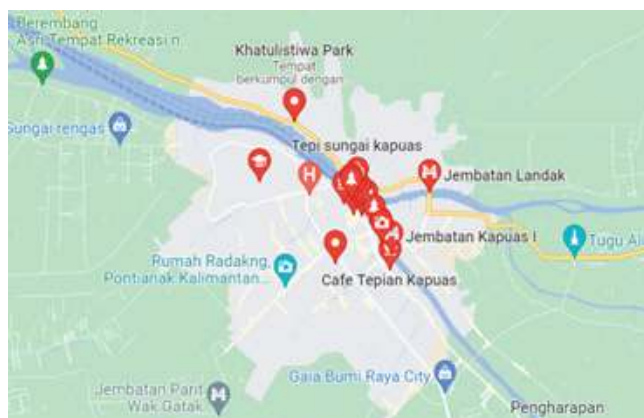
- 3) Bahas **Tahukah Kalian** dengan merujuk beberapa artikel (Opsional karena artikel dalam Bahasa Inggris).



Minta mereka mencari info tentang kejadian hampir bertabrakannya pesawat *United Airlines* dan pesawat *US Airways* di bandara dekat Providence, Rhode Island pada tahun 1999. Bisa gunakan <https://skybrary.aero/accidents-and-incidents/b752b722-providence-ri-usa-1999> atau di *youtube*.

Artikel dalam Bahasa Indonesia <https://www.cnnindonesia.com/internasional/20210722153027-134-670902/dua-pesawat-nyaris-tabrakan-karena-pengawas-udara-salah-ucap>

- 4) Ajarkan nilai **pentingnya menyimak ketika mendengarkan sesuatu**.
- 5) Minta peserta didik mengerjakan **Ayo Cek Pemahaman** untuk memastikan pemahaman tentang gerak.
- 6) Sebelum memulai pembahasan bagian B. Besaran-Besaran Gerak, minta peserta didik menyimak Gambar 2.5a dan Gambar 2.5b dalam menjawab **Ayo Berpikir Kritis**. Buat diskusi kelas yang berkaitan dengan Gambar 2.6 dan penjelasannya. Tanyakan, apakah jarak selalu lebih panjang daripada perpindahan? (Iya jarak selalu lebih panjang daripada perpindahan) tetapi bisa juga sama panjang.
- 7) Tanyakan konsep jarak dan perpindahan paling nyata digunakan dalam bidang apa. (Pembuatan jalan pintas, jembatan dan jalur kereta). Berikan contoh kota Pontianak yang dilewati oleh sungai Kapuas Besar, sungai Kapuas kecil dan sungai Landak. Perkirakan di titik-titik mana diperlukan penyeberangan feri.



**Gambar 2.2** Denah Kota Pontianak  
sumber : Marianna MR/Screenshot Googlemaps (2022)

Tunjukkan dua terowongan yang merupakan salah satu ruas jalan tol Cileunyi-Sumedang-Dawuan yang menembus bukit. Minta mereka mencari informasi peningkatan waktu tempuh dalam ruas ini.



**Gambar 2.3** Ruas jalan tol menembus bukit  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

Tanyakan, apakah ada wilayah di sekitar peserta didik yang memerlukan konsep jarak dan perpindahan untuk mempersingkat perjalanan.

### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik secara berkelompok ataupun individu menganalisis pemahaman jarak dan perpindahan serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman

### Aktivitas 2.1

**Tabel 2.2** Posisi Awal, Posisi Akhir dan Perubahan Posisi Berdasarkan Denah Kawasan

Kerangka acuan	Posisi Awal	Posisi Akhir	Perubahan Posisi
Tugu Kota	700 m barat (-700 i)	200 m timur dan 200 m utara (200 i + 200 j)	900 m timur dan 200 m utara (900 i + 200 j)
Kantor Pos	700 m barat dan 200 m selatan (-700 i - 200 j)	200 m timur (200 i)	900 m timur dan 200 m utara (900 i + 200 j)



**Gambar 2.4** Perpindahan pada denah  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)



### Ayo, Cek Pemahaman!

Tidak bergerak karena posisinya tidak berubah.



### Ayo, Berpikir Kritis!

Berdasarkan Gambar 2.5(a) lintasan yang harus dilalui adalah turun dari puncak Gedung A ke lantai bawah dengan menggunakan *lift* kemudian menggunakan kendaraan atau berjalan kaki hingga tiba di Gedung B dan naik ke puncak Gedung B. Jika dengan helikopter maka perjalanan menjadi lebih efisien karena langsung dari satu titik ke titik lain. Berdasarkan Gambar 2.5(b) lintasan yang harus dilalui dengan mendaki atau menggunakan kendaraan dari D ke C melalui jalan berliku. Jika dengan helikopter maka perjalanan menjadi lebih efisien karena langsung dari satu titik ke titik lain.

## 3. Pertemuan Ketiga (1 JP)

### B. Besaran-Besaran Gerak

#### 1. Perpindahan dan Jarak



#### Tujuan Pembelajaran

1. Peserta didik dapat menguraikan besaran-besaran fisis pada gerak lurus.
2. Peserta didik menafsirkan grafik hubungan antara beberapa besaran fisis pada gerak.



## Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

1. Peserta didik telah memahami konsep posisi, jarak dan perpindahan.
2. Peserta didik telah memahami cara menggambar grafik.



## Tahapan Pembelajaran

### 1. Persiapan Pembelajaran

Guru menyiapkan soal-soal latihan serta gambar tentang jarak dan perpindahan yang berkaitan dengan fenomena kehidupan sehari-hari.

### 2. Kegiatan Pembelajaran

#### a. Apersepsi

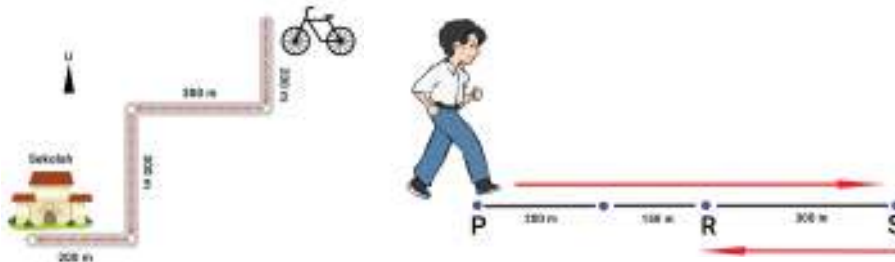
- 1) Reviu terkait konsep posisi, perpindahan dan jarak dengan beberapa contoh sehari-hari seperti penggunaan MRT di kota metropolitan. Minta mereka memberikan contoh lain.
- 2) Tunjukkan diagram gerak dan tanyakan bagaimana membuat dalam tabel dan grafik. Waktu antara dua posisi adalah 15 detik. Jarak antara dua titik adalah 10 m.



**Gambar 2.5** Diagram gerak  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

#### b. Konstruksi Pengetahuan

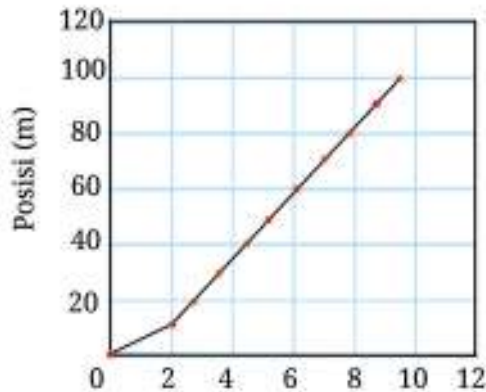
- 1) Minta peserta didik menyimak Gambar 2.6 dan Gambar 2.7 beserta penjelasannya. Berikan dua soal latihan untuk menentukan jarak dan perpindahan, seperti yang diberikan berikut.



Gambar 2.6 dan Gambar 2.7 Soal jarak dan Perpindahan  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

Jawaban:

1. Perpindahan  $\mathbf{d} = 500 \mathbf{i} + 500 \mathbf{j}$ , besarnya adalah  $500\sqrt{2}$  m dengan menggunakan dalil Pythagoras. Arahnya diperoleh dari  $\tan \theta = 500/500 = 1$ , yaitu  $\theta = 45^\circ$ . Jarak  $d$  adalah  $200 + 300 + 200 + 300 = 1000$  m.
  2. Perpindahan  $\mathbf{d} = 350 \mathbf{i}$ . Jarak  $d$  adalah 1000 m.
- 2) Arahkan peserta didik untuk melakukan **Aktivitas 2.2** secara mandiri dan membaca dengan saksama tabelnya karena yang dibuat adalah grafik posisi terhadap waktu (O adalah posisi mula-mula, A adalah posisi berikutnya dan seterusnya. Waktu mulai dari 0 jam dan seterusnya). Arahkan peserta didik menggunakan *Microsoft Excel* untuk membuat grafik. Diskusikan pertanyaan-pertanyaan yang ada sehingga peserta didik makin paham untuk menghubungkan grafik dengan situasi sebenarnya. Contoh, grafik naik artinya benda bergerak ke arah positif. Minta mereka menyimak kembali Gambar 2.7 beserta penjelasannya (sepeda bergerak ke timur kemudian ke barat) sehingga semakin paham dan dapat menginterpretasi grafik posisi terhadap waktu. Jika perlu, peragakan gerak yang bersesuaian dengan posisi di kelas dengan menggunakan ubin kelas. Misalnya, gerak ke kanan 5 ubin dalam waktu 8 detik kemudian ke 7 ubin ke kiri dalam waktu 12 detik dan 3 ubin ke kanan lagi dalam waktu 5 detik. Minta mereka gambarkan grafiknya.
- Diskusikan Gambar 2.8 dan jawab pertanyaan. (Pada titik puncak benda berubah arahnya).
- 3) Berikan suatu grafik posisi terhadap waktu dari **Usain Bolt** pelari yang memegang rekor dunia 100 m. Grafik ini dibuat berdasarkan hasil di Olimpiade London 2008.



**Gambar 2.8** Grafik Posisi terhadap waktu dari Usain Bolt  
sumber : Marianna Magdalena Radjawane/Kemendikbudristek/2022

Tanyakan, informasi apa saja yang diperoleh dari grafik ini? (Usain Bolt menempuh jarak 100 m dalam waktu 9,69 detik. Waktu tempuh untuk setiap selang 20 m berbeda. Waktu tempuh paling panjang adalah untuk selang 0-20 m. Waktu tempuh paling pendek adalah untuk selang 40-60 m dan 80-100 m. Tanyakan, informasi lain yang dapat diperoleh. (Jika 20 m ditempuh dalam waktu 1,5 detik maka dapat dihitung kelajuannya). Kelajuan belum dibahas tetapi dapat diberikan pendahuluan pemahaman.

- 4) Minta peserta didik secara berkelompok mengerjakan **Ayo Berkolaborasi** dan presentasikan hasilnya. Pastikan mereka dapat membedakan posisi dan perubahan posisi dari grafik posisi terhadap waktu. Mereka juga dapat menentukan jarak tempuh.
- 5) Arahkan peserta didik untuk mengerjakan **Ayo Berpikir Kritis** sehingga memahami efisiensi biaya jika menggunakan konsep perpindahan dan jarak dalam pembangunan infrastruktur transportasi. Minta mereka mempresentasikan hasilnya. Ajak diskusi manfaat selain penghematan biaya bahan bakar dari pembangunan jembatan. (Penghematan waktu dan biaya perawatan mobil). Pastikan bahwa data yang diambil cukup akurat untuk menghitung penghematan biaya.

### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik secara berkelompok maupun individu menganalisis pemahaman grafik posisi terhadap waktu dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Peserta didik dapat memahami literasi finansial sebagai salah satu kecakapan hidup sehari-hari.



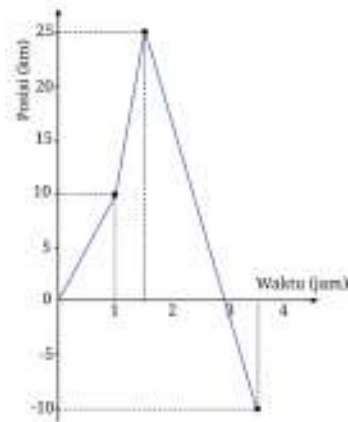
## Kunci Jawaban Aktivitas dan Pemahaman

### Aktivitas 2.2

Lintasan	Waktu Tempuh (Jam)	Posisi (Km)
OA	1	10
AB	1,5	25
BC	3,5	-10

#### Jawaban atas pertanyaan-pertanyaan.

1. Grafik naik jika benda bergerak ke arah positif.
2. Grafik turun jika benda bergerak ke arah negatif.
3. Pada puncak grafik terjadi perubahan arah gerak benda
4. Grafik mendatar jika posisi benda tetap sama atau benda tidak bergerak.
5. Menentukan jarak dengan melihat pada segmen grafik dan menjumlahkannya. Menentukan perpindahan dengan melihat titik awal dan titik akhir pada grafik.



Gambar 2.9 Posisi terhadap waktu dari seorang pengendara  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)



### Ayo Berkolaborasi!

Jarak keseluruhan:  $2 + 3 + 1 + 4 + 8 + 4 = 22$  m

Perpindahan: -4 m

Segmen	Arah Gerak	Perubahan Posisi (m)
A	Positif	2
B		0
C	Positif	3
D	negatif	1
E	Positif	4
F		0
G	negatif	8
H	negatif	4



## Literasi Finansial

- Jalan memutar ditempuh sejauh 22 km sedangkan panjang jembatan Merah Putih adalah 1,1 km.
- Penghematan biaya rata-rata adalah Rp 17,409.
- Jika kendaraan mobil sebanyak 600 yang melewati pulang pergi maka terjadi penghematan sebesar  
Rp 10.445.490.
- Peserta didik menjawab menurut konteks tempat tinggal mereka.

## 4. Pertemuan Keempat (1 JP)

### B. Besaran-Besaran Gerak

- Kecepatan dan Kelajuan
- Gerak Relatif



### Tujuan Pembelajaran

- Peserta didik dapat menguraikan besaran-besaran fisis pada gerak lurus.
- Peserta didik dapat menafsirkan grafik hubungan antara beberapa besaran fisis pada gerak.



### Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

- Peserta didik telah memahami konsep posisi, jarak dan perpindahan.
- Peserta didik telah memahami cara menggambar grafik.



### Tahapan Pembelajaran

#### 1. Persiapan Pembelajaran

Guru menyiapkan latihan soal yang berkaitan dengan kecepatan dan kelajuan termasuk menggambar dan interpretasi grafik.



## 2. Kegiatan Pembelajaran

### a. Apersepsi

- 1) Ulang kembali pemahaman konsep posisi, jarak dan perpindahan dengan memberikan beberapa pertanyaan.
- 2) Berikan soal grafik dan pastikan peserta didik dapat memahaminya.

### b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Jelaskan bahwa gerak sebenarnya diwakili oleh besaran kelajuan dan kecepatan. Kecepatan dan kelajuan merupakan dua pengertian yang berbeda. Kecepatan (*velocity*) merupakan besaran vektor, yaitu besaran yang memiliki besar dan memperhitungkan arah geraknya. Kelajuan (*speed*) merupakan besaran skalar, yaitu besaran yang hanya memiliki besar tanpa memperhatikan arah gerak benda. Minta peserta didik menyimak Persamaan 2.1 dan Persamaan 2.2.
- 2) Ulangi kembali bahwa suatu posisi dinyatakan berbeda oleh kerangka acuan yang berbeda. Tanyakan apakah hal yang sama berlaku untuk gerak benda yang dilihat oleh dua orang yang berbeda. Arahkan peserta didik untuk melakukan **Ayo Berkolaborasi** dengan memahami konsep gerak bersifat relatif yang dikaitkan dengan kecepatan.
- 3) Arahkan peserta didik untuk melakukan **Ayo Cermati** dalam rangka menerapkan konsep gerak bersifat relatif yang dikaitkan dengan penjumlahan kecepatan. Tunjukkan bahwa gerak suatu benda terhadap suatu kerangka acuan yang berbeda sebenarnya merupakan penjumlahan vektor kecepatan.  $\mathbf{v}_{AB} = \mathbf{v}_{AC} + \mathbf{v}_{CB}$  dimana  $\mathbf{v}_{AB}$  adalah kecepatan A terhadap B,  $\mathbf{v}_{AC}$  adalah kecepatan A terhadap C dan  $\mathbf{v}_{CB}$  adalah kecepatan C terhadap B.
- 4) Minta peserta didik untuk mengerjakan **Ayo Cermati** secara mandiri. Pastikan bahwa peserta didik memahami penerapan konsep gerak relatif dalam soal-soal.
- 5) Minta peserta didik mengerjakan **Ayo Berkolaborasi** secara berkelompok. Arahkan mereka untuk menggunakan aplikasi *ophysics* dalam mengerjakan penjumlahan dua vektor yang tegak lurus dalam **Ayo Berteknologi**.
- 6) Minta peserta didik mengerjakan **Ayo Cek Pemahaman** secara individu dan ada yang menyampaikan hasil kerjanya.

### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik dapat membandingkan pemahaman kecepatan dan kelajuan. Peserta didik juga dapat menerapkan konsep gerak relatif dalam masalah sehari-hari baik berupa soal-soal konsep atau perhitungan.

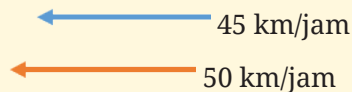


## Kunci Jawaban Aktivitas dan Pemahaman



### Ayo, Berkolaborasi!

1. Supir bis melihat bahwa ibu tersebut bergerak terhadapnya karena posisi ibu selalu berubah terhadap bis.
2. Bapak yang membonceng ibu tidak melihat bahwa ibu yang diboncengnya bergerak terhadapnya karena posisi ibu selalu sama terhadap bapak.
3. Gambarkan vektor kecepatan motor dan bis.



### Ayo, Cermati!

Tabel 2.3 Kecepatan Pesawat Terhadap Udara dan Tanah

Kecepatan pesawat terhadap udara (km/jam)	Kecepatan udara (km/jam)	Kecepatan pesawat terhadap tanah (km/jam)
800 km/jam ke timur (800 i)	0	800 km/jam ke timur (800 i)
800 km/jam ke timur (800 i)	40 km/jam ke timur (40 i)	840 km/jam ke timur (840 i)
800 km/jam ke timur (800 i)	40 km/jam ke barat (-40 i)	760 km/jam ke timur (760 i)



### Ayo, Cermati!

Kecepatan supir bus terhadap ibu

$$\mathbf{v}_{SI} = \mathbf{v}_{ST} + \mathbf{v}_{TI} = -50 \mathbf{i} + (-(-45 \mathbf{i})) = -5 \mathbf{i}$$



### Ayo, Berkolaborasi!

- Besar kecepatan adalah 1,825 m/s. Arah adalah 46,8°.
- Jarak 0,56 km.



### Ayo, Cek Pemahaman!

Arah  $\mathbf{v}_{up}$  adalah ke barat jika arah  $\mathbf{v}_{up}$  ke timur dengan hubungan

$$\mathbf{v}_{up} = - \mathbf{v}_{pu}.$$

## 5. Pertemuan Kelima (2 JP)

### B. Besaran-Besaran Gerak

- Kecepatan dan Kelajuan Sesaat
- Kecepatan dan Kelajuan Rata-Rata



### Tujuan Pembelajaran

- Peserta didik dapat menguraikan besaran-besaran fisis pada gerak lurus.
- Peserta didik menafsirkan grafik hubungan antara beberapa besaran fisis pada gerak.



### Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

- Peserta didik telah memahami konsep kecepatan dan kelajuan.
- Peserta didik telah memahami cara menggambar grafik.

## Tahapan Pembelajaran

### 1. Persiapan Pembelajaran

- Guru menyiapkan soal-soal latihan, artikel-artikel, gambar atau ilustrasi dan aplikasi *Microsoft Excel*.
- Peserta didik mempersiapkan kertas berpetak dan aplikasi *Microsoft Excel*.

### 2. Kegiatan Pembelajaran

#### a. Apersepsi

- Ulang kembali pemahaman konsep kecepatan dan kelajuan dengan memberikan beberapa pertanyaan.
- Berikan soal grafik untuk mengecek pemahaman.

#### b. Konstruksi Pengetahuan

- Sebelum memulai pembahasan kecepatan dan kelajuan sesaat, tanyakan, apakah supir mobil dapat mengetahui kelajuan mobilnya setiap saat. (Ya karena ada *speedometer*). *Speedometer* memberikan informasi kelajuan sesaat.
- Ajak siswa berpikir apa kegunaan kelajuan atau kecepatan sesaat dalam kehidupan sehari-hari dan teknologi. (Contoh, mengatur keselamatan lalu lintas, yaitu dengan adanya pembatasan kelajuan atau besar kecepatan). Jelaskan tentang cara kerja *radar gun*. Walau gelombang baru diajarkan dalam bab 5 tetapi bisa dijelaskan sedikit pantulan gelombang dan gelombang mikro yang merupakan gelombang elektromagnet.
- Minta peserta didik menyimak penjelasan tentang kecepatan dan kelajuan rata-rata serta cara mendapatkan kecepatan dan kelajuan rata-rata dengan menggunakan Gambar 2.7.



Gambar 2.10 Cara kerja *radar gun*  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

- 4) Ajak mereka berpikir dalam situasi seperti apa kelajuan atau kecepatan rata-rata digunakan. (Mengatur waktu perjalanan dan agar tepat waktu tiba di suatu tempat).
- 5) Arahkan peserta didik untuk melakukan **Aktivitas 2.3** dalam kelompok. Mereka juga dapat menggunakan aplikasi *Microsoft Excel* untuk mengerjakannya. Minta mereka menyampaikan hasilnya. Buat diskusi tentang hasil pekerjaan.
- 6) Berikan contoh lain dari grafik kecepatan terhadap waktu dan minta peserta didik menginterpretasikan grafiknya.
- 7) Berikan soal ini. Ayah dan ibu ingin menghadiri suatu pertemuan yang dimulai pada jam 8.00 pagi. Jarak rumah – pertemuan adalah 36,0 km. Mereka berangkat pada jam 6.30 pagi. Kelajuan mobil tetap sebesar 45 km/jam. Di tengah perjalanan mereka mengalami kemacetan dari jam 7.00 – 7.20 pagi. Waktu yang diperlukan untuk berjalan dari tempat parkir ke ruangan pertemuan yaitu 10 menit. Apakah ayah perlu mengubah kelajuan mobil? (Jarak tempuh selama 30 menit =  $45 \times 0,5 = 22,5$  km. Sisa waktu tempuh = 1,5 jam – 30 menit - 20 menit – 10 menit = 30 menit. Jarak tempuh selama 30 menit =  $45 \times 0,5 = 22,5$  km)

### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik dapat menerapkan konsep kecepatan dan kelajuan rata-rata dan sesaat untuk menyelesaikan masalah dan membuat grafik kecepatan terhadap waktu berdasarkan masalah yang ada.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman

### Aktivitas 2.3

Membuat tabel dan grafik kecepatan terhadap waktu.

Tabel 2.4 Kecepatan terhadap Waktu

Waktu (Jam)	Kecepatan (Km)
1	10 positif
0,5	30 positif
2	17,5 negatif

1. Grafik berada di atas sumbu-t jika kecepatan benda berarah positif.
2. Grafik berada di bawah sumbu-t jika kecepatan benda berarah negatif.
3. Menghitung luas persegi panjang setiap segmen. Jarak merupakan panjang lintasan total yang ditempuh sedangkan perpindahan adalah selisih posisi akhir terhadap posisi awal.

---

## 6. Pertemuan Keenam (2 JP)

### B. Besaran-Besaran Gerak

#### 6. Percepatan

#### C. Gerak Lurus



### Tujuan Pembelajaran

1. Peserta didik menguraikan besaran-besaran fisis pada gerak lurus.
2. Peserta didik menganalisis karakteristik gerak lurus beraturan (GLB) dan gerak lurus berubah beraturan (GLBB).
3. Peserta didik menafsirkan grafik hubungan antara beberapa besaran fisis pada gerak.
4. Peserta didik menerapkan konsep gerak lurus dalam penyelesaian masalah.



### Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

1. Peserta didik telah memahami konsep kecepatan dan kelajuan.
2. Peserta didik dapat menginterpretasi grafik yang melibatkan besaran-besaran gerak.
- 3.



### Tahapan Pembelajaran

#### 1. Persiapan Pembelajaran

- a. Guru menyiapkan gambar, soal-soal latihan dan video untuk menjelaskan konsep percepatan.
- b. Peserta didik mempersiapkan kertas berpetak dan aplikasi *Microsoft Excel*.

## 1. Kegiatan Pembelajaran

### a. Apersepsi

- 1) Reviu kembali konsep kecepatan dan kelajuan dengan memberikan beberapa pertanyaan.
- 2) Reviu kembali tentang interpretasi grafik dengan memberikan soal grafik.

### c. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Minta peserta didik mencermati Gambar 2.15 dan menjawab pertanyaan-pertanyaan. Kecepatan maksimum adalah 12,1 m/s selama kira-kira 1,5 detik. Usain Bolt berlari makin cepat dalam waktu yang panjang kemudian melambat dalam waktu yang singkat. Perubahan kecepatan terhadap rentang waktu diberikan dalam tabel berikut ini.

Rentang Waktu (Jam)	Perubahan Kecepatan (Km)
0 - 2	+8,9
2 - 4	+2,5
4 - 6	+0,7
8,4 - 9,2	-0,9

Arahkan peserta didik untuk menjawab **Ayo Cermati**.

- 2) Minta peserta didik mencermati Persamaan 2.3 dan memahami arti percepatan. Berikan soal-soal. Contoh, mobil Ferrari 812 *Superfast* mengalami perubahan kecepatan dari diam hingga mencapai 100 km/jam dalam waktu 2,9 detik. Berapa percepatannya?

$$(a = (100.000/3600) : 2,9 \text{ detik} = 9,6 \text{ m/det}^2).$$



**Gambar 2.11** Mobil Ferrari Superfast  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

Berikan contoh-contoh nyata lainnya seperti percepatan bis dan kereta api.

- 3) Minta peserta didik memberikan contoh situasi yang menunjukkan gerak diperlambat dan gerak dipercepat (benda bergerak vertikal ke atas dan benda bergerak vertikal ke bawah).
- 4) Stimulasi peserta didik dengan bertanya mengapa percepatan didefinisikan sebagai perbandingan perubahan kecepatan terhadap waktu yang diperlukan untuk menghasilkan perubahan kecepatan tersebut. (Kecepatan merupakan besaran vektor yang mempunyai nilai dan arah). Percepatan merupakan besaran vektor. Bila percepatan suatu benda searah dengan kecepatannya, maka kecepatan benda tersebut semakin besar. Sedangkan, bila percepatan suatu benda berlawanan arah dengan kecepatannya, maka kecepatan benda tersebut semakin kecil. Jelaskan, bahwa dapat saja kecepatan dan percepatan bertanda negatif yang menunjukkan keduanya bergerak dalam arah negatif, misalnya ke barat dan dipercepat.
- 5) Arahkan peserta didik untuk menjawab **Ayo Berpikir Kritis** dengan diskusi kelas.
- 6) Minta beberapa peserta didik untuk menjawab **Ayo Cek Pemahaman** lalu adakan diskusi kelas.
- 7) Tunjukkan gerak bowling dan lintasan yang dilaluinya. Lintasan bola bowling berupa garis lurus. Minta peserta didik menyimak penjelasan Gerak Lurus.



**Gambar 2.12** Lintasan gerak bola bowling  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

Tanyakan contoh gerak lurus lain yang ditemui dalam kehidupan sehari-hari.

- 8) Minta peserta didik menyimak gerak cheetah pada pengantar bab. Tanyakan, apakah cheetah mengalami percepatan. Arahkan peserta didik untuk menjawab pertanyaan dalam **Ayo Berdiskusi** dan adakan diskusi kelas.



### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik dapat memahami dan menganalisis percepatan dengan menginterpretasi grafik kecepatan terhadap waktu. Peserta didik juga dapat menyelesaikan soal-soal yang terkait dengan konsep percepatan sebagai perbandingan perubahan kecepatan sebagai perubahan kecepatan terhadap waktu yang diperlukan untuk menghasilkan perubahan kecepatan. Peserta didik juga dapat memahami karakteristik gerak lurus.



#### Kunci Jawaban Aktivitas dan Pemahaman



#### Ayo, Cermati!

Perubahan kecepatan dari  $t = 2$  s hingga  $t = 4$  s?  $+2,5$  m/s  
Perubahan kecepatan dari  $t = 4$  s hingga  $t = 6$  s?  $+0,7$  m/s  
Perubahan kecepatan dari  $t = 8,2$  s hingga  $t = 8,4$  s?  $+0$  m/s  
Perubahan kecepatan sama dalam selang waktu yang sama? Tidak sama



#### Ayo, Berpikir Kritis!

Kendaraan yang bergerak dengan laju konstan yang berubah arah geraknya.



#### Ayo, Cek Pemahaman!

1. Situasi 1: Percepatan ada karena besar kecepatan berubah.
2. Situasi 2: Percepatan ada karena besar kecepatan berubah.
3. Situasi 3: Percepatan ada karena arah kecepatan berubah.



#### Ayo, Berdiskusi!

Tubuh *cheetah* ringan, ukuran kepala yang kecil, kaki yang panjang, tulang belakang yang fleksibel, cengkeraman cakar yang kuat, lubang hidung yang lebar, jantung yang kuat, dan paru-paru yang besar.

## 7. Pertemuan Ketujuh (4 JP)

### C. Gerak Lurus

1. Gerak Lurus Beraturan
2. Gerak Lurus Berubah Beraturan
3. Gerak Vertikal



#### Tujuan Pembelajaran

1. Peserta didik menguraikan karakteristik gerak lurus beraturan (GLB) dan gerak lurus berubah beraturan (GLBB).
2. Peserta didik menafsirkan grafik hubungan antara beberapa besaran fisis pada gerak.
3. Peserta didik menerapkan konsep gerak lurus dalam penyelesaian masalah.



#### Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

1. Peserta didik telah memahami konsep-konsep gerak.
2. Peserta didik dapat menginterpretasi grafik yang melibatkan besaran-besaran gerak.



#### Tahapan Pembelajaran

##### 1. Persiapan Pembelajaran

- a. Guru menyiapkan gambar, soal-soal latihan dan video untuk menjelaskan konsep GLB dan GLBB
- b. Peserta didik mempersiapkan kertas berpetak dan aplikasi *Microsoft Excel*.

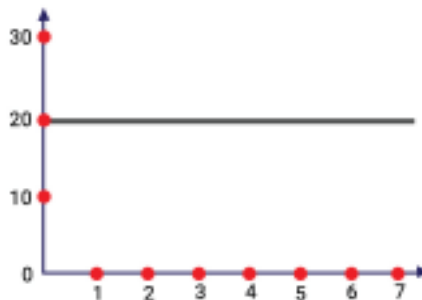
##### 2. Kegiatan Pembelajaran

###### a. Apersepsi

Reviu kembali besaran-besaran gerak, hubungan di antaranya dan interpretasi grafik dari besaran-besaran gerak.

## b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Arahkan peserta didik secara berkelompok untuk melakukan **Aktivitas 2.4** dan berbagi hasil pekerjaannya. Arahkan bahwa benda dapat bergerak lurus dengan kecepatan tetap atau kecepatan berubah.
- 2) Minta peserta didik secara berkelompok melakukan **Aktivitas 2.5** atau **Ayo Berkolaborasi** sebagai kegiatan opsional jika peralatan tersedia. Tampilkan video eksperimen sesuai dengan Gambar 2.18 jika **Aktivitas 2.6** tidak bisa dikerjakan sehingga para peserta didik memahami eksperimen tersebut. Minta peserta didik mencermati Gambar 2.18. Tanyakan, apa yang diamati dari gambar? (Benda bergerak dengan kecepatan tetap dan benda bergerak dengan kecepatan berubah.). Minta peserta didik mencermati persamaan GLB dan Gambar 2.21. Apakah ada kesamaan konsep antara keduanya? (Perpindahan yang dialami benda yang melakukan gerak lurus beraturan sama dengan luas bidang di bawah kurva kecepatan ( $v$ ) terhadap waktu ( $t$ )). Ingatkan peserta didik bahwa besar perpindahan sama dengan jarak jika benda bergerak lurus dalam arah tetap. Berikan contoh soal di bawah ini. Berapa jarak tempuh benda setelah 5 detik? (Jarak tempuh = luas grafik =  $20 \times 5 = 100$  m).

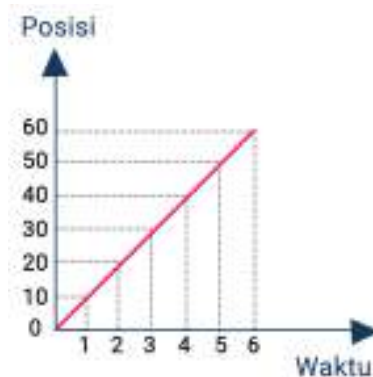


Gambar 2.13 Menentukan jarak tempuh  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

Jika terjadi perubahan arah gerak selama gerak maka penentuan jarak dan perpindahan akan berbeda untuk grafik  $v$  terhadap  $t$ . Perubahan arah gerak dalam grafik kecepatan terhadap waktu ditunjukkan oleh grafik di atas sumbu waktu dan grafik di bawah sumbu waktu. Dari grafik posisi terhadap waktu dalam Gambar 2.24a dan Gambar 2.24b dapat dilihat bahwa perbandingan perpindahan tertentu terhadap selang waktu tertentu selalu menghasilkan kecepatan yang sama. Ingatkan perbedaan pemahaman antara kecepatan dan kelajuan. Benda yang bergerak dengan kecepatan yang tetap disebut bergerak lurus beraturan.

- 3) Minta mereka lagi mencermati Gambar 2.24 dan memahami bahwa kecepatan merupakan gradien dari grafik.

Berapa kecepatan benda berdasarkan grafik berikut ini? (Kecepatan =  $60/6 = 10 \text{ m/s}$ ).



**Gambar 2.14** Menentukan kecepatan  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

Berikan soal-soal lainnya.

- 4) Minta peserta didik mengerjakan **Ayo Cek Pemahaman**.
- 5) Tegaskan kembali bahwa ada dua jenis gerak lurus yaitu GLB (gerak lurus beraturan) dan GLBB (gerak lurus berubah beraturan). Minta peserta didik memperhatikan kembali grafik kecepatan terhadap waktu dari gerak cheetah yang telah dibuat. Tanyakan ciri grafiknya (ada garis mendatar yang menunjukkan kecepatan tetap dan ada garis miring yang menunjukkan kecepatan berubah dengan teratur). Tanyakan apa arti percepatan tetap. (Perubahan kecepatan dalam selang waktu yang sama selalu bersifat tetap).
- 6) Minta peserta didik mengerjakan **Ayo Berkolaborasi** secara berkelompok.
- 7) Minta peserta didik menyimak Gambar 2.26a dan Gambar 2.26b serta penjelasannya untuk menentukan percepatan dari grafik kecepatan terhadap waktu.
- 8) Minta peserta didik untuk menyimak Gambar 2.27 dan penjelasannya untuk menentukan perpindahan benda. Arahkan mereka untuk melihat bahwa dari persamaan 2.5 dapat dibuat dua persamaan lainnya, yaitu persamaan 2.6 dan 2.7. Berikan contoh soal dan soal-soal latihan sehubungan dengan persamaan GLBB.
  - a) Suatu pesawat yang mula-mula diam dipercepat selama 6 detik dengan percepatan  $4 \text{ m/s}^2$ . Berapa jauh pesawat berpindah?  
 Kecepatan akhir  $v_2 = 0 + 4 \times 6 = 24 \text{ m/s}$   
 Perpindahan =  $\frac{1}{2} (0 + 24) \times 6 = 72 \text{ m}$ .

- b) Suatu benda dipercepat dari keadaan diam selama 8 detik hingga berpindah sejauh 120 m. Berapa percepatannya?
- $$s = \frac{1}{2} \times (v_1 + v_2) t$$
- $$120 = \frac{1}{2} (0 + v_2) 8$$
- Kecepatan akhir  $v_2 = 30 \text{ m/s}$ .
- Percepatan  $= 30/8 = 3,75 \text{ m/s}^2$ .
- 9) Minta peserta didik menyimak Gambar 2.28 dan penjelasannya.
  - 10) Minta peserta didik menyimak Gambar 2.29a dan Gambar 2.29b. Tanyakan fungsi apakah yang bersesuaian dengan bentuk grafik ini. (Fungsi kuadrat).
  - 11) Arahkan peserta didik untuk melakukan **Ayo Berkolaborasi** dan minta mereka menyampaikan hasilnya .
  - 12) Minta mereka menyimak Gambar 2.31. Jelaskan pentingnya menjaga jarak ketika berkendara karena adanya jarak henti yang disebabkan oleh waktu reaksi dan waktu pengereman.
  - 13) Minta mereka menyimak Gambar 2.32 dan penjelasannya.
  - 14) Arahkan peserta didik untuk mengerjakan **Aktivitas 2.6** dan minta mereka menyampaikan hasilnya.
  - 15) Arahkan peserta didik untuk melakukan **Ayo Berdiskusi** dan minta mereka menyampaikan hasilnya. Arahkan mereka untuk menggunakan aplikasi.
  - 16) Minta peserta didik menyimak Gambar 2.34 dan Gambar 2.35 dan penjelasannya. Tanyakan, bagaimana menentukan percepatan dari grafik kecepatan terhadap waktu (percepatan = gradien dari grafik). Berapa percepatan dari gerak vertikal ke atas dan berapa percepatan dari gerak vertikal ke bawah. (Percepatan gravitasi)
  - 17) Minta peserta didik untuk mencari informasi tentang Liem Swie King dan teknik jumping smash-nya dalam **Tahukah Kalian**.
  - 18) Minta peserta didik menjawab **Ayo Cek Pemahaman**.

### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik dapat menerapkan konsep GLB dan GLBB baik secara grafik dan persamaan dalam menyelesaikan masalah.

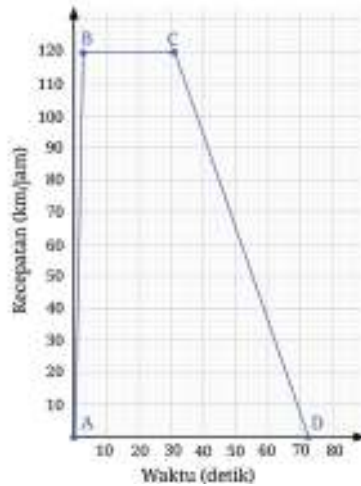


## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman



### Aktivitas 2.4

1. 0 – 3 detik penambahan kecepatan 120 km/jam
2. 3 – 33 detik kecepatan tetap
3. 33 – 73 detik pengurangan kecepatan 120 km/jam



Gambar 2.15 Menggambar grafik kecepatan terhadap waktu  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)



### Ayo, Berkolaborasi!

Jarak tempuh antara dua titik selalu memerlukan waktu yang sama.

1. Kecepatan tetap. Percepatan nol.
2. Kecepatan bertambah. Percepatan searah dengan gerak.
3. Kecepatan berkurang. Percepatan berlawanan arah dengan gerak.



### Ayo, Cek Pemahaman!

Setiap jam kedua mobil saling mendekat sejauh  $90 + 60 = 150$  km. Jika jarak antara keduanya adalah 75 km maka waktu yang diperlukan adalah  $75/150 = 0,5$  jam.

Jarak tempuh oleh mobil bergerak dengan kelajuan  $90$  km/jam  $= 0,5 \times 90 = 45$  km. Kedua mobil bertemu pada jarak 45 km dari mobil yang bergerak dengan kelajuan  $90$  km/jam.



### Ayo, Berkolaborasi!

Percepatan OP =  $20/10 = 2 \text{ m/s}^2$

Percepatan PQ =  $20/10 = 2 \text{ m/s}^2$

Grafik OQ merupakan GLBB.



### Ayo, Berkolaborasi!

a. Kecepatan sebagai fungsi dari waktu.

$$(y - y_1) / (y_2 - y_1) = (x - x_1) / (x_2 - x_1)$$

$$(v - v_1) / (v_2 - v_1) = (t - t_1) / (t_2 - t_1)$$

Koordinat  $(t_1, v_1)$  dan  $(t_2, v_2)$  yaitu  $(0,0)$  dan  $(4,12)$

$$\text{Jadi } v = 3t$$

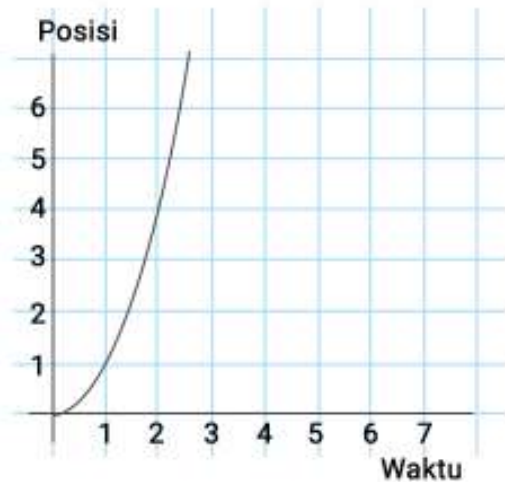
b. Perpindahan sebagai fungsi dari waktu dengan menggunakan Persamaan 2.4. Perpindahan =  $d = \frac{1}{2} (0 + (3t)) t$

$$d = 1,5 t^2$$

## Aktivitas 2.6

Tabel 2.5 Posisi terhadap Waktu

Waktu (detik)	Posisi (m)
1	1
2	4
3	9
4	16
5	25
6	36



Gambar 2.16 Menggambar grafik posisi terhadap waktu  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)



### Ayo, Berdiskusi!

- a. Posisi sebagai fungsi dari waktu.

$y - c = a(x - b)^2$  dimana (b,c) adalah titik puncak.

$$x - 0 = a(t - 6)^2$$

Masukkan (0,18) ke dalam persamaan.

$$18 - 0 = a(0 - 6)^2$$

$$a = 0,5$$

$$\text{Jadi } x = 0,5(t - 6)^2$$

- b. Besar dan arah kecepatan pada saat waktu  $t = 3$  detik

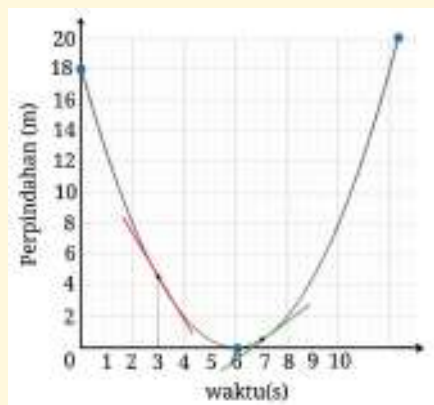
Besar kecepatan dari gradien adalah 3 dan arah negatif (garis merah).

Gradien ditentukan dengan titik (3;4,5) dan (4;1,5).

- c. Besar dan arah kecepatan pada saat waktu  $t = 7$  detik

Besar kecepatan dari gradien adalah 6 dan arah positif (garis hijau).

Gradien ditentukan dengan titik (7;0,5) dan (8;1,5).

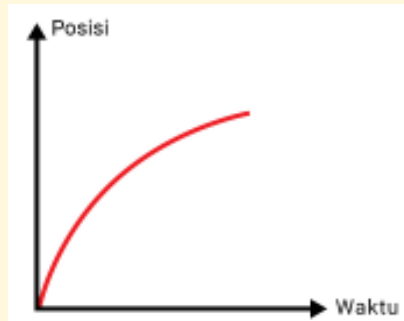


Gambar 2.17 Percepatan sebagai Gradien  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)





## Ayo, Cek Pemahaman!



Gambar 2.18 Posisi terhadap waktu untuk gerak vertikal  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

## 8. Pertemuan Kedelapan (3 JP)

### D. Gerak Parabola



#### Tujuan Pembelajaran

Peserta didik dapat menganalisis karakteristik gerak parabola.



#### Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

1. Peserta didik telah memahami konsep penjumlahan vektor.
2. Peserta didik telah memahami konsep gerak lurus beraturan dan gerak lurus berubah beraturan.



#### Tahapan Pembelajaran

##### 1. Persiapan Pembelajaran

- a. Guru menyiapkan gambar, soal-soal latihan dan video untuk menjelaskan konsep gerak parabola.
- b. Peserta didik secara berkelompok menyiapkan dua koin atau tutup botol, satu penggaris, susunan beberapa buku, bidang miring dan bola pingpong.

## 2. Kegiatan Pembelajaran

### a. Apersepsi

- 1) Reviu kembali konsep GLB dan GLBB serta penjumlahan vektor
- 2) Tunjukkan fenomena gerak parabola.

### b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Arahkan peserta didik untuk melakukan **Aktivitas 2.7** dan **Aktivitas 2.8** (jika memungkinkan). Buat diskusi tentang hasil eksperimen yang sangat penting yaitu gerak horizontal dan gerak vertikal tidak saling memengaruhi karena waktu jatuh tidak ditentukan oleh ada atau tidak kecepatan horizontal.
- 2) Arahkan peserta didik untuk memahami Gambar 2.39 yang berkaitan dengan eksperimen sebelumnya.
- 3) Jelaskan juga bahwa gerak parabola dialami oleh partikel bermuatan dalam medan listrik menurut Gambar 2.40.
- 4) Arahkan peserta didik untuk melakukan **Aktivitas 2.9**. Setiap kelompok menyampaikan hasilnya dan mengemukakan alasan perbedaan hasil eksperimen dan teori. (Cara mengukur sangat menentukan).
- 5) Minta peserta didik untuk menyimak Gambar 2.42 dan penjelasannya serta contoh-contoh soal yang disajikan. Berikan soal-soal lainnya.
- 6) Arahkan peserta didik untuk menjawab **Ayo Cek Pemahaman**.

### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik dapat menganalisis konsep gerak parabola dalam dunia nyata dan soal hitung.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman

### Aktivitas 2.7

Lintasan koin dekat tepi meja berupa garis lurus ke bawah, sedangkan lintasan koin di atas meja berupa lintasan parabola.

## Aktivitas 2.9

Jawaban Pertanyaan-pertanyaan

1.  $EP = EK$  sehingga diperoleh  $v_x = \sqrt{2gh}$
2.  $y = \frac{1}{2}gt^2$  sehingga diperoleh  $t = \sqrt{(2y/g)}$
3.  $R = v_x t = \sqrt{2gh} \times \sqrt{(2y/g)} = \sqrt{(4hy)}$
4. Setiap kelompok menyampaikan hasilnya.
5. Supaya bola bergerak secara horizontal.
6. Jika tinggi meja tetap maka tinggi tumpukan  $h$  yang harus diubah agar diperoleh kecepatan horizontal yang lebih besar.



### Ayo Cek Pemahaman!

Gerak bola bukan lagi merupakan gerak parabola karena ada percepatan dalam arah horizontal sehingga gerak bola merupakan perpaduan GLBB dan GLBB.

## 9. Pertemuan Kesembilan (2 JP)

### E. Gerak Melingkar Beraturan



#### Tujuan Pembelajaran

1. Peserta didik menguraikan besaran-besaran fisis pada gerak melingkar beraturan.
2. Peserta didik menganalisis karakteristik gerak melingkar beraturan.
3. Peserta didik menerapkan konsep gerak melingkar beraturan dalam penyelesaian masalah.



#### Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

1. Peserta didik telah memahami konsep penjumlahan vektor.
2. Peserta didik telah memahami konsep kecepatan dan percepatan.



## Tahapan Pembelajaran

### 1. Persiapan Pembelajaran

Guru menyiapkan gambar, soal-soal latihan dan video untuk menjelaskan konsep gerak melingkar beraturan.

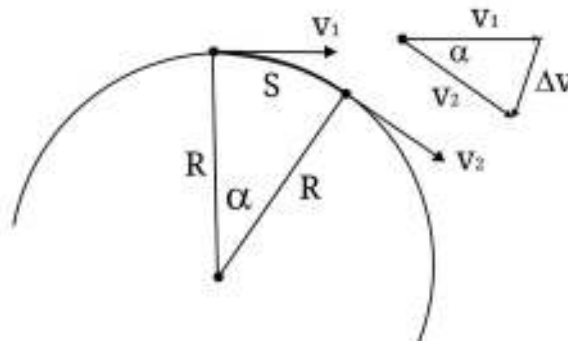
### 2. Kegiatan Pembelajaran

#### a. Apersepsi

Reviu kembali konsep penjumlahan vektor, kecepatan dan percepatan.

#### b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Jelaskan bahwa gerak melingkar beraturan tidak selalu melibatkan lingkaran penuh bisa saja sebagian dari lingkaran, contoh mobil menikung.
- 2) Minta peserta didik menyimak Gambar 2.47 dan penjelasannya. Beri kesempatan kepada para peserta didik untuk bertanya.
- 3) Buktikan pada peserta didik bahwa percepatan sentripetal selalu mengarah ke pusat dengan menunjukkan gambar di bawah ini. Ajak peserta didik untuk membuktikannya juga dengan mengambil dua vektor kecepatan yang berbeda.



Gambar 2.19 Percepatan sentripetal  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

- 4) Berikan soal-soal yang berkaitan dengan Persamaan 2.9.
- 5) Arahkan peserta didik untuk menjawab **Ayo Cek Pemahaman** dan menyampaikan hasilnya.

### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik dapat menganalisis konsep gerak melingkar beraturan dalam dunia nyata dan soal hitung.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman



### Ayo, Cek Pemahaman!

$$v = s/t = 2\pi r/T = (2\pi/T)r = \omega r$$

$s$  = keliling lingkaran dan  $t$  = waktu tempuh untuk satu lingkaran

## C. Refleksi Pembelajaran Bab 2

1. Guru merefleksikan hal-hal apa (pengajaran, partisipasi dan pemahaman peserta didik, serta manajemen kelas) yang telah berjalan dengan baik.
2. Guru merefleksikan hal-hal apa (pengajaran, partisipasi dan pemahaman peserta didik, serta manajemen kelas) yang perlu diperbaiki.
3. Guru merefleksikan temuan-temuan khusus terkait miskonsepsi, teknik penyelesaian masalah, sikap dan pertanyaan yang berkaitan dengan prinsip kinematika.

## D. Jawaban Asesmen

1. a. Jarak tempuh adalah  $s = \frac{1}{2} \times 5 \times 32^2 = 2560$  m  
b. Pesawat tersebut adalah Boeing 777.  
c. Bandara yang dapat didarati adalah bandara Soekarno - Hatta Cengkareng dan bandara Juanda Surabaya.
2. Benda bergerak ke bawah dipercepat kemudian bergerak ke atas diperlambat setelah dipantulkan. Kecepatan maksimum tidak berubah ketika bergerak dari atas ke bawah dan sebaliknya menunjukkan tidak ada energi yang terbuang.

3.
  - a. Lima cabang olahraga adalah bulutangkis, sepakbola, bola basket, bola voli dan senam lantai.
  - b. Ketinggian lompatan adalah  $\frac{1}{2} \times 10 \times 0,3^2 = 0,45$  m
  - c. Lebih tinggi melompat dalam air daripada di darat.
4. Pada ketinggian maksimum kecepatan horizontal yang ada.  $EK = \frac{1}{2} m(v_x)^2$   
 $36 = \frac{1}{2} \times 0,08 \times (v_x)^2$  sehingga kecepatan horizontal  $v_x$  adalah 30 m/s.
  - a. Kecepatan horizontal  $v_x = v_0 \cos 60^\circ = 30$  m/s.  
Kecepatan awal  $v_0 = 60$  m/s.
  - b. Kecepatan vertikal  $v_y = v_0 \sin 60^\circ = 30\sqrt{3}$  m/s.  
Waktu untuk mencapai ketinggian maksimum adalah  $3\sqrt{3}$  s.
  - c. Waktu untuk mencapai jarak maksimum adalah  $2 \times 3\sqrt{3} = 6\sqrt{3}$  s. Jarak maksimum adalah  $180\sqrt{3}$  m.
  - d. Kecepatan vertikal pada saat 2 detik adalah  $(30\sqrt{3} + 20)$  m/s. Kecepatan total, dengan dalil Pythagoras adalah 78 m/s.
5.
  - a. Waktu jatuh dari ketinggian 10.000 m adalah  $\sqrt{2000}$  detik. Kelajuan 800 km/jam = 222 m/s. Jarak jatuh adalah  $222 \times \sqrt{2000}$  m = 9.928 m
  - b. Hasil yang diperoleh mendekati. Ukurlah diameter lingkaran dan cari nilainya dengan skala.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2022

Buku Panduan Guru Fisika untuk SMA/MA Kelas XI

Penulis : Marianna Magdalena Radjawane, Alvius Tinambunan, Lim Suntar Jono

ISBN : 978-623-472-724-1 (jil.1)

## BAB 3

# Dinamika Gerak Partikel Panduan Khusus

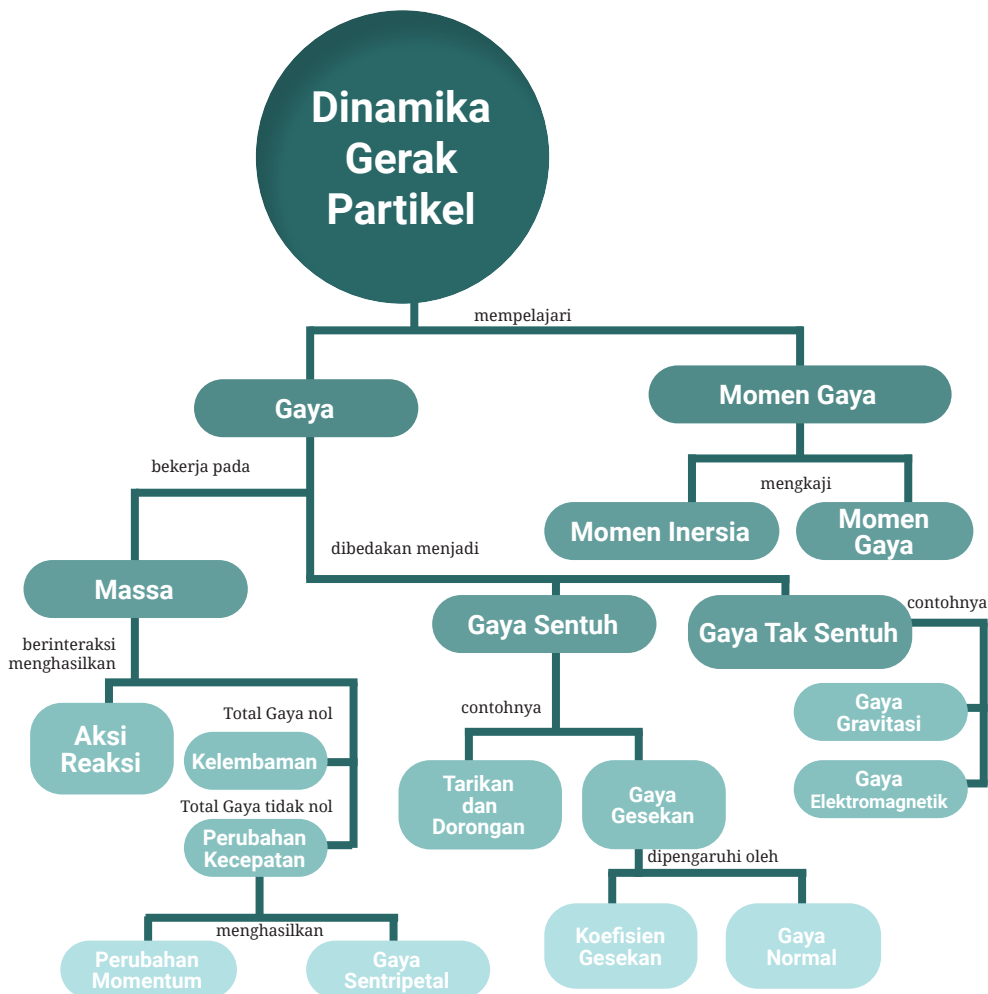
### Pendahuluan

Dinamika merupakan suatu kajian yang berperan penting dalam menjelaskan fenomena hubungan antara gerak dan gaya dalam kehidupan sehari-hari. Keterampilan peserta didik dalam menjelaskan dan menggunakan hukum-hukum dalam dinamika gerak partikel sangat bermanfaat dalam mengembangkan pola pikir yang kreatif dan dinamis. Setiap subbab pada pembelajaran disusun berdasarkan konsep dasar yang wajib dipahami oleh para peserta didik serta penguatan pemahaman melalui fitur cek pemahaman dan aktivitas. Setiap aktivitas menuntut kreatifitas para peserta didik dalam memanfaatkan keterampilan teknologi seperti *video editing*, aplikasi pengolah data dan laboratorium virtual. Topik dinamika akan bersinergi dengan kajian-kajian sebelumnya seperti bab vektor dan kinematika, begitu juga dengan konsep energi yang telah dipelajari pada fase E.

## Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari Bab 3 tentang Dinamika peserta didik diharapkan dapat menjelaskan sifat kelembaman suatu benda, mengaplikasikan persamaan Hukum Newton dalam menyelesaikan suatu permasalahan, mendefinisikan gaya sebagai perubahan momentum terhadap waktu pada masalah sehari-hari, menggambarkan diagram gaya-gaya yang bekerja pada suatu benda, mendeskripsikan persamaan gaya berat, gaya normal dan gaya gesekan dalam masalah sehari-hari, mendeskripsikan efek gaya hambat udara pada benda jatuh bebas di medan gravitasi yang seragam dan menerapkan konsep hukum kekekalan momentum pada fenomena sehari-hari.

## Peta Konsep





## A. Skema Pembelajaran Bab 3

1. Rekomendasi waktu pembelajaran 18 jam pelajaran (1 JP = 45 menit)
2. Asesmen dibagi menjadi beberapa bagian yaitu soal, fitur dan aktivitas. Pada akhir bab akan diberikan asesmen untuk menguji kemampuan analitis peserta didik dalam memecahkan masalah.

Tahapan Pembelajaran	J P	Materi Pokok	Tujuan Pembelajaran Pertahapan	Strategi Pembelajaran	Sumber Belajar dan Media
Subbab A : Hukum Newton	6	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hukum I Newton</li> <li>2. Hukum II Newton</li> <li>3. Hukum III Newton</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Peserta didik dapat mendeskripsikan penyebab dari benda bergerak</li> <li>2. Peserta didik mampu mendeskripsikan hubungan antara besaran-besaran dalam dinamika</li> <li>3. Peserta didik mampu mengaplikasikan Hukum Newton pada permasalahan sehari-hari</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penjelasan fenomena akan topik terkait</li> <li>2. Aktivitas dan beberapa percobaan sederhana</li> <li>3. Demonstrasi menggunakan alat-alat sederhana</li> <li>4. Demonstrasi secara virtual</li> <li>5. Cek pemahaman</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Buku peserta didik Subbab A</li> <li>2. Sumber bacaan internet terkait dinamika gerak lurus</li> <li>3. Laboratorium virtual phet Colorado terkait Hukum Newton</li> <li>4. Buku-buku penunjang terkait dengan dinamika gerak lurus</li> </ol>
Subbab B : Jenis-Jenis Gaya	4	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gaya berat, gaya normal dan Gaya gesekan antar permukaan</li> <li>2. Gaya gesekan fluida dan gaya sentripetal</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Peserta didik mampu mendeskripsikan persamaan pada beberapa jenis gaya</li> <li>2. Peserta didik mampu mendeskripsikan efek gaya gesek baik antar permukaan maupun pada fluida</li> <li>3. Peserta didik mampu mendeskripsikan gaya pada lintasan melingkar</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penjelasan fenomena akan topik terkait</li> <li>2. Aktivitas menggunakan teknologi</li> <li>3. Demonstrasi menggunakan alat sederhana</li> <li>4. Demonstrasi secara virtual</li> <li>5. Cek pemahaman</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Buku peserta didik Subbab B</li> <li>2. Buku-buku penunjang topik terkait</li> <li>3. Sumber internet terkait jenis-jenis gaya</li> <li>4. Aplikasi pengolahan data seperti <i>ms.excel</i></li> </ol>

Tahapan Pembelajaran	J P	Materi Pokok	Tujuan Pembelajaran Pertahapan	Strategi Pembelajaran	Sumber Belajar dan Media
Subbab C : Momentum dan Impuls	5	<ol style="list-style-type: none"> <li>Hukum Kekekalan momentum</li> <li>Jenis- Jenis tumbukan</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Peserta didik mampu mendeskripsikan gaya sebagai perubahan momentum</li> <li>Peserta didik mampu mengaplikasikan hukum kekekalan momentum pada berbagai jenis tumbukan</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Penjelasan fenomena akan topik terkait</li> <li>Aktivitas menggunakan teknologi</li> <li>Demonstrasi menggunakan alat sederhana</li> <li>Demonstrasi secara virtual</li> <li>Cek pemahaman</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Buku peserta didik Subbab C</li> <li>Sumber bacaan dari internet terkait momentum dan impuls</li> <li>Aplikasi pengolahan data seperti ms.excel</li> </ol>
Subbab D : Dinamika Gerak Rotasi	3	<ol style="list-style-type: none"> <li>Momen gaya</li> <li>Momen inersia</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Peserta didik mampu mendeskripsikan momen gaya dalam kehidupan sehari-hari</li> <li>Peserta didik mampu menghubungkan besaran-besaran pada gerak lurus dan gerak rotasi</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Penjelasan fenomena akan topik terkait</li> <li>Latihan soal</li> <li>Aktivitas sederhana</li> <li>Demonstrasi menggunakan alat sederhana</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Buku peserta didik Subbab D</li> <li>Sumber bacaan dari internet terkait gerak rotasi</li> </ol>

## B. Panduan Pembelajaran Bab 3

### 1. Pertemuan Pertama (4 JP)

#### A. Hukum Newton

- Hukum I Newton
- Hukum II Newton
- Hukum III Newton



## Tujuan Pembelajaran

1. Menjelaskan sifat kelembaman suatu benda.
2. Mendeskripsikan konsep benda bergerak secara universal.
3. Mendeskripsikan pengaruh gaya luar pada benda yang bergerak.



## Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

1. Peserta didik telah memahami besaran-besaran dalam gerak suatu benda yang sudah dipelajari dalam **bab kinematika**.
2. Peserta didik telah memahami metode penguraian vektor baik pada sistem 2 dimensi atau sistem 3 dimensi.



## Tahapan Pembelajaran

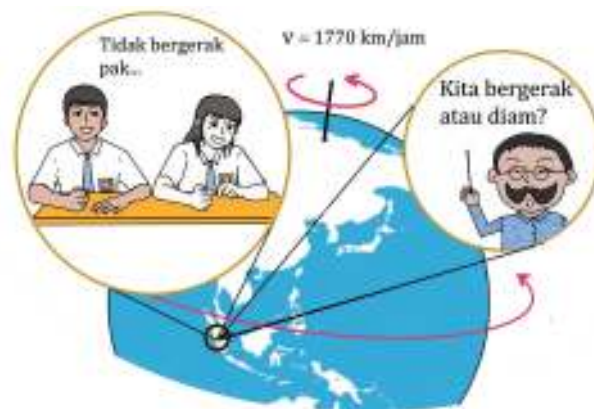
### 1. Persiapan Pembelajaran

- a. Guru menyiapkan peralatan seperti timbangan dan beberapa objek sebagai beban untuk melakukan **Aktivitas 3.1**.
- b. Guru menyiapkan fenomena-fenomena fisika terkait dengan gerak, baik gerak pada kehidupan sehari-hari ataupun gerak yang jarang teramati seperti gerak bintang di langit ataupun partikel sub-atomik yang disampaikan baik dalam bentuk video ataupun alat peraga.

### 2. Kegiatan Pembelajaran

#### a. Apersepsi

- 1) Guru mendorong peserta didik untuk mengutarakan tentang pengalaman mereka di dalam sebuah kendaraan beserta efek yang mereka rasakan di dalam sistem yang bergerak.
- 2) Berikan pertanyaan pemantik untuk memancing peserta didik berpikir tentang konsep gerak dari Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Dua anak yang diam dalam kerangka yang bergerak (Bumi)  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

- 3) Lemparkan beberapa kasus tentang inersia dan ajak peserta didik untuk memberikan contoh dari pengamatan mereka sehari-hari.
- 4) Buatlah suatu demonstrasi untuk menjelaskan beberapa konsep tentang inersia dan gaya luar. Pancinglah mereka untuk mengutarakan tanggapan dan pendapat.
- 5) Berikan beberapa persoalan kuantitatif terkait dengan konsep yang dipelajari.

### b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Ajaklah peserta didik untuk menyampaikan pertanyaan dan ide-ide mereka tentang perbedaan kondisi benda dalam keadaan bergerak maupun keadaan diam.
- 2) Arahkan peserta didik untuk memahami efek gaya luar dengan melakukan percobaan pada **Aktivitas 3.1**.
- 3) Ajak peserta didik mengutarakan pendapat mereka tentang konsep perubahan kecepatan dan waktu henti dalam hubungannya dengan perubahan gaya luar melalui pertanyaan pada subbab A "**Mari Berdiskusi**".
- 4) Berikan asesmen untuk mengecek pemahaman peserta didik akan materi yang telah dipelajari.

### c. Aplikasi Konsep

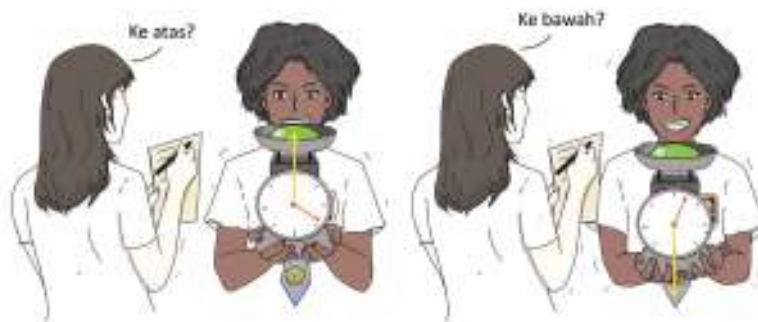
- 1) Peserta didik secara berkelompok melakukan **Aktivitas 3.1** dan menganalisis hasil pengamatan.
- 2) Arahkan peserta didik untuk menyampaikan hasil pengamatan beserta manfaat penelitian mereka di depan kelas.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman

### Aktivitas 3.1

1. Perhatikan susunan percobaan untuk menghindari kesalahan dalam pengamatan.
2. Perhatikan cara peserta didik dalam membaca dan menyajikan data saat benda tidak bergerak maupun bergerak.
3. Untuk hasil pengamatan jawaban yang sesuai adalah sebagai berikut:
  - a. Saat timbangan bergerak ke atas, angka pada timbangan akan bertambah.
  - b. Saat timbangan bergerak ke bawah, angka pada timbangan akan berkurang.

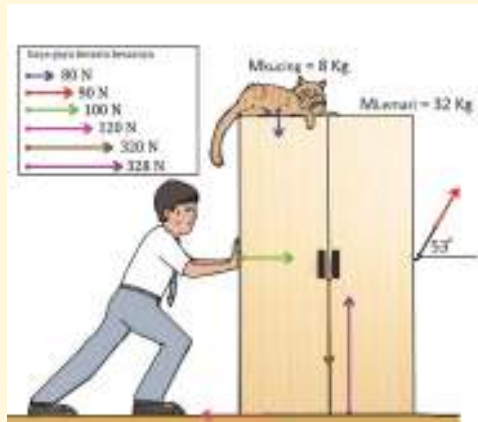


Gambar 3.2 Percobaan efek gaya luar pada benda  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

4. Benda yang dipercepat akan berusaha mempertahankan posisinya sehingga gaya tekannya terhadap timbangan “seolah-olah” berlawanan dengan arah geraknya.



## Ayo, Cek Pemahaman!



Gambar 3.3 Diagram gaya-gaya pada suatu benda  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Gaya total yang bekerja pada lemari adalah:

$$\sum F_x = -120N + 100N + 90 \cos 53^\circ \approx 34 N$$

$$\sum F_y = -(80N) - 320N + 328 + 90 \sin 53^\circ \approx 0 N$$

Kucing dan lemari bergerak bersama-sama hanya pada arah sumbu-X saja (gaya total pada sumbu-Y adalah 0)

$$\sum F_x = M_{\text{total}} a = (32 \text{ kg} + 8 \text{ kg}) a \approx 34 N$$

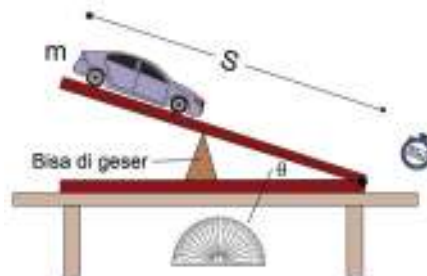
$$a = \frac{34N}{40 \text{ kg}} \approx 0,85 \text{ m/s}^2$$



## Aktivitas 3.2

### Ayo, Berkolaborasi!

1. Guru membantu dalam merangkai susunan percobaan yang dapat dilihat pada **Gambar 3.4**.



Gambar 3.4. Rangkaian percobaan  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

2. Resultan gaya yang bekerja dan percepatan pada mobil-mobilan dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\sum F = mg \sin \theta \quad 3.1$$

$$a = \frac{2s}{t^2} \quad 3.2$$

Peserta didik perlu diberi penjelasan bahwa gaya gesekan kinetis dalam percobaan dapat diabaikan/atau bernilai seragam.

**Tabel 3.1 Data hasil pengamatan**

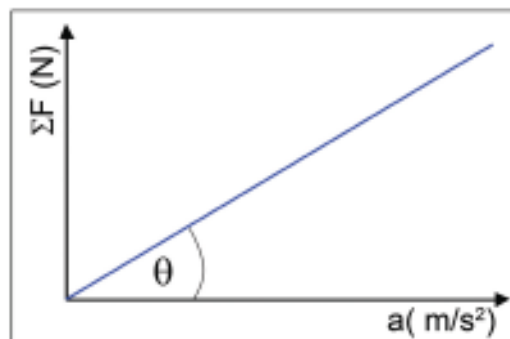
No	m(kg)	s(m)	$\theta$ (...°)	t(detik)	$\Sigma F$ (N)	a(m/s <sup>2</sup> )
1	Tetap	Tetap				
2	Tetap	Tetap				
3	Tetap	Tetap				
4	Tetap	Tetap				
5	Tetap	Tetap				

Data pengamatan harusnya menunjukkan bahwa semakin besar sudut bidang miring, maka percepatan semakin tinggi.

3. Hasil Percobaan

Grafik hubungan antara resultan gaya  $\Sigma F$  dan percepatan (a) ditunjukkan pada **Gambar 3.5**, yang menunjukkan resultan gaya akan berbanding lurus dengan percepatan, atau perbandingan resultan gaya dengan percepatan selalu konstan:

$$\frac{\sum F}{a} = m = \tan \theta \quad 3.3$$



**Gambar 3.5** Grafik hubungan antara resultan gaya  $\Sigma F$  dan percepatan a  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Guru kemudian menjelaskan bahwa hasil yang diperoleh disebut dengan massa kelembaman. Karena massa kelembaman dan massa gravitasi memiliki perbedaan yang sangat kecil, maka untuk seterusnya kedua massa ini akan dianggap sama.



### Ayo, Berdiskusi!



**Gambar 3.6** Percobaan menjatuhkan telur  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Telur pada kedua kondisi bisa mengalami perbedaan efek karena adanya perbedaan waktu kontak dengan permukaan. Telur yang dijatuhkan ke lantai mengalami waktu kontak lebih pendek sehingga gaya luar yang dialaminya lebih besar, sedangkan telur yang jatuh pada permukaan bantal mengalami waktu kontak lebih panjang sehingga gaya luar yang dialami telur lebih kecil. Penerapan konsep ini ditemukan dalam *airbag* pada mobil dan sarung tangan pada olahraga tinju.

## 2. Pertemuan Kedua (2 JP)

### A. Hukum Newton

1. (Reviu) Hukum I Newton
2. (Reviu) Hukum II Newton
3. Hukum III Newton



### Tujuan Pembelajaran

1. Mendeskripsikan hukum aksi-reaksi pada Hukum III Newton.
2. Mengidentifikasi beberapa fenomena sehari-hari yang dapat dijelaskan dengan Hukum III Newton.
3. Mengidentifikasi diagram gaya pada suatu benda dengan menggunakan Hukum Newton.





## Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

1. Peserta didik telah memahami besaran-besaran dalam gerak suatu benda seperti yang sudah dipelajari dalam **Bab kinematika**.
2. Peserta didik telah memahami konsep pada Hukum I dan Hukum II Newton.



## Tahapan Pembelajaran

### 1. Persiapan Pembelajaran

- a. Guru mengarahkan dan memfasilitasi peserta didik untuk mengeksplorasi gerak dan gaya melalui tautan:  
[https://phet.colorado.edu/sims/html/forces-and-motion-basics/latest/forces-and-motion-basics\\_en.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/forces-and-motion-basics/latest/forces-and-motion-basics_en.html)
- b. Peserta didik mempersiapkan sumber informasi tambahan dari sumber buku lain ataupun dari internet.

### 2. Kegiatan Pembelajaran

#### a. Apersepsi

- 1) Peserta didik melakukan reviu terkait Hukum I Newton dan Hukum II Newton melalui diskusi atau pemaparan akan pengalaman dalam kehidupan sehari-hari.
- 2) Peserta didik memberikan beberapa pertanyaan tentang pengalaman mereka terkait dengan konsep aksi-reaksi.
- 3) Guru memberikan demonstrasi sederhana untuk memancing peserta didik untuk memahami diagram gaya pada suatu benda.

#### b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Peserta didik menyampaikan ide terkait Hukum III Newton dan beberapa contoh terkait pasangan gaya aksi dan reaksi.
- 2) Melalui sebuah studi kasus dari Subbab A.3 “**ayo, berpikir kritis**” para peserta didik diarahkan untuk berpikir kritis akan masalah-masalah kesalahan konsep tentang gerak.

- 3) Peserta didik diarahkan untuk memahami efek gaya luar dan beberapa besaran seperti kecepatan, gaya gesek, massa dan percepatan melalui **Aktivitas 3.3**

### c. Aplikasi Konsep

- 1) Tuntunlah peserta didik untuk melakukan **Aktivitas 3.3** secara mandiri.
- 2) Peserta didik diarahkan untuk menyampaikan kesimpulan dari hasil pengamatan yang telah dilakukan sebagai nilai asesmen tambahan.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman

### Aktivitas 3.3

1. Arahkan peserta didik secara seksama cara menggunakan aplikasi simulasi virtual pada tautan berikut:

[https://phet.colorado.edu/sims/html/forces-and-motion-basics/latest/forces-and-motion-basics\\_in.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/forces-and-motion-basics/latest/forces-and-motion-basics_in.html)

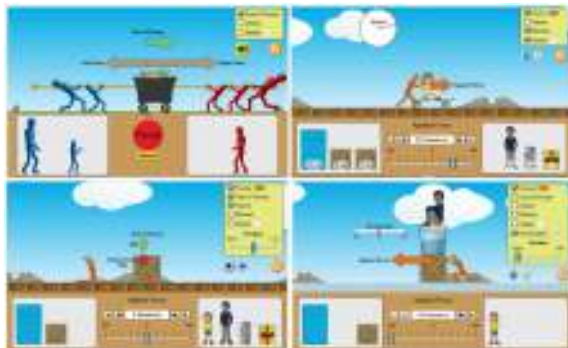
2. Adapun beberapa fitur yang perlu dieksplorasi oleh peserta didik adalah:

**Fitur 1.** Arahkan peserta didik dalam melakukan eksplorasi pada pilihan pertama terkait dengan gaya total yang bekerja pada suatu benda (keranjang).

**Fitur 2.** Arahkan peserta didik dalam memahami gerak suatu benda pada bidang tanpa gesekan.

**Fitur 3.** Arahkan peserta didik dalam memahami gerak suatu benda pada bidang yang kasar.

**Fitur 4.** Mendeskripsikan hubungan besaran gaya, massa dan percepatan.



**Gambar 3.7** Fitur-fitur di dalam aplikasi Phet.colorado  
Sumber : Marianna Marleen/Waze (2022)

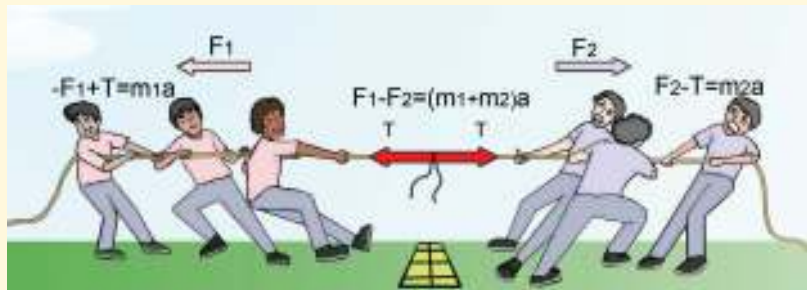
3. Hasil pengamatan yang sesuai adalah:
  - a. Gaya netto/gaya luar adalah gaya total yang bekerja pada suatu benda.
  - b. Gaya dapat mempengaruhi arah gerak dan perubahan kecepatan suatu benda.
  - c. Gaya gesekan dapat menghambat pergerakan suatu benda.
  - d. Nilai percepatan berbanding terbalik dengan massa suatu benda apabila diberi gaya luar yang sama.



### Ayo, Berpikir Kritis!

#### Kasus 1 “Tarik tambang”

Dalam kasus “**Tarik tambang**” pada buku siswa, gaya pada tegangan tali akan sama tetapi gaya luar yang diberikan pada masing-masing penarik tali tidaklah sama. Gaya luar ini bisa berupa kombinasi tarikan terhadap tali dan gesekan terhadap tanah. Untuk memudahkan pemahaman, perhatikan diagram gaya pada **Gambar 3.8**.

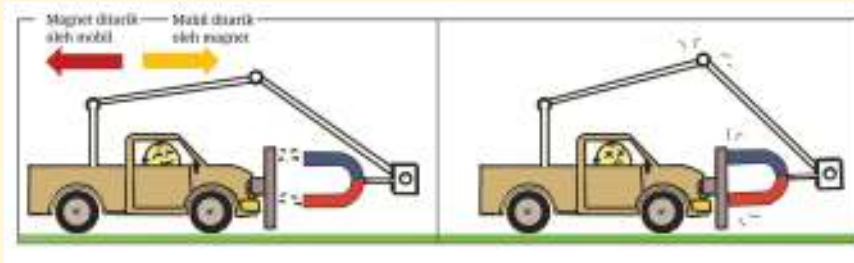


**Gambar 3.8** Diagram gaya pada lomba tarik tambang  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Jadi semakin besar tarikan kepada tali ataupun seberapa kuat dorongan ke tanah, akan memengaruhi kemenangan tim.

#### Kasus 2 “Free energy”

**Gambar 3.9** menunjukkan tidak adanya pergerakan pada sistem karena besarnya gaya reaksi dari metal akan sama dengan gaya tarik magnet di depan mobil seperti yang ditunjukkan pada diagram gaya di bawah.



**Gambar 3.9** Kesalahan konsep “free energy”  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Yang terjadi magnet dan metal akan menempel, ataupun tangkai penghubung patah.

### 3. Pertemuan Ketiga (2 JP)

#### B. Jenis-Jenis Gaya

1. Gaya Berat
2. Gaya Normal
3. Gaya Gesekan Benda Padat



#### Tujuan Pembelajaran

1. Mendeskripsikan gaya berat, gaya normal dan gaya gesekan dalam masalah sehari-hari.
2. Mengkorelasikan hubungan gaya berat, gaya normal dan gaya gesekan dalam suatu percobaan.



#### Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

1. Peserta didik telah memahami besaran-besaran dalam gerak suatu benda.
2. Peserta didik telah memahami konsep pada Hukum I, II, dan III Newton.
3. Peserta didik telah memahami metode diagram gaya pada suatu benda.



## Tahapan Pembelajaran

### 1. Persiapan Pembelajaran

- a. Peserta didik diarahkan untuk berdiskusi dan menyampaikan hasil pengamatan.
- b. Peserta didik menyiapkan alat dan bahan pada **Aktivitas 3.4**. Adapun alat dan bahan yang diperlukan dapat berupa papan/buku, tape, busur derajat dan beberapa objek yang digunakan untuk diuji.

### 2. Kegiatan Pembelajaran

#### a. Apersepsi

- 1) Guru melakukan reviu terkait Hukum I, II dan III Newton.
- 2) Guru memberikan pertanyaan melalui suatu demonstrasi sederhana, untuk memancing berpikir akan pengaruh gaya gesekan pada dua benda.

#### b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Peserta didik diajak untuk menyampaikan ide terkait gaya berat, gaya normal dan gaya gesekan.
- 2) Melalui soal dari **subbab B.3 “cek pemahaman”** para peserta didik diarahkan untuk berpikir kritis tentang gaya minimal untuk membuat benda bergerak.
- 3) Peserta didik diarahkan untuk memahami efek gaya berat terhadap gaya gesekan pada sistem bidang miring yang akan dilakukan pada **Aktivitas 3.4**.

#### c. Aplikasi Konsep

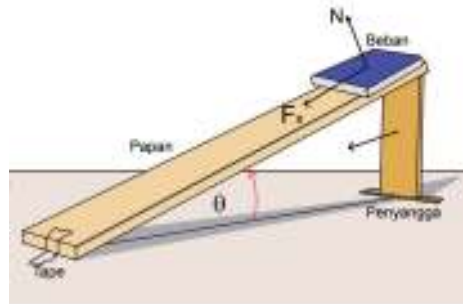
- 1) Peserta didik diarahkan untuk mengutarakan jawaban mereka terhadap pertanyaan pada **subbab 3.1. ayo “cek pemahaman”**.
- 2) Peserta didik secara individu menjawab pertanyaan pada **subbab B.3 ayo “cek pemahaman”** kemudian mendiskusikan hasil jawaban mereka dengan peserta didik yang lain.
- 3) Peserta didik diarahkan untuk menyampaikan pengamatan mereka dari **Aktivitas 3.4** yang telah dilakukan.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman

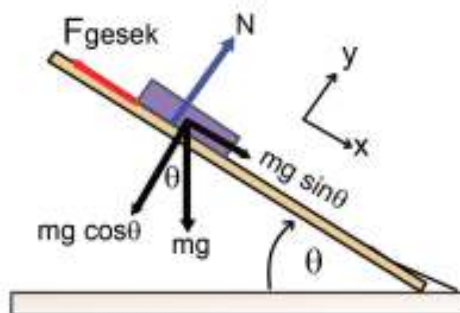
### Aktivitas 3.4

1. Arahkan peserta didik untuk merancang sebuah percobaan dengan menggunakan prinsip bidang miring seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.10.
2. Pada percobaan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:
  - a. Saat benda mulai bergerak merupakan kondisi dimana gaya luar mulai mengubah besar kecepatan balok



Gambar 3.10 Contoh rangkaian percobaan  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

- a. 
$$\sum F \geq 0 \quad 3.4$$
  - b. Keadaan mulai bergerak pada tiap benda akan berbeda-beda karena koefisien gesekan antara beberapa benda berbeda.
  - c. Satu-satunya energi yang disimpan oleh benda adalah energi potensial gravitasi.
3. Adapun penurunan **Persamaan (3.8)** dapat dilihat pada diagram gaya sebagai berikut:



Gambar 3.11. Diagram gaya pada bidang miring  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Tinjau total gaya pada arah sumbu-x dan sumbu-y (Gambar 3.11).

Pada sumbu x.

$$\sum F_x = mg \sin \theta - f_{statis} = 0$$

Pada sumbu y.

$$\sum F_y = mg \cos \theta - N = 0$$

Tinjau gaya gesek statis.

$$f_{statis} = \mu_{statis} N$$

$$\mu_{statis} = \frac{f_{statis}}{N} = \frac{mg \sin \theta}{mg \cos \theta}$$

$$\mu_{statis} = \frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \tan \theta$$

4. Arahkan peserta didik untuk mempresentasikan hasil pekerjaannya.

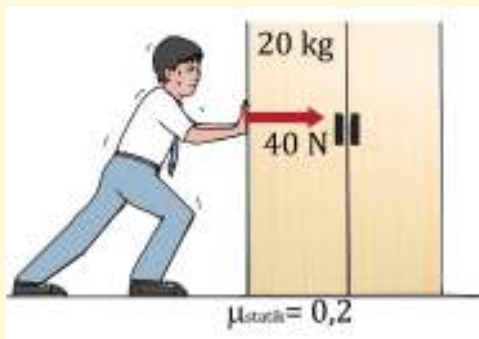


### Ayo, Cek Pemahaman!

Benda yang berpindah pada medan gravitasi yang berbeda, akan mengalami gaya tarik gravitasi yang berbeda, sehingga gaya berat akan berubah. Massa adalah ukuran jumlah molekul pada suatu benda. Selama jumlah molekul tidak berubah, maka massa tidak akan berubah.



### Ayo, Cek Pemahaman!



Gaya normal dari lantai ke lemari adalah:

$$\sum F_y = N - mg = 0$$

$$N = 20 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 200 \text{ N}$$

Gambar 3.12. Diagram gaya pada lemari yang didorong  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Gaya gesekan statis pada lemari adalah:

$$f_{statis} = \mu_{statis} N$$

$$f_{statis} = 0,2 \times 200 N = 40 N$$

Gaya gesek statis adalah 40 N sedangkan gaya yang diberikan pada objek adalah 40 N, yang artinya diperlukan gaya yang lebih besar dari 40 N untuk mengubah sistem dari diam menjadi bergerak. Jadi benda tetap akan mempertahankan posisi awalnya, yaitu diam terhadap anak.

## 4. Pertemuan Keempat (2 JP)

### B. Jenis-Jenis Gaya

#### 4. Gaya Gesek Fluida

#### 5. Gaya Sentripetal



### Tujuan Pembelajaran

1. Mendeskripsikan secara kualitatif benda jatuh bebas pada medan gravitasi seragam dengan gaya hambat udara.
2. Mendeskripsikan gaya pada gerak melingkar beraturan.



### Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

1. Peserta didik telah memahami konsep gerak jatuh bebas.
2. Peserta didik telah memahami percepatan pada gerak melingkar.
3. Peserta didik telah memahami konsep pada Hukum I dan II Newton.
4. Peserta didik telah memahami interpretasi grafik kecepatan terhadap waktu.



### Tahapan Pembelajaran

#### 1. Persiapan Pembelajaran

- a. Guru mengarahkan peserta didik untuk menyiapkan aplikasi *video editor*, bisa dari *handphone* atau *laptop*.



- b. Persiapkan alat perekam video, dalam hal ini bisa menggunakan handphone atau kamera untuk melakukan perekaman dari pergerakan benda jatuh.
- c. Siapkan *masking tape* sebagai skala pengukur dan gunakan aplikasi pengolah data untuk mendapatkan hasil akurat.
- d. Guru mempersiapkan demonstrasi sederhana tentang gerak melingkar.

## 2. Kegiatan Pembelajaran

### a. Apersepsi

- 1) Peserta didik melakukan revidu terkait tentang gerak jatuh bebas tanpa gesekan.
- 2) Guru melakukan tanya jawab mengenai aplikasi gaya hambatan udara pada benda jatuh ataupun pada aplikasi teknologi seperti pesawat dan mobil.
- 3) Guru menunjukkan beberapa fenomena gerak melingkar pada contoh kehidupan sehari-hari.

### b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Peserta didik diajak untuk menyampaikan ide terkait gaya gesekan udara melalui fenomena-fenomena sehari-hari.
- 2) Peserta didik diarahkan untuk memahami aplikasi gaya gesek udara pada benda dalam **Aktivitas 3.5**.
- 3) Peserta didik memahami konsep gaya pada gerak melingkar melalui fitur cek pemahaman.

### c. Aplikasi Konsep

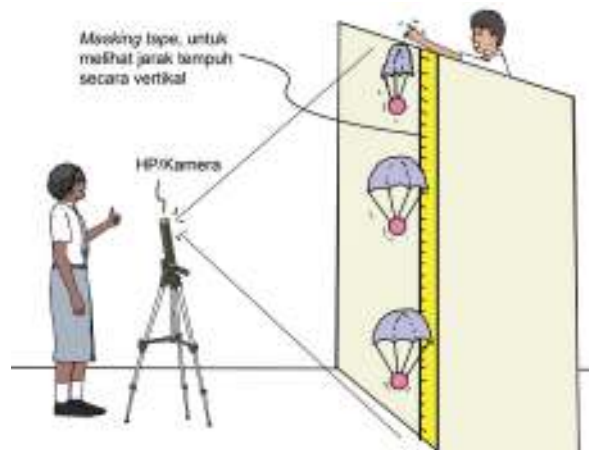
- 1) Peserta didik menggunakan teknologi untuk melakukan suatu percobaan secara berkelompok.
- 2) Peserta didik diarahkan untuk menyampaikan pengamatan mereka dari **Aktivitas 3.5** yang telah dilakukan.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman

### Aktivitas 3.5

1. Pada percobaan dapat disimpulkan bahwa benda akan mengalami efek gaya hambat udara yang bergantung dengan luas permukaan suatu benda.
2. Bola dengan parasut akan lebih lama mencapai permukaan tanah daripada benda yang dijatuhkan secara bebas. Hal ini menunjukkan permukaan parasut lebih banyak bertumbukan dengan molekul-molekul udara.



Gambar 3.13 Contoh rangkaian percobaan  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

3. Pola grafik yang diharapkan dari data pengamatan adalah sebagai berikut:



Gambar 3.14 Grafik jarak vs waktu dari benda jatuh  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)



## Ayo, Cek Pemahaman!

Gaya total yang bekerja ke arah pusat hanya gaya gesek.

$$\sum F = ma_s = f$$

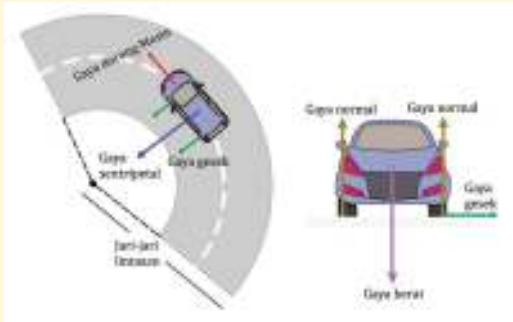
Dengan

$$a_s = m \frac{v^2}{R}$$

Hubungkan semua informasi di atas.

$$m \frac{v^2}{R} = f$$

$$(1000 \text{ kg}) \frac{(20 \frac{m}{s})^2}{20 \text{ m}} = 20.000 \text{ N}$$



Gambar 3.15 Diagram gaya pada mobil yang bergerak melingkar  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Gaya gesekan ini akan mempertahankan mobil untuk berada pada lintasanya.

## 5. Pertemuan Kelima (5 JP)

### C. Momentum dan Impuls

1. Hukum Kekekalan Momentum
2. Jenis - jenis Tumbukan



### Tujuan Pembelajaran

1. Mendeskripsikan konsep momentum dan impuls.
2. Mendeskripsikan konsep hukum kekekalan momentum.
3. Mendeskripsikan jenis-jenis tumbukan.



### Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

1. Peserta didik telah memahami besaran-besaran dalam gerak suatu benda.

2. Peserta didik telah memahami konsep pada Hukum II dan III Newton.
3. Peserta didik telah memahami metode penguraian vektor baik secara 2 dimensi maupun 3 dimensi.



## Tahapan Pembelajaran

### 1. Persiapan Pembelajaran

- a. Peserta didik menyiapkan alat dan bahan seperti bola basket, bola voli ataupun bola kaki pada percobaan penentuan koefisien restitusi.
- b. Guru diarahkan untuk mempersiapkan aplikasi *editing video* untuk mendapatkan hasil pengukuran yang lebih akurat

### 2. Kegiatan Pembelajaran

#### a. Apersepsi

- 1) Guru melakukan reviu terkait Hukum II Newton tentang perubahan momentum.
- 2) Guru melakukan reviu terkait energi potensial yang dimiliki suatu benda.

#### b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Peserta didik diberikan arahan untuk menyampaikan pengalaman atau ide terkait tumbukan antara dua benda.
- 2) Guru melalui demonstrasi sederhana menunjukkan beberapa jenis tumbukan antara dua benda, seperti kelereng ataupun bola kaki.
- 3) Peserta didik kemudian diarahkan untuk memahami tumbukan elastis dan konsep energi yang hilang pada saat tumbukan melalui **Aktivitas 3.6**.

#### c. Aplikasi Konsep

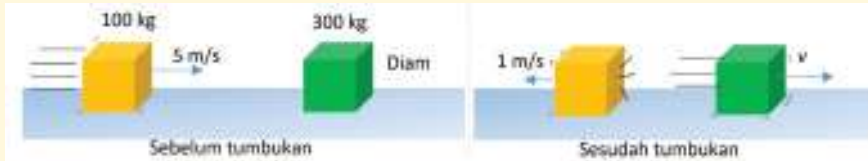
- 1) Peserta didik menyampaikan simpulan hasil percobaan pada **Aktivitas 3.6** di depan kelas.
- 2) Peserta didik memahami hubungan energi, momentum dan gaya dalam suatu percobaan sederhana.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman



### Ayo, Cek Pemahaman!



Gambar 3.16 Tumbukan antara dua benda  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

1. Gunakan hukum kekekalan momentum.

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

$$(100 \text{ kg})(5 \text{ m/s}) + (300 \text{ kg})(0 \text{ m/s}) = (100 \text{ kg})(-1 \text{ m/s}) + (300 \text{ kg})(v_2')$$

$$v_2' = 2 \text{ m/s}$$

2. Energi yang hilang adalah:

$$Q = \left( \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 \right) - \left( \frac{1}{2} m_1 (v_1')^2 + \frac{1}{2} m_2 (v_2')^2 \right)$$

$$Q = \left( \frac{1}{2} (100 \text{ kg})(5 \text{ m/s})^2 + \frac{1}{2} (300 \text{ kg})(0 \text{ m/s})^2 \right) - \left( \frac{1}{2} (100 \text{ kg})(-1 \text{ m/s})^2 + \frac{1}{2} (300 \text{ kg})(2 \text{ m/s})^2 \right)$$

$$Q = 600 \text{ Joule}$$

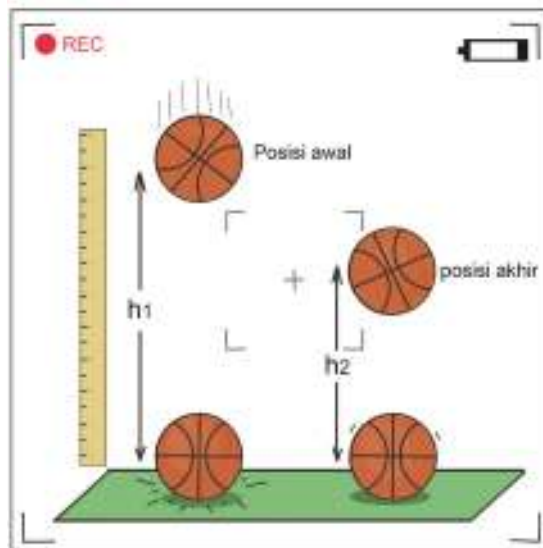
Karena terdapat energi yang hilang dan kedua benda tidak menempel, maka tumbukan ini merupakan tumbukan lenting sebagian.

### Aktivitas 3.6

1. Para peserta didik diarahkan untuk merancang suatu percobaan dalam menentukan koefisien restitusi suatu tumbukan.
2. Dari percobaan dapat disimpulkan bahwa koefisien restitusi dapat dihitung dengan menggunakan energi yang hilang dari tumbukan.
3. Dari percobaan tinggi bola akhir selalu lebih kecil daripada tinggi bola awal, karena ada energi yang hilang dari tumbukan.
4. Energi yang hilang dari tumbukan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Energi yang hilang} = mg(h_{\text{awal}} - h_{\text{akhir}})$$

5. Rancangan percobaan dapat mengikuti Gambar 3.17 sebagai berikut.



Gambar 3.17 Skema percobaan  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

## 6. Pertemuan Keenam (3 JP)

### D. Gerak Rotasi

1. Momen Gaya
2. Momen Inersia



#### Tujuan Pembelajaran

1. Mendeskripsikan momen gaya dalam kehidupan sehari-hari.
2. Menghubungkan besaran-besaran gerak lurus dengan gerak rotasi.



#### Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

1. Peserta didik telah memahami besaran-besaran dalam bab dinamika.
2. Peserta didik telah memahami konsep perkalian dua buah vektor.



## Tahapan Pembelajaran

### 1. Persiapan Pembelajaran

- a. Guru menyiapkan peralatan seperti penggaris, tumpuan dan beberapa objek sebagai pemberat untuk melakukan **Aktivitas 3.7**.
- b. Guru menyiapkan fenomena-fenomena terkait momen gaya dan sistem yang berotasi.

### 2. Kegiatan Pembelajaran

#### a. Apersepsi

- 1) Guru melakukan demonstrasi tentang sistem yang setimbang, kemudian menanyakan pendapat peserta didik apabila sistem berotasi.
- 2) Guru memberikan beberapa persoalan kuantitatif terkait dengan konsep yang akan dipelajari.

#### b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Ajaklah peserta didik untuk menyampaikan pertanyaan dan ide-ide mereka tentang perbedaan gerak lurus dan gerak rotasi.
- 2) Arahkan peserta didik untuk memahami momen gaya pada **Aktivitas 3.7**.
- 3) Berikan asesmen untuk mengecek pemahaman peserta didik akan materi yang telah dipelajari.

#### c. Aplikasi Konsep

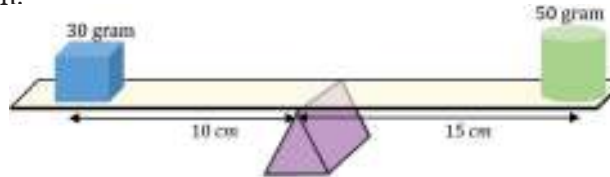
- 1) Peserta didik secara berkelompok melakukan **Aktivitas 3.7** dan menganalisis hasil pengamatan.
- 2) Arahkan peserta didik untuk menyampaikan hasil pengamatan mereka di depan kelas.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman

### Aktivitas 3.7

- Perhatikan susunan percobaan untuk menghindari kesalahan dalam pengamatan.



**Gambar 3.18** Rangkaian percobaan momen gaya  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

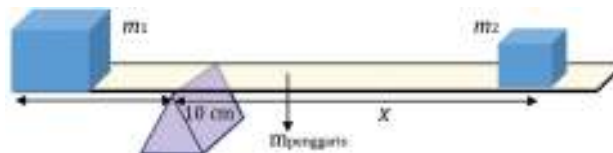
- Gunakan persamaan sebagai berikut untuk menentukan posisi benda 2.

$$w_1 r_1 = w_2 r_2$$

Kemudian arahkan peserta didik untuk mengisi tabel di bawah.

Berat Benda 1 (N)	Jarak benda 1 terhadap titik tumpu	Berat benda 2 (N)	Jarak benda 2 terhadap titik tumpu

- Dari hasil percobaan, kesimpulan yang diperoleh adalah: untuk menghasilkan sistem yang setimbang maka momen gaya total terhadap titik tumpu adalah nol.
- Gunakan momen gaya total adalah nol.



**Gambar 3.19** Penentuan posisi pembuat nol  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

$$\sum \tau = 2m_2 g \left( \frac{L}{4} \right) - m_p g \left( \frac{L}{4} \right) - m_2 g (x) = 0$$

$$x = \frac{(2m_2 - m_p) L}{4m_2}$$



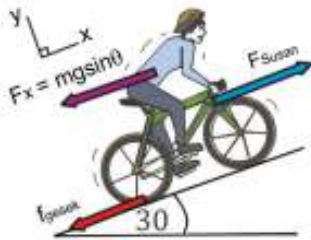
### C. Refleksi Pembelajaran Bab 3

1. Guru merefleksikan hal-hal apa (pengajaran, partisipasi dan pemahaman peserta didik, serta manajemen kelas) yang telah berjalan dengan baik.
2. Guru merefleksikan hal-hal apa (pengajaran, partisipasi dan pemahaman peserta didik, serta manajemen kelas) yang perlu diperbaiki.
3. Guru merefleksikan temuan-temuan khusus terkait miskonsepsi, teknik penyelesaian masalah, sikap dan pertanyaan yang berkaitan dengan prinsip dinamika gerak partikel.

### D. Jawaban Asesmen

- 1a. Gambarkan diagram gaya

Pada detik pertama total gaya yang bekerja adalah nol, karena sistem bergerak dengan kecepatan konstan.



$$\sum F = F_{Susan} - F_x - f_k = 0$$

$$320 \text{ N} - 60 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \sin 30^\circ - f_k = 0$$

$$f_k = 20 \text{ N}$$

Pada detik 1- 4 sistem mengalami perlambatan sebesar  $-1 \text{ m/s}^2$  (gradien grafik), sehingga gaya yang diberikan Susan adalah

$$\sum F = F'_S - F_x - f_{Gesek} = 60 \text{ kg} \cdot (-1 \text{ m/s}^2)$$

$$\sum F = F'_S - 300 \text{ N} - 20 \text{ N} = 60 \text{ kg} \cdot (-1 \text{ m/s}^2)$$

$$F'_S = 320 \text{ N} - 60 \text{ N} = 260 \text{ N}$$

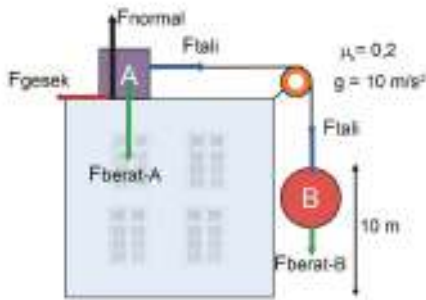
Yang artinya Susan mengayuh lebih lambat.

- 1b. Pada selang waktu ini Susan bergerak dengan kecepatan konstan, yang artinya Susan menambah gaya kayuh agar sistem tidak lagi diperlambat.

$$\sum F = F_{Susan} - F_x - f_k = 0$$

$$F_{Susan} = F_{Berat \text{ sb-x}} + F_{Gesek} = 300 \text{ N} + 20 \text{ N} = 320 \text{ N}$$

2. Gambarkan diagram gaya-gaya pada sistem seperti contoh di bawah.



Pada benda pertama berlaku

$$\sum F_{Ax} = F_T f_k = m_A a$$

$$\sum F_{Ay} = F_N - F_{b-A} = 0$$

$$f_k = F_N \mu_k$$

Pada benda kedua berlaku

$$F_T - m_B g = m_B (-a)$$

Hubungkan kedua keadaan di atas dengan mengeliminasi gaya tegangan tali.

$$(F_T - m_B g) - (F_T - m_A g \mu_k) = (-m_B a - m_A a)$$

$$m_A g \mu_k - m_B g = -(m_B + m_A) a$$

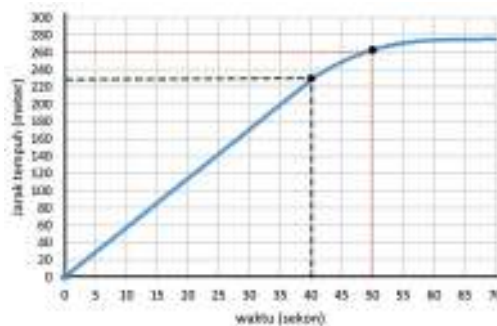
$$a = \frac{m_A g \mu_k - m_B g}{-(m_B + m_A)}$$

$$= \frac{(20 \text{ kg})(10 \text{ m/s}^2)(0,2) - (10 \text{ kg})(10 \text{ m/s}^2)}{-(20 + 10) \text{ kg}} = 2 \text{ m/s}^2$$

Dan waktu tempuh bola ke tanah dapat menggunakan persamaan berikut:

$$t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2(10 \text{ m})}{2 \text{ m/s}^2}} \approx 3,16 \text{ s}$$

3. Kereta mengalami perlambatan konstan pada detik ke 40 – 50 sekon. Dan posisi benda pada selang tersebut adalah 230 m – 260 m. (lihat grafik di bawah)



Percepatan dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

Kecepatan saat detik 0 - 40 adalah gradien dari persamaan garis lurus:

$$v_0 = \frac{(230-0)\text{m}}{(40-0)\text{s}}$$

Sehingga percepatan kereta pada selang 40-50 detik adalah:

$$260\text{m} - 230\text{m} = \frac{230\text{m}}{40\text{s}}(50\text{s} - 40\text{s}) + \frac{1}{2}a(50\text{s} - 40\text{s})^2$$

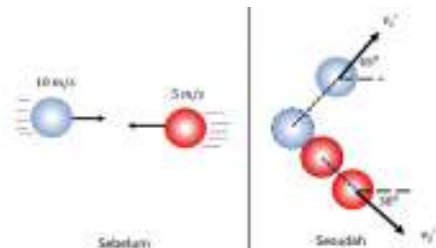
$$a = -0,55\text{ m/s}^2 \text{ (perlambatan)}$$

Menggunakan Hukum II Newton diperoleh

$$\begin{aligned} \sum F &= F_{\text{Kereta}} - F_{\text{gesek}} = m_k a \\ &= 1000\text{ N} - F_{\text{gesek}} = (1000\text{ kg})(-0,55\text{ m/s}^2) \end{aligned}$$

$$F_{\text{gesek}} = 1550\text{ N}$$

4.



a. Gunakan hukum kekekalan momentum pada tumbukan dua dimensi.

Arah sumbu-x

$$\begin{aligned} m_1 v_{1x} + m_2 v_{2x} &= m_1 v_{1x}' + m_2 v_{2x}' \\ (0,5\text{ kg})(10\text{ m/s}) + (0,5\text{ kg})(-5\text{ m/s}) &= (0,5\text{ kg})(v_1' \cos 45^\circ) + (0,5\text{ kg})(v_2' \cos 30^\circ) \\ 10\text{ m/s} &= v_1' \sqrt{2} + v_2' \sqrt{3} \end{aligned}$$

Arah sumbu-y

$$\begin{aligned} m_1 v_{1y} + m_2 v_{2y} &= m_1 v_{1y}' + m_2 v_{2y}' \\ (0,5\text{ kg})(0\text{ m/s}) + (0,5\text{ kg})(0\text{ m/s}) &= (0,5\text{ kg})(v_1' \sin 45^\circ) + (0,5\text{ kg})(-v_2' \sin 30^\circ) \\ v_2' &= v_1' \sqrt{2} \end{aligned}$$

Hubungkan kedua persamaan dengan mensubstitusi  $v_2' = v_1' \sqrt{2}$

$$\begin{aligned} 10\text{ m/s} &= v_2'(\sqrt{3} + 1) \\ v_2' &= \frac{10\text{ m/s}}{(\sqrt{3} + 1)} \approx 3,67\text{ m/s} \\ v_1' &\approx 2,59\text{ m/s} \end{aligned}$$

- b. Tinjau perubahan momentum pada benda 1 arah sumbu-x

$$\vec{F}_x \Delta t = m_1 (v_{1x}' - v_{1x})$$

$$\vec{F}_x (0,05 s) = (0,5 \text{ kg})(2,59 \cos 45^\circ - 10) \text{ m/s}$$

$$\vec{F}_x = -81,6 \text{ N}$$

Tinjau perubahan momentum pada benda 1 arah sumbu-y

$$\vec{F}_y \Delta t = m_1 (v_{1y}' - v_{1y})$$

$$\vec{F}_y (0,05 s) = (0,5 \text{ kg})(2,59 \sin 45^\circ - 0) \text{ m/s}$$

$$\vec{F}_y = 18,3 \text{ N}$$

Sehingga besar resultan gaya saat bertumbukan adalah:

$$|F| = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{(-81,6 \text{ N})^2 + (18,3 \text{ N})^2} \approx 83,6 \text{ N}$$

- c. Energi yang hilang saat tumbukan adalah:

$$Q = \left( \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 \right) - \left( \frac{1}{2} m_1 (v_1')^2 + \frac{1}{2} m_2 (v_2')^2 \right)$$

$$Q = \frac{1}{2} (0,5 \text{ kg}) \left[ (10 \text{ m/s})^2 + (-5 \text{ m/s})^2 - ((2,59 \text{ m/s})^2 + (3,67 \text{ m/s})^2) \right]$$

$$Q = 26,25 \text{ Joule}$$

5. Sistem mengalami kesetimbangan, yang artinya momen gaya total sistem dan gaya total bernilai 0.

a.  $\tau_{Bw} = rF = 0,3 \text{ m} \times 20 \text{ N} = 6 \text{ Nm}$  searah jarum jam

b.  $\tau_{Bw} + \tau_{BA} = 0$

$$T_1 \times 0,8 - 6 = 0$$

$$T_1 = 7,5 \text{ N}$$

Untuk menentukan  $T_2$ , gunakan Hukum Newton.

$$\sum F_y = T_1 + T_2 - w = 0$$

$$T_2 = w - T_1 = 20 \text{ N} - 7,5 \text{ N} = 12,5 \text{ N}$$

- c. Gaya yang bekerja terhadap titik A adalah berat dari batang, yaitu 10 N. Sehingga momen gaya total terhadap titik A adalah 1 Nm. Gunakan persamaan  $\tau = I\alpha$

$$1 \text{ Nm} = (6,7 \text{ kgm}^{-2})\alpha$$

$$\alpha = 0,15 \text{ rads}^{-2}$$

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2022

Buku Panduan Guru Fisika untuk SMA/MA Kelas XI

Penulis : Marianna Magdalena Radjawane, Alvius Tinambunan, Lim Suntar Jono

ISBN : 978-623-472-724-1 (jil.1)

## BAB 4

# Fluida Panduan Khusus

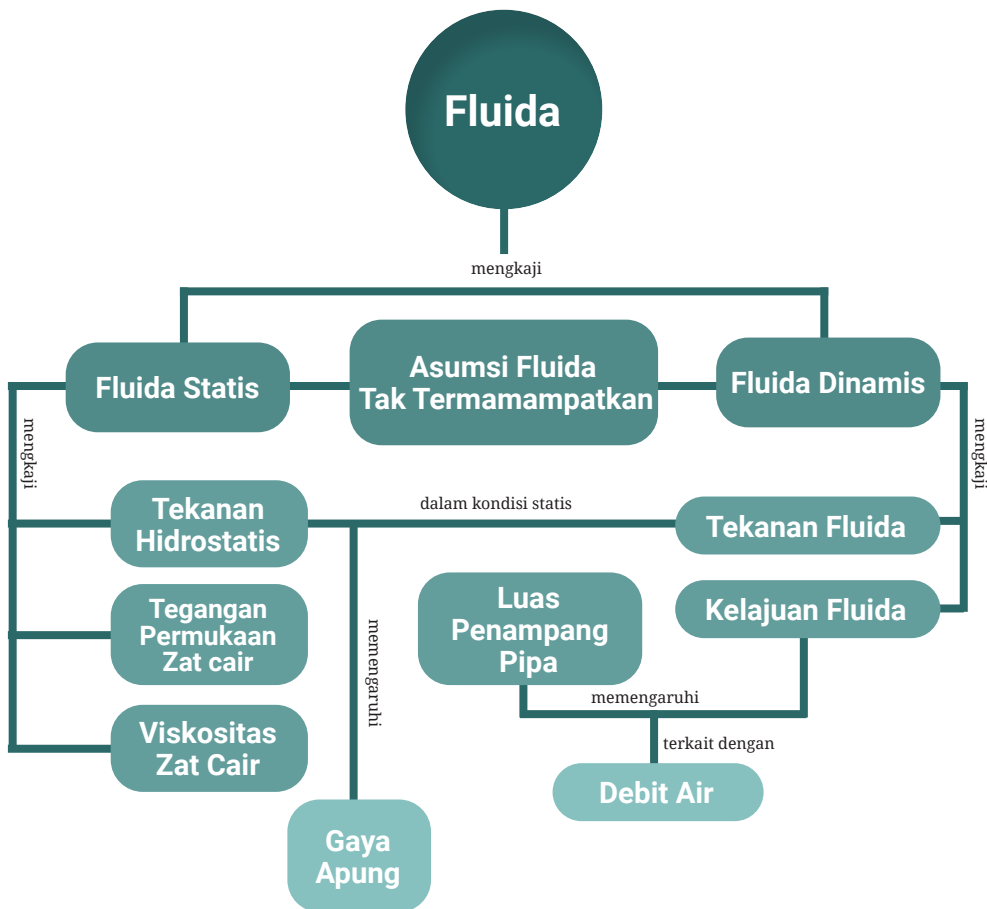
### Pendahuluan

Konsep fluida berperan penting dalam menjelaskan fenomena fisis yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari seperti mengapa kapal dapat terapung di atas air dan gaya apa yang bekerja sehingga pesawat dapat mengatasi beratnya. Fenomena lainnya adalah mengapa nyamuk dapat berdiri di atas air dan atap rumah terangkat ketika terjadi angin puting beliung. Materi Fluida disusun sedemikian rupa sehingga peserta didik mendapatkan gambaran fisis yang nyata untuk setiap konsep yang dibahas baik melalui gambar maupun kegiatan eksperimen dan juga penggunaan aplikasi. Aktivitas yang dilakukan sedapat mungkin tidak terkendala oleh alat dan bahan atau sumber daya yang diperlukan. Peserta didik dapat memahami berbagai perumusan matematis dengan baik karena dihubungkan dengan kehidupan sehari-hari sehingga dapat menyelesaikan berbagai masalah. Pengetahuan prasyarat tentang vektor, kinematika dan dinamika diperlukan dalam belajar Fluida. Melalui materi Fluida peserta didik mengembangkan bernalar kritis, sikap mandiri dan gotong royong dari Profil Pelajar Pancasila.

## Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari Bab 4 tentang Fluida peserta didik diharapkan dapat mengidentifikasi konsep tekanan hidrostatis pada ruang terbuka dan tertutup, menjelaskan aplikasi Prinsip Archimedes dalam kehidupan sehari-hari, mengidentifikasi tegangan permukaan dan viskositas zat cair dalam kehidupan sehari-hari serta menerapkan asas kontinuitas dan Prinsip Bernoulli dalam fluida dinamis pada kehidupan sehari-hari.

## Peta Konsep



## A. Skema Pembelajaran Bab 4

1. Rekomendasi waktu pembelajaran 12 jam pelajaran (1 JP = 45 menit).
2. Asesmen terdapat dalam latihan soal, aktivitas dan akhir bab. Asesmen mendorong siswa untuk bernalar kritis, mandiri dan berkolaborasi. Asesmen akhir bab mengasah kemampuan analitis peserta didik dalam memecahkan masalah yang lebih kompleks.

Tahapan Pembelajaran	J P	Materi Pokok	Tujuan Pembelajaran Pertahapan	Strategi Pembelajaran	Sumber Belajar dan Media
Subbab A : Fluida Statis	8	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tekanan Hidrostatik</li> <li>2. Prinsip Archimedes</li> <li>3. Tegangan Permukaan</li> <li>4. Viskositas</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Peserta didik dapat mengidentifikasi tekanan hidrostatik pada ruang terbuka dan ruang tertutup</li> <li>2. Peserta didik dapat menjelaskan aplikasi Prinsip Archimedes dalam kehidupan sehari hari</li> <li>3. Peserta didik dapat mengidentifikasi tegangan permukaan dan viskositas zat cair dalam kehidupan sehari hari</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penjelasan fenomena</li> <li>2. Aktivitas dan beberapa percobaan sederhana</li> <li>3. Demonstrasi menggunakan alat-seederhana</li> <li>4. Demonstrasi secara virtual</li> <li>5. Cek pemahaman</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Buku peserta didik Subbab A</li> <li>2. Sumber bacaan internet</li> <li>3. Buku-buku penunjang topik terkait</li> <li>4. Pengolah data seperti <i>ms.Excel</i></li> </ol>
Subbab B : Fluida Dinamis	4	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fluida Ideal</li> <li>2. Asas Kontinuitas</li> <li>3. Asas Bernoulli</li> <li>4. Penerapan Asas Bernoulli</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Peserta didik dapat menerapkan asas kontinuitas dan Prinsip Bernoulli dalam fluida dinamis pada kehidupan sehari-hari</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penjelasan fenomena akan topik terkait</li> <li>2. Aktivitas menggunakan teknologi</li> <li>3. Demonstrasi menggunakan alat sederhana</li> <li>4. Demonstrasi secara virtual</li> <li>5. Cek pemahaman</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Buku peserta didik Subbab B</li> <li>2. Sumber bacaan dari internet</li> <li>3. Buku-buku penunjang topik terkait</li> </ol>



## B. Panduan Pembelajaran Bab 4

### 1. Pertemuan Pertama (3 JP)

#### A. Fluida Statis

##### 1. Tekanan Hidrostatik



#### Tujuan Pembelajaran

Mengidentifikasi konsep tekanan hidrostatik pada ruang terbuka dan tertutup.



#### Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

1. Peserta didik telah memahami konsep gaya.
2. Peserta didik telah memahami konsep massa jenis.



#### Tahapan Pembelajaran

##### 1. Persiapan Pembelajaran

- a. Guru menyiapkan telur, kertas koran, botol dengan tiga lubang, gambar, bahan bacaan dan video yang membahas konsep tekanan dalam kehidupan sehari-hari.
- b. Guru dan peserta didik menyiapkan eksperimen virtual dari phet.

##### 1. Kegiatan Pembelajaran

###### a. Apersepsi

- 1) Peserta didik membagikan fenomena fisis dalam kehidupan sehari-hari yang berkaitan dengan zat cair dan gas. Misalnya, air mengalir lebih cepat dalam pipa yang sempit, makin dalam menyelam makin sakit kuping dan minyak lebih kental daripada air sehingga lebih lambat mengalir.
- 2) Peserta didik bertanya hal-hal yang ingin diketahui tentang fluida.



### a. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Minta peserta didik menyimak pertanyaan-pertanyaan yang ada dalam pengantar bab. Jelaskan ketiga gambar di bawah.



**Gambar 4.1** Kapal pesiar Symphony of The Seas  
Sumber foto : fli138/Pixabay (2019)

Tambahkan bahwa kapal tanker Norwegia Jahre Viking, kapal tanker terbesar, dapat membawa minyak mentah sebanyak 564.000 ton.



**Gambar 4.2** Kapal super tanker Jahre Viking  
Sumber gambar : own work/Wikimedia Commons (2014)



**Gambar 4.3** Pesawat udara Antonov An-225  
Sumber gambar : Olaf Hübner/Pixabay (2019)

- 2) Tanyakan, Apa hubungan antara pemasangan infus dengan pesawat terbang yang bergerak di udara dan kapal laut yang bergerak dalam air? Minta mereka mengamati Gambar 4.1 dan penjelasannya. Jelaskan bahwa fenomena-fenomena fisis tersebut melibatkan wujud zat cair dan gas. Kedua wujud ini dinamakan fluida, yaitu zat alir. Kata “mengalir” dalam bahasa latin adalah fluere. Dalam bahasa Inggris, kata fluere menjadi fluid. Jelaskan bahwa pemasangan infus dan kapal laut yang bergerak memerlukan pemahaman tekanan.

- 3) Tanyakan, apa yang dimaksud dengan tekanan. Demonstrasikan meremas telur sekuat mungkin dan telur tidak pecah. Tunjukkan gambar atau video orang berjalan di atas pecahan kaca dan kakinya tidak berdarah. Mengapa demikian?



**Gambar 4.4** Telur diremas  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)



**Gambar 4.5** Berjalan di atas pecahan kaca  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

(Tekanan merupakan distribusi gaya terhadap suatu luas permukaan).

- 4) Arahkan peserta didik untuk mengamati Gambar 4.2 dan melakukan **Ayo Cermati**. Catat tebakan dan alasannya di papan, kemudian peserta didik menyimak Persamaan 4.1 dan penjelasannya,

Tekanan oleh kaki gajah

$$P = \frac{60.000}{4 \times 0,02} = 750.000 \text{ Pa}$$

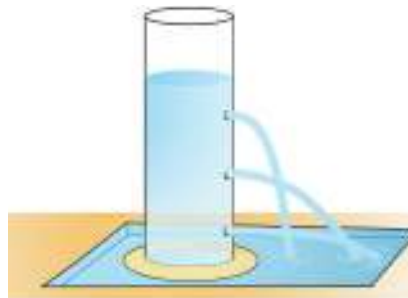
Tekanan oleh kaki karyawati

$$P = \frac{500}{2 \times 0,0001} = 2.500.000 \text{ Pa}$$

Tanyakan apa pendapat mereka tentang tebakan dan hasil sebenarnya.

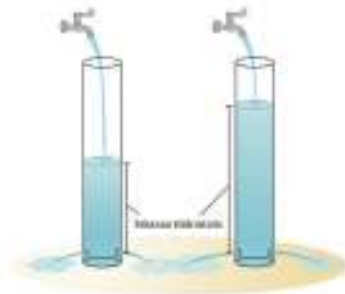
- 5) Sediakan kertas koran dan minta peserta didik melakukan **Ayo Cek Pemahaman** secara berkelompok. Tanyakan apakah ada pengaruh luas kertas koran dan analisis hasilnya. Diskusikan hasilnya.

- 6) Minta peserta didik menyimak Gambar 4.3 dan penjelasannya dan arahkan untuk mengerjakan **Ayo Berkolaborasi**. Setiap kelompok memberikan pendapatnya. Demonstrasikan kegiatan ini secara nyata. Tanyakan, mengapa demikian hasilnya (lubang paling bawah mengeluarkan semburan air yang paling kuat. Tekanan air paling besar pada lubang yang paling jauh dari permukaan air).



**Gambar 4.6** Pancuran Air  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

- 7) Arahkan peserta didik untuk melakukan **Aktivitas 4.1**. Setiap kelompok mempresentasikan hasilnya.
- 8) Minta peserta didik menyimak penjelasan penyebab tekanan hidrostatis dalam teks. Tunjukkan dan jelaskan Gambar 4.7 di samping ini. Untuk wadah berukuran sama, makin banyak air maka makin berat air yang menekan permukaan.



**Gambar 4.7** Berat air dan tekanan hidrostatis  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

- 9) Tunjukkan Gambar 4.8 (di samping) dan tanyakan, untuk kedua wadah berbeda ini, apakah tekanan hidrostatis sama besar di titik dengan kedalaman yang sama dari permukaan? (Tekanan sama).
- 10) Arahkan peserta didik untuk menyimak Gambar 4.5 dan penjelasannya hingga mendapatkan Persamaan 4.2. Tunjukkan penurunan persamaan hidrostatis secara lengkap.



**Gambar 4.8** Tekanan hidrostatis di titik yang sama kedalamannya  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

$$p_h = \frac{m \cdot g}{A}$$

$$p_h = \frac{\rho \cdot V \cdot g}{A}$$

Volume balok  $V = A \cdot h$  maka

$$p_h = \frac{\rho \cdot A \cdot h \cdot g}{A}$$

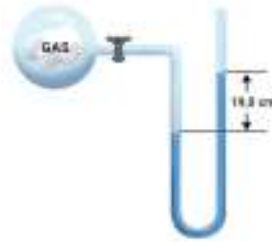
$$p_h = \rho \cdot g \cdot h$$

Kembali ke Gambar 4.8 di atas maka jelaslah bahwa tekanan hidrostatis bergantung hanya pada kedalaman saja jika massa jenis fluida tetap.

Arahkan peserta didik untuk melakukan **Ayo Cek Pemahaman** dan mereka menyampaikan hasilnya.

- 11) Berikan soal berikut ini. Tentukan rentang tekanan hidrostatis yang dialami oleh penyelam di wilayah Raja Ampat pada kedalaman 10–30 m dari permukaan laut dan massa jenis air laut adalah  $1024 \text{ kg/m}^3$ . Jawaban adalah  $(1,024 \times 10^5 - 3,072 \times 10^5 \text{ Pa})$ . Berikan juga soal-soal lainnya.

- 12) Arahkan peserta didik untuk melakukan **Ayo Berpikir Kritis**. Ada hubungan antara **Ayo Berpikir Kritis** dan **Aktivitas 4.2**. Sebelum melakukan **Aktivitas 4.2** minta mereka membuat prediksi.
- 13) Arahkan peserta didik untuk menyimak penjelasan tentang pengukuran tekanan gas. Berikan contoh soal seperti dalam Gambar 4.9. di bawah ini.



**Gambar 4.9** Pengukuran tekanan gas  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

Berapa tekanan gas?

$$p_{\text{gas}} = p_{\text{hidrostatik}} + p_{\text{atmosfer}}$$

$$p_{\text{gas}} = 19 \text{ cm Hg} + 76 \text{ cm Hg} = 95 \text{ cm Hg}$$

Pastikan peserta didik memahami ada beberapa satuan untuk tekanan udara (cm Hg, atm dan  $\text{N/m}^2$ ).

- 14) Arahkan peserta didik untuk melakukan **Ayo Cek Pemahaman**.

### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik menunjukkan pemahamannya tentang konsep tekanan dan tekanan hidrostatik dalam kehidupan sehari-hari dan menyampaikan hasil diskusi mereka di depan kelas.



#### Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman



#### Ayo, Cermati!

Tergantung tebakan.



#### Ayo, Cek Pemahaman!

Tekanan udara sebesar  $10^5$  Pa menekan luas permukaan kertas koran sehingga menimbulkan gaya yang besar. Makin besar luas permukaan makin besar gaya yang dialami oleh permukaan tersebut.

## Aktivitas 4.1

Jawaban atas pertanyaan-pertanyaan.

- Makin besar massa jenis fluida maka makin besar tekanan hidrostatiknya.
- Makin besar kedalaman dari permukaan fluida maka makin besar tekanan hidrostatik di titik tersebut.



### Ayo, Cek Pemahaman!

Titik A, B, C, dan D mendapatkan tekanan hidrostatik yang sama besar karena kedalaman yang sama besar.



### Ayo, Berpikir Kritis!

Proses penyedotan air hingga masuk ke dalam mulut. Air naik ke mulut karena ada perbedaan tekanan udara antara di luar dan dalam sedotan.

Sedotan dengan panjang 11 m menimbulkan tekanan hidrostatik sebesar  $1000 \times 10 \times 11 = 1,1 \times 10^5$  Pa.

Dengan tekanan sebesar itu maka tidak ada perbedaan tekanan yang terjadi karena tekanan udara juga sebesar  $1,1 \times 10^5$  Pa sehingga air tidak dapat naik.



**Gambar 4.10** Proses penyedotan air  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

## Aktivitas 4.2

Lebih mudah untuk minum dengan sedotan yang normal daripada sedotan yang berlubang karena perbedaan tekanan yang besar yang terjadi antara dekat mulut dan pada air pada sedotan normal.



## Ayo Cek Pemahaman!

Ketinggian air adalah 11 m.

## 2. Pertemuan Kedua (3 JP)

### A. Fluida Statis

#### 2. Prinsip Archimedes



### Tujuan Pembelajaran

1. Menjelaskan aplikasi Prinsip Archimedes dalam kehidupan sehari-hari.



### Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

1. Peserta didik telah memahami Hukum I Newton.
2. Peserta didik telah memahami konsep tekanan hidrostatik.



### Tahapan Pembelajaran

#### 1. Persiapan Pembelajaran

- a. Guru menyiapkan neraca pegas, gelas ukur, beban logam, pipet kecil, plastisin, air, alkohol, minyak kelapa, gelas piala, dan bola plastik yang agak kaku untuk **Aktivitas 4.3**.
- b. Guru menyiapkan gambar, artikel dan video untuk mendukung pembelajaran.

#### 2. Kegiatan Pembelajaran

##### a. Apersepsi

Peserta didik menyimak artikel tenggelamnya suatu kapal. <https://regional.kompas.com/read/2019/06/16/17220561/km-nusa-kenari-tenggelam-akibat-kelebihan-muatan>

Ajak mereka berpikir dan beri pendapat bagaimana prinsip kerja kapal sehingga tidak tenggelam.

## b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Jelaskan fenomena lain yang berkaitan dengan Prinsip Archimedes selain kapal yang terapung seperti es mengapung dan ikan berenang di dalam air. Tanyakan fenomena lainnya seperti yang sudah dicontohkan. (Pelampung, rakit, balon udara).



**Gambar 4.11** Es terapung di laut  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

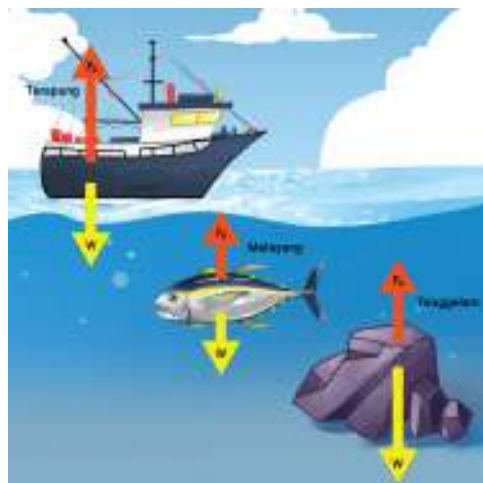


**Gambar 4.12** Ikan dapat turun di laut  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

- 2) Arahkan peserta didik untuk melakukan Aktvitas 1 dalam **Aktivitas 4.3** dengan membaca prosedur kerjanya dan berbagi tugas dalam kelompok. Minta mereka membuat hasil pengamatan atau pengukuran dalam tabel. Diskusikan kesimpulan dan pastikan peserta didik memahami prinsip Archimedes dari kegiatan ini.
- 3) Arahkan peserta didik untuk melakukan Aktvitas 2 dalam **Aktivitas 4.3** dengan membaca prosedur kerjanya dan berbagi tugas dalam kelompok.
- 4) Peserta didik menyimak kemungkinan kondisi yang dialami oleh benda jika berada dalam zat cair. Tunjukkan juga Gambar 4.13. di bawah ini.

Tanyakan, gaya apa saja yang bekerja pada setiap benda dalam gambar. (Mengapung: gaya berat dan gaya apung, melayang: gaya berat dan gaya apung, tenggelam: gaya apung, gaya normal dan gaya berat). Gunakan hukum I Newton untuk membuat persamaan gaya. (Mengapung dan melayang :  $F_A = w$  dan tenggelam :  $F_A = w - N$  sehingga  $F_A < w$ ).

- 5) Arahkan peserta didik untuk melakukan **Ayo Amati** dan diskusikan hasilnya.



**Gambar 4.13** Mengapung, melayang dan tenggelam  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

- 6) Minta peserta didik menyimak gaya ke atas dan penjelasannya. Tunjukkan penurunan gaya ke atas. Dapat dituliskan gaya netto dari zat cair terhadap balok adalah:

$$\sum F_y = F_{\text{permukaan A}} - F_{\text{permukaan B}}$$

$$\sum F_y = P_{A,AA} - P_{B,AB}$$

$$\sum F_y = (\rho g A).(h_A - h_B)$$

$$\sum F_y = (\rho g A).(h_1 + l - h_1)$$

$$\sum F_y = (\rho g A).(l)$$

$$\sum F_y = \rho g (A.l)$$

$$\sum F_y = \rho g (V_{\text{benda tercelup}})$$

$$F_a = \rho g (V_{b t})$$

Cek pemahaman dengan menunjukkan Gambar 4.14 di bawah ini. Tanyakan, apakah kedua kapal yang identik mengalami gaya apung yang sama? (Kedua kapal identik mengalami gaya apung yang sama. Volume kapal tercelup berbeda karena kapal berada dalam zat cair yang berbeda.)



**Gambar 4.14** Kapal terapung  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

- 7) Berikan soal ini. Berat benda di udara adalah 50N. Ketika berat benda ini diukur dalam air, berat yang terukur adalah 40N. Tentukan massa jenis benda tersebut! (Gaya ke atas adalah  $50 - 40 = 10$  N. Gaya ke atas =  $1000 \times V \times 10$  sehingga  $V = 0,001 \text{ m}^3$ . Massa benda = 5 kg sehingga massa jenisnya =  $5/0,001 = 5000 \text{ kg/m}^3$ ). Berikan soal-soal lainnya.
- 8) Arahkan peserta didik untuk melakukan **Ayo Berpikir Kritis** dan **Ayo Cek Pemahaman** dan diskusikan hasilnya.



### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik secara berkelompok maupun individu menganalisis Prinsip Archimedes melalui penyelidikan dan pertanyaan-pertanyaan.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman

### Aktivitas 4.3

#### Aktivitas 1:

Tabel 4.1 Data 1

Berat Logam di Udara (N)	Berat Logam dalam Air (N)	Volume Benda (m <sup>3</sup> )

Tabel 4.2 Data 2

Berat Logam di Udara	Berat Logam dalam Air	Gaya Apung

Tabel 4.3 Data 3

Volume Air yang Dipindahkan (m <sup>3</sup> )	Berat Air yang Dipindahkan (N)

Tabel Data 1,2, dan 3 Analisis data bergantung pada data yang diambil.

Kesimpulan yang diperoleh dari seluruh hasil percobaan ini.

1. Berat benda dalam zat cair lebih ringan daripada berat benda di udara. Selisih keduanya merupakan gaya apung.
2. Gaya apung sama besar dengan berat air yang dpindahkan

## Aktivitas 2:

Analisis data bergantung pada data yang diambil.

1. Gaya apung benda di udara, air dan minyak kelapa bergantung pada pemilihan benda.
2. Keduanya mempunyai gaya apung yang tidak sama karena volume benda yang tercelup dalam air berbeda.
3. Keduanya mempunyai gaya apung yang sama karena gaya apung ditentukan oleh volume benda yang tercelup dalam air.
4. Gaya apung ditentukan oleh massa jenis zat cair dan volume benda yang tercelup.



### Ayo, Amati!

Tekanan hidrostatik pada permukaan atas kubus

$$p_1 = \rho g h_1$$

Tekanan hidrostatik pada permukaan bawah kubus

$$p_2 = \rho g (h_1 + l)$$

Tekanan pada sisi depan, sisi belakang, sisi kiri dan sisi kanan sama besar.



### Ayo, Berpikir Kritis!

Jika es mencair seluruhnya, air tidak akan tumpah membasahi meja.



### Ayo, Cek Pemahaman!

1. Kertas kayu akan terapung karena massa jenis kayu lebih kecil daripada massa jenis air.
2. Gaya berat = gaya apung  
 $700 V g = 1000 V_{bt} g$   
 $V_{bt} = 700/1000 V = 0,7 V$  atau 70% benda tercelup dalam air.

## 3. Pertemuan Ketiga (2 JP)

### A. Fluida Statis

#### 3. Tegangan Permukaan

#### 4. Viskositas



## Tujuan Pembelajaran

3. Mengidentifikasi tegangan permukaan dan viskositas zat cair dalam kehidupan sehari-hari.



## Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

Peserta didik telah memahami gaya kohesi, gaya adhesi dan Hukum I Newton.



## Tahapan Pembelajaran

### 4. Persiapan Pembelajaran

- a. Guru menyiapkan jarum/silet/koin, kawat dan larutan sabun.
- b. Guru menyiapkan gambar, bahan bacaan, video dan soal-soal latihan untuk mendukung pembelajaran.

### 2. Kegiatan Pembelajaran

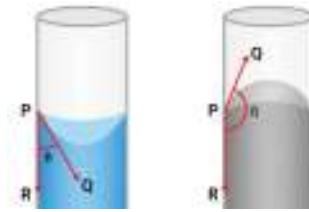
#### a. Apersepsi

Guru menunjukkan fenomena gelembung sabun.

#### b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Arahkan peserta didik untuk melakukan kegiatan dalam **Ayo Berkolaborasi** dan menyampaikan hasilnya. Tanyakan, apakah berlaku juga Prinsip Archimedes dan mereka menjelaskan pendapatnya. Diskusikan bahwa fenomena tersebut bukanlah menunjukkan Prinsip Arhimedes. Minta peserta didik memperhatikan Gambar 4.12 dan Gambar 4.13. Tanyakan apakah mereka mengamati fenomena tersebut dalam kehidupan sehari-hari. Tegangan permukaan menyebabkan permukaan air seperti lapisan elastis yang dapat meregang.
- 2) Minta peserta didik menyimak Gambar 4.14 dan penjelasannya.
- 3) Arahkan peserta didik secara berkelompok untuk melakukan **Aktivitas 4.4** dan mempresentasikan hasilnya.

- 4) Minta peserta didik menyimak Gambar 4.15 dan penjelasannya. Tunjukkan Gambar 4.15 di bawah ini dan tanyakan apa yang dimaksud dengan sudut kontak. (Sudut antara tangen pada permukaan zat cair dengan permukaan zat padat).



**Gambar 4.15** Sudut kontak  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

Tunjukkan Gambar 4.16 di bawah ini dan jelaskan bahwa air tidak membasahi daun talas (*hidrofobi*) tetapi membasahi daun mangga (*hidrofilia*).



**Gambar 4.16** Tidak membasahi dan membasahi permukaan  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

- 5) Arahkan peserta didik untuk melakukan **Ayo Berdiskusi** dan **Ayo Cermati** dan menyampaikan hasilnya.
- 6) Minta peserta didik menyimak Gambar 4.17 dan penjelasannya.
- 7) Arahkan peserta didik untuk melakukan **Ayo Cek Pemahaman**.
- 8) Minta peserta didik menyimak Gambar 4.18 dan penjelasan tentang viskositas. Tanyakan fluida kental yang ditemui dalam kehidupan sehari-hari (oli motor 500 kali lebih kental daripada air). Mengapa perlu mengetahui kekentalan suatu fluida? (Contoh, pemilihan pompa disesuaikan dengan kekentalan fluida). Berikan soal untuk menggunakan Persamaan 4.6. Arahkan peserta didik untuk melakukan **Ayo Cek Pemahaman** dalam kelompok.

### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik secara berkelompok maupun individu menganalisis tegangan permukaan dan viskositas baik melalui eksperimen dan pertanyaan-pertanyaan.



#### Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman



#### Ayo, Berkolaborasi!

Fenomena ini tidak menunjukkan penerapan Prinsip Archimedes karena tidak ada bagian benda yang tercelup dalam air.

## Aktivitas 4.4

Gelembung sabun terbentuk akibat tegangan permukaan.



### Ayo, Berdiskusi!

Meniskus cekung terjadi karena gaya kohesi lebih kecil daripada gaya adhesi. Meniskus cembung terjadi karena gaya kohesi lebih besar daripada gaya adhesi.



### Ayo, Cermati!

#### Peristiwa Kapilaritas

Air pada pipa D yang mengalami kenaikan terbesar.  
Diameter pipa menentukan kenaikan zat cair dalam pipa kapiler.



### Ayo, Cek Pemahaman!

1. Gaya tegangan yang bekerja pada kawat

$$F = Y \times 2l$$

Dengan  $l$  adalah keliling kawat.

$$F = 0,024 \times 2 \times 0,44 = 0,0212 \text{ N}$$

2. Rumus untuk pipa kapiler

$$h = \frac{2 \gamma \cos \theta}{\rho_f g R}$$

$$\cos \theta = 0,015 \times 1000 \times 10 \times 0,00025 / (2 \times 0,072) = 0,26. \theta = 74,9^\circ$$

3. Gaya berat = gaya oleh tegangan permukaan.

$$w = 0,029 \times 0,01 = 0,00029 \text{ N}$$

$$m = 0,000029 \text{ kg} = 0,029 \text{ gr.}$$



### Ayo, Cek Pemahaman!

Resultan gaya = gaya berat – gaya Stokes – gaya ke atas = 0  
berlaku untuk kecepatan terminal.

$$\text{Massa tetesan air} = 1000 \times \frac{4}{3} \times 3,14 \times 0,0001^3 \text{ kg} = 4,19 \times 10^{-9} \text{ kg.}$$

$$\text{Berat tetesan air} = 4,19 \times 10^{-8} \text{ N.}$$

$$\text{Gaya Stokes} = 6 \times 3,14 \times 0,0001 \times 0,000018 \times v = 3,39 \times 10^{-8} v$$

$$\text{Gaya ke atas} = 1,2 \times 4,19 \times 0,0001^3 \times 10 = 5,028 \times 10^{-11} \text{ N.}$$

$$4,19 \times 10^{-8} - 3,39 \times 10^{-8} v - 5,028 \times 10^{-11} = 0.$$

$$4,19 \times 10^{-8} - 5,028 \times 10^{-11} = 3,39 \times 10^{-8} v$$

$$4190 \times 10^{-11} - 5,028 \times 10^{-11} = 3,39 \times 10^{-8} v$$

$$4184,972 \times 10^{-8} = 3,39 \times 10^{-8} v$$

$$v = \text{kelajuan terminal} = 1234,50 \text{ m/s.}$$

## 4. Pertemuan Keempat (2 JP)

### B. Fluida Dinamis

1. Fluida Ideal
2. Asas Kontinuitas



### Tujuan Pembelajaran

4. Peserta didik dapat menerapkan asas kontinuitas dan Prinsip Bernoulli dalam kehidupan sehari-hari.



### Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

Peserta didik telah memahami konsep-konsep dalam fluida statis



### Tahapan Pembelajaran

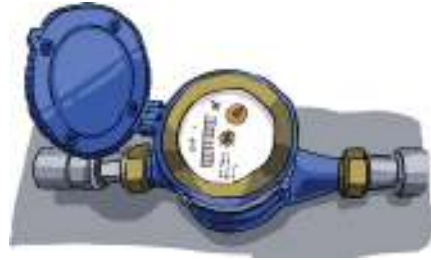
#### 1. Persiapan Pembelajaran

Guru menyiapkan aplikasi *phet*, selang karet, gambar, bahan bacaan, video dan soal-soal latihan untuk mendukung pembelajaran.

#### 2. Kegiatan Pembelajaran

### a. Apersepsi

Tunjukkan gambar air dalam bak dan air dalam pipa PDAM. Apa perbedaannya? (Air dalam bak tidak bergerak sedangkan air dalam pipa PDAM bergerak). Faktor apa saja yang perlu dipikirkan dalam sistem pemipaan (Contoh, kelajuan aliran air dan tekanan dalam pipa).



Gambar 4.17 Fluida dalam Sistem Pemipaan  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

### b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Minta peserta didik untuk menyimak sifat-sifat dari fluida ideal. Fluida ideal tidak ada di dalam alam tetapi digunakan untuk menyelesaikan permasalahan aliran fluida. Arahkan mereka untuk melakukan **Ayo Berdiskusi** dan diskusikan hasilnya.
- 2) Minta peserta didik untuk menyimak pendahuluan tentang asas kontinuitas. **Aktivitas 4.5** dapat didemonstrasikan atau dikerjakan oleh peserta didik di rumah. Adakan diskusi kelas untuk menganalisis fenomena.
- 3) Minta peserta didik mengerjakan **Ayo Cermati** dan diskusikan hasilnya. Peserta didik menyimak Gambar 4.20 dan mencermati penurunan Persamaan 4.10. Tanyakan, apa yang menjadi dasar persamaan kontinuitas. (Kekekalan massa). Arahkan peserta didik untuk melakukan kegiatan **Ayo Berdiskusi**. Berikan latihan soal lagi.
- 4) Arahkan peserta didik untuk melakukan **Aktivitas 4.6** dan diskusikan hasilnya.
- 5) Minta peserta didik untuk mengerjakan **Ayo Cek Pemahaman** dan diskusikan hasilnya. Berikan lagi soal-soal lainnya.

### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik secara berkelompok maupun individu menganalisis asas kontinuitas melalui eksperimen dan pertanyaan-pertanyaan.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman



### Ayo, Berdiskusi!

Akibat dari asumsi fluida ideal dalam dinamika fluida ini adalah massa jenis tetap dan tidak ada energi yang hilang selama aliran.

### Aktivitas 4.5

Air keluar makin cepat jika lubang keluar makin kecil.

### Aktivitas 4.6

Setiap kelompok melengkapi tabel. Jawaban pertanyaan adalah sebagai berikut.

1. Kelajuan air pada pipa akan berubah jika luas penampang diubah.
2. Laju aliran volume atau debit tidak berubah.
3. Pemasangan pipa dengan diameter lebih kecil di rumah daripada pipa induk PDAM agar air mengalir lebih cepat ke rumah.



### Ayo, Cermati!

Kecepatan air yang jatuh makin lama makin besar sehingga luas penampangnya juga makin kecil.



### Ayo, Berdiskusi!

Energi potensial berubah menjadi energi kinetik sehingga diperoleh  $v_2 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 0,5} = \sqrt{10} \text{ m/s}$ . Gunakan asas kontinuitas.



### Ayo, Cek Pemahaman!

$$1. \frac{Q}{t} = Av \rightarrow v = \frac{Q}{tA} = \frac{400}{60 \times 3,14 \times 0,5^2} = 8,49 \text{ cm/s}$$

$$2. \frac{Q}{t} = Av = 3,14 \times 5^2 \times 50 = 3925 \text{ cm}^3/\text{s}$$

3. Kelajuan pada pipa kecil

$$v_2 = \frac{A_1}{A_2} \times 50 = 4 \times 50 = 200 \text{ cm/s}$$

$$\frac{Q}{t} = \text{debit air } Av = 3,14 \times 5 \times 5 \times 50 = 3925 \text{ cm}^3/\text{s}$$

4. Kelajuan air pada pipa kecil

$$\text{Debit air} = 400/10 = 40 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\frac{Q}{t} = Av \rightarrow v_2 = \frac{Q}{At} = \frac{40}{3,14 \times 0,25^2} = 40 \text{ cm}^3/\text{s}$$



## 5. Pertemuan Kelima (2 JP)

### B. Fluida Dinamis

2. Prinsip Bernoulli
3. Penerapan Prinsip Bernoulli



#### Tujuan Pembelajaran

4. Peserta didik dapat menerapkan asas kontinuitas dan prinsip Bernoulli dalam kehidupan sehari-hari.



#### Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

1. Peserta didik telah memahami asas kontinuitas.
2. Peserta didik telah memahami konsep tekanan hidrostatik.
3. Peserta didik telah memahami konsep usaha dan energi.



#### Tahapan Pembelajaran

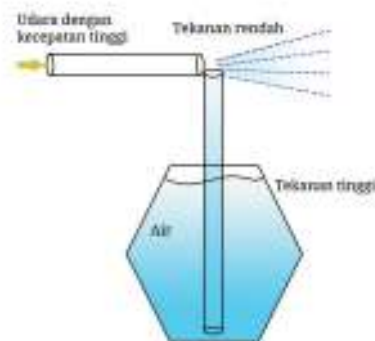
### 1. Persiapan Pembelajaran

Guru mempersiapkan gelas, sedotan berdiameter kecil, sedotan berdiameter besar, soal-soal latihan, gambar, bahan bacaan, dan video yang terkait dengan Prinsip Bernoulli.

### 2. Kegiatan Pembelajaran

#### a. Apersepsi

Guru mendemonstrasikan eksperimen sederhana ini (lihat Gambar 4.18 di bawah). Tanyakan, mengapa air dapat keluar. (Tekanan di dalam sedotan berdiameter besar lebih besar daripada sedotan berdiameter kecil).



Gambar 4.18 Eksperimen cara kerja semprot nyamuk  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

## b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Jelaskan fenomena lain yang berkaitan dengan Prinsip Bernoulli yaitu perbedaan tekanan karena perbedaan kelajuan fluida seperti gaya angkat pada pesawat terbang. Peserta didik diminta melakukan **Ayo Berkolaborasi** dan menyampaikan hasilnya.
- 2) Jelaskan bahwa hubungan antara tekanan fluida dan kelajuan fluida diberikan oleh persamaan Bernoulli. Minta peserta didik menyimak penurunan persamaan Bernoulli. Tanyakan, konsep apa yang mendasari persamaan Bernoulli (Kekekalan energi). Arahkan mereka untuk melakukan **Ayo Cek Pemahaman**.
- 3) Jelaskan penerapan Prinsip Bernoulli seperti gaya angkat pada pesawat terbang.



Gambar 4.19 Gaya angkat pada pesawat  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Aplikasi lain adalah tabung Pitot yang digunakan oleh pesawat udara dan venturimeter.

## c. Aplikasi Konsep

Peserta didik menerapkan Prinsip Bernoulli dalam menjelaskan fenomena fisis maupun penyelesaian masalah.



### Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman



### Ayo, Berkolaborasi!

Ketika ditiup maka kedua kertas saling mendekat yang menunjukkan bahwa tekanan udara di antara kedua kertas lebih kecil daripada di luar masing-masing kertas. Tekanan udara rendah jika kelajuan udara tinggi.



## Ayo, Cek Pemahaman!

Jawaban soal-soal latihan.

$$1. P_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$P_1 = P_2 =$  tekanan udara,  $h_1 = 3$  m,  $h_2 = 0$  m dan

$$v_1 = 0 \text{ maka } v_2 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 3} = \sqrt{60} \text{ m/s.}$$

$$\text{Debit} = A v = 10^{-5} \times \sqrt{60} \text{ m}^3/\text{s}$$

2. Berdasarkan persamaan Bernoulli.

$$2g(h_1 - h_2) = v_2^2 - v_1^2$$

$$2 \times 10 \times (0,1) = v_2^2 - (A_2 v_2 / A_1)^2 = 0,9999 v_2^2$$

$$2 = 0,9999 v_2^2$$

Kelajuan air melalui lubang  $A_2$  adalah 1,41 m/s.



## Ayo, Berdiskusi!

1. Kedua perahu akan saling mendekat.
2. Tirai tertarik ke arah *shower* (ke dalam kamar mandi) karena tekanan udara di dekat *shower* lebih kecil dari pada di luar *shower*.
3. Angin puting beliung dapat mengangkat atap rumah.  
Tekanan udara di sekitar atap rumah lebih rendah dari daripada berada di bawah atap.



Gambar 4.20 Angin puting beliung mengangkat atap rumah  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

## C. Refleksi Pembelajaran Bab 4

1. Guru merefleksikan hal-hal apa (pengajaran, partisipasi dan pemahaman peserta didik, serta manajemen kelas) yang telah berjalan dengan baik.
2. Guru merefleksikan hal-hal apa (pengajaran, partisipasi dan pemahaman peserta didik, serta manajemen kelas) yang perlu diperbaiki.
3. Guru merefleksikan temuan-temuan khusus terkait miskonsepsi, teknik penyelesaian masalah, sikap dan pertanyaan yang berkaitan dengan prinsip fluida.

## D. Jawaban Asesmen

- Jika tekanan udara 1 atm maka kenaikan adalah 76 cm Hg. Kenaikan untuk 0,8 atm adalah  $0,8 \times 76 = 60,8$  cm.
- Gaya berat = 50000 N  
 Resultan gaya horizontal =  $5000 \times 2 = 10000$  N Selisih tekanan bagian bawah dan atas pesawat adalah  

$$p_2 - p_1 = \frac{1}{2} \rho v_1^2 - \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 1,2 \times (250^2 - 200^2) = 13.500 \text{ Pa}$$
 Gaya angkat =  $13.500 \times 60 = 810.000$  N  
 Resultan gaya vertikal =  $810.000 - 50.000$   

$$= 760.000 \text{ N.}$$
 Resultan gaya = 760.060 N.
- Jawaban
  - Tekanan hidrostatik yang di alami oleh lubang tersebut  

$$p_h = 1000 \times 10 \times 0,25 = 2500 \text{ pa}$$
  - Kecepatan cairan saat keluar dari lubang  

$$p_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$p_1 = p_2 = \text{tekanan udara, } h_1 = 30 \text{ cm, } h_2 = 5 \text{ cm dan}$$

$$v_1 = 0 \text{ maka } v_2 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 0,25} = \sqrt{5} \text{ m/s.}$$
  - Jarak terjauh yang ditempuh cairan yang keluar dari lubang  

$$h = \frac{1}{2} gt^2$$

$$0,05 = 5 t^2 \text{ sehingga } t^2 = 0,01 \text{ dan } t = 0,1 \text{ s}$$
 Jarak tempuh =  $\sqrt{5} \times 0,1 \text{ m}$
- Gaya ke atas = berat balok  

$$1000 \times 0,5 V \times 10 + 800 \times 0,3 V \times 10 = \rho \times V \times 10$$

$$740 V = \rho V$$
 Jadi  $\rho = 740 \text{ kg/m}^3$ .
- Venturimeter  

$$p_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$h_1 = h_2 \text{ sehingga:}$$

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2)$$
 karena  $p_1 - p_2 = \rho \cdot g \cdot h$  maka persamaan di atas menjadi:  

$$\rho \times g \times h = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2)$$

$$2 \times g \times h = (v_2^2 - v_1^2)$$

$$2gh = v_2^2 - v_1^2$$

$$2 \times 10 \times 0,25 = (A_1 v_1 / A_2)^2 - v_1^2 = 5/4 v_1^2$$

$$5 = 5/4 v_1^2$$

$$v_1 = 2 \text{ m/s}$$

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2022

Buku Panduan Guru Fisika untuk SMA/MA Kelas XI

Penulis : Marianna Magdalena Radjawane, Alvius Tinambunan, Lim Suntar Jono  
ISBN : 978-623-472-724-1 (jil.1)

## BAB 5

# Gelombang, Bunyi dan Cahaya

## Panduan Khusus

### Pendahuluan

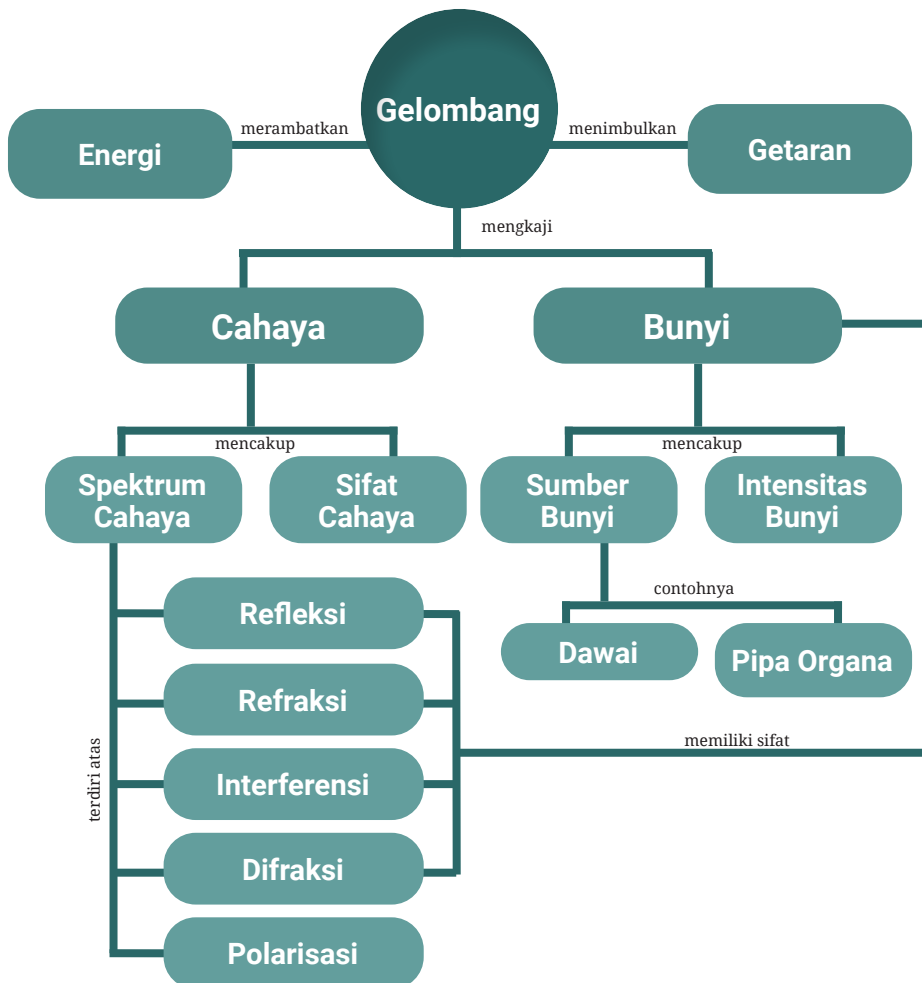
Fenomena gelombang seperti gelombang bunyi dan gelombang cahaya adalah fenomena yang berhubungan langsung dengan panca indra kita sebagai manusia. Adapun aplikasi dari prinsip-prinsip pada gelombang telah dimanfaatkan diberbagai bidang seperti teknologi komunikasi, kesehatan hingga pengamatan akan benda-benda langit, pemahaman akan prinsip-prinsip dan aplikasi gelombang akan sangat berguna bagi peserta didik dalam mengembangkan pola pikir akan pergerakan energi yang menjadi permasalahan di masa depan.

Setiap subbab pada pembelajaran di susun berdasarkan fenomena-fenomena yang biasa diamati sehari-hari dan kemudian dijelaskan menggunakan prinsip-prinsip dari gelombang. Kemampuan peserta didik dalam memanfaatkan teknologi seperti menggunakan aplikasi di Handphone, laboratorium virtual dan alat-alat elektronik akan di kembangkan di dalam beberapa aktivitas. Topik pada gelombang akan berkaitan dengan topik getaran pada fase D dan konsep energi yang telah dipelajari pada fase E.

## Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari Bab 5 tentang fenomena gelombang, peserta didik diharapkan dapat menentukan persamaan cepat rambat gelombang bunyi, menerapkan persamaan efek Doppler dalam pemecahan masalah, menentukan hubungan antara besaran yang memengaruhi frekuensi gelombang pada dawai dan pipa organa, menentukan hubungan panjang kolom udara terhadap panjang gelombang pada peristiwa resonansi, menentukan jumlah layangan bunyi tiap detik, menentukan intensitas bunyi dan taraf intensitas bunyi, menjelaskan spektrum gelombang cahaya pada penguraian cahaya, menerapkan konsep dan prinsip difraksi, interferensi, dan polarisasi gelombang cahaya dalam pemecahan masalah dan menerapkan konsep dan prinsip gelombang bunyi dan cahaya pada teknologi.

### Peta Konsep



## A. Skema Pembelajaran Bab 5

1. Rekomendasi waktu pembelajaran 15 jam pelajaran (1 JP = 45 menit).
2. Asesmen dibagi menjadi beberapa bagian yaitu dengan soal dan aktivitas. Pada akhir bab akan diberikan asesmen untuk menguji kemampuan analitis peserta didik dalam memecahkan masalah.

Tahapan Pembelajaran	J P	Materi Pokok	Tujuan Pembelajaran Pertahapan	Strategi Pembelajaran	Sumber Belajar dan Media
Subbab A : Gelombang	8	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Klasifikasi gelombang</li> <li>2. Besaran-besaran gelombang</li> <li>3. Prinsip-prinsip gelombang</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Peserta didik dapat mendeskripsikan gejala-gejala gelombang dalam kehidupan sehari-hari</li> <li>2. Peserta didik mampu mendeskripsikan besaran-besaran gelombang melalui suatu percobaan</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penjelasan fenomena akan topik terkait</li> <li>2. Aktivitas dan beberapa percobaan sederhana</li> <li>3. Demonstrasi menggunakan alat sederhana</li> <li>4. Demonstrasi secara virtual</li> <li>5. Cek pemahaman</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Buku peserta didik Subbab A</li> <li>2. Sumber bacaan internet terkait gelombang dan prinsip-prinsipnya</li> <li>3. Laboratorium virtual phet Colorado terkait gelombang berdiri</li> <li>4. Buku-buku penunjang topik terkait</li> </ol>
Subbab B : Gelombang Bunyi	4	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cepat rambat bunyi</li> <li>2. Aplikasi gelombang bunyi</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Peserta didik mampu mendeskripsikan cepat rambat gelombang bunyi dalam medium yang berbeda-beda</li> <li>2. Peserta didik mampu mendeskripsikan beberapa sumber bunyi baik berupa dawai maupun pipa organa</li> <li>3. Peserta didik mampu mendeskripsikan fenomena-fenomena dalam gelombang bunyi</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penjelasan fenomena akan topik terkait</li> <li>2. Aktivitas menggunakan teknologi</li> <li>3. Demonstrasi menggunakan alat sederhana</li> <li>4. Demonstrasi secara virtual</li> <li>5. Cek pemahaman</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Buku peserta didik Subbab B</li> <li>2. Sumber bacaan dari internet terkait gelombang bunyi</li> <li>3. Buku-buku penunjang topik terkait</li> <li>4. Aplikasi <i>Soundlevel meter</i> dan <i>frequency generator</i></li> <li>5. Pengolah data seperti <i>ms.Excel</i></li> </ol>

Tahapan Pembelajaran	J P	Materi Pokok	Tujuan Pembelajaran	Strategi Pembelajaran	Sumber Belajar dan Media
Subbab C : Gelombang Cahaya	5	<ol style="list-style-type: none"> <li>Sifat-sifat gelombang cahaya</li> <li>Aplikasi gelombang cahaya</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Peserta didik mampu mendeskripsikan gelombang cahaya sebagai salah satu bagian dari spektrum gelombang elektromagnetik</li> <li>Peserta didik mampu mendeskripsikan sifat-sifat cahaya dalam fenomena sehari-hari</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Penjelasan fenomena akan topik terkait</li> <li>Aktivitas menggunakan teknologi</li> <li>Demonstrasi menggunakan alat sederhana</li> <li>Demonstrasi secara virtual</li> <li>Cek pemahaman</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Buku peserta didik Subbab C</li> <li>Sumber bacaan dari internet terkait gelombang cahaya</li> <li>Laboratorium virtual phet Colorado terkait difraksi dan interferensi</li> </ol>

## B. Panduan Pembelajaran Bab 5

### 1. Pertemuan Pertama dan Kedua (4 JP)

#### A. Gelombang

- Klasifikasi Gelombang
- Beda Fase Gelombang



#### Tujuan Pembelajaran

- Peserta didik dapat mendeskripsikan gejala-gejala gelombang dalam kehidupan sehari-hari.
- Peserta didik dapat mendeskripsikan besaran-besaran gelombang melalui suatu percobaan.



#### Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

- Peserta didik telah memahami besaran-besaran yang berkaitan dengan getaran pada fase D.
- Peserta didik telah memahami besaran-besaran sudut dalam lingkaran dan persamaan trigonometri.





## Tahapan Pembelajaran

### 1. Persiapan Pembelajaran

- a. Guru menyiapkan fenomena-fenomena fisika terkait gejala beserta efek dari gelombang seperti tsunami dan gempa.
- b. Guru menyiapkan alat seperti slinki ataupun tali untuk melakukan demonstrasi gerak gelombang pada **Aktivitas 5.2**
- c. Guru menyiapkan percobaan virtual yang dilakukan secara mandiri terkait dengan besaran-besaran gelombang. Tautan [https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string\\_in.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_in.html)

### 2. Kegiatan Pembelajaran

#### a. Apersepsi

- 1) Guru menampilkan beberapa fenomena gelombang di alam maupun di luar angkasa melalui video ataupun media berita.
- 2) Guru memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk menyampaikan pengetahuan mereka terkait getaran dan gelombang melalui diskusi singkat.
- 3) Guru mendemonstrasikan gerak harmonik pada pegas yang kemudian akan diperluas menjadi konsep gelombang.
- 4) Guru memberikan beberapa persoalan sederhana terkait dengan besaran-besaran gelombang.

#### b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Peserta didik diajak untuk menyampaikan pertanyaan dan ide-ide mereka setelah menyimak video ataupun membaca artikel terkait tentang fenomena gelombang.
- 2) Arahkan peserta didik untuk memahami gerak gelombang melalui **Aktivitas 5.1**.
- 3) Ajak peserta didik mengutarakan pendapat mereka tentang konsep gerak gelombang beserta besaran-besarannya setelah melakukan **Aktivitas 5.2**.
- 4) Berilah kesempatan kepada para peserta didik untuk melakukan penelitian mandiri secara virtual menggunakan aplikasi Phet.Colorado **Aktivitas 5.3**.
- 5) Berikan asesmen atau laporan ringkas untuk mengecek pemahaman peserta didik akan materi yang telah dipelajari.

### c. Aplikasi Konsep

- 1) Peserta didik secara berkelompok melakukan **Aktivitas 5.1** dan **Aktivitas 5.2** kemudian menganalisis hasil pengamatan dan menyampaikannya di depan kelas.
- 2) Peserta didik secara mandiri melakukan **Aktivitas 5.3** dan kemudian membuat laporan ringkas hasil pengamatan yang telah dilakukan.

## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman



### Aktivitas 5.1

1. Perhatikan sinkronisasi gerakan pen dan waktu, usahakan gerakan bersifat periodik dengan amplitudo dan frekuensi yang dipertahankan tetap.
2. Perhatikan gerakan kertas. Usahakan gerakan kertas konstan dan tidak memengaruhi gerakan pen.
3. Hasil percobaan yang diharapkan adalah **Gambar 5.1**.
4. Pilihlah panjang gelombang pada pola yang lebih teratur kemudian tentukan kecepatan gelombang dengan menggunakan persamaan  $v = \lambda/T$ .



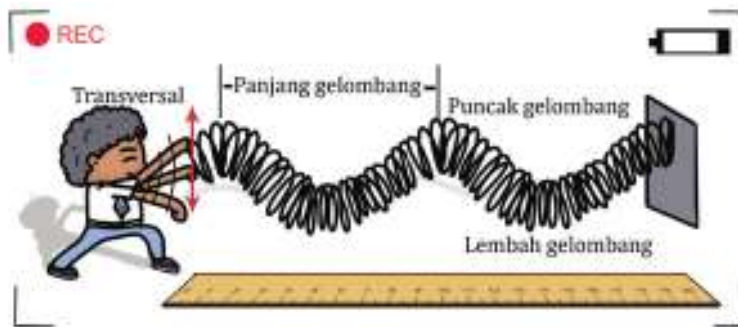
Gambar 5.1 Hasil percobaan yang diharapkan pada **Aktivitas 5.1**.  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

5. Kecepatan gerak kertas akan mendekati kecepatan rambat gelombang.



### Aktivitas 5.2

1. Guru membantu dalam mengarahkan percobaan, baik pada peserta didik yang melakukan demonstrasi ataupun yang merekam.



**Gambar 5.2** Rangkaian percobaan  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

2. Ukurlah jarak dari sumber gelombang dan ujung yang terikat.
3. Tentukan perbandingan skala antara jarak sebenarnya dan jarak pada video rekaman.
4. Dari rekaman buatlah sebuah titik yang menunjukkan puncak gelombang, lembah gelombang dan panjang gelombang. Gunakan rasio dari poin 3 untuk menentukan panjang gelombang.

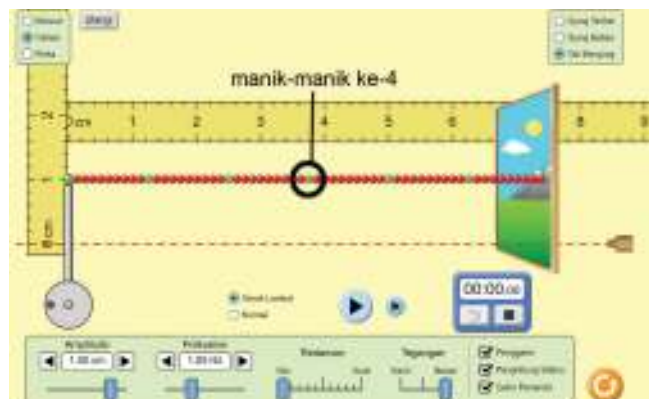


### Aktivitas 5.3

1. Arahkan peserta didik secara seksama dalam menggunakan aplikasi simulasi virtual pada tautan berikut ini.

[https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string\\_in.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_in.html)

2. Arahkan peserta didik melakukan pengaturan sesuai dengan **Gambar 5.3**.

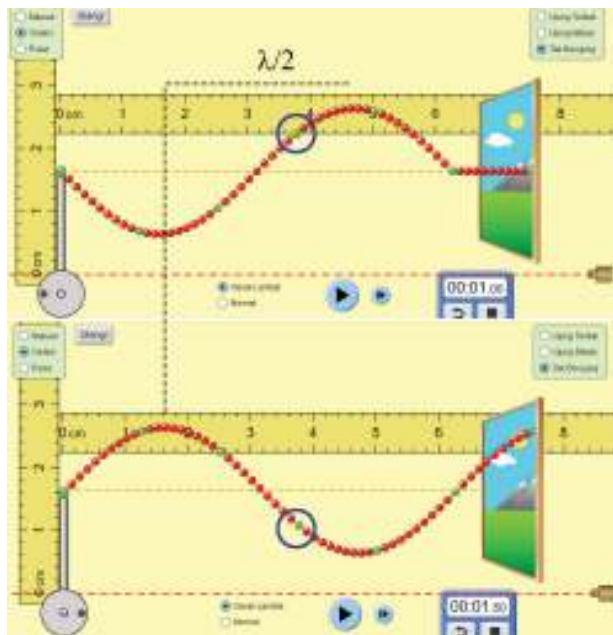


**Gambar 5.3** Pengaturan pada percobaan virtual  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

- Perbedaan osilasi dan sinyal. Pada osilasi gerakan sumber getaran akan bersifat kontinu sedangkan pada sinyal hanya terdapat getaran tunggal baik secara periodik ataupun non-periodik, keduanya sama-sama merambatkan energi.
- Simpangan manik-manik ke-4 pada detik 1,5 sekon adalah 0,6 cm (dihitung dari titik tengah 1,0 cm – 0,4 cm)
- Beda fase antara waktu 1 sekon dan 1,5 sekon.

$$\Delta\varphi = \frac{1,5\text{ s} - 1,0\text{ s}}{1\text{ s}} = \frac{1,5\text{ s} - 1,0\text{ s}}{1\text{ s}} = \frac{1}{2}$$

Artinya beda fase antara gelombang pada 1 detik dan 1,5 detik adalah  $\frac{1}{2}$  panjang gelombang ataupun  $180^\circ$ . Hal ini dapat dilihat pada **Gambar 5.4**



**Gambar 5.4** Beda fase antara dua gelombang pada detik 1 dan 1,5  
Sumber : Marianna M Screenshot/ PhET(2022)

- Berdasarkan bacaan penggaris pada Gambar 5.4, panjang gelombang dapat diperkirakan sekitar 6,28 cm sehingga cepat rambat gelombang adalah:

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{6,28\text{ cm}}{1\text{ s}} = 6,28\text{ cm/s}$$

Jika frekuensi dinaikkan, cepat rambat gelombang tetap sama, sedangkan panjang gelombang memendek.



## Ayo, Cek Pemahaman!

Dari persamaan  $y = 2 \sin 2\pi(0,5t - 0,2x)$

1. Fase pada  $x = 5$  m dan  $t = 4$  sekon adalah

$$\varphi = \frac{\theta}{2\pi} = \frac{2\pi(0,5t - 0,2x)}{2\pi} = 0,5(4) - 0,2(5) = 2 - 1 = 1$$

2. Beda fase pada  $x = 3$  m dan  $x = 3,5$  m.

Persamaan simpangan gelombang ( $y$ ) yang merambat ke kanan dengan amplitudo  $A$  diberikan oleh persamaan

$$y = A \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) = 2 \sin 2\pi(0,5t - 0,2x)$$

$$\frac{1}{\lambda} = 0,2 \rightarrow \lambda = 5m$$

Beda fase

$$\Delta\varphi = \frac{x_B - x_A}{\lambda} = \frac{3,5 - 3}{5} = \frac{1}{10} = 0,1$$

3. Periode gelombang adalah:

$$\frac{1}{T} = 0,5 \rightarrow T = 2s$$

Sehingga cepat rambat gelombang adalah:

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{5m}{2s} = 2,5 \text{ m/s}$$

## 2. Pertemuan Ketiga (2 JP)

### A. Gelombang

#### 3. Prinsip-prinsip dalam Gelombang



### Tujuan Pembelajaran

Peserta didik mengidentifikasi beberapa fenomena gelombang sehari-hari yang dapat dijelaskan dengan prinsip-prinsip gelombang.



## Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

1. Peserta didik telah memahami beda fase antara dua gelombang.
2. Peserta didik telah memahami karakteristik gelombang seperti muka gelombang, amplitudo dan panjang gelombang.



## Tahapan Pembelajaran

### 1. Persiapan Pembelajaran

- a. Guru mempersiapkan beberapa demonstrasi baik berupa video di internet ataupun laboratorium virtual terkait dengan prinsip-prinsip gelombang seperti superposisi dan prinsip Huygens. Adapun salah satu laboratorium virtual dapat menggunakan tautan berikut ini.

<https://phet.colorado.edu/en/simulations/wave-interference>

- b. Guru menyiapkan alat peraga terkait dengan intensitas dan amplitudo dapat berupa penggaris yang digetarkan, pendulum yang disimpangkan ataupun demonstrasi menggunakan permukaan air yang diriakkan.

### 2. Kegiatan Pembelajaran

#### a. Apersepsi

- 1) Guru menampilkan beberapa fenomena gelombang di alam beserta sifat-sifat yang mendasari fenomena tersebut seperti pemantulan, pembiasan, interferensi dan difraksi.
- 2) Peserta didik memberikan beberapa pertanyaan sehubungan dengan pengalaman-pengalaman mereka terkait dengan prinsip-prinsip gelombang.
- 3) Guru memberikan demonstrasi sederhana dengan menggunakan permukaan air yang diberi penghalang/celah terkait dengan intensitas dan pembentukan gelombang kedua.

#### b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Peserta didik menyampaikan ide terkait prinsip-prinsip gelombang sebagai dasar dari sifat gelombang.

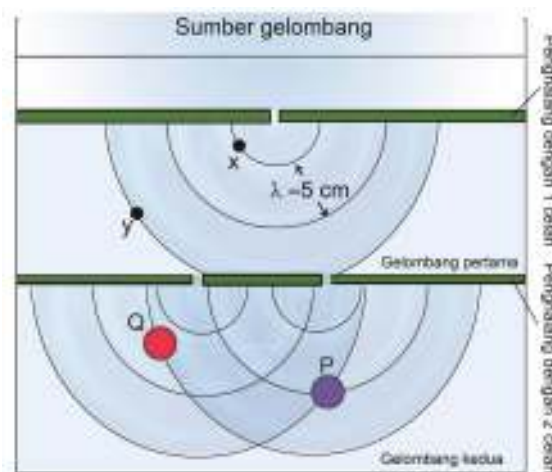
- 2) Peserta didik diarahkan untuk memahami prinsip superposisi menggunakan perbedaan fase gelombang
- 3) Demonstrasi akan keras bunyi atau kecerahan sumber cahaya untuk mengarahkan peserta didik untuk memahami hukum kuadrat terbalik terhadap intensitas.

### c. Aplikasi Konsep

- 1) Tuntunlah peserta didik untuk memahami beberapa prinsip dalam gelombang melalui sebuah demonstrasi.
- 2) Peserta didik diarahkan untuk menyampaikan kesimpulan dari hasil pembelajaran yang telah dilakukan.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman



**Gambar 5.5** Percobaan dua celah ganda  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

- a. Rasio jarak antara titik x dan y adalah 5 cm : 15 cm. Menggunakan hukum kuadrat terbalik diperoleh:

$$\frac{I_x}{I_y} = \left(\frac{r_y}{r_x}\right)^2 = \left(\frac{15}{5}\right)^2 = \frac{9}{1}$$

- b. Pada titik P gelombang 1 dan gelombang 2 akan bertemu pada titik yang menunjukkan kedua gelombang sefase sehingga simpangan gelombang adalah  $A_{total} = A + A = 2A$ . Sedangkan pada titik Q kedua gelombang akan berlawanan fase sehingga simpangan kedua gelombang adalah  $A_{total} = A + (-A) = 0$ .

- c. Menurut Prinsip Huygens-Fresnel, panjang gelombang pada gelombang kedua akan sama dengan panjang gelombang pada gelombang pertama sehingga cepat rambat gelombang adalah:

$$v = \lambda f = 5 \text{ cm} \cdot 20 \text{ Hz} = 100 \text{ cm/s}$$

### 3. Pertemuan Keempat (2 JP)

#### B. Gelombang Bunyi

1. Cepat Rambat Gelombang Bunyi
2. Sumber Bunyi



#### Tujuan Pembelajaran

1. Mendeskripsikan cepat rambat gelombang bunyi dalam medium yang berbeda-beda.
2. Mendeskripsikan beberapa sumber bunyi baik berupa dawai maupun pipa organa.
3. Mendeskripsikan secara kuantitatif bagaimana perubahan frekuensi pada suatu sumber bunyi.



#### Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

1. Peserta didik telah memahami besaran-besaran dalam gelombang.
2. Peserta didik telah memahami bunyi sebagai suatu gelombang yang muncul karena sumber yang digetarkan.
3. Peserta didik telah memahami konsep gelombang stasioner sebagai hasil dari superposisi dua gelombang.



#### Tahapan Pembelajaran

##### 1. Persiapan Pembelajaran

- a. Guru mengarahkan peserta didik untuk menyiapkan aplikasi berupa *pitch tuner* (untuk membaca frekuensi), gitar dan sebuah capo untuk melakukan **Aktivitas 5.4**.



- b. Guru menyiapkan beberapa alat musik dapat berupa virtual ataupun real.
- c. Guru menyiapkan garputala untuk melakukan demonstrasi amplitudo dan frekuensi.

## 2. Kegiatan Pembelajaran

### a. Apersepsi

- 1) Guru melakukan reviu terkait persamaan gelombang.
- 2) Guru mengarahkan peserta didik untuk mengutarakan pengalaman mereka terkait gelombang bunyi.
- 3) Guru melakukan tanya jawab mengenai alat musik yang pernah peserta didik mainkan.

### d. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Peserta didik diajak untuk menyampaikan pengalaman ataupun fenomena terkait gelombang bunyi.
- 2) Melalui soal dari **subbab B.1 “Cek Pemahaman”** para peserta didik diarahkan untuk mencari informasi pemanfaatan gelombang radio sebagai sarana untuk berkomunikasi di angkasa luar dan bagaimana pengaruh suhu pada bunyi.
- 3) Peserta didik diajak untuk menyampaikan ide terkait sumber bunyi dalam kehidupan sehari-hari.
- 4) Peserta didik diarahkan untuk memahami besaran-besaran yang mempengaruhi cepat rambat bunyi pada dawai melalui **Aktivitas 5.4**.

### c. Aplikasi Konsep

- 1) Peserta didik mengutarakan jawaban untuk pertanyaan **subbab B.1 “Cek Pemahaman”**.
- 2) Peserta didik diarahkan untuk menyampaikan hasil pengamatan mereka dari **Aktivitas 5.4** yang telah dilakukan.
- 3) Peserta didik menggunakan teknologi untuk melakukan suatu percobaan secara berkelompok.
- 4) Peserta didik diarahkan untuk memahami hubungan antara sains dan seni melalui nada-nada yang teratur pada sumber bunyi.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman



### Aktivitas 5.4

1. Peserta didik diarahkan untuk membuat sebuah rancangan percobaan dengan menggunakan alat musik dawai (dalam kasus ini adalah gitar).
2. Beberapa hubungan antara perubahan besaran dan perubahan frekuensi melalui pengamatan adalah sebagai berikut:
  - a. semakin besar massa (tali makin tebal) maka frekuensi akan semakin rendah,
  - b. semakin kuat tegangan dawai maka frekuensinya akan semakin tinggi,
  - c. semakin pendek suatu dawai maka semakin tinggi frekuensinya.
3. Persamaan yang dibentuk berdasarkan hasil percobaan pada poin 2 adalah

$$\lambda = 2l$$

$$f = \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{Fl}{m}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{F}{ml}}$$



### Ayo, Cek Pemahaman!

1. Para astronot di luar angkasa menggunakan gelombang radio jika tidak berada di dalam pesawat luar angkasa. Suara dari astronot akan diubah menjadi sinyal digital dan kemudian akan ditransmisikan ke astronot lain. Saat sampai ke astronot lain sinyal tersebut diubah menjadi sinyal analog berupa suara.
2. Pada siang hari udara di dekat permukaan tanah akan lebih hangat sehingga rapat molekulnya lebih rendah dibandingkan di atas tanah. Hal ini mengakibatkan bunyi akan berbelok menjauhi permukaan tanah. Pada saat malam hari, udara di dekat permukaan tanah akan lebih dingin sehingga rapat molekulnya lebih tinggi sehingga bunyi akan cenderung membelok ke arah permukaan tanah. Karenanya, di malam hari suara bisa terdengar lebih nyaring daripada di siang hari.



Gambar 5.6 Perbedaan intensitas bunyi pengamat karena perbedaan suhu  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

3. Ubahlah persamaan (5.9) sebagai fungsi suhu mutlak kelvin

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \times \sqrt{\frac{273 \text{ K}}{273 \text{ K}}} \\ = \sqrt{\frac{(273 \text{ K})\gamma R}{M}} \times \sqrt{\frac{T}{273 \text{ K}}}$$

Sustitusikan  $\gamma=1,4$  ,  $R= 8,31 \text{ J/molK}$  dan  $M=0,029 \text{ kg/mol}$ . Sehingga diperoleh

$$v \approx 331 \text{ m/s} \times \sqrt{\frac{T}{273 \text{ K}}}$$

## 4. Pertemuan Kelima (1 JP)

### B. Gelombang Bunyi

3. Efek Doppler
4. Resonansi
5. Layangan Bunyi



### Tujuan Pembelajaran

Peserta didik dapat mendeskripsikan fenomena seperti efek Doppler, resonansi dan layangan bunyi dalam kehidupan sehari-hari



## Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

1. Peserta didik telah memahami konsep kecepatan gelombang dan besaran-besaran yang memengaruhinya.
2. Peserta didik telah memahami prinsip-prinsip gelombang.
3. Peserta didik telah memahami perhitungan frekuensi pada bandul.



## Tahapan Pembelajaran

### 1. Persiapan Pembelajaran

- a. Peserta didik menyiapkan alat dan bahan pada **Aktivitas 5.5**. Adapun alat yang digunakan adalah dua *handphone* dengan aplikasi *sound generator*, perekam layar dan *pitch tuner*.
- b. Peserta didik menyiapkan alat dan bahan seperti plastisin/pemberat dan benang untuk **Aktivitas 5.6**.
- c. Guru menyiapkan beberapa fenomena terkait dengan resonansi dan gejala-gejalanya di alam baik berupa berita ataupun video.
- d. Guru menyiapkan fenomena layangan bunyi melalui video ataupun simulasi.
- e. Guru menyiapkan alat-alat untuk melakukan demonstrasi sederhana dengan garputala ataupun gitar untuk menunjukkan konsep resonansi.

### 2. Kegiatan Pembelajaran

#### a. Apersepsi

- 1) Peserta didik melakukan revid tentang penentuan panjang gelombang dan kecepatan rambat gelombang.
- 2) Guru memberikan pertanyaan melalui suatu fenomena seperti suara ambulans yang berubah saat ambulans menjauh ataupun mendekati pendengar atau pengamat.
- 3) Guru melakukan revid terkait hubungan frekuensi dan panjang tali.
- 4) Guru melakukan revid terkait prinsip gelombang dengan menggunakan beda fase antara dua gelombang.

## b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Peserta didik diarahkan untuk memahami efek gerak relatif terhadap perubahan frekuensi melalui **Aktivitas 5.5**.
- 2) Peserta didik diberikan arahan untuk menyampaikan pengalaman atau ide terkait resonansi dan pelayangan bunyi di alam.
- 3) Guru menggunakan garputala untuk menunjukkan bagaimana resonansi dapat mentransfer energi apabila frekuensi alaminya sama.
- 4) Peserta didik diarahkan untuk mengamati proses resonansi melalui **Aktivitas 5.6**.
- 5) Peserta didik melalui penjelasan guru dan cek pemahaman subbab B.5 memahami bagaimana proses terbentuknya pelayangan bunyi.

## c. Aplikasi Konsep

- 1) Peserta didik menggunakan teknologi untuk melakukan suatu percobaan secara berkelompok.
- 2) Peserta didik menyampaikan simpulan hasil percobaan pada **Aktivitas 5.6** di depan kelas.
- 3) Peserta didik memahami bagaimana dua benda yang memiliki frekuensi alami sama dapat beresonansi.
- 4) Peserta didik memahami bahwa pelayangan bunyi merupakan efek dari perbedaan fase antara dua sumber bunyi menggunakan prinsip interferensi.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman



### Aktivitas 5.5

1. Arahkan peserta didik untuk merancang sebuah percobaan seperti pada **Gambar 5.7**.



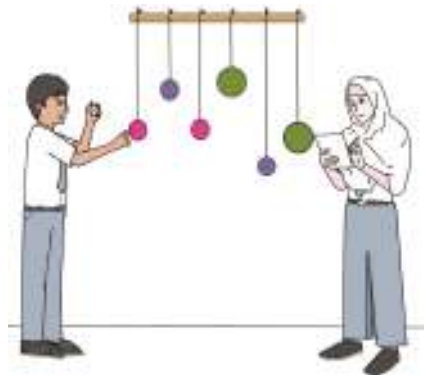
**Gambar 5.7** Contoh rangkaian percobaan  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

2. Pada percobaan peserta didik meletakkan HP 1 sebagai sumber frekuensi dan HP 2 di gantung secara bebas seperti bandul.
3. Sebelum dilepas HP 2 diaktifkan terlebih dahulu *pitch tuner* untuk mengukur frekuensi masukan dari HP 1 kemudian mengaktifkan aplikasi perekam layar.
4. Setelah HP 2 dilepas, frekuensi yang akan ditunjukkan HP 2 yang diharapkan adalah:
  - a. saat mendekat frekuensi semakin tinggi
  - b. saat menjauh frekuensi semakin rendah



### Aktivitas 5.6

1. Para peserta didik diarahkan untuk merancang suatu percobaan seperti pada **Gambar 5.8**.
2. Dari percobaan dapat disimpulkan bahwa tali dengan panjang yang sama yang akan ikut bergetar. Hal ini dikarenakan frekuensi alaminya sama.
3. Peserta didik dapat melakukan pengujian melalui perhitungan frekuensi tiap bandul menggunakan *stopwatch*.



**Gambar 5.8** Rancangan percobaan resonansi pada tali  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)



### Ayo, Cek Pemahaman!

Layangan bunyi antara bunyi piano dan gitar adalah:

$$f_1 = |f_p - f_g| = |440 - 330| = 110 \text{ Hz}$$

Artinya pengamat akan mendengar 110 ketuk tiap detik

## 5. Pertemuan Keenam (1 JP)

### B. Gelombang Bunyi

#### 6. Intensitas dan Taraf Intensitas bunyi

#### 7. Aplikasi Gelombang Bunyi



### Tujuan Pembelajaran

1. Mendeskripsikan intensitas dan taraf intensitas bunyi pada contoh sehari-hari.
2. Mendeskripsikan aplikasi hukum pemantulan bunyi dalam teknologi.



### Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

1. Peserta didik telah memahami sifat gelombang seperti pemantulan.
2. Peserta didik telah memahami intensitas gelombang dan hukum kuadrat terbalik pada gelombang.
3. Peserta didik telah memahami sifat-sifat dalam logaritma.



### Tahapan Pembelajaran

#### 1. Persiapan Pembelajaran

- a. Peserta didik menyiapkan alat dan bahan seperti *handphone*, aplikasi *sound level meter*, sebuah sumber bunyi, *masking tape* dan sebuah meteran.
- b. Guru menyiapkan beberapa informasi terkait dengan aplikasi gelombang bunyi baik pada bidang kesehatan, olahraga maupun konstruksi material.
- c. Guru menyiapkan demonstrasi menggunakan aplikasi *sound level meter* untuk menghitung taraf intensitas bunyi.

#### 2. Kegiatan Pembelajaran

##### a. Apersepsi

- 1) Guru melakukan revidu terkait hukum kuadrat terbalik dan Intensitas gelombang.

- 2) Guru melakukan tanya jawab terkait dengan pengalaman ataupun pengetahuan dari peserta didik tentang taraf intensitas sumber bunyi dan aplikasi gelombang bunyi yang mereka pahami.

### b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Peserta didik diberikan arahan untuk menyampaikan pengalaman atau ide terkait taraf intensitas bunyi dan aplikasi bunyi dalam teknologi.
- 2) Guru melalui demonstrasi menggunakan sumber bunyi dan *sound-level* meter mendemonstrasikan akan perubahan taraf intensitas bunyi terhadap jarak.
- 3) Peserta didik diarahkan untuk mengamati dan mengambil data melalui **Aktivitas 5.7**.
- 4) Peserta didik melalui diskusi dan kegiatan memahami pengaruh sumber bunyi dan jarak terhadap taraf intensitas bunyi.
- 5) Peserta didik melakukan penelitian berdasarkan kajian literatur melalui media internet kemudian menyampaikan pemahaman mereka tentang aplikasi gelombang bunyi terkait *non-destructive testing* (NDT).

### c. Aplikasi Konsep

- 1) Peserta didik menyampaikan simpulan hasil percobaan pada **Aktivitas 5.7** baik berupa laporan ataupun presentasi di depan kelas.
- 2) Peserta didik memahami bagaimana sumber bunyi dan jarak mempengaruhi taraf intensitas dari bunyi.
- 3) Peserta didik memahami bagaimana prinsip dalam gelombang memiliki aplikasi pada berbagai bidang.



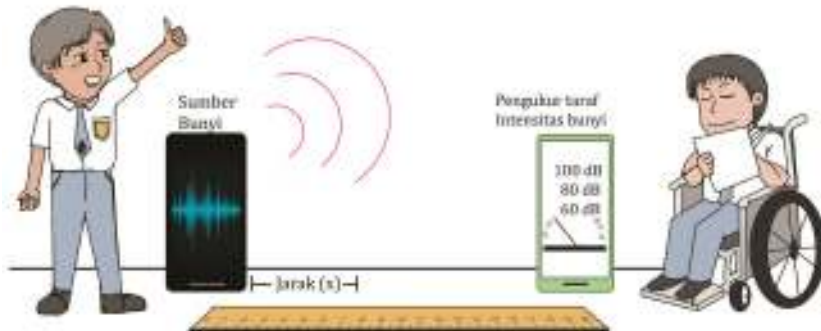
## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman

### Aktivitas 5.7

1. Arahkan peserta didik untuk membuat percobaan seperti pada **Gambar 5.9**.

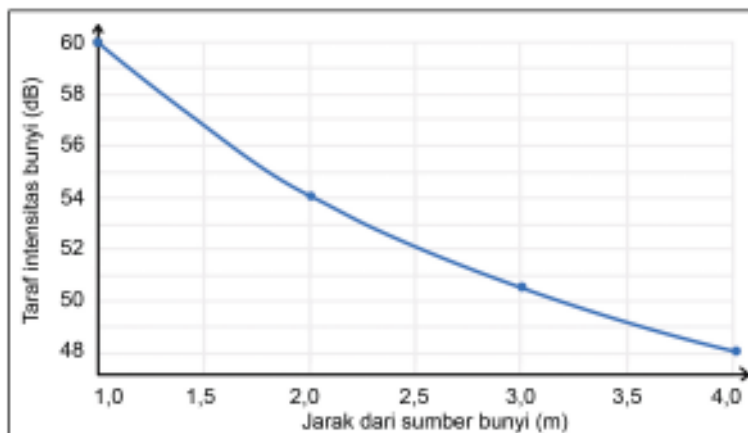


2. Posisi sumber bunyi tidak berubah, tetapi yang diubah adalah jarak dari *sound level meter* terhadap sumber bunyi.



**Gambar 5.9** Rangkaian percobaan  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

3. Hasil yang diharapkan adalah seperti pada grafik di bawah:



**Gambar 5.10** Grafik hasil percobaan yang diharapkan  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

4. Hasil yang diharapkan adalah, semakin jauh *sound level meter* dari sumber bunyi, maka semakin lemah taraf intensitas yang terbaca.

## 6. Pertemuan Ketujuh (3 JP)

### C. Gelombang Cahaya

1. Sifat-sifat Gelombang Cahaya
2. Aplikasi Gelombang Cahaya



## Tujuan Pembelajaran

1. Mendeskripsikan gelombang cahaya sebagai salah satu bagian dari spektrum gelombang elektromagnetik.
2. Mendeskripsikan Interferensi cahaya dalam fenomena sehari-hari.
3. Mendeskripsikan difraksi cahaya dalam fenomena sehari-hari.



## Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

1. Peserta didik telah memahami prinsip superposisi gelombang dan perbedaan fase antar gelombang.
2. Peserta didik telah memahami Prinsip Huygens-Fresnel untuk menghasilkan dua sumber yang koheren.



## Tahapan Pembelajaran

### 1. Persiapan Pembelajaran

- a. Peserta didik menyiapkan simulasi virtual untuk memudahkan peserta didik dalam memahami pola interferensi menggunakan tautan  
[https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference\\_en.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_en.html)
- b. Guru menyiapkan beberapa informasi terkait dengan fenomena-fenomena interferensi seperti warna warni pada permukaan gelembung sabun ataupun warna warni pada sayap kupu-kupu.
- c. Peserta didik menyiapkan alat percobaan seperti kisi difraksi (jika ada) dan *laser pointer*.

### 2. Kegiatan Pembelajaran

#### a. Apersepsi

- 1) Guru mengarahkan kelas untuk melakukan tanya jawab terkait gelombang cahaya dalam kehidupan sehari-hari.

- 2) Guru melakukan revidi terkait prinsip superposisi antara dua gelombang.
- 3) Guru menampilkan beberapa fenomena terkait dengan interferensi di alam.
- 4) Guru memberikan pemahaman akan perbedaan interferensi dan difraksi.

### **b. Konstruksi Pengetahuan**

- 1) Peserta didik diberikan arahan untuk menyampaikan ide terkait dengan gelombang cahaya dan manfaatnya dalam kehidupan sehari-hari.
- 2) Guru melalui tampilan video menunjukkan beberapa fenomena gelombang cahaya dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari.
- 3) Guru demonstrasi dengan menggunakan laboratorium virtual untuk menunjukkan bagaimana fenomena interferensi gelombang dapat bekerja.
- 4) Peserta didik diarahkan untuk memecahkan permasalahan secara sederhana dalam menggunakan persamaan interferensi pada celah ganda.
- 5) Peserta didik kemudian diarahkan melakukan **Aktivitas 5.8** dan menyampaikan hasil pengamatan mereka.
- 6) Guru menjelaskan perbedaan fenomena interferensi dan difraksi cahaya.

### **c. Aplikasi Konsep**

- 1) Peserta didik memahami cahaya sebagai bagian dari spektrum gelombang elektromagnetik.
- 2) Peserta didik memahami bagaimana sumber bunyi dan jarak dari sumber bunyi mempengaruhi taraf intensitas dari bunyi.
- 3) Peserta didik memahami bagaimana prinsip dalam gelombang dapat berguna dan memiliki aplikasi pada berbagai bidang.
- 4) Peserta didik memahami beberapa fenomena difraksi dan aplikasinya.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman



### Aktivitas 5.8

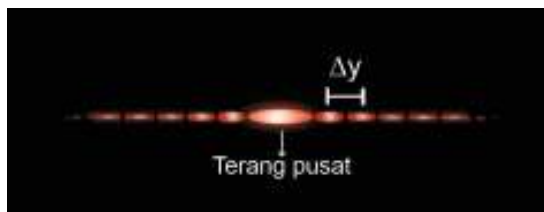
#### Difraksi Celah Tunggal

1. Peserta didik diarahkan untuk merancang percobaan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.11 di ruang gelap. Buatlah sebuah celah atau penghalang yang cukup tipis, dalam hal ini dapat digunakan sehelai rambut ataupun tebal kertas.



Gambar 5.11 Rangkaian percobaan difraksi celah tunggal  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

2. Tampilan yang diharapkan pada percobaan adalah seperti pada Gambar 5.12.



Gambar 5.12 Hasil difraksi pada layar  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

3. Ketebalan rambut/kertas ditentukan menggunakan persamaan berikut.

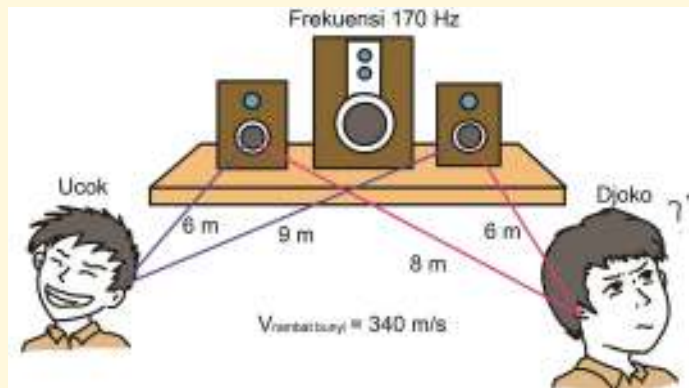
$$d \approx \frac{\lambda L}{y}$$

4. Peserta didik diarahkan untuk mencari referensi pembanding di internet.



## Ayo, Cek Pemahaman!

Gambar 5.11. Hasil difraksi pada layar



Gambar 5.13 Interferensi pada bunyi  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Dari gambar di atas panjang gelombang dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340 \text{ m/s}}{170 \text{ Hz}} = 2 \text{ m}$$

Pada percobaan interferensi Young beda lintasan dari sumber cahaya adalah

$$d \sin \theta = r_2 - r_1 = n\lambda \text{ untuk interferensi konstruktif}$$

Interferensi konstruktif terjadi jika beda lintasan sama dengan  $\lambda$ ,  $2\lambda$ ,  $3\lambda$ ,...

$$d \sin \theta = r_2 - r_1 = \left(\frac{2n-1}{2}\right)\lambda \text{ untuk interferensi destruktif}$$

Interferensi destruktif terjadi jika beda lintasan sama dengan  $1/2\lambda$ ,  $3/2\lambda$ ,  $5/2\lambda$ ,...

$$n=1,2,3,\dots$$

Beda lintasan yang didengar oleh Ucok adalah;  $9 \text{ m} - 6 \text{ m} = 3 \text{ m}$ , nilai ini sama dengan  $1,5 \lambda$  sedangkan beda lintasan yang didengar Djoko adalah  $8 \text{ m} - 6 \text{ m} = 2 \text{ m}$ , nilai ini sama dengan  $\lambda$ , sehingga Ucok akan mendengarkan interferensi destruktif sedangkan Djoko akan mendengarkan interferensi konstruktif. Hal ini berlaku jika sumber yang digunakan adalah sumber cahaya. Tetapi yang akan teramati adalah pola terang ataupun gelap.

## 7. Pertemuan Kedelapan (2 JP)

### C. Gelombang Cahaya

#### 4. Polarisasi Cahaya

#### 5. Aplikasi Gelombang Cahaya dalam Teknologi



#### Tujuan Pembelajaran

1. Mendeskripsikan polarisasi cahaya sebagai salah satu sifat dari cahaya.
2. Menjelaskan akan aplikasi gelombang cahaya dalam teknologi telekomunikasi.



#### Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

1. Peserta didik telah memahami klasifikasi gelombang berdasarkan arah getar dan medium.
2. Peserta didik telah memahami sifat-sifat cahaya seperti pemantulan, pembiasan, interferensi dan difraksi.



#### Tahapan Pembelajaran

### 1. Persiapan Pembelajaran

- a. Guru menyiapkan beberapa referensi terkait fenomena polarisasi yang teramati di alam baik berupa video ataupun bahan bacaan.
- b. Guru menyiapkan beberapa aplikasi dari gelombang cahaya dan sebuah video pembelajaran tentang bagaimana TV tabung, TV LCD dan TV LED bekerja.

### 2. Kegiatan Pembelajaran

#### a. Apersepsi

- 1) Guru melakukan revidi terkait prinsip pemantulan dan interferensi cahaya.
- 2) Guru mengarahkan peserta didik untuk menyampaikan beberapa aplikasi gelombang cahaya dalam teknologi.

## b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Peserta didik diberikan kesempatan menjawab pertanyaan terkait fenomena polarisasi seperti hamburan cahaya dan pantulan cahaya dari air.
- 2) Guru melalui tampilan video menunjukkan beberapa aplikasi polarisasi cahaya seperti teknologi hologram dan kacamata antsilau.
- 3) Guru kemudian melanjutkan demonstrasi menggunakan aplikasi virtual melalui tautan sebagai berikut <https://ophysics.com/l3.html>.
- 4) Peserta didik diarahkan memecahkan permasalahan secara sederhana akan persamaan polarisasi menggunakan persamaan Mallus.
- 5) Guru melalui media internet menampilkan bagaimana TV tabung, TV LCD dan TV LED bekerja.

## c. Aplikasi Konsep

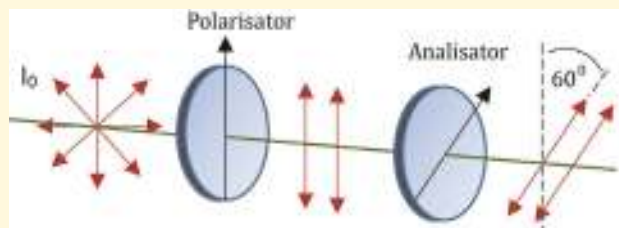
- 1) Peserta didik memahami polarisasi cahaya sebagai sifat yang hanya dimiliki oleh gelombang transversal karena arah getarnya.
- 2) Peserta didik memahami bagaimana sifat-sifat dari cahaya diaplikasikan dalam teknologi.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman



## Ayo, Cek Pemahaman!



Gambar 5.14 Mekanisme polarisasi suatu sumber gelombang EM  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Ketika melewati polarisator intensitas turun menjadi setengah, dan setelah melewati analisator intensitas akan menjadi

$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

$$I = \frac{I_0}{2} \cos^2 60^\circ = \frac{I_0}{8}$$

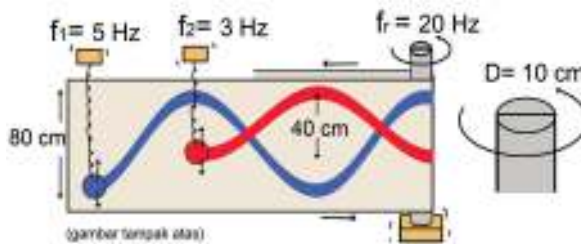
Jadi intensitasnya adalah 12,5% dari intensitas awal.

## C. Refleksi Pembelajaran Bab 5

1. Guru merefleksikan hal-hal apa (pengajaran, partisipasi dan pemahaman peserta didik, serta manajemen kelas) yang telah berjalan dengan baik.
2. Guru merefleksikan hal-hal apa (pengajaran, partisipasi dan pemahaman peserta didik, serta manajemen kelas) yang perlu diperbaiki.
3. Guru merefleksikan temuan-temuan khusus terkait miskonsepsi, teknik penyelesaian masalah, sikap dan pertanyaan yang berkaitan dengan prinsip gelombang, bunyi, dan cahaya.

## D. Jawaban Asesmen

1. Dari gambar di bawah dapat disimpulkan bahwa kecepatan *roller* akan sama dengan kecepatan permukaan.



Sehingga kecepatan gerakan dari permukaan adalah:

$$v = \omega r = 2\pi(20 \text{ Hz})(0,05 \text{ m}) = 2\pi \text{ m/s}$$

- a. Panjang gelombang pola 1 dan 2 adalah:

$$\lambda_1 = \frac{v}{f_1} = \frac{2\pi \text{ m/s}}{5 \text{ Hz}} = 1,25 \text{ m}$$

$$\lambda_2 = \frac{v}{f_2} = \frac{2\pi \text{ m/s}}{3 \text{ Hz}} = 2,09 \text{ m}$$

- b. Pada detik ke-1 posisi masing-masing pegas akan kembali ke posisi semula. Pegas 1 telah bergerak bolak-balik sebanyak 5 kali dan pegas 2 sebanyak 3 kali sehingga beda simpangannya adalah:  $40 \text{ cm} - 20 \text{ cm} = 20 \text{ cm}$
- c. Perbandingan energi potensial antara pegas 1 dan pegas 2 tergantung dari konstanta pegas dan simpangan maksimumnya. Kedua pegas identik, maka perbandingan energi potensial adalah:



$$\frac{E_{p1}}{E_{p2}} = \frac{\frac{1}{2}kA_1^2}{\frac{1}{2}kA_2^2} = \frac{(0,4 \text{ m})^2}{(0,2 \text{ m})^2} = \frac{4}{1}$$

2. Nada dasar dawai akan sama dengan nada atas pertama pipa organa ujung tertutup. Artinya:

$$f_{D0} = f_{p1}$$

$$\frac{v_D}{2L} = \frac{2v_p}{4D}$$

Frekuensi nada dasar pipa organa ujung tertutup adalah 250 Hz, artinya nada atas pertama adalah 750 Hz. Perbandingan nada-nada pada pipa organa tertutup adalah:

$$f_{p0} : f_{p1} : f_{p2} = 1 : 3 : 5$$

Menggunakan informasi dari soal.

$$\frac{660 \text{ m/s}}{2L} = 750 \text{ Hz}$$

sehingga  $L = 0,44 \text{ m}$

Perbandingan  $D : L = 3 : 4$ , maka  $D = 0,33 \text{ m}$  sehingga

kecepatan pada pipa organa adalah:

$$750 \text{ Hz} = \frac{3v_p}{4(0,33 \text{ m})}$$

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

3. Frekuensi saat ambulans mendekat.

$$f_{p1} = \frac{v - v_p}{v - v_s} f_s$$

$$f_{p1} = \frac{330 - 10}{330 - 20} (900 \text{ Hz}) = 929 \text{ Hz}$$

Frekuensi saat ambulans menjauh.

$$f_{p1} = \frac{v - v_p}{v + v_s} f_s$$

$$f_{p2} = \frac{330 - 10}{330 - 20} (900 \text{ Hz}) = 823 \text{ Hz}$$

- a. Perbandingan frekuensi saat mendekat dan menjauh adalah:

$$\frac{v + v_s}{v - v_s} = \frac{350}{310} = \frac{35}{31}$$

- b. frekuensi pantulan bunyi yang didengar Siti adalah:

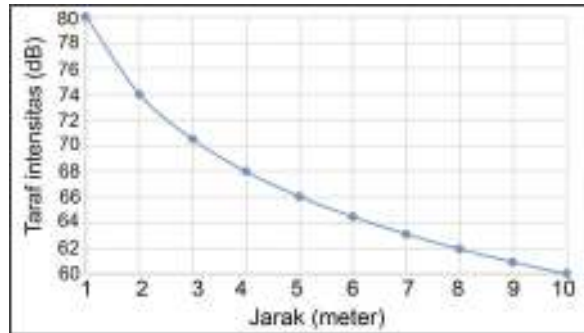
$$f_{p3} = \frac{v + v_p}{v - v_s} f_s$$

$$f_{p3} = \frac{330 + 10}{330 - 20} (900) = 987 \text{ Hz}$$

Layangan bunyi yang terdengar adalah:

$$f_1 = |f_{p3} - f_{p2}| = |987 - 823| = 164 \text{ Hz}$$

4.



- Dari grafik dapat disimpulkan bahwa semakin jauh pengamat dari sumber bunyi maka taraf intensitasnya semakin kecil
- Intensitas bunyi pada jarak 2 meter adalah:

$$TI = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$74 \text{ dB} = 10 \log \frac{I}{10^{-12} \text{ W/m}^2}$$

$$I \approx 0,25 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2$$

- Menggunakan persamaan berikut:

$$TI_A = TI_B + 20 \log \left( \frac{r_A}{r_B} \right)$$

$$TI_A = 80 + 20 \log \left( \frac{1}{5} \right) = 66,02 \text{ dB}$$

- Jarak pola terang kedua dari terang pusat adalah:

$$y = \frac{L}{d} n \lambda = \frac{2 \text{ m}}{2 \times 10^{-3} \text{ m}} (2) (700 \times 10^{-9} \text{ m})$$

$$y = 1,4 \times 10^{-3} \text{ m}$$

- Orde terang maksimum yang masih dapat teramati adalah ketika sudut simpangannya maksimum ( $90^\circ$ ).

$$d(\sin 90) = n \lambda$$

$$n = \frac{d}{\lambda} = \frac{2 \times 10^{-3} \text{ m}}{700 \times 10^{-9} \text{ m}} \approx 2857 \quad (\text{Nilai ini hanya untuk bagian atas saja})$$

Total garis terang teramati (atas+bawah+terang pusat) adalah 5715.

- Lebar celah pada kisi adalah:

$$d = \frac{1}{N} = \frac{10^{-2}}{200 \text{ kisi}} = 5 \times 10^{-5} \text{ m}$$

Jarak pola terang kedua dari terang pusat adalah:

$$y = \frac{L}{d} n \lambda = \frac{2 \text{ m}}{5 \times 10^{-5} \text{ m}} (2) (700 \times 10^{-9} \text{ m}) = 5,6 \times 10^{-2} \text{ m}$$

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2022

Buku Panduan Guru Fisika untuk SMA/MA Kelas XI

Penulis : Marianna Magdalena Radjawane, Alvius Tinambunan, Lim Suntar Jono

ISBN : 978-623-472-724-1 (jil.1)

## BAB 6

# Suhu dan Kalor Panduan Khusus

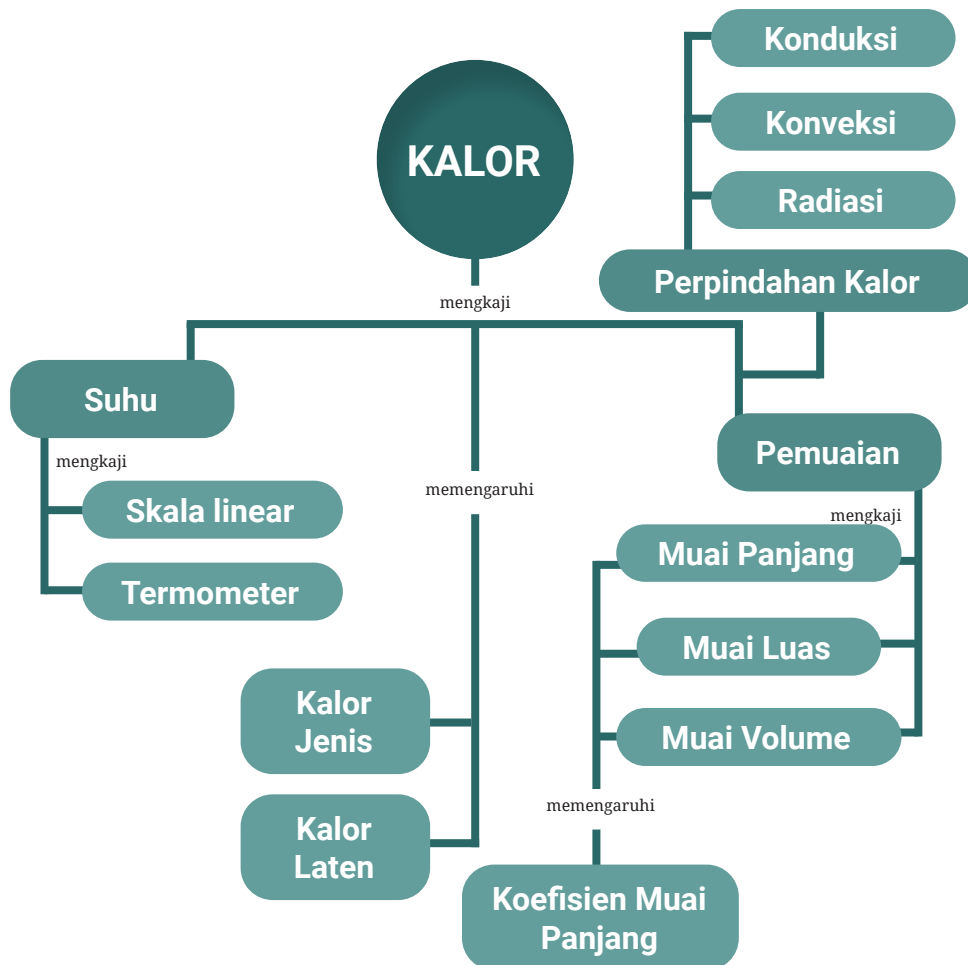
### Pendahuluan

Konsep suhu dan kalor berperan penting dalam menjelaskan fenomena fisis yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari seperti perubahan wujud, pemuaiian dan perpindahan kalor, Materi ini disusun sedemikian rupa sehingga peserta didik mendapatkan gambaran fisis yang nyata untuk setiap konsep yang dibahas baik melalui gambar maupun kegiatan eksperimen dan penggunaan aplikasi termasuk meninjau materi dari segi mikroskopis. Aktivitas yang dilakukan sedapat mungkin tidak terkendala oleh alat dan bahan atau sumber daya yang diperlukan. Peserta didik dapat memahami perumusan matematis dari suhu dan kalor dengan baik karena berdasarkan fenomena dan pemikiran yang sistematis. Ada materi yang sudah dipelajari di SMP tetapi diperdalam di SMA seperti skala suhu dan pengaruh kalor. Materi Kalor berkaitan dengan Termodinamika. Peserta didik mengembangkan bernalar kritis, sikap mandiri dan gotong royong dari Profil Pelajar Pancasila dalam materi Kalor.

## Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari Bab 6 tentang Suhu dan Kalor peserta didik diharapkan dapat menghubungkan besaran suhu dan konversi satuannya, menjelaskan Asas Black serta penerapannya dalam perubahan suhu dan wujud zat, menguraikan pemuaian panjang, luas, dan volume dari suatu materi, dan membedakan tiga jenis perpindahan kalor dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari

### Peta Konsep



## A. Skema Pembelajaran Bab 6

1. Rekomendasi waktu pembelajaran 12 jam pelajaran (1 JP = 45 menit)
2. Asesmen terdapat dalam latihan soal, aktivitas dan akhir bab. Asesmen mendorong peserta didik untuk bernalar kritis, mandiri dan berkolaborasi. Asesmen akhir bab kemampuan analitis peserta didik dalam memecahkan masalah yang lebih kompleks.

Tahapan Pembelajaran	J P	Materi Pokok	Tujuan Pembelajaran Pertahapan	Strategi Pembelajaran	Sumber Belajar dan Media
Subbab A : Suhu	2	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pengertian Suhu dan Alat Ukurnya</li> <li>2. Skala Suhu</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Peserta didik dapat menghubungkan besaran suhu dan konversi satuannya</li> <li>2. Peserta didik dapat menghubungkan sifat termometrik dengan pembuatan termometer</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penjelasan fenomena</li> <li>2. Aktivitas dan beberapa percobaan sederhana</li> <li>3. Demonstrasi menggunakan alat-sederhana</li> <li>4. Demonstrasi secara virtual</li> <li>5. Cek pemahaman</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Buku peserta didik Subbab A</li> <li>2. Sumber bacaan internet</li> <li>3. Buku-buku penunjang topik terkait</li> </ol>
Subbab B : Kalor dan Pengaruhnya	6	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pengertian Kalor</li> <li>2. Kalor jenis dan Kalor laten</li> <li>3. Asas Black</li> <li>4. Pemuaiian</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Peserta didik dapat menjelaskan pengertian kalor, Asas Black dan penerapannya dalam perubahan suhu dan wujud</li> <li>2. Peserta didik dapat menguraikan pemuaiian panjang, luas dan volume</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penjelasan fenomena akan topik terkait</li> <li>2. Aktivitas menggunakan teknologi</li> <li>3. Demonstrasi menggunakan alat sederhana</li> <li>4. Cek pemahaman</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Buku peserta didik Subbab B</li> <li>2. Sumber bacaan dari internet</li> <li>3. Buku-buku penunjang topik terkait</li> </ol>
Subbab C : Perpindahan Kalor	4	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Konduksi</li> <li>2. Konveksi</li> <li>3. Radiasi</li> </ol>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penjelasan fenomena akan topik terkait</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Buku peserta didik Subbab C</li> </ol>

Tahapan Pembelajaran	J P	Materi Pokok	Tujuan Pembelajaran Pertahapan	Strategi Pembelajaran	Sumber Belajar dan Media
			1. Peserta didik dapat membedakan tiga jenis perpindahan kalor dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari	2. Aktivitas menggunakan teknologi 3. Demonstrasi menggunakan alat sederhana 4. Demonstrasi secara virtual 5. Cek pemahaman	2. Sumber bacaan dari internet terkait

## B. Panduan Pembelajaran Bab 6

### 1. Pertemuan Pertama (2 JP)

#### Pendahuluan

##### A. Suhu

1. Pengertian Suhu dan Alat Ukurnya
2. Skala Suhu



#### Tujuan Pembelajaran

1. Peserta didik dapat menguraikan besaran suhu dan konversi satuannya.



#### Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

Peserta didik telah memahami skala suhu Celcius, Reamur, Fahrenheit dan Kelvin.



#### Tahapan Pembelajaran

##### 1. Persiapan Pembelajaran

Guru menyiapkan tiga wadah, air yang berbeda suhu, gambar, artikel dan video yang membahas konsep kalor dan suhu dalam kehidupan sehari-hari.

## 2. Kegiatan Pembelajaran

### a. Apersepsi

- 1) Beberapa peserta didik berbagi pengalaman mereka terkait pengaruh suhu dan kalor dalam hidup mereka. Tanyakan konsep yang mendasarinya. Pastikan yang dibagikan beragam pengalaman dan catat konsep yang diutarakan. Temukan miskonsepsi mereka.
- 2) Arahkan peserta didik melalui pertanyaan-pertanyaan untuk memahami apa yang dipelajari dalam bab ini. Hubungkan juga dengan tujuan pembelajaran dan peta konsep.

### c. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Minta peserta didik menyimak fenomena yang ada dalam pengantar bab. Tanyakan konsep-konsep yang berkaitan dengan kalor dan suhu yang ada dalam pengantar bab. (Kalor berpindah dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah, perubahan wujud benda, penghantar panas yang baik). Kemukakan juga berbagai jenis termometer dengan cara kerja berbeda untuk kondisi berbeda. Termistor bekerja berdasarkan perubahan hambatan listrik. Termometer telinga bekerja berdasarkan radiasi elektromagnetik dan termometer gas bekerja berdasarkan perubahan tekanan gas. Tampilkan Gambar 6.2 dan tanyakan mengapa pipa air pecah pada saat musim dingin. Mengapa pemanas ruangan berada di atas lantai sedangkan AC dipasang di dinding atas ruangan. Mengapa muka air laut cenderung naik? Apakah muka air laut akan terus naik?



**Gambar 6.1** Berbagai termometer  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)



**Gambar 6.2** Pipa air pecah pada saat musim dingin  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikburistek (2022)

Fenomena yang disebutkan di atas berhubungan dengan suhu dan kalor. Kemukakan apa yang dipelajari dalam bab ini, yaitu keterkaitan antara suhu dengan kalor serta pengaruhnya terhadap perubahan suhu dan wujud benda. Selain itu dipelajari juga pengaruh kalor terhadap ukuran benda serta cara perpindahan kalor.

- 2) Tanyakan apa yang dimaksud dengan suhu dan catat pendapat peserta didik. Diskusikan tentang pengertian suhu. Minta peserta didik menyimak pengantar **Aktivitas 6.1** sebelum mereka melakukan **Aktivitas 6.1**. Diskusikan hasil yang mereka peroleh.
- 3) Tanyakan jika dua benda berbeda suhu berinteraksi apa yang terjadi (Kalor berpindah dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah). Bagaimana hasil pengamatan **Aktivitas 6.1** berkaitan dengan pemahaman tentang konsep kalor? (Benda kehilangan kalor akan turun suhunya dan benda menerima kalor akan naik suhunya).

Jelaskan bahwa panas atau dingin merupakan hal yang relatif sehingga indra peraba tidak dapat diandalkan. Selain itu indra peraba tidak dapat menentukan besar suhu secara kuantitatif. Pengukuran yang presisi merupakan hal yang sangat penting dalam metode ilmiah. Interpretasi data tidak berdasarkan “perasaan” pengamat atau kesimpulan ilmiah berdasarkan opini pribadi. Walaupun suhu berkaitan dengan panas atau dinginnya suatu benda tetapi tetap diperlukan standar dan alat ukur yang dapat dipercaya.

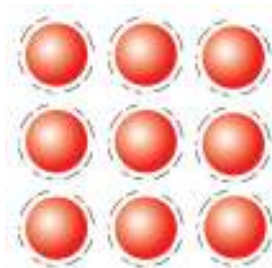
- 4) Arahkan peserta didik untuk melakukan **Ayo Cermati** dan diskusikan. Jelaskan logam dan keset mempunyai kemampuan menghantarkan kalor yang berbeda sehingga logam terasa lebih dingin daripada keset kaki. Konduksi akan dipelajari dalam perpindahan kalor.
- 5) Tunjukkan pemahaman tentang setimbang termal dengan Gambar 6.3 dari buku siswa. Benda yang berada dalam kesetimbangan termal dengan benda lainnya menunjukkan bahwa keduanya memiliki suhu yang sama. Konsep ini merumuskan pengertian suhu.



**Gambar 6.3** Kesetimbangan termal  
sumber : Alvius TinambunanKemendikburistek/2022

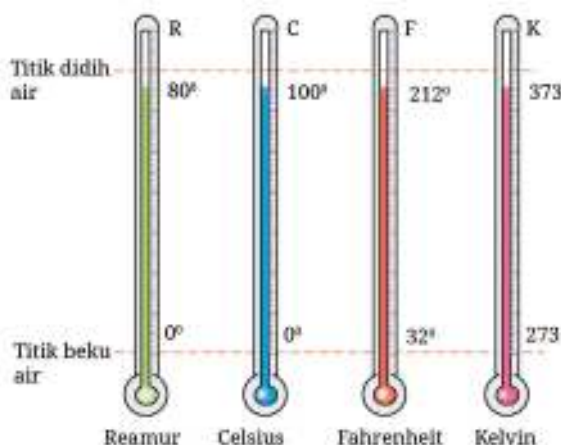


- 6) Minta peserta didik menyimak Gambar 6.4 dan menjelaskan gambar tersebut (pada suhu tinggi vektor kecepatan lebih panjang). Jelaskan bahwa suhu berkaitan dengan energi kinetik rata-rata dari partikel-partikel yang bergerak lurus. Partikel-partikel juga dapat bergetar. Guru bertanya apa yang dimaksud dengan getaran (gerak bolak-balik di sekitar titik keseimbangan).



Gambar 6.4 Getaran partikel-partikel  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek/2022

- 7) Jelaskan bahwa dasar pembuatan termometer atau pengukuran suhu adalah sifat fisis yang berubah karena suhu berubah. Minta peserta didik mencari informasi tentang sifat-sifat fisis terkait dengan pembuatan termometer lewat tugas **Ayo Cermati**. Contoh perubahan volume. Zat cair akan bertambah volumenya jika dipanaskan dan berkurang volumenya jika didinginkan.
- 8) Tunjukkan kembali keempat skala suhu yang sudah dipelajari di SMP.



Gambar 6.5 Skala Reamur, Celcius, Fahrenheit dan Kelvin  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

- 9) Berikan dua soal dan minta dua orang peserta didik mengerjakan soal tersebut.
- Suhu pertumbuhan bakteri berada pada rentang  $41^{\circ}\text{F}$  dan  $135^{\circ}\text{F}$ . Berapa rentang suhu tersebut dalam skala Celcius.
  - Suhu terendah di Bumi adalah di Antartika. Suhnya adalah  $183^{\circ}\text{K}$ , berapa suhu tersebut dalam Celcius dan Fahrenheit.

- 10) Tanyakan apakah konversi skala dari satu termometer ke termometer lain dapat dilakukan jika hanya diketahui satu titik acuan saja. (Tidak dapat karena diperlukan dua titik). Minta peserta didik menyimak Gambar 6.5 dan penjelasannya dan arahkan pemahaman prinsip skala linier. Berikan satu soal. Contoh, termometer P mempunyai titik beku  $-10^{\circ}\text{P}$  dan titik didih  $90^{\circ}\text{P}$ . Termometer Q mempunyai titik beku  $10^{\circ}\text{Q}$  dan titik didih  $130^{\circ}\text{Q}$ . Berapa suhu Q jika suhu P adalah  $40^{\circ}$ ? Jawaban  $70^{\circ}\text{Q}$ .

Soal lain adalah diberikan termometer x dengan hasil pengukuran titik beku air adalah  $20^{\circ}\text{x}$  dan titik didih air adalah  $120^{\circ}\text{x}$ . Suatu benda memiliki suhu  $60^{\circ}\text{C}$  diukur dengan termometer Celsius. Tentukan suhu benda yang diukur dengan termometer x! ( $80^{\circ}\text{x}$ ).

Minta peserta didik mengerjakan **Ayo Cek Pemahaman** secara mandiri. Kemudian dua peserta dapat menunjukkan soalnya beserta kunci jawabannya.

- 11) Tanyakan, apakah skala Kelvin mempunyai suhu negatif (Skala Kelvin tidak mempunyai suhu negatif). Karena itu skala Kelvin dikalibrasi menurut energi partikel.

### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik secara berkelompok maupun individu menunjukkan pemahamannya tentang suhu, skala suhu, termometer dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman

### Aktivitas 6.1

Kesimpulan apa yang didapatkan dari sensasi yang dirasakan tangan? Tangan yang berpindah dari air panas ke air suam-suam kuku ternyata terasa dingin sedangkan tangan yang berpindah dari air dingin ke air suam-suam kuku ternyata terasa panas. Hasil pengamatan bertolak belakang dengan anggapan semula.

Apakah tangan dapat menjadi alat ukur yang baik dalam pengukuran suhu? Tangan atau indra peraba bukan merupakan alat ukur suhu yang tepat.



### Ayo, Cermati!

Logam yang diinjak oleh kaki terasa lebih dingin daripada keset kaki. Sebenarnya logam dan keset kaki berada pada kesetimbangan termal artinya pada suhu yang sama, penyebab fenomena ini adalah beda konduktivitas termal dari logam dan keset kaki.



### Ayo, Cermati!

Beberapa contoh sifat termometrik diberikan dalam tabel berikut ini.

**Tabel 6.1 Termometer dan Sifat Termometrik**

Jenis Termometer	Perubahan fisis	Contoh Penerapan
Termometer dengan zat cair dalam kaca	Pemuaiian atau penyusutan jika dipanaskan atau didinginkan	Di laboratorium sekolah
Termistor	Pemanasan mengurangi hambatan listrik	Di oven dan kendaraan
<i>Thermocouple</i>	Perbedaan suhu menimbulkan tegangan	Mengukur suhu sangat tinggi di gunung api



### Ayo, Cek Pemahaman!

Peserta didik membuat soal tentang dua termometer dengan skala dan titik acuan berbeda serta hubungan antara kedua skala tersebut. Minta mereka mempresentasikan hasilnya.

## 2. Pertemuan Kedua (2 JP) Kalor dan Pengaruhnya

1. Pengertian Kalor
2. Kalor Jenis



### Tujuan Pembelajaran

1. Peserta didik dapat menjelaskan pengertian kalor, Asas Black, dan penerapannya dalam perubahan suhu dan wujud zat.



## Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

Peserta didik telah memahami kalor dan kalor jenis.



## Tahapan Pembelajaran

### 1. Persiapan Pembelajaran

Guru menyiapkan aplikasi phet, gambar, artikel dan video yang membahas pengertian kalor dan kalor jenis dalam kehidupan sehari-hari.

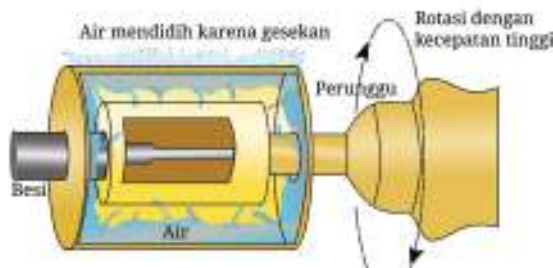
### 2. Kegiatan Pembelajaran

#### a. Apersepsi

Tanyakan mengapa gurun pasir terasa panas pada waktu siang dan terasa dingin pada waktu malam. Buatlah diskusi dan jelaskan bahwa penyebabnya adalah kalor jenis.

#### b. Konstruksi Pengetahuan

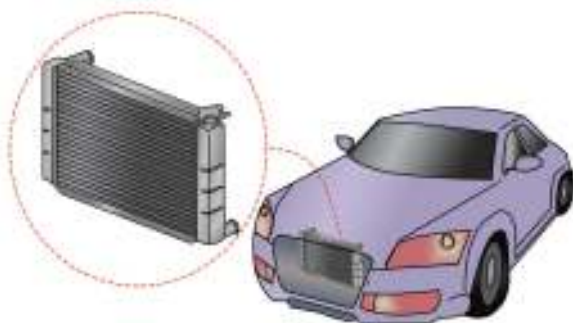
- 1) Minta peserta didik menyimak penjelasan awal tentang kalor. Tanyakan, mengapa konsep keseimbangan termal merupakan konsep penting dalam kalor. (Kalor berpindah jika terjadi perbedaan suhu antara dua atau lebih benda yang berinteraksi). Beri mereka kesempatan untuk bertanya.
- 2) Jelaskan pada awalnya kalor diyakini sebagai materi berupa fluida (disebut kalorik) yang mengalir dari benda bersuhu tinggi ke bersuhu rendah. Fluida ini bergerak di sela-sela pori-pori materi, dapat masuk atau keluar dari materi. Contoh, ketika dua benda bergesekan maka ada materi yang keluar. **Count Rumford** (1753-1814) membuktikan bahwa kalor bukan merupakan materi dengan mengamati pengeboran suatu meriam.



**Gambar 6.6** Pengeboran Meriam  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Ternyata, besi yang bergesekan dengan kuningan dapat mendidihkan air. Selama terjadi pengeboran pasti kalor dihasilkan. Tidaklah mungkin kalor berupa materi karena dengan pengeboran materi akan habis. Rumford menemukan bahwa tidak ada perubahan fisis yang terjadi pada bahan meriam dengan membandingkan kalor jenis serpihan meriam akibat pengeboran dengan meriam itu sendiri. Rumford menyimpulkan gerak bor yang menghasilkan kalor sehingga kalor bukanlah suatu fluida tetapi gerak. Rumford berpendapat ada kesetaraan antara kalor dan usaha tetapi tidak membuat penyelidikan lebih lanjut.

- 3) Ajak peserta didik melakukan kegiatan “**Ayo Berdiskusi**”. dan diskusikan hasilnya.
- 4) Minta peserta didik menyimak percobaan Joule dalam Gambar 6.6 beserta penjelasannya. Tanyakan, apa hubungan antara pengamatan Rumford dan eksperimen Joule. (Gesekan menaikkan suhu air). Kesimpulan apa yang dapat diambil dari percobaan Joule? (usaha yang dilakukan = kalor yang dihasilkan sehingga berlaku kekekalan energi. Kalor merupakan salah satu bentuk energi). Minta peserta didik menjawab pertanyaan dalam **Ayo Berpikir Kritis** dan diskusikan hasilnya.
- 5) Tanyakan contoh lain bahwa usaha menaikkan suhu benda. (Contoh, balok besi berat yang menghantam tanah akan menaikkan suhu permukaan tanah tersebut. Ada perubahan dari energi gerak menjadi energi termal).
- 6) Tanyakan mengapa air digunakan dalam radiator mobil? (Menyerap panas dari mesin mobil). Mengapa di negara empat musim air tidak digunakan dalam radiator mobil (air dapat membeku).



**Gambar 6.7** Radiator mobil  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Tanyakan lagi, mengapa air mengatur suhu tubuh manusia? (enzim peka terhadap panas dan bekerja pada suhu tertentu. Enzim memerlukan air untuk menjaga suhunya. Air bersifat sebagai penyangga terhadap perubahan suhu yang mendadak).

- 7) Arahkan peserta didik untuk melakukan **Aktivitas 6.2** dan pastikan bekerja sesuai dengan instruksi serta buatlah diskusi setelah aktivitas dilakukan. Minta peserta didik menyimak penjelasan tentang kalor jenis.

- 8) Minta peserta didik untuk mengerjakan **Ayo Berpikir Kritis** dan adakan diskusi. Minta peserta didik menyimak penjelasan kalor jenis dan Persamaan 6.1 Tanyakan, apa yang menentukan perubahan suhu materi jika materi mendapatkan energi (Jenis materi dan massa). Minta peserta didik memperhatikan Tabel 6.1. Tanyakan bahan apa yang cocok untuk pembangunan rumah. Pikirkan keselamatan, kenyamanan dan efisiensi energi. (Rumah berbahan kayu tidak mengalami perubahan suhu yang besar dibandingkan dengan rumah menggunakan bata sehingga lebih nyaman. Biaya pembuatan rumah dan juga harga kayu lebih rendah. Rumah kayu tidak bertahan lama seperti rumah bata).
- 9) Berikan soal dan buat diskusi untuk menyelesaikannya. Suatu panci *stainless steel* bermassa 1885 gram dengan diameter 20 cm dan tinggi 10 cm digunakan untuk memanaskan air hingga suhu 100°C. Suhu air adalah suhu ruang sebesar 25°C, jika volume air yang dimasak adalah 85% dari volume panci tentukan kalor yang diperlukan. (Kalor yang diperlukan oleh panci =  $1,885 \times 420 \times 75 = 59,38$  kJ. Untuk menghitung kalor yang diperlukan air maka cari dahulu massa air =  $1000 \times 3,14 \times 0,1^2 \times 0,1 \times 0,85 = 2,669$  kg. Kalor yang diperlukan oleh air =  $2,669 \times 4200 \times 75 = 840,735$  kJ. Total kalor yang diperlukan adalah 900,1 kJ).
- Kemukakan bahwa diperlukan lagi kalor untuk mendidihkan air yaitu dengan menggunakan kalor uap yang akan dipelajari berikutnya. Berikan latihan soal lainnya.
- 10) Arahkan peserta didik untuk melakukan **Ayo Cek Pemahaman** dan diskusikan hasilnya.
- 11) Minta peserta didik menyimak tentang kapasitas kalor dan penjelasannya. Tanyakan mengapa diperlukan kapasitas kalor dan tidak hanya kalor jenis. (Kapasitas kalor berlaku untuk massa yang sama berbeda dengan kalor jenis sehingga hanya menunjukkan jenis materi yang mengalami perubahan suhu).
- 12) Arahkan peserta didik untuk melakukan **Ayo Berpikir Kritis** dan diskusikan hasilnya.

### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik secara berkelompok maupun individu menerapkan pemahaman kalor dan pengaruhnya terhadap perubahan suhu materi baik dalam kegiatan eksperimen maupun menjawab pertanyaan-pertanyaan dalam berbagai kegiatan.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman



### Ayo, Berdiskusi!

Suhu tangan meningkat. Energi yang berpindah. Peristiwa ini terjadi karena ada usaha yang dilakukan dengan menggerakkan tangan sehingga menimbulkan energi kinetik. Energi kinetik diubah menjadi energi termal.



### Ayo, Berpikir Kritis!

Suhu benda dapat dinaikkan dengan melakukan usaha. Beban yang jatuh merupakan bentuk usaha yang diubah menjadi energi kinetik yang kemudian diubah menjadi energi termal akibat gesekan. Tanah mengalami pemanasan karena mendapatkan energi dari beban yang jatuh. Biasanya orang awam berpikir bahwa suhu benda hanya dapat dinaikkan dengan pemanasan.

## Aktivitas 6.2

### Jawaban Pertanyaan

1. Peserta didik membuat grafik hubungan antara waktu dengan suhu air untuk setiap massa air dan perubahan suhu dengan massa air. Grafik berupa garis lurus.
2. Faktor-faktor yang memengaruhi banyaknya kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu air adalah massa dan perubahan suhu.
3. Kesimpulan yang diperoleh dari grafik adalah makin besar massa air maka makin kecil perubahan suhu air.



### Ayo, Berpikir Kritis!

Air memerlukan lebih banyak kalor untuk kenaikan suhu yang sama dibandingkan dengan aluminium.



### Ayo, Cek Pemahaman!

1.  $900 = 0,5 \times 450 \times \Delta T$   
 $\Delta T = 4^\circ\text{C}$  sehingga suhu akhir  $T_f = 29^\circ\text{C}$
2. Makin besar massa makin banyak partikel sehingga memerlukan energi yang lebih besar. Suhu merupakan ukuran energi kinetik rata-rata sehingga makin besar perubahan suhu makin besar energi yang diperlukan.



### Ayo, Berpikir Kritis!

Kalor jenis pasir rendah sehingga suhunya mudah naik atau turun. Pada siang hari pemanasan membuat pasir cepat naik suhunya sedangkan pada malam hari pasir kehilangan energi dan suhunya turun dengan cepat.

## 3. Pertemuan Ketiga (2 JP)

### B. Kalor dan Pengaruhnya

1. Asas Black
2. Kalor Laten



### Tujuan Pembelajaran

3. Peserta didik dapat menjelaskan pengertian kalor, Asas Black, dan penerapannya dalam perubahan suhu dan wujud zat.



### Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

Peserta didik telah memahami kalor, perubahan wujud dan hukum kekekalan energi.





## Tahapan Pembelajaran

### 1. Persiapan Pembelajaran

Guru menyiapkan, gambar, artikel, dan video yang membahas pengertian Asas Black dan kalor laten dalam kehidupan sehari-hari.

### 2. Kegiatan Pembelajaran

#### a. Apersepsi

Tanyakan, berapa kira-kira suhu yang ditunjukkan oleh campuran es dan air. Apakah suhu tersebut lebih kecil, sama dengan atau lebih besar dari 0°C?

#### b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Minta peserta didik menyimak penjelasan Asas Black dan Persamaan 6.4. Berikan soal sebagai berikut: 200 mL air bersuhu 20°C dicampur dengan 500 mL air bersuhu 80°C. Tentukan suhu akhir campuran ketika berada pada kondisi kesetimbangan! (Yang menerima kalor adalah air bersuhu 20°C sedangkan yang melepaskan kalor adalah air bersuhu 80°C. Massa 200 mL air =  $200 \times 1 = 200$  gram dan massa 500 mL air =  $500 \times 1 = 500$  gr. Kalor yang diterima oleh 200 gr air =  $0,2 \times 4200 \times (T - 20)$ . Kalor yang dilepaskan oleh 500 gr air =  $0,5 \times 4200 \times (80 - T)$ .  $Q_{\text{terima}} = Q_{\text{lepas}}$ .  $840 T - 16800 = 168000 - 2100 T$ .  $2940 T = 151200$  J.  $T = 51,4^\circ\text{C}$ ). Minta peserta didik mengerjakan **Ayo Cek Pemahaman** dalam kelompok.
- 2) Tanyakan, mengapa para atlet menggunakan jaket setelah melakukan latihan yang menguras tenaga. (Ketika berolahraga suhu tubuh meningkat. Akibatnya, otak memberi perintah pada kulit agar berkeringat untuk melepaskan kalor dari tubuh. Jaket digunakan untuk membuat tubuh tetap panas agar tubuh tidak sakit dan cedera otot). Kemana keringat itu pergi? (menguap). Keringat yang menguap menunjukkan perubahan wujud dan perubahan ini memerlukan energi.
- 3) Tanyakan contoh proses perubahan dari padat ke gas. (Kapur barus dan es kering). Minta peserta didik menyimak Persamaan 6.5. Tanyakan, apa perbedaan mendasar antara Persamaan 6.1 dan Persamaan 6.6. (Kalor jenis berkaitan dengan perubahan suhu dan kalor laten dengan perubahan wujud. Kedua perubahan tidak dapat terjadi bersamaan.)

- 4) Minta peserta didik menjawab **Ayo Berpikir Kritis**. Sebelumnya, tunjukkan video es batu dapat mendidihkan air.
- 5) Minta peserta didik menyimak Gambar 6.9. Berikan soal. Tentukan kalor yang dibutuhkan untuk memanaskan es  $-3^{\circ}\text{C}$  menjadi air secara keseluruhan dengan suhu  $60^{\circ}\text{C}$ ! (Kalor yang diperlukan adalah kalor untuk menaikkan suhu es dari  $-3^{\circ}\text{C}$  menjadi  $0^{\circ}\text{C}$  kemudian kalor untuk meleburkan es menjadi air dan akhirnya kalor untuk menaikkan suhu air dari  $0^{\circ}\text{C}$  menjadi  $60^{\circ}\text{C}$ ). Berikan soal-soal lainnya.
- 6) Minta peserta didik mengerjakan **Ayo Cek Pemahaman** dan mendiskusikan jawabannya.

### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik secara berkelompok maupun individu menerapkan pemahaman kalor dan pengaruhnya terhadap perubahan wujud serta Asas Black dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan dalam berbagai kegiatan.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman



### Ayo, Cek Pemahaman!

1.  $Q_{\text{terima}} = Q_{\text{lepas}}$   
 $2 \times 4200 \times (T - 20) = 3 \times 4200 \times (80 - T)$   
 $2T - 40 = 240 - 3T \quad 280 = 5T \quad T = 56^{\circ}\text{C}$
2.  $Q_{\text{terima}} = Q_{\text{lepas}}$   
 $100 \times 4200 \times (T - 40) = 400 \times 450 \times (70 - T)$   
 Disederhanakan :  
 $420T - 16.800 = 3.150 - 180T$   
 $T = 33,25^{\circ}\text{C}$



### Ayo, Berpikir Kritis!

Titik didih pada permukaan laut lebih tinggi daripada di sekitar puncak gunung. Semakin tinggi lokasi dari permukaan laut semakin kecil tekanan udara. Titik didih adalah suhu ketika tekanan uap air sama dengan tekanan udara luar.



### Ayo, Cek Pemahaman!

1. Kalor yang diperlukan adalah  $(0,5 \times 2100 \times 4 + 0,5 \times 334000 + 0,5 \times 4200 \times 100 + 0,5 \times 2256000) = 4200 + 167.000 + 210.000 + 1.128.000 = 1.509.200 \text{ J}$ .

2. Gunakan Asas Black.

$$0,1 \times 2100 \times 5 + 0,05 \times 334000 = m \times 4200 \times 30$$

$$1050 + 16700 = 126000 \text{ m}$$

$$1775 = 12600 \text{ m}$$

$$m = 0,14 \text{ kg}$$

## 4. Pertemuan Keempat (2 JP)

### B. Kalor dan Pengaruhnya

#### 4. Pemuaiian



#### Tujuan Pembelajaran

4. Peserta didik dapat menguraikan pemuaiian panjang, luas dan volume dari suatu materi.



#### Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

Peserta didik telah memahami struktur partikel dari suatu materi.



#### Tahapan Pembelajaran

### 1. Persiapan Pembelajaran

Guru menyiapkan gambar, latihan soal, artikel dan video yang berkaitan dengan pemuaiian.

## 2. Kegiatan Pembelajaran

### a. Apersepsi

Tunjukkan fenomena tutup botol dapat dibuka ketika disiram dengan air panas. Tanyakan apakah mereka pernah melakukan hal tersebut dan mengapa harus demikian?

### b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Minta peserta didik menyimak Gambar 6.10 untuk memahami apa yang terjadi dengan partikel-partikel zat jika zat dipanaskan. Tanyakan contoh pemuai dalam kehidupan sehari-hari. (Jawaban yang belum pernah disebut di SMP). Lihat contoh pemuai lainnya dalam Gambar 6.11 dan serta menyimak penjelasannya. Tunjukkan kaca jendela yang pecah dengan sendirinya seperti ledakan ketika terjadi kebakaran dan bertanya mengapa bisa demikian.

Kaca berwujud padat tetapi susunan partikelnya mirip zat cair. Ketika terjadi kebakaran wujud cair kaca memuai lebih cepat dibandingkan dengan wujud padat. Kaca bukan penghantar panas yang baik sehingga terjadi perbedaan suhu antara bagian dalam dan luar kaca. Hal lain lagi adalah pada saat kebakaran karena suhu yang tinggi gas dapat memuai hingga beberapa kali volume asalnya. Pengembangan gas juga memberikan gaya yang menekan kaca jendela.

- 2) Minta peserta didik mengerjakan **Ayo Berpikir Kritis** dan mengadakan diskusi.
- 3) Arahkan peserta didik untuk menyimak Persamaan 6.6 dan memperhatikan Tabel 6.3. Berikan suatu soal. Suatu kawat sepanjang 2m dengan koefisien muai panjang 17 Peserta didik dapat membedakan tiga jenis perpindahan kalor dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari  $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  dipanaskan hingga mengalami kenaikan suhu  $70^{\circ}\text{C}$ . Tentukan panjang akhir kawat tersebut! (Pertambahan panjang =  $2 \times 17 \times 10^{-6} \times 70 = 2,38 \times 10^{-3}\text{m}$ . Panjang akhir 2,00238 m). Berikan soal-soal lainnya. Minta peserta didik mengerjakan **Ayo Cermati**.
- 4) Tunjukkan ada dua jenis sambungan siar muai (*expansion joint*) atau sambungan ekspansi pada jembatan, yaitu sambungan terbuka dan sambungan tertutup. Pada sambungan tertutup bagian yang terbuka biasanya diisi dengan bahan karet.



**Gambar 6.8** Sambungan pada jembatan  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Salah satu fungsi sambungan ini adalah mengantisipasi perubahan struktur karena perubahan suhu.

Berikan soal sebagai berikut. Jembatan Golden Gate mempunyai panjang 2737 m dan terbuat dari baja. Suhu di San Fransisco berkisar dari 50°F hingga 100°F dalam setahun. Berapa perubahan panjang selama setahun?

- 5) Minta peserta didik untuk menyimak pemuaian luas dan Persamaan 6.7. Arahkan mereka secara berkelompok melakukan **Ayo Berdiskusi**. Berikan suatu soal. Pelat logam kuningan dengan luas mula-mula 10 cm<sup>2</sup> dengan suhu awal 25°C. Jika logam ini dipanaskan hingga 65°C, tentukan luasnya sekarang! (Koefisien muai panjang kuningan adalah  $19 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ). (Luas setelah pemanasan =  $10 + (2 \times 19 \times 10^{-6} \times 40) = 10,0152 \text{ cm}^2$ ). Berikan soal-soal lainnya.
- 6) Minta peserta didik menyimak pemuaian volume dan Persamaan 6.8. Berikan suatu soal. Tanki bensin suatu mobil, terbuat dari baja, diisi 30 liter. Tanki penuh diisi ketika suhu udara sebesar 28°C. Kemudian setelah berjalan sejauh 10 km mobil menghabiskan bensin sebanyak 1 liter dan suhu mobil mencapai 30°C. Mobil kemudian diparkir di tempat terbuka sehingga suhunya naik 5°C. Apakah ada bensin yang keluar ketika diparkir? Tidak ada bensin yang keluar karena selisih pemuaian baja dan bensin kurang dari 1 liter.
- 7) Arahkan mereka secara berkelompok untuk melakukan kegiatan **Ayo Berpikir Kritis**.
- 8) Jelaskan bahwa pipa air pecah pada musim dingin karena ketika membeku molekul-molekul air justru memuai. Ini menimbulkan tekanan dalam pipa.

### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik secara berkelompok maupun individu dapat menerapkan konsep pemuaian dalam menjawab berbagai pertanyaan konseptual maupun hitungan.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman



### Ayo, Berpikir Kritis!

Partikel dapat memuai ke samping dan ke bawah dalam hal ini pemuaian luas. Makin besar ukuran benda makin besar pula pemuaiannya. Besar pemuaian bergantung pada ukuran mula-mula.



### Ayo, Cermati!

Pertambahan panjang =  $1,5 \times 29 \times 10^{-6} \times 20 = 8,7 \times 10^{-4}$ . Panjang akhir = 1,50087 m.



### Ayo, Berdiskusi!

Luas = sisi x sisi

Luas setelah pemanasan =  $(L_0 + L_0 \alpha \Delta T) (L_0 + L_0 \alpha \Delta T)$

=  $L_0^2 + 2L_0^2 \alpha \Delta T + (\alpha \Delta T)^2$

=  $A_0 + 2A_0 \alpha \Delta T + 0$

Suku  $(\alpha \Delta T)^2$  sangat kecil nilainya sehingga dapat diabaikan.

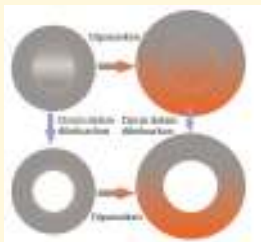
Luas setelah pemanasan =  $A_0 + 2A_0 \alpha \Delta T$

=  $A_0 + 2A_0 \alpha \Delta T$

Jelaslah bahwa  $\beta = 2\alpha$



### Ayo, Berpikir Kritis!



#### Jawaban

Diameter luar dan dalam bertambah sehingga lubang juga bertambah

**Gambar 6.9** Pemuaian cincin  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

## 5. Pertemuan Kelima (4 JP)

### B. Perpindahan Kalor

1. Konduksi
2. Konveksi
3. Radiasi



#### Tujuan Pembelajaran

Peserta didik dapat membedakan tiga jenis perpindahan kalor dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.



#### Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

Peserta didik telah memahami konsep kalor, energi dan daya.



#### Tahapan Pembelajaran

### 1. Persiapan Pembelajaran

- a. Guru menyiapkan termos, latihan soal, gambar dan artikel.
- b. Peserta didik menyediakan 3 botol selei atau gelas dengan penutup yang identik dan *bubble wrap* atau plastik, kertas jenis apa saja dan potongan kain.

### 2. Kegiatan Pembelajaran

#### a. Apersepsi

Buat diskusi untuk mengetahui pemahaman peserta didik tentang perpindahan kalor dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Ingatkan bahwa kalor berpindah dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah.

#### b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Jelaskan kembali pecahnya kaca jendela dalam peristiwa kebakaran akibat konduksi. Konduksi kaca rendah sehingga bagian dalam lebih cepat menerima kalor dibandingkan bagian luar yang mengakibatkan pemanasan tidak rata. Minta peserta didik menyimak Persamaan 6.9. Berikan soal konduksi.

Kaca dengan lebar 120 cm, tinggi 180 cm dan ketebalan 5 mm dipasang di suatu rumah di negara dengan empat musim. Konduktivitas termal kaca adalah  $1,4 \text{ W(mK)}^{-1}$ . Suhu di dalam ruangan adalah  $25^\circ\text{C}$  dan di luar rumah adalah  $-5^\circ\text{C}$ , tentukan laju kalor yang hilang melalui kaca. (Jawaban  $Q/t = 1,4 \times 1,2 \times 1,8 \times 30/0,005 = 18.144 \text{ J/s}$ ). Berikan soal-soal lainnya.

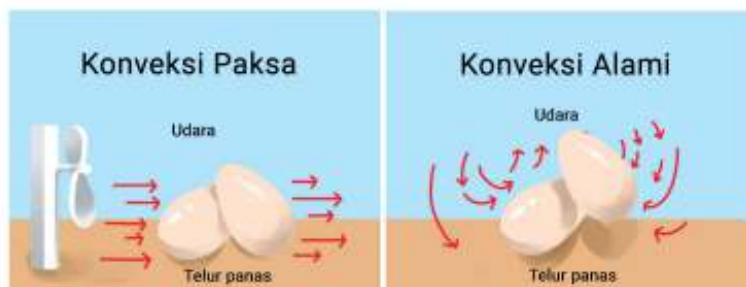
- 2) Arahkan peserta didik untuk melakukan **Aktivitas 6.4** dan membuat laporannya.
- 3) Minta peserta didik menyimak tentang konveksi dan Persamaan 6.10. Tanyakan bagaimana sebenarnya proses konveksi dengan mengacu pada gambar berikut ini.



**Gambar 6.10** Proses perpindahan panas secara konveksi  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Tanyakan lagi, mengapa AC dipasang di atas dan pemanas ruangan dipasang di bawah. (Udara panas akan naik dan udara dingin akan turun).

Tunjukkan gambar di bawah ini dan minta peserta didik membedakan konveksi alami dan konveksi paksa. (Konveksi paksa biasanya dilakukan oleh kipas angin yang dipasang di langit-langit atau pompa. Suhu ruangan lebih merata dengan alat ini).



**Gambar 6.11** Konveksi alami dan paksa  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikburistek (2022)



Berikan soal-soal hitungan tentang konveksi.

- 4) Jelaskan kembali pecahnya kaca jendela dalam peristiwa kebakaran akibat adanya radiasi. Kalor diteruskan ke kaca jendela melalui radiasi, yaitu perpindahan kalor melalui gelombang elektromagnetik. Minta peserta didik menyimak konsep radiasi dan Persamaan 6.11. Berikan soal-soal hitungan tentang radiasi.
- 5) Peserta didik menyimak penjelasan tentang aplikasi perpindahan panas. Adakan diskusi dengan peserta didik dalam memahami bagian-bagian dari suatu termos. (Bagian mengkilat untuk meminimkan kehilangan kalor akibat radiasi, vakum untuk mengurangi kehilangan kalor akibat konduksi dan konveksi, dan penutup plastik untuk mengurangi kehilangan kalor akibat konduksi).



**Gambar 6.12** Termos  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek/2022

Jelaskan bahwa radiasi dapat menembus vakum sedangkan konduksi dan konveksi tidak dapat menembusnya. Artinya, konduksi dan konveksi memerlukan materi untuk menghantarkan kalor. Warna mengkilat mengurangi efek radiasi.

### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik menunjukkan pemahaman dengan melakukan Aktivitas 6.4 dan memberikan respon terhadap pertanyaan guru. Peserta didik juga dapat mengerjakan soal-soal yang diberikan oleh guru.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman

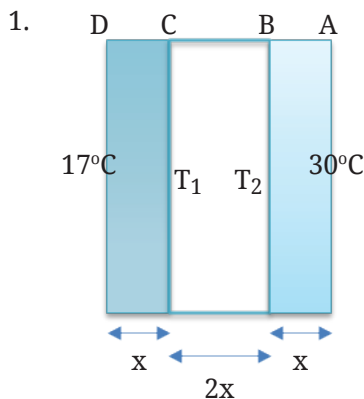
### Aktivitas 6.4

Peserta didik dalam kelompok mendesain penyelidikan untuk mengetahui kemampuan menghantarkan kalor dari beberapa bahan.

## C. Refleksi Pembelajaran Bab 6

1. Guru merefleksikan hal-hal apa (pengajaran, partisipasi dan pemahaman peserta didik, serta manajemen kelas) yang telah berjalan dengan baik.
2. Guru merefleksikan hal-hal apa (pengajaran, partisipasi dan pemahaman peserta didik, serta manajemen kelas) yang perlu diperbaiki.
3. Guru merefleksikan temuan-temuan khusus terkait miskonsepsi, teknik penyelesaian masalah, sikap dan pertanyaan yang berkaitan dengan prinsip suhu dan kalor.

## D. Jawaban Asesmen



Laju perpindahan kalor dari A ke B = Laju perpindahan kalor dari B ke C

$$K_{kaca} \frac{A}{x} \Delta T_{AB} = K_{udara} \frac{A}{2x} \Delta T_{BC}$$

$$0,7 \times (30 - T_2) = 0,03 (1/2) (T_2 - T_1)$$

$$140 \times (30 - T_2) = 3 \times (T_2 - T_1)$$

$$4200 - 140 T_2 = 3 T_2 - 3 T_1$$

$$143 T_2 - 3 T_1 = 4200 \dots\dots\dots (1)$$

Laju perpindahan kalor dari A ke B = Laju perpindahan kalor dari C ke D

$$K_{kaca} \frac{A}{X} \Delta T_{AB} = K_{udara} \frac{A}{X} \Delta T_{CD}$$

$$(30 - T_2) = (T_1 - 17)$$

$$47 = T_1 + T_2$$

$$T_1 + T_2 = 47 \dots\dots\dots (2)$$

Laju perpindahan kalor dari B ke C = Laju perpindahan kalor dari C ke D

$$K_{udara} \frac{A}{2X} \Delta T_{BC} = K_{udara} \frac{A}{X} \Delta T_{CD}$$

$$0,03 (1/2) (T_2 - T_1) = 0,7 \times (T_1 - 17)$$

$$3 \times (T_2 - T_1) = 140 \times (T_1 - 17)$$

$$3 T_2 - 3 T_1 = 140 T_1 - 2380$$

$$2380 = 143 T_1 - 3 T_2$$

$$143 T_1 - 3 T_2 = 2380 \dots\dots\dots (3)$$

Substitusi persamaan (2) ke persamaan (1)

$$143 (47 - T_1) - 3 T_1 = 4200$$

$$6721 - 143 T_1 - 3 T_1 = 4200$$

$$6721 - 4200 = 146 T_1$$

$$T_1 = \frac{2521}{146} ^\circ C$$

Dengan substitusikan hasil ini ke persamaan (2) di dapatkan,

$$\frac{2521}{146} + T_2 = 47$$

$$T_2 = \frac{4341}{146} ^\circ C$$

Jadi suhu kaca yang bersentuhan dengan udara dalam jendela (sisi kanan) adalah  $\frac{4341}{146} ^\circ C$  dan suhu kaca yang bersentuhan dengan udara dalam jendela (sisi kiri)  $\frac{2521}{146} ^\circ C$

2. Pendingin berfungsi menyerap kalor sehingga suhu kendaraan tidak meningkat banyak. Bahan dengan kalor jenis yang tinggi cocok sebagai pendingin. Titik didih pendingin sebaiknya tidak rendah karena pendingin akan berubah menjadi gas. Titik lebur sebaiknya rendah agar tidak cepat menjadi padat. Bahan yang sesuai adalah bahan A.
3. Pertambahan volume tembaga adalah  $60 \times 30 \times 51 \times 10^{-6} = 9,18 \times 10^{-2}$  liter. Pertambahan volume bensin adalah  $60 \times 30 \times 9,6 \times 10^{-4} = 1,728$  liter. Cairan bensin akan tumpah sebanyak  $1,728 - 0,0918 = 1,6362$  liter.

4. Setelah pencampuran

- Cairan A dan B

Berdasarkan asas Black maka  $Q_{\text{terima}} = Q_{\text{lepas}}$

$$\begin{aligned}m_A \times c_A \times \Delta T_A &= m_B \times c_B \times \Delta T_B \\2 \times c_A \times (40-20) &= 1 \times c_B \times (60-40) \\40 \times c_A &= 20 \times c_B \\2 c_A &= c_B\end{aligned}$$

- Cairan A dan C

Berdasarkan asas Black maka  $Q_{\text{terima}} = Q_{\text{lepas}}$

$$\begin{aligned}m_A \times c_A \times \Delta T_A &= m_C \times c_C \times \Delta T_C \\2 \times c_A \times (30-20) &= 4 \times c_C \times (40-30) \\20 \times c_A &= 40 \times c_C \\c_A &= 2 c_C \\1/2 c_A &= c_C\end{aligned}$$

Sehingga untuk campuran cairan B dan C:

Berdasarkan asas Black maka  $Q_{\text{terima}} = Q_{\text{lepas}}$

$$\begin{aligned}M_B \times c_B \times \Delta T_B &= m_C \times c_C \times \Delta T_C \\1 \times c_B \times (60-T) &= 4 \times c_C \times (T-40) \\1 \times (2c_A) \times (60-T) &= 4 \times (1/2 \times c_A) \times (T-40) \\2c_A \times (60-T) &= 2c_A \times (T-40) \\(60-T) &= (T-40) \\100 &= 2T \\T &= 50^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Jadi suhu akhir campuran cairan A dan B adalah  $50^\circ\text{C}$

- 5) Es lebih cepat mencair jika menerima kalor lebih banyak dalam satuan waktu dari benda lain. Jumlah kalor yang dipindahkan dalam satuan waktu adalah laju perpindahan kalor. Dari soal ini, peristiwa perpindahan kalor yang terjadi adalah konduksi.

Bandungkan laju konduksi antara logam perak dengan besi. Berdasarkan tabel pada soal, nilai konduktivitas perak lebih besar dibandingkan besi. Sehingga laju konduksi kalor dari perak menuju es lebih besar dibandingkan laju kalor dari besi menuju es. Hal ini mengakibatkan es lebih cepat mencair ketika bersentuhan dengan logam perak.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2022

Buku Panduan Guru Fisika untuk SMA/MA Kelas XI

Penulis : Marianna Magdalena Radjawane, Alvius Tinambunan, Lim Suntar Jono

ISBN : 978-623-472-724-1 (jil.1)

## BAB 7

# Termodinamika Panduan Khusus

### Pendahuluan

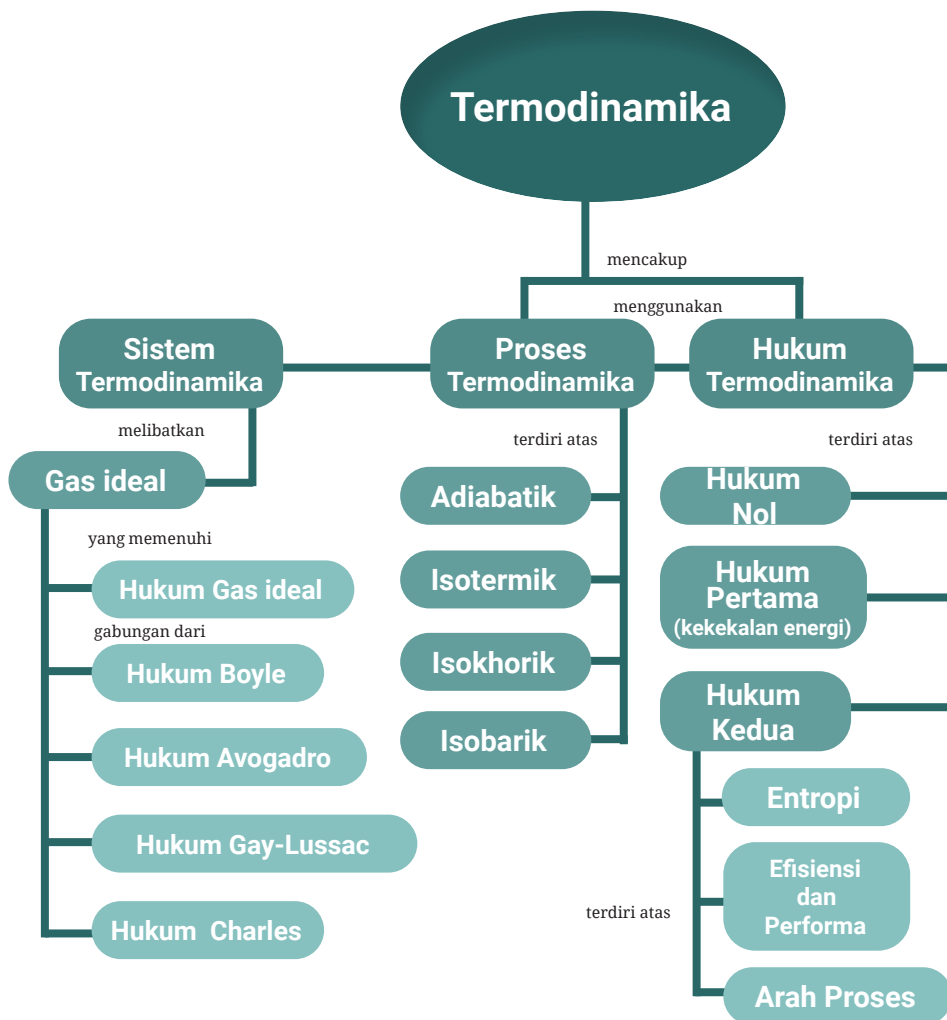
Energi merupakan kebutuhan utama manusia baik untuk kelangsungan hidupnya maupun untuk menjalankan kehidupan. Kualitas dan kuantitas energi dinyatakan dalam hukum I dan II Termodinamika. Aplikasi dari prinsip-prinsip termodinamika telah dimanfaatkan dalam berbagai bidang seperti industri, pengaturan metabolisme tubuh manusia dan lingkungan hidup.

Setiap subbab pada pembelajaran disusun berdasarkan fenomena-fenomena yang biasa diamati sehari-hari sehingga memudahkan untuk memahami prinsip-prinsip dari termodinamika yang akhirnya membawa pada kemampuan untuk menyelesaikan masalah melalui perumusan matematis. Aktivitas yang dilakukan sedapat mungkin tidak terkendala oleh alat dan bahan atau sumber daya yang diperlukan. Pengetahuan prasyarat tentang pengertian gas, interpretasi grafik, kalor dan hukum kekekalan energi diperlukan untuk belajar Termodinamika. Melalui materi Termodinamika peserta didik mengembangkan bernalar kritis, sikap mandiri dan gotong royong dari Profil Pelajar Pancasila.

## Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab 7 tentang termodinamika, peserta didik diharapkan dapat menerapkan teori kinetik gas untuk menganalisis sifat-sifat gas, menganalisis berbagai hukum gas yang membentuk persamaan gas ideal, menganalisis proses-proses termodinamika, menerapkan hukum I Termodinamika dalam penyelesaian masalah sehari-hari, membedakan tiga pernyataan tentang Hukum II Termodinamika, dan penerapannya dalam penyelesaian masalah dan menjelaskan cara kerja, efisiensi mesin kalor, dan pompa kalor menurut Hukum II Termodinamika.

## Peta Konsep



## A. Skema Pembelajaran Bab 7

1. Rekomendasi waktu pembelajaran 14 jam pelajaran (1 JP = 45 menit).
2. Asesmen dibagi menjadi beberapa bagian yaitu dengan soal dan aktivitas. Pada akhir bab akan diberikan asesmen untuk menguji kemampuan analitis peserta didik dalam memecahkan masalah.

Tahapan Pembelajaran	J P	Materi Pokok	Tujuan Pembelajaran Pertahapan	Strategi Pembelajaran	Sumber Belajar dan Media
Subbab A : Gas Ideal	2	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pengertian Gas</li> <li>2. Hukum-Hukum tentang Gas</li> <li>3. Gas ideal dan gas nyata</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Peserta didik dapat menerapkan teori kinetik gas untuk menganalisis sifat-sifat gas</li> <li>2. Peserta didik dapat menganalisis berbagai hukum gas yang membentuk persamaan gas ideal</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penjelasan fenomena akan topik terkait</li> <li>2. Aktivitas dan beberapa percobaan sederhana</li> <li>3. Demonstrasi menggunakan alat-seederhana</li> <li>4. Cek pemahaman</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Buku peserta didik Subbab A</li> <li>2. Sumber bacaan internet</li> <li>3. Buku-buku penunjang topik terkait</li> </ol>
Subbab B : Konsep Dasar Termodinamika	2	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sistem dan Lingkungan</li> <li>2. Sifat-Sifat Sistem Termodinamika</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Peserta didik dapat menganalisis sifat-sifat sistem termodinamika</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penjelasan fenomena akan topik terkait</li> <li>2. Aktivitas menggunakan teknologi</li> <li>3. Demonstrasi menggunakan alat sederhana</li> <li>4. Cek pemahaman</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Buku peserta didik Subbab B</li> <li>2. Sumber bacaan dari internet</li> <li>3. Buku-buku penunjang topik terkait</li> </ol>
Subbab C : Proses-Proses Termodinamika	2	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diagram p-V</li> <li>2. Usaha oleh gas</li> <li>3. Empat proses Termodinamika</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Peserta didik dapat menganalisis proses-proses termodinamika yang terjadi dalam system dan variabel-variabel sifat yang bersesuaian dengannya</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penjelasan fenomena akan topik terkait</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Buku peserta didik Subbab C</li> <li>2. Sumber bacaan dari internet</li> </ol>

Tahapan Pembelajaran	J P	Materi Pokok	Tujuan Pembelajaran	Strategi Pembelajaran	Sumber Belajar dan Media
				2. Aktivitas menggunakan teknologi 3. Demonstrasi menggunakan alat sederhana 4. Cek pemahaman	
Subbab D : Hukum-Hukum Termodinamika	4	1. Hukum Ke Nol Termodinamika 2. Hukum Pertama Termodinamika 3. Hukum Kedua Termodinamika	1. Peserta didik dapat menerapkan Hukum I Termodinamika dalam penyelesaian masalah sehari-hari 2. Peserta didik mampu membedakan tiga pernyataan Hukum II Termodinamika dan penerapannya dalam penyelesaian masalah sehari-hari	1. Penjelasan fenomena akan topik terkait 2. Aktivitas dan beberapa percobaan sederhana 3. Demonstrasi menggunakan alat-sederhana 4. Cek pemahaman	1. Buku peserta didik Subbab D 2. Sumber bacaan internet 3. Buku-buku penunjang topik terkait
Subbab E : Mesin Kalor dan Pompa Kalor	4	1. Mesin Kalor 2. Pompa Kalor	1. Peserta didik dapat menjelaskan prinsip, cara kerja dan efisiensi mesin kalor dan pompa kalor	1. Penjelasan fenomena akan topik terkait 2. Aktivitas menggunakan teknologi 3. Demonstrasi menggunakan alat sederhana 4. Cek pemahaman	1. Buku peserta didik Subbab E 2. Sumber bacaan dari internet 3. Buku-buku penunjang topik terkait



## B. Panduan Pembelajaran Bab 7

### 1. Pertemuan Pertama (2 JP)

#### Pendahuluan

#### A. Gas Ideal

1. Pengertian Gas
2. Hukum-Hukum tentang Gas



#### Tujuan Pembelajaran

1. Peserta didik dapat menerapkan teori kinetik gas untuk menganalisis sifat-sifat gas.
2. Peserta didik dapat menganalisis berbagai hukum gas yang membentuk persamaan gas ideal.



#### Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

Peserta didik telah memahami sifat-sifat gas secara umum.



#### Tahapan Pembelajaran

#### 1. Persiapan Pembelajaran

- a. Guru menyiapkan soal-soal latihan, gambar, bahan bacaan dan video terkait dengan konsep dan aplikasi gas ideal.
- b. Peserta didik menyiapkan alat dan bahan untuk membuat paru-paru.

#### 2. Kegiatan Pembelajaran

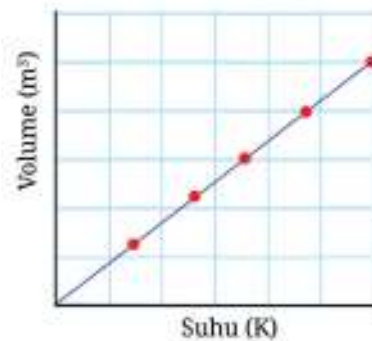
##### a. Apersepsi

Tanyakan, apa perbedaan utama antara zat cair dan gas. (Gas dapat dimampatkan). Apakah gas dapat dicairkan? Dalam kondisi apa gas dapat dicairkan? (tekanan tinggi dan suhu rendah). Apakah kriteria gas ideal? (Tidak dapat menjadi cair agar selalu berwujud gas dan berlaku dalam segala kondisi).

## b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Arahkan peserta didik untuk menyimak pengantar bab dengan mencatat berbagai fenomena yang ada. Minta mereka mencatat hal-hal baru bagi mereka termasuk istilah-istilah. Diskusikan tentang hal ini.
- 2) Arahkan peserta didik untuk memperhatikan Gambar 7.5 dan Tabel 7.1. Diskusikan kembali sifat-sifat gas (memenuhi ruangan, dapat dimampatkan, menempati ruang lebih besar daripada yang ditempati oleh zat padat dan zat cair). Jelaskan informasi lainnya. Minta mereka menyimak asumsi-asumsi dalam teori kinetik gas. Berikan animasi gerak partikel gas untuk mendapatkan gambaran.
- 3) Minta peserta didik menyimak Gambar 7.6 tentang percobaan Hukum Boyle dan menghubungkannya dengan Persamaan 7.1. Buat diskusi kelas. (Pada suhu dan jumlah mol tetap tekanan berbanding terbalik dengan volume). Arahkan peserta didik untuk melakukan **Aktivitas 7.1**. Minta peserta didik menyimak **Tahukah Kalian**.

- 4) Minta peserta didik menyimak Gambar 7.9 tentang percobaan Hukum Charles dan menghubungkannya dengan Persamaan 7.2. Ajak peserta didik untuk melakukan kegiatan **Ayo Amati** dan diskusikan. Tunjukkan suhu nol mutlak dari grafik volume terhadap suhu pada tekanan dan jumlah mol tetap.



Gambar 7.1 Grafik Volume terhadap suhu  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

- 5) Minta peserta didik menyimak Gambar 7.10 tentang percobaan Hukum Gay-Lussac dan menghubungkannya dengan Persamaan 7.3. Ajak peserta didik untuk melakukan kegiatan **Ayo Amati** dan diskusikan.

- 6) Minta peserta didik menyimak Gambar 7.11 tentang percobaan Hukum Avogadro dan menghubungkannya dengan Persamaan 7.4. Tunjukkan juga gambar (Gambar 7.3) di bawah ini atau peragakan. Meniup balon sama dengan menambah udara di dalam balon. Arahkan peserta didik untuk mengerjakan **Ayo Amati** secara berkelompok. Diskusikan hasilnya.



Gambar 7.2 Meniup balon  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

- 7) Berikan fenomena ini. Jendela pecah seperti meledak ketika terjadi kebakaran. Apa hubungannya dengan hukum-hukum tentang gas? (Ketika terjadi kebakaran maka gas dalam ruangan memuai. Suhu naik maka tekanan gas juga naik).
- 8) Minta peserta didik menyimak persamaan gas nyata (Persamaan 7.5), persamaan gas ideal (Persamaan 7.6), dan Persamaan 7.7. Jelaskan bahwa untuk Persamaan 7.7 digunakan jumlah mol  $n$  adalah perbandingan jumlah partikel  $N$  terhadap bilangan Avogadro  $N_A$ . Gas ideal adalah gas yang memenuhi hukum gas ideal dalam segala kondisi. Tanyakan apa pengaruh gaya tarik-menarik antara molekul gas terhadap tekanan gas. (Jika gaya tarik-menarik antara molekul gas makin besar maka makin kecil jumlah tumbukan yang terjadi antara molekul gas dengan dinding wadah sehingga tekanan gas berkurang). Tertariknya suatu molekul terhadap molekul lainnya dipengaruhi jumlah molekul dan volume gas. Faktor  $a$ , mewakili gaya tarik antar molekul yang berbeda untuk zat yang berbeda. Faktor  $b$  menunjukkan ukuran molekul. Molekul berbeda mempunyai faktor  $b$  yang berbeda juga. Arahkan peserta didik untuk melakukan kegiatan **Ayo Berdiskusi**.
- 9) Arahkan peserta didik untuk menyimak **Tahukah Kalian** dan melakukan kegiatan **Ayo Cek Pemahaman**. Berikan soal-soal lain tentang hukum gas dan persamaan gas ideal.

### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik secara berkelompok maupun individu dapat menerapkan konsep gas ideal yang dipahami dalam berbagai kegiatan, pertanyaan-pertanyaan dan soal-soal latihan.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman

### Aktivitas 7.1

Setiap kelompok mendemonstrasikan dan mempresentasikan karya mereka. Buatlah diskusi.



### Ayo, Amati!

Contoh fenomena berkaitan dengan hukum Charles adalah udara panas mengembang dalam balon udara sehingga balon naik keatas. Contoh lain adalah gas karbondioksida yang dihasilkan oleh ragi akan mengembang ketika suhu meningkat.



### Ayo, Amati!

Contoh fenomena sehari-hari yang berkaitan dengan Hukum Gay-Lussac adalah panci tekan, ban meletus pada siang hari, dan semprotan aerosol.



### Ayo, Amati!

Contoh fenomena yang berkaitan dengan hukum Avogadro adalah ketika paru-paru menghirup udara maka paru-paru mengembang dan hal sebaliknya terjadi jika napas dibuang.



### Ayo, Berdiskusi!

1. Ya karena persamaan gas ideal tidak memasukkan faktor gaya tarik menarik dan volume molekul gas yang merupakan karakteristik gas. Asumsi adalah persamaan gas ideal berlaku pada tekanan rendah dan suhu tinggi.
2. Tekanan rendah berarti lebih sedikit kemungkinan terjadi gaya tarik menarik antara suatu partikel dan partikel lainnya. Suhu tinggi berarti gerak partikel-partikel lebih cepat sehingga lebih sedikit kemungkinan terjadi gaya antara partikel.

Gas yang berat tidak memenuhi persamaan gas ideal karena kerapatannya lebih besar sehingga gaya antar partikel lebih nyata.



### Ayo, Cek Pemahaman!

Gunakan persamaan gas ideal  $pV = nRT$

$$(p_1V_1)/T_1 = (p_2V_2)/T_2$$

$$(15 \times 10/300) = (p_2 \times 8)/310$$

$$p_2 = 105/8 \text{ atm} = 13,125 \text{ atm}$$

## 2. Pertemuan Kedua (2 JP)

### B. Sistem Termodinamika

1. Sistem dan Lingkungan
2. Sifat-sifat Sistem Termodinamika



### Tujuan Pembelajaran

Peserta didik dapat menganalisis sifat-sifat sistem termodinamika.



### Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

Peserta didik telah memahami tentang besaran-besaran yang berkaitan dengan sifat-sifat gas.



### Tahapan Pembelajaran

#### 1. Persiapan Pembelajaran

- a. Guru mempersiapkan balon, soda kue dan cuka.
- b. Guru menyiapkan soal-soal latihan, gambar, bahan bacaan, dan video terkait dengan sistem termodinamika.

#### 2. Kegiatan Pembelajaran

##### a. Apersepsi

Sediakan suatu balon. Masukkan soda kue dan cuka ke dalam balon tersebut. Amati apa yang terjadi. (Balon mengembang karena terbentuk gas). Tanyakan, mana yang berupa sistem dan mana yang berupa lingkungan. Soda kue dan cuka merupakan sistem dan balon merupakan lingkungan. Reaksi antara soda kue dan cuka merupakan reaksi endotermis.

Sentuhlah kulit balon dan terasa dingin. Bagaimana arah perpindahan kalor? (dari lingkungan ke sistem)

### b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Minta peserta didik menyimak Gambar 7.12 dan 7.13 beserta penjelasannya kemudian melakukan **Aktivitas 7.2**. Diskusikan hasilnya. Arahkan peserta didik untuk melakukan kegiatan **Ayo Berpikir Kritis**. Diskusikan hasilnya.
- 2) Minta peserta didik menyimak sifat-sifat sistem termodinamika. Jelaskan bahwa pada suatu keadaan tertentu sistem termodinamika memiliki hal-hal makro yang dapat diukur. Tanyakan, bagaimana tekanan, suhu dan jumlah mol gas dihubungkan dengan keadaan mikro dari sistem. (Tekanan ditentukan oleh tumbukan antara partikel-partikel dengan dinding wadah, suhu disebabkan oleh energi kinetik partikel dan jumlah mol gas menunjukkan banyak partikel). Tanyakan juga mengapa syarat kesetimbangan menjadi penting dalam sistem termodinamika. (Jika tidak terjadi kesetimbangan, misalnya suhu berbeda maka pasti terjadi perpindahan kalor).
- 3) Tanyakan mengapa gas sering digunakan dalam sistem termodinamika.

### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik secara berkelompok maupun individu dapat menerapkan konsep yang dipahami dalam berbagai kegiatan, pertanyaan-pertanyaan dan soal-soal latihan mengenai system termodinamika dan sifat-sifatnya.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman

### Aktivitas 7.2

1. Tubuh manusia adalah sistem terbuka.
  2. Mangkok berisi bubur adalah sistem terbuka.
  3. Kayu yang terbakar adalah sistem terbuka.
  4. Termos adalah sistem tertutup.
  5. Mesin mobil adalah sistem terbuka.
  6. Kompresor AC adalah sistem tertutup.
  7. Ban sepeda yang dipompa adalah sistem tertutup.
- Udara dalam ban sepeda, gas dalam mesin mobil dan gas dalam kompresor AC.



### Ayo, Berpikir Kritis!

1. Gas dalam ruang yang dihubungkan dengan piston merupakan sistem yang berubah ukuran.
2. Air mendidih merupakan sistem yang berubah ukuran.
3. Mengisi udara dalam ban sepeda merupakan sistem yang berubah ukuran.

## 3. Pertemuan Ketiga (2 JP)

### C. Proses-Proses Termodinamika

1. Diagram  $p$ - $V$
2. Usaha oleh Gas Ideal
3. Proses-Proses Termodinamika



### Tujuan Pembelajaran

Peserta didik dapat menganalisis proses-proses termodinamika yang terjadi dalam sistem dan variabel-variabel sifat yang bersesuaian dengannya.



### Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

1. Peserta didik telah memahami sistem termodinamika dan sifat-sifatnya khususnya gas ideal.
2. Peserta didik telah memahami perubahan pada sistem yang dapat terjadi karena transfer energi dan atau materi.
3. Peserta didik dapat membaca, menginterpretasi dan memprediksi dari grafik.



### Tahapan Pembelajaran

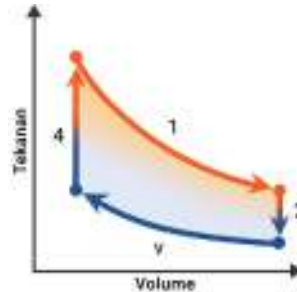
#### 1. Persiapan Pembelajaran

Guru menyiapkan latihan soal-soal latihan, gambar, bahan bacaan dan video yang berkaitan dengan proses-proses termodinamika.

## 2. Kegiatan Pembelajaran

### a. Apersepsi

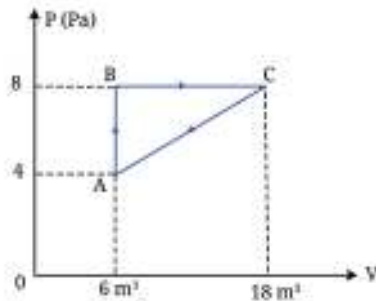
- 1) Ingatkan kembali bahwa sifat gas bersesuaian dengan besaran-besaran gas. Contoh  $n$  adalah jumlah mol yang menunjukkan banyak gas.
- 2) Minta mereka menginterpretasikan grafik. (Grafik 1 tekanan berkurang tetapi volume bertambah, grafik 2 tekanan berkurang tetapi volume tetap, grafik 3 tekanan bertambah tetapi volume berkurang dan grafik 4 tekanan bertambah tetapi volume tetap).



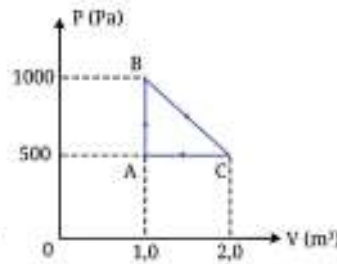
Gambar 7.3 Proses termodinamika dalam grafik  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

### b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Minta peserta didik menyimak pengertian proses termodinamika, Tabel 7.2 dan Gambar 7.15 untuk memahami diagram  $p$ - $V$ . Tunjukkan dua grafik dalam diagram  $p$ - $V$  dan tanyakan apa perbedaan dari kedua grafik ini. (Proses keduanya berbeda).



Gambar 7.4 Proses AC dan ABC  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)



Gambar 7.5 Siklus ABC  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Gambar 7.4 dan Gambar 7.5 menunjukkan suatu siklus, artinya proses bermula dari suatu keadaan dan kembali ke keadaan semula (ABCA).

- 2) Tanyakan apakah diagram  $p$ - $V$  hanya memberikan informasi tekanan  $p$  dan volume  $V$ ? (Informasi suhu  $T$  juga dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan gas ideal). Jelaskan bahwa usaha dan kalor dapat diketahui dari diagram  $p$ - $V$  dengan menggunakan Hukum I Termodinamika, tidak perlu mendetil.
- 3) Minta peserta didik menyimak Gambar 7.16a dan Gambar 7.16b beserta penjelasannya. Pastikan peserta didik melihat fenomena usaha oleh piston dan representasi pada grafik.



Ingatkan konvensi tanda untuk usaha. Tanyakan berapa usaha yang dilakukan atau oleh gas ideal berdasarkan kedua gambar pada poin 2 dengan mengingat usaha adalah luas grafik. (Pada grafik dalam Gambar 7.4 usaha pada proses ABC adalah 24 J dan usaha pada proses AC adalah 72 J. Pada grafik dalam Gambar 7.5 usaha pada siklus adalah 250 J). Berikan soal-soal latihan lainnya.

- 4) Minta peserta didik menyimak Gambar 7.17 yang menunjukkan empat proses dalam diagram  $p$ - $V$  dan penjelasan setiap proses. Arahkan mereka untuk bertanya.
- 5) Arahkan mereka untuk melakukan kegiatan **Ayo Berpikir Kritis**. Diskusikan hasilnya.
- 6) Minta peserta didik menyimak proses reversible dan proses ireversibel beserta penjelasannya. Berikan contoh-contoh lainnya.
- 7) Arahkan peserta didik untuk melakukan kegiatan **Ayo Cek Pemahaman**. Diskusikan hasilnya.

### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik secara berkelompok maupun individu dapat menerapkan konsep yang dipahami dalam berbagai kegiatan, pertanyaan-pertanyaan dan soal-soal latihan mengenai proses-proses termodinamika dan diagram  $p$ - $V$ .



### Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman



### Ayo, Berpikir Kritis!

*Pressure cooker* menerima panas sehingga suhunya naik yang mengakibatkan tekanan naik. Jadi tidak mungkin mengalami proses adiabatik, isothermal dan isobarik.



### Ayo, Cek Pemahaman!

Empat proses termodinamika yang terjadi dalam siklus adalah proses 1-2 adalah proses isokhorik, proses 2-3 adalah proses isobarik, proses 3-4 adalah proses isothermal dan proses 4-1 adalah proses isobarik.

## 4. Pertemuan Keempat (4 JP)

### D. Hukum-Hukum Termodinamika

1. Hukum Ke Nol Termodinamika
2. Hukum Pertama Termodinamika
3. Hukum Kedua Termodinamika



#### Tujuan Pembelajaran

1. Peserta didik dapat menerapkan hukum I Termodinamika dalam penyelesaian masalah sehari-hari.
2. Peserta didik dapat membedakan tiga pernyataan tentang Hukum II Termodinamika beserta penerapannya dalam penyelesaian masalah sehari-hari.



#### Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

1. Peserta didik telah memahami hukum kekekalan energi.
2. Peserta didik telah memahami proses-proses termodinamika.
3. Peserta didik telah memahami konsep kalor dan pengaruhnya pada materi.



#### Tahapan Pembelajaran

##### 1. Persiapan Pembelajaran

- a. Peserta didik menyiapkan balon, botol kaca, dan wadah. Air panas disediakan di sekolah.
- b. Guru menyiapkan soal-soal latihan, gambar, bahan bacaan dan video yang terkait dengan hukum-hukum termodinamika

##### 2. Kegiatan Pembelajaran

###### a. Apersepsi

Guru menunjukkan fenomena pembuangan panas akibat dari kerja suatu mesin. Tanyakan, mungkinkah suatu mesin bekerja tanpa mengeluarkan panas. Dapatkah panas yang telah dikeluarkan sebagai buangan digunakan kembali? Apakah tetap berlaku hukum kekekalan energi dengan adanya buangan panas?

## b. Konstruksi Pengetahuan

1) Ingatkan kembali akan kesetimbangan termal yang telah dipelajari dalam bab Kalor dan menunjukkan gambar di bawah ini.

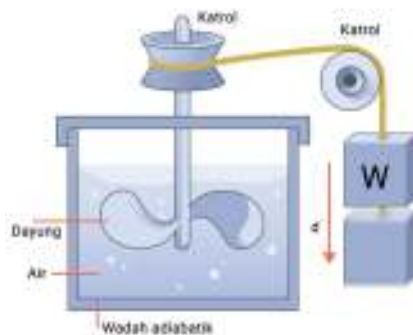


Gambar 7.6 Hukum ke Nol Termodinamika  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

2) Hukum ke nol termodinamika disebut juga sebagai kesetimbangan termal. Arahkan peserta didik untuk melakukan kegiatan **Ayo Berpikir Kritis** dan diskusikan hasilnya.

2) Minta peserta didik menyimak usaha dan kalor. Tampilkan kembali eksperimen Joule yang menunjukkan kekekalan energi dan usaha yang dilakukan menaikkan suhu air.

Usaha yang dilakukan akibat benda yang berpindah sejauh  $d$  adalah  $W = w \times d$  dimana  $w$  merupakan berat benda dan  $d$  adalah perpindahan benda. Usaha menyebabkan dayung memutar air. Gesekan dayung dan air menghasilkan panas.



Gambar 7.7 Eksperimen Joule  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

Minta peserta didik untuk menuliskan persamaan matematika yang menunjukkan hubungan antara usaha yang dilakukan sama dengan kalor yang diterima oleh air. ( $W = Q$   $w \times d = m c \Delta T$ ) Tegaskan bahwa perubahan suhu dapat disebabkan oleh usaha dan kalor yang diberikan pada benda. Kalor dan usaha merupakan energi transit. Keduanya bukan merupakan energi yang disimpan oleh sistem.

3) Minta peserta didik menyimak penjelasan energi dalam. Jelaskan bahwa partikel-partikel materi memiliki energi kinetik dan juga energi potensial. Energi potensial berkaitan dengan gaya antara partikel penyusun. Materi memiliki energi dalam yang merupakan energi total secara mikroskopis. Ketika materi menyerap kalor maka energi dalamnya bertambah dan ketika materi melepaskan kalor maka energi dalamnya berkurang. Energi dalam adalah energi yang tersimpan dalam sistem.

4) Arahkan peserta didik untuk melakukan kegiatan **Ayo Berdiskusi**. Diskusikan hasilnya.

- 5) Arahkan peserta didik untuk melakukan **Aktivitas 7.3** dan diskusikan hasilnya. Diskusi dapat berlangsung lama karena pemilihan bahan yang berbeda dan kriteria yang digunakan.
- 6) Berdasarkan kegiatan yang dilakukan sebelumnya minta peserta didik menyimak Hukum I Termodinamika dan Persamaan 7.9. Arahkan peserta didik untuk melakukan kegiatan **Ayo Cermati**. Berikan soal-soal latihan lainnya.
- 7) Minta peserta didik menyimak penjelasan Aplikasi Hukum I Termodinamika dalam Proses Termodinamika. Arahkan mereka untuk melakukan **Ayo Cek Pemahaman**. Diskusikan hasilnya. Berikan latihan soal lainnya.
- 8) Minta peserta didik menyimak penjelasan kapasitas kalor dan melakukan kegiatan **Ayo Berpikir Kritis**.
- 9) Minta mereka menyimak **Tahukah Kalian**.
- 10) Arahkan peserta didik untuk memahami mengapa Hukum II Termodinamika diperlukan dengan adanya keterbatasan Hukum I Termodinamika.

Guru meniup balon kemudian menutup mulut balon. Tanyakan apa yang terjadi jika mulut balon dibuka. (Balon akan kempes karena udara keluar dari balon). Guru membuka mulut balon dan balon kempes. Tanyakan, apakah proses sebaliknya dapat terjadi dengan sendirinya, yaitu balon mengembang tanpa dilakukan apapun? (Tidak).

Perkenalkan pemahaman tentang proses spontan dan minta peserta didik menyimak tentang fenomena proses spontan dan menyebutkan contoh-contoh proses spontan lainnya.

Hukum II Termodinamika yang mengatur apakah suatu proses dapat terjadi dengan sendirinya yaitu proses yang alami seperti kalor mengalir dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah. Proses spontan bersifat ireversibel karena hanya satu arah saja. Arahkan peserta didik untuk melakukan kegiatan **Ayo Berpikir Kritis**. Diskusikan hasilnya.

- 11) Jelaskan hubungan antara entropi dengan proses spontan. Menurut Rudolf Clausius, fisikawan dari Jerman, entropi total dari semua yang terlibat dalam proses alami tidak pernah berkurang. Untuk proses nyata (spontan/ ireversibel) nilai entropi selalu bertambah. Untuk proses ideal (reversible) nilai entropi tetap. Entropi merupakan suatu sifat dari materi. Hukum II Termodinamika mengatakan bahwa entropi jagat raya cenderung menuju maksimum. Minta peserta didik menyimak Persamaan 7.15 dan penjelasannya.
- 12) Guru menjelaskan keteraturan dalam kayu sebelum dan sesudah terbakar.



**Gambar 7.8** Kayu  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)



**Gambar 7.9** Pembakaran kayu  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

Entropi juga merupakan ukuran ketidakteraturan jika ditinjau dari segi mikroskopis. Hukum II secara tidak langsung menyatakan bahwa sistem yang teratur cenderung menjadi tidak teratur dan yang tidak teratur tetap tinggal tidak teratur. Tanyakan mana lebih mudah menjatuhkan telpon genggam atau memperbaiki telpon genggam yang retak.

- 13) Minta peserta didik menjawab **Ayo Berdiskusi**.
- 14) Minta peserta didik menyimak Gambar 7.24 beserta penjelasannya. Jadi, entropi merupakan ukuran bahwa energi tidak lagi dapat digunakan untuk melakukan usaha.
- 15) Minta peserta didik menyimak Persamaan 7.16 dan 7.17 dan mengerjakan **Ayo Berdiskusi**.
- 16) Minta peserta didik untuk melakukan **Ayo Berpikir Kritis**.
- 17) Minta peserta didik menyimak Gambar 7.25a dan Gambar 7.25b beserta penjelasannya. Mereka berdiskusi tentang dampak polusi terhadap lingkungan dan usaha yang dilakukan untuk mengatasi polusi.
- 18) Arahkan peserta didik untuk melakukan kegiatan **Ayo Berdiskusi**. Ajak peserta didik untuk menyimak pernyataan Clausius dan Gambar 7.27. Pastikan mereka memahami reservoir termal.
- 19) Arahkan peserta didik untuk menyimak pernyataan Kelvin- Planck dan Gambar 7.28.
- 20) Arahkan mereka untuk mengerjakan **Ayo Berdiskusi**, **Ayo Berpikir Kritis** dan **Ayo Cek Pemahaman**.

### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik secara berkelompok maupun individu dapat menerapkan konsep yang dipahami dalam berbagai kegiatan, pertanyaan dan soal latihan mengenai Hukum-hukum termodinamika dan penerapannya.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman



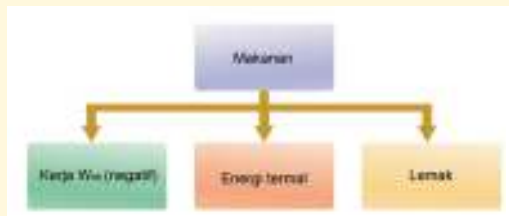
### Ayo, Berpikir Kritis!

Termometer bekerja berdasarkan perubahan fisika suatu sistem jika terjadi pemanasan atau pendinginan. Kalor berpindah dari benda yang bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah hingga terjadi keseimbangan termal. Jika termometer sudah berada dalam kesetimbangan termal dengan benda lainnya maka keduanya mempunyai suhu yang sama.



### Ayo, Berdiskusi!

Anak laki-laki memerlukan 2800 kalori dan anak perempuan memerlukan 2200 kalori. Satu gram lemak dapat menghasilkan sembilan kalori.



Gambar 7.10 Hukum I Termodinamika dan tubuh manusia  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

## Aktivitas 7.3

### Jawaban Pertanyaan

1. Balon akan mengembang karena mendapatkan energi dari air panas.
2. Energi termal dari air panas diberikan ke balon sehingga balon melakukan usaha dengan mengembang dan suhu balon meningkat.
3. Kriteria bahan pembuatan botol dan mangkok diperoleh dengan mengamati kalor jenis dan konduktivitas termal dari bahan tersebut. Perhatikan bahwa untuk satu kriteria, misalnya kalor jenis, maka satu penyelidikan dilakukan. Variabel bebas adalah jenis bahan, variabel terikat adalah kenaikan suhu bahan tersebut dan variabel kontrol adalah energi termal, lama pemanasan dan ukuran botol.



### Ayo, Cermati!

Perubahan energi dalam =  $30.000 + 20.000 = 50.000$  J.



### Ayo, Berpikir Kritis!

Pada volume tetap gas tidak melakukan usaha sementara pada tekanan tetap gas dapat mengembang.



### Ayo, Cek Pemahaman!

Usaha yang dilakukan pada gas adalah  $10^5 \times 7 \times 10^{-3} = 700$  J.  
Perubahan energi dalam  $700 - 400 = 300$  J.



### Ayo, Berpikir Kritis!

Tidak, karena hukum pertama tentang kekekalan energi, bukan tentang arah proses perpindahan energi. Hukum pertama tidak dapat menjelaskan mengapa ada proses yang tidak dapat terjadi secara spontan seperti kalor berpindah dari benda bersuhu rendah ke benda bersuhu tinggi.



### Ayo, Berdiskusi!

1. Entropi gas lebih besar daripada es karena susunan partikel gas lebih acak daripada es.
2. Pembakaran hutan menyebabkan ketidakaturan, kayu yang susunan partikel teratur berubah menjadi abu yang tidak teratur. Ya benar karena alam yang rusak menjadi tidak teratur dan diperlukan energi untuk memperbaikinya. Pembakaran hutan dapat terjadi dengan cepat hanya oleh puntung rokok yang menyala berkebalikan dengan usaha yang besar diperlukan untuk memperbaiki hutan yang sudah terbakar.



### Ayo, Berdiskusi!

1.  $-10/333 + 10/301 > 0$ . Proses bersifat spontan.
2. Ya tepat jika dikatakan bahwa untuk proses reversibel perubahan entropi adalah nol karena proses berlangsung dua arah.

### Kesadaran Lingkungan

Bentuk polusi udara lebih tidak teratur dari pada polusi tanah sehingga lebih sulit dipulihkan. Akibatnya lebih banyak energi diperlukan. Contoh tindakan adalah mengurangi gas buangan dan mengelola sampah.



### Ayo, Berdiskusi!

Efisiensi mesin diesel dari kendaraan bermotor 40 – 55%.



### Ayo, Berpikir Kritis!

Ya tepat karena ada energi yang terbuang lewat gesekan



### Ayo, Berpikir Kritis!

Pernyataan Kelvin-Planck dan Clausius setara. Jika pernyataan Kelvin-Planck berlaku maka tidak akan terjadi perpindahan kalor dari reservoir bersuhu rendah ke reservoir bersuhu tinggi.

Dampak penerapan pernyataan Kelvin Planck dalam mesin kalor terhadap lingkungan adalah panas yang dibuang ke lingkungan.

## 5. Pertemuan Kelima (4 JP)

### E. Mesin Kalor dan Pompa Kalor

1. Mesin Kalor
2. Pompa Kalor





## Tujuan Pembelajaran

Peserta didik dapat menjelaskan prinsip, cara kerja dan efisiensi dari mesin kalor dan pompa kalor.



## Pengetahuan dan Prasyarat Konsepsi

Peserta didik telah memahami hukum I dan hukum II Termodinamika.



## Tahapan Pembelajaran

### 1. Persiapan Pembelajaran

Guru menyiapkan soal-soal latihan, gambar, bahan bacaan dan video yang terkait dengan hukum-hukum termodinamika.

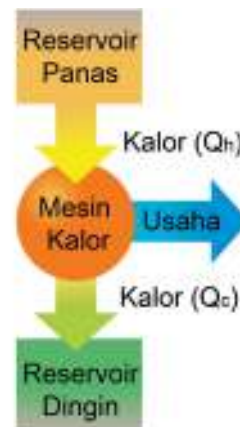
### 2. Kegiatan Pembelajaran

#### a. Apersepsi

Tanyakan, apakah ada yang sudah mengetahui cara kerja mesin kalor dan pompa kalor? Bagaimana hukum Termodinamika diterapkan dalam mesin kalor dan pompa kalor?

#### b. Konstruksi Pengetahuan

- 1) Jelaskan mesin mobil, mesin diesel, mesin pesawat jet dan pembangkit listrik tenaga uap merupakan mesin yang menggunakan kalor untuk melakukan usaha. Mesin kalor beroperasi berdasarkan Hukum II Termodinamika dalam bentuk pernyataan Kelvin-Planck. Guru menunjukkan bagan kerja mesin kalor.
- 2) Tanyakan, apakah yang merupakan reservoir bersuhu tinggi dan reservoir bersuhu rendah dalam mesin mobil (reservoir bersuhu tinggi adalah pembakaran bahan bakar dan reservoir bersuhu rendah adalah lingkungan dimana hasil pembakaran dibuang).



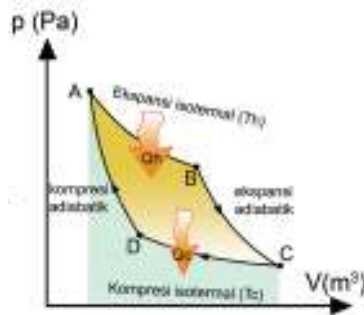
Gambar 7.11 Pernyataan Kelvin-Planck  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Sumber energi mobil adalah bahan bakar minyak. Proses pembakaran dalam mesin menghasilkan energi termal untuk menggerakkan mobil. Ketika mobil bergerak ada panas yang dibuang. Panas ini tidak dapat digunakan lagi. Contoh lain pembangkit tenaga listrik yang menggunakan batu bara untuk menghasilkan energi panas. Pembakaran batu bara adalah reservoir bersuhu tinggi dan menara pendingin merupakan reservoir bersuhu rendah yang membuang panas. Menara pendingin adalah reservoir bersuhu rendah.



**Gambar 7.12** Menara Pendingin  
sumber : Marcha Roselini Y/Kemendikbudristek (2022)

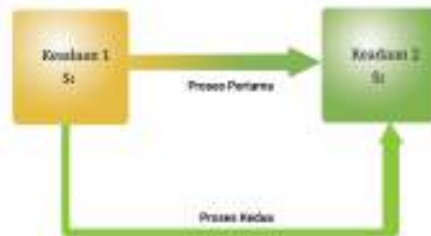
- 3) Tanyakan, mengapa Hukum I dan II Termodinamika membatasi operasi mesin kalor. (Hukum I tentang kekekalan energi dan Hukum II tentang efisiensi mesin dan arah proses).
- 4) Jelaskan bahwa awalnya Sadi Carnot memikirkan efisiensi dari mesin uap. Minta peserta didik menyimak pemahaman tentang mesin Carnot dan dorong siswa untuk bertanya lebih lanjut. Jelaskan bahwa sumber energi pada akhir 1700an adalah kincir air. Sadi Carnot mengasumsikan bahwa kalor merupakan fluida sehingga dia menggunakan konsep kincir air untuk menganalisis mesin uap. Tantangan bagi Carnot adalah bagaimana membuat mesin yang efisien. Guru mengarahkan peserta didik untuk melakukan Aktivitas 7.4. Mesin Carnot memberikan kemungkinan efisiensi yang paling maksimum. Tekankan bahwa mesin Carnot bekerja dalam proses yang reversibel.
- 5) Minta peserta didik menyimak Gambar 7.30b dan Tabel 7.3. Semua proses bersifat reversibel karena kesetimbangan tercapai untuk setiap keadaan. Tampilkan diagram di bawah ini dan gunakan untuk menjelaskan bahwa usaha total = kalor netto karena proses kerja mesin Carnot merupakan suatu siklus sehingga perubahan energi dalam adalah nol. Tanyakan, apakah mungkin mesin yang bekerja dalam suatu siklus dapat mengubah semua energi panas menjadi usaha. (Tidak, pasti ada energi panas yang harus dibuang).



**Gambar 7.13** Proses dalam mesin Carnot  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Tanyakan apa dampak panas yang dilepas dari reservoir bersuhu rendah? (Kalor akan memanaskan lingkungan di sekitarnya).

- 6) Berikan contoh soal. Pembangkit listrik menggunakan batu bara sebagai sumber energi. Setiap ton batu bara menghasilkan energi listrik sebesar  $8,856 \times 10^9$  Joule. Jika efisiensi pembangkit tenaga listrik adalah 40% berapa banyak panas yang terbuang untuk 1 ton batu bara. (Jawab: usaha yang dilakukan adalah  $8,856 \times 10^9$  Joule, Efisiensi =  $0,4 = W/Q_H$ .  $Q_H = 10/4 \times 8,856 \times 10^9 \text{ J} = 22,14 \text{ J}$  sehingga  $Q_L = (22,14 - 8,856) \times 10^9 \text{ J} = 13,284 \text{ J}$ ). Berikan soal-soal latihan lainnya.
- 7) Tanyakan apakah mesin Carnot dapat dikatakan sebagai pernyataan kembali dari Hukum II Termodinamika? Prinsip Carnot setara dengan pernyataan Clausius dan pernyataan Kelvin-Planck. (Iya) Jelaskan bahwa mesin Carnot adalah mesin yang paling efisien dalam siklusnya, mesin dengan efisiensi paling maksimum. Proses bersifat reversibel karena gesekan tidak diperhitungkan. Proses ireversibel mengurangi efisiensi karena lebih banyak energi yang terbuang.
- 8) Jelaskan entropi dengan mesin Carnot yang melibatkan proses reversible.  $Q_C/Q_H = T_C/T_H$  jadi  $Q_C/T_C = Q_H/T_H$ . Entropi merupakan fungsi keadaan seperti juga energi dalam yang bergantung pada keadaan awal dan akhir. Tunjukkan diagram di bawah ini.



**Gambar 7.14.** Entropi dan proses  
sumber : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022)

Perubahan entropi total adalah nol meskipun bisa saja entropi tiap bagian berubah. Proses reversible tidak mengubah entropi jagat raya. Proses ireversibel pasti menaikkan entropi.

- 9) Arahkan peserta didik untuk mengerjakan **Aktivitas 7.4** dan **Aktivitas 7.5** secara berkelompok dan meminta mereka mempresentasikan hasilnya pada pertemuan berikut.

- 10) Minta peserta didik menyimak penjelasan pompa kalor dan Gambar 7.31. Arahkan mereka untuk melakukan kegiatan **Ayo Berdiskusi**.
- 11) Minta peserta didik mencermati Persamaan 7.21 dan penjelasannya serta lakukan **Ayo Berdiskusi**. Arahkan peserta didik untuk melakukan kegiatan **Ayo Berpikir Kritis**.
- 12) Arahkan peserta didik untuk melakukan kegiatan **Aktivitas 7.6**. Diskusikan hasilnya.
- 13) Minta peserta didik mencermati Persamaan 7.22 dan penjelasannya dan arahkan peserta didik untuk melakukan **Ayo Berdiskusi**.
- 14) Arahkan peserta didik untuk melakukan **Ayo Cek Pemahaman**.

### c. Aplikasi Konsep

Peserta didik dapat menerapkan pemahaman tentang prinsip dan cara kerja mesin kalor dan pompa kalor dengan melakukan beberapa kegiatan serta menjawab pertanyaan dan soal yang diberikan oleh guru.



## Kunci Jawaban Aktivitas Dan Pemahaman

### Aktivitas 7.4

- a. Urutan siklus Carnot dimulai dengan isothermal ekspansi lalu adiabatik ekspansi kemudian isothermal kompresi akhirnya adiabatik kompresi.  
Gas melakukan usaha jika volumenya bertambah dan usaha dilakukan pada gas jika volumenya berkurang.
- b. Kincir air dapat berputar karena mendapatkan energi potensial dari air yang jatuh. Gas dapat mengembang karena mendapatkan kalor dari resevoir bersuhu tinggi.
- c. Asumsi yang dibangun adalah kincir halus sehingga air tidak terpercik keluar dan air selalu jatuh dari ketinggian yang sama. Asumsi yang dibangun adalah tidak ada gesekan pada piston dari mesin Carnot.
- d. Proses harus reversibel karena perubahan entropi adalah nol. Entropi berkaitan dengan kualitas energi yaitu seberapa besar energi dapat digunakan lagi untuk melakukan usaha. Jika perubahan entropi nol maka kualitas energi tetap. Pada proses reversibel energi dapat digunakan untuk melakukan usaha dan usaha dapat digunakan untuk memberikan energi.
- e. Perubahan energi dalam adalah nol karena merupakan suatu siklus.

## Aktivitas 7.5

Jadi, aktivitas ini dilakukan secara berkelompok. Peserta didik mencari informasi tentang efisiensi mesin suatu jenis mobil. Mereka menyelidiki apakah memang efisiensi mesin mobil hanya ditentukan oleh suhu kedua reservoir termal.



### Ayo, Berpikir Kritis!

Tidak mungkin diperoleh mesin dengan efisiensi 100% karena suhu reservoir sebesar nol mutlak mustahil dicapai.

Jelaskan kendala untuk mencapainya. Tidak mungkin membuat mesin reversibel dalam dunia nyata karena pasti ada energi yang terbuang.



### Ayo, Berdiskusi!

Proses reversible juga terjadi dalam operasi pompa kalor karena cara kerja pompa kalor berkebalikan dengan mesin kalor.



### Ayo, Cermati!

1. COP dari pompa kalor

Pompa kalor bekerja kebalikan dari mesin kalor.

$$T_H = 46 + 273 = 319$$

$$T_C = -10 + 273 = 263$$

$$\text{Efisiensi} = 1 - 263/319 = 0,1755$$

$$\text{COP} = 1/\text{efisiensi} = 5,7$$



### Ayo, Berpikir Kritis!

Pompa kalor kurang bekerja dengan optimal di daerah Kutub karena suhu yang sangat rendah sehingga pompa harus bekerja keras untuk menarik energi dari luar.

## Aktivitas 7.6

Pompa kalor menggunakan listrik sedangkan pemanas gas menggunakan gas. Pompa kalor dapat bekerja juga sebagai pendingin ruangan. Pemanas gas lebih efisien di daerah yang dingin. Biaya gas lebih murah daripada biaya listrik. Pemanas gas lebih rentan dengan bahaya karena menggunakan gas.



### Ayo, Cek Pemahaman!

Proses 1-2 entropi bertambah, proses 2-3 entropi tetap, proses 3-4 berkurang dan proses 4-1 entropi tetap.



### Ayo, Berdiskusi!

COP pendingin udara selalu lebih kecil daripada pompa kalor.

## C. Refleksi Pembelajaran Bab 7

1. Guru merefleksikan hal-hal apa (pengajaran, partisipasi dan pemahaman peserta didik, serta manajemen kelas) yang telah berjalan dengan baik.
2. Guru merefleksikan hal-hal apa (pengajaran, partisipasi dan pemahaman peserta didik, serta manajemen kelas) yang perlu diperbaiki.
3. Guru merefleksikan temuan-temuan khusus terkait miskonsepsi, teknik penyelesaian masalah, sikap dan pertanyaan yang berkaitan dengan prinsip termodinamika.

## D. Jawaban Asesmen

1. Suhu =  $23^{\circ}\text{C} = 300\text{ K}$ , volume =  $0,5\text{ L} = 5 \times 10^{-4}\text{ m}^3$  dan tekanan  $1\text{ atm} = 10^5\text{ N/m}^2$ .

Gunakan persamaan gas ideal:  $pV = nRT$

$$10^5 \times 5 \times 10^{-4} = n \times 8,314 \times 300$$

$$n = 0,02\text{ mol.}$$

2. a. Usaha yang harus dilakukan oleh siswa = perubahan EP siswa  
 $W = 50 \times 10 \times 12 = 6000 \text{ J}$ .
- b. Energi kimia yang diperlukan oleh siswa untuk berpindah dari lantai dasar ke lantai 3 adalah  $4 \times 6000 = 24.000 \text{ J}$  karena sumber energi adalah energi kimia dan efisiensi tubuh manusia sebesar 25%.
- c. Panas yang dilepaskan adalah  $24.000 - 6000 = 18.000 \text{ J}$
- d. Usaha yang dilakukan oleh lift =  $1250 \times 10 \times 12 = 150.000 \text{ J}$ .  
 Energi listrik yang digunakan adalah  $10/9 \times 150.000 = 16.667 \text{ J}$ .
- e. Energi listrik yang diperlukan jauh lebih besar daripada energi kimia. Naik tangga lebih hemat energi daripada menggunakan *lift*.
3. a. Suhu saturasi adalah suhu dimana tekanan uap sama dengan tekanan atmosfer atau suhu dimana suatu zat cair mendidih.  
 Tekanan saturasi adalah tekanan dimana suatu zat cair mendidih.
- b. Tekanan uap yang tinggi menaikkan titik didih zat cair. Suhu yang tinggi mempercepat reaksi yang terjadi dalam proses memasak. *Pressure cooker* didesain mempunyai tekanan yang tinggi dengan terkumpulnya atau terperangkapnya uap air.

c.

Jenis Daging	Lama Memasak dengan Panci Biasa	Lama Memasak dengan Pressure Cooker
Daging Ayam	30 – 40 menit	15 - 20 menit
Daging Sapi	40 – 60 menit	20 – 30 menit

4. Organ tubuh yang aus terjadi dengan spontan karena berbagai hal, salah satunya adalah proses penuaan sehingga prosesnya merupakan ireversibel. Organ yang aus semakin tidak teratur sehingga mempunyai entropi yang besar.
5. Usaha yang dilakukan oleh gas = luas di bawah kurva  
 $= 2 \times 10^5 \times 300 \times 10^{-4}$   
 $= 6000 \text{ J}$



## GLOSARIUM

<b>amplitudo</b>	Simpangan maksimum suatu gelombang/getaran.
<b>Asas Black</b>	Banyaknya kalor yang dilepas air panas sama dengan banyaknya kalor yang diterima air dingin
<b>asas kontinuitas</b>	Ketentuan yang menyatakan bahwa untuk fluida yang tak termampatkan dan mengalir dalam keadaan tunak, maka laju aliran volume di setiap titik fluida tersebut adalah sama.
<b>beda fase</b>	Perbedaan antara dua keadaan dari suatu gelombang.
<b>berat</b>	Ukuran dari jumlah gaya yang bekerja pada massa karena percepatan akibat gravitasi.
<b>cepat rambat bunyi</b>	Panjang gelombang bunyi persatuan waktu.
<b>debit</b>	Volume fluida yang mengalir persatuan waktu.
<b>diagram <math>p</math>-<math>V</math></b>	Diagram tekanan terhadap volume yang menunjukkan keadaan gas.
<b>difraksi</b>	Penyebaran muka gelombang ketika melewati penghalang.
<b>efek Doppler</b>	Perubahan frekuensi yang diamati karena adanya gerak relatif antar pengamat dan sumber.
<b>energi dalam</b>	Total energi yang dikandung dalam sebuah sistem.
<b>entropi</b>	Ukuran ketidakteraturan suatu sistem termodinamika atau ukuran tidak dapat diubahnya energi menjadi usaha.
<b>fase gelombang</b>	Keadaan yang ditempuh oleh gelombang yang berhubungan dengan simpangan dan arah getarnya.
<b>fluida</b>	Zat yang dapat mengalir.
<b>fluida dinamis</b>	Cabang ilmu sains yang membahas karakteristik fluida saat bergerak.
<b>fluida statis</b>	Cabang ilmu sains yang membahas karakteristik fluida saat diam.
<b>frekuensi</b>	Banyaknya osilasi tiap waktu.
<b>gaya</b>	Dorongan atau tarikan yang dapat mengubah kecepatan benda.





<b>gaya apung</b>	Gaya ke atas yang dilakukan oleh fluida terhadap benda.
<b>gaya gesek</b>	Gaya yang timbul dari gesekan antar dua permukaan.
<b>gaya kohesi</b>	Gaya tarik menarik antar molekul sejenis.
<b>gaya normal</b>	Gaya yang terjadi saat dua benda bersentuhan yang arahnya tegak lurus bidang sentuh.
<b>gelombang</b>	Gangguan yang merambat.
<b>gelombang bunyi</b>	Gelombang yang merambat dari benda yang bergetar.
<b>gelombang cahaya</b>	Bagian dari spektrum Gelombang EM.
<b>gelombang elektromagnetik</b>	Gelombang yang tidak memerlukan medium untuk merambat.
<b>gerak lurus beraturan</b>	Gerak suatu benda pada lintasan lurus dengan kecepatan yang tetap.
<b>gerak lurus berubah beraturan</b>	Gerak benda dalam lintasan garis lurus dengan percepatan tetap.
<b>gerak parabola</b>	Gerak perpaduan antara GLB dan GLBB.
<b>impuls</b>	Perubahan momentum.
<b>Inersia</b>	Ukuran kemalasan suatu benda untuk mengubah keadaan awalnya.
<b>intensitas gelombang</b>	Laju energi yang dirambatkan tiap satuan luas.
<b>interferensi</b>	Perpaduan dua gelombang.
<b>jarak</b>	Ukuran yang menunjukkan seberapa jauh posisi suatu benda terhadap titik awal tanpa memperhatikan arah.
<b>kalor</b>	Energi termal yang terdapat pada suatu materi.
<b>kalor jenis</b>	Banyak kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 kg benda sebesar 1° C.
<b>kalori</b>	Ukuran energi sebesar 4,18 Joule.
<b>kapilaritas</b>	Naik atau turunnya zat cair di dalam pipa-pipa kapiler.
<b>kecepatan</b>	Besaran yang diperoleh dengan cara membagi perpindahan dengan waktu.



<b>kecepatan linear</b>	Kecepatan suatu benda pada gerak lurus.
<b>kecepatan sudut</b>	Perubahan sudut terhadap waktu.
<b>kecepatan terminal</b>	Kecepatan pada suatu benda di mana gaya dorong dan gaya hambatnya sama besar.
<b>kelajuan</b>	Besaran yang diperoleh dengan cara membagi jarak dengan waktu.
<b>koefisien gesekan</b>	Ukuran tingkat kekasaran suatu permukaan.
<b>koefisien restitusi</b>	Perbandingan perubahan kecepatan benda sesudah bertumbukan dan sebelum bertumbukan.
<b>komponen vektor</b>	Proyeksi vektor pada sumbu koordinat.
<b>massa</b>	Jumlah materi yang dimiliki oleh suatu benda.
<b>medan gravitasi</b>	Area di sekitar suatu benda di mana benda lain yang memiliki massa akan mengalami gaya tarikan.
<b>meniskus</b>	Melengkungnya permukaan zat cair karena ada gaya tarik antara molekul dan dinding.
<b>metode analitis</b>	Metode penentuan besar dan arah menggunakan persamaan matematis.
<b>metode jajargenjang</b>	Metode penjumlahan vektor dengan menghubungkan pangkal vektor satu ke pangkal vektor yang lain dan membentuk proyeksi jajargenjang.
<b>metode poligon</b>	Metoda penjumlahan vektor dengan menghubungkan vektor secara bersambung.
<b>momentum</b>	Besaran vektor yang dapat dinyatakan sebagai hasil kali antara massa benda dan kecepatannya.
<b>NDT</b>	Teknik mendeteksi cacat material menggunakan prinsip pemantulan gelombang.
<b>notasi vektor</b>	Cara penulisan vektor.
<b>pelayangan bunyi</b>	peningkatan dan pelemahan bunyi akibat superposisi dua gelombang yang memiliki frekuensi dengan perbedaan yang relatif kecil.
<b>pemuaihan</b>	Peristiwa berubahnya ukuran suatu benda karena perubahan suhu.
<b>percepatan</b>	Perubahan kecepatan terhadap waktu.

<b>percepatan sentripetal</b>	percepatan untuk mengubah arah benda pada lintasan melingkar.
<b>periode</b>	Waktu yang diperlukan untuk satu osilasi.
<b>perpindahan</b>	perubahan antara posisi akhir dengan posisi awal.
<b>pipa organa</b>	Pipa yang mengeluarkan suara pada nada tertentu ketika ada aliran udara yang ditiupkan pada tekanan tertentu.
<b>polarisasi</b>	Penyearahan arah getar gelombang.
<b>prinsip Archimedes</b>	Benda yang masuk dalam fluida akan mengalami gaya ke atas yang besarnya sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda tersebut.
<b>prinsip bernoulli</b>	Pernyataan hukum kekekalan energi pada fluida yang mengalir.
<b>refleksi (gelombang)</b>	Pemantulan gelombang.
<b>refraksi (gelombang)</b>	Berubahnya arah rambat gelombang karena adanya perbedaan kerapatan medium.
<b>resonansi</b>	Ikut bergetarnya suatu benda akibat getaran yang dihasilkan oleh sumber bunyi.
<b>resultan gaya</b>	Total keseluruhan gaya yang bekerja pada sistem.
<b>resultan vektor</b>	Penjumlahan dua atau lebih vektor.
<b>sudut tempuh</b>	Posisi sudut yang dinyatakan dengan derajat.
<b>suhu</b>	Ukuran panas dingin suatu benda.
<b>superposisi</b>	Penggabungan dua gelombang yang koheren.
<b>taraf intensitas</b>	Nilai logaritma perbandingan antara intensitas bunyi dengan intensitas ambang pendengaran.
<b>tegangan permukaan</b>	Gaya atau tarikan ke bawah yang menyebabkan permukaan cairan berkontraksi dan cairan dalam keadaan tegang.
<b>tekanan</b>	Hasil perbandingan antara gaya per satuan luas.
<b>tekanan hidrostatis</b>	Tekanan saat fluida tidak bergerak.
<b>termometer</b>	Alat untuk mengukur suhu.
<b>vektor</b>	Suatu besaran yang memiliki besar dan arah.
<b>viskositas</b>	Ukuran kekentalan suatu fluida.



## DAFTAR PUSTAKA

- Giancoli, Douglas C. (2014). *Physics for Scientist & Engineers with Modern Physics*. Fourth Edition Physics. US: Pearson Education Limited.
- Handoyo, Ekadewi A. (2007) “The Interesting of Learning Thermodynamics Through Daily Life.” *Teaching and Learning in Higher Education for Developing Countries*, no. May: 151–158.
- Hewitt, Paul G. (2015). *Conceptual Physics*. Twelfth Edition. US: Pearson Education, Inc.
- Hillert, Mats. (2012) “Basic Concepts of Thermodynamics.” *Phase Equilibria, Phase Diagrams and Phase Transformations* 388, no. F 09: 1–29.
- Homer, D. (2018). *Oxford IB Course Preparation: Physics for IB Diploma Course Preparation*. Oxford University Press-Children.
- Loverude, Michael E., Christian H. Kautz, and Paula R. L. Heron. (2002) “Student Understanding of the First Law of Thermodynamics: Relating Work to the Adiabatic Compression of an Ideal Gas.” *American Journal of Physics* 70, no. 2: 137–148.
- OECD. (2019) “PISA 2018 Science Framework.” *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*: 97–117.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2014) *Fundamentals of Physics*. Tenth Edition. US: John Wiley & Sons Publisher.
- Sang, D., Jones, G., Chadha, G., & Woodside, R. (2010). *Cambridge International AS and A Level Coursebook*. Second Edition Physics. UK: Cambridge University Press.
- Surya, Yohanes (2009). *Seri Bahan Persiapan Olimpiade Fisika: Mekanika dan Fluida 2*. PT Kandel.
- Surya, Yohanes (2009). *Seri Bahan Persiapan Olimpiade Fisika: Suhu dan Termodinamika*. PT Kandel.
- Tinambunan, Alvius (2017). *Mekanika: Olimpiade Sains IPA Terpadu SMP/MTs*. Kandel.
- Tinambunan, Alvius (2017). *Getaran, Gelombang, Bunyi dan Cahaya: Olimpiade Sains IPA terpadu SMP/MTs*. Kandel.
- Tipler, Paul A. (2004). *Physics for Scientist and Engineers*. Fifth Edition. NY: W.H. Freeman & Company
- Walsh, Tom (2022) “oPhysics: Interactive Physics Simulations”.
- Wieman, C. E., Adams, W. K., Loeblein, P., & Perkins, K. K. (2010). “Teaching physics using PhET simulations”. *The Physics Teacher*, 48(4), 225-227.

## DAFTAR KREDIT GAMBAR



- Alper Batuhan. (2018). “Fotografi Fokus Selektif Dari Lighted Lawn Torch”. Pexels.com, <https://www.pexels.com/id-id/foto/fotografi-fokus-selektif-dari-lighted-lawn-torch-1666607/>
- Dids. (2019). “terbang parasut di udara”. Pexels.com, <https://www.pexels.com/id-id/foto/terbang-parasut-di-udara-2379020/>
- fli138. (2019).”kapal pesiar symphony of the seas”. <https://pixabay.com/id/photos/kapal-pesiar-symphony-of-the-seas-4501956/>
- Google Maps “Denah Kota Pontianak.” diakses 9 November 2022.  
<https://www.google.com/maps/search/sungai+kapuas+melalui+kota+Pontianak/@0.0301045,109.2580714,12z/data=!3m1!4b1?hl=id>
- Hübner Olaf. (2019). “antonov 225 mriya pesawat terbang”. <https://pixabay.com/id/photos/antonov-225-mriya-pesawat-terbang-4481403/>
- Ivanov Alexandr. (2021). “Car Drifting on the Race Track”. Pexels.com, <https://www.pexels.com/photo/car-drifting-on-the-race-track-9878978/>
- Own work. (2014). “MT Jahre Viking”. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MT\\_Jahre\\_Viking.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MT_Jahre_Viking.png)
- Palés Ignacio. (2019). “Jembatan Golden Gate”. Pexels.com, <https://www.pexels.com/id-id/foto/jembatan-golden-gate-san-francisco-california-2872915/>
- Supreet, (2021). “white-lighthouse-under-green-sky”. Pexels.com, <https://www.pexels.com/photo/white-lighthouse-under-green-sky-7993050/>
- Trace Hudson. (2019). “kereta-grey”. Pexels.com, <https://www.pexels.com/id-id/foto/kereta-grey-2475301/>
- Vivien, (2018). “Brown Wooden Wheel on River”. Pexels.com, <https://www.pexels.com/photo/brown-wooden-wheel-on-river-1108173/>
- Wickramanayaka Pradeep. (2021). “Bendungan”. Pexels.com, <https://www.pexels.com/id-id/foto/air-ombak-sungai-bendungan-10668590/>



## TAUTAN DAN SITUS INTERNET

Bere, Sigiranus M. “KM Nusa Kenari Tenggelam akibat Kelebihan Muatan” Kompas.com. Juni 16, 2019.

<https://regional.kompas.com/read/2019/06/16/17220561/km-nusa-kenari-tenggelam-akibat-kelebihan-muatan>

Fowler, Michael. (Tanpa tahun). “Early Attempts to Understand Heat: Is It a Fluid, or What?”, <https://galileo.phys.virginia.edu/classes/152.mf1i.spring02/What%20is%20Heat.htm>. Dilihat pada 15 September 2022.

Fowler, Michael. (Tanpa tahun). “Heat Engines: the Carnot Cycle ”, <https://galileo.phys.virginia.edu/classes/152.mf1i.spring02/CarnotEngine.htm>. Dilihat pada 15 September 2022.

French, Andrew. (2009). The Kinematics of Usain Bolt, the World’s Fastest Human. [http://www.eclecticon.info/index\\_htm\\_files/Kinematics%20of%20Usain%20Bolt.pdf](http://www.eclecticon.info/index_htm_files/Kinematics%20of%20Usain%20Bolt.pdf). Dilihat pada 30 Oktober 2022.

Isa & Dea. “Dua Pesawat Nyaris Tabrakan karena Pengawas Udara Salah Ucap” CNN Indonesia. Juli 22, 2021. <https://www.cnnindonesia.com/internasional/20210722153027-134-670902/dua-pesawat-nyaris-tabrakan-karena-pengawas-udara-salah-ucap>

Mini Physics. 2020. <https://www.miniphysics.com/hydrostatic-pressure.html>. Dilihat pada 19 November 2022.

Urone, Paul Peter, Hinrich, Rogers, et al. “Physics College 2e” (2022). <https://openstax.org/details/books/college-physics>. Dilihat pada 9 November 2022.

Skybrabry. “B752/B722, Providence RI USA, 1999.” Skybrary.aero. <https://skybrary.aero/accidents-and-incidents/b752b722-providence-ri-usa-1999>

<https://www.nzherald.co.nz/nz/bad-weather-forces-air-new-zealand-flight-to-whangarei-to-return-to-auckland/>

## INDEKS



- A**  
Adiabatik 214  
Amplitudo 140, 143, 144  
Asas Black 154, 166, 167, 178  
Asas kontinuitas 113, 128, 129
- B**  
Beda fase 138, 142-144  
Berat 111, 122, 123, 127
- C**  
Cepat rambat bunyi 136, 137, 142, 143, 146  
Cepat rambat gelombang 137, 142, 146
- D**  
Debit 112, 130, 131,  
Diagram pV 195, 203-204  
Difraksi 136, 156-158, 160
- E**  
Efek Doppler 136, 149  
Energi dalam 205, 209, 211, 213  
Energi termal 208, 211  
Entropi 192, 206, 207, 209, 210, 213, 214, 216, 217
- F**  
Fase gelombang 138, 145  
Fluida 111-115, 117, 119  
Fluida dinamis 112, 113, 128, 131  
Fluida statis 112-114, 120, 124  
Frekuensi 136, 140, 146-148, 150, 152, 163
- G**  
Gas ideal 194, 197, 199-201, 203, 204  
Gas nyata 195, 199  
Gaya 17, 23, 36-38, 40, 111, 116, 118, 122, 127  
Gaya apung 112, 122-124  
Gaya gesek 83, 92, 98, 99, 101  
Gaya kohesi 125, 127  
Gaya Normal 32, 83, 94, 95, 97  
Gaya sentripetal 82, 98  
Gelombang 135-150, 153-157, 159-162  
Gelombang bunyi 135-137, 146, 149, 153, 154  
Gelombang cahaya 138, 155-157, 160, 162  
Gelombang elektromagnetik 138, 156, 157  
Gelombang transversal 161  
Gerak lurus beraturan 44, 46, 64, 68-70, 72  
Gerak lurus berubah beraturan 44, 46, 64, 68, 70  
Gerak melingkar beraturan 78, 98  
Gerak parabola 44, 46, 75, 76  
Gerak relatif 58-60
- H**  
Hukum Avogadro 192, 196, 198  
Hukum Boyle 192, 196  
Hukum Charles 192, 196  
Hukum Gas Ideal 192, 198  
Hukum Gay-Lussac 192, 196  
Hukum kekekalan momentum 82, 84, 101, 103, 109  
Hukum kuadrat terbalik 145, 153  
Hukum Newton 82-84, 90, 110  
Hukum Termodinamika 192, 194, 204, 207
- I**  
Impuls 84, 101  
Inersia 86  
Intensitas gelombang 153  
Interferensi gelombang 136, 138, 144, 156, 157, 159, 160





- Ireversibel 203, 206, 217  
 Isobarik 192, 203  
 Isokhorik 192, 203  
 Isotermal 203, 214
- J**  
 Jarak 18, 20, 21, 45, 48, 49, 51-58, 63, 64, 69, 71, 72, 79, 80
- Joule 175
- K**  
 Kalor 165-170, 173-181, 185-190  
 Kalor jenis 166, 167, 173, 174-176, 179  
 Kalor laten 166, 178, 179  
 Kalori 208  
 Kapilaritas 126  
 Kecepatan 22, 38, 40, 45, 58-74, 77-80, 140, 150  
 Kecepatan linear 44  
 Kecepatan rata-rata 63  
 Kecepatan sesaat 62  
 Kecepatan sudut 44  
 Kecepatan terminal 127  
 Kelajuan 44, 45, 56, 58-65, 69, 72  
 Kelajuan rata-rata 45, 61, 63  
 Koefisien gesekan 82, 96  
 Koefisien restitusi 102,103  
 Koheren 156  
 Komponen vektor 15, 25, 26  
 Konduksi 166, 185, 187  
 Konveksi 166, 185-187
- M**  
 Massa 30, 82, 90, 92, 93, 148  
 Medan gravitasi 82, 97, 98  
 Meniskus 127  
 Mesin Carnot 212-214  
 Mesin kalor 192, 210, 211, 215  
 Metode jajar genjang 31, 32
- Metode poligon 44  
 Momentum 82, 84, 102, 110  
 Momen gaya 82, 84, 104-106  
 Momen inersia 82, 84, 104
- N**  
 NDT 154  
 Notasi vektor 15, 19, 20, 22
- O**  
 Operasi vektor 14, 16, 19, 29, 34, 35, 37
- P**  
 Pelayangan 135, 149, 152  
 Pemuaian 166, 167, 181-184  
 Penguraian vektor 15, 25, 28, 29, 35  
 Percepatan 40, 44, 45, 64-67, 70-73, 101, 104  
 Percepatan sentripetal 78  
 Periode 143  
 Perkalian vektor 16,37-39  
 Perpindahan 30, 37, 42  
 Persamaan gas ideal 128, 173, 181, 182  
 Persamaan gas nyata 197  
 Pipa organa 136, 137, 163  
 Polarisasi 136, 160, 161  
 Pompa kalor 194, 205, 212, 213, 216-218  
 Prinsip Archimedes 112, 113, 120, 121, 123  
 Prinsip Bernoulli 112,131,132  
 Proses spontan 206  
 Proses termodinamika 192-194, 201-204, 206
- R**  
 Radiasi 166, 185, 187  
 Refleksi(gelombang) 136  
 Refraksi(gelombang) 136  
 Resonansi 136, 149-151  
 Resultan gaya 36, 37





Resultan vektor 33, 34, 36, 37

Reversibel 210, 212, 214, 215

Rumus kosinus 16, 34, 36, 42

Rumus sinus 16, 34, 36, 37

## **S**

Sistem termodinamika 192, 193, 199,  
200, 201

Skala suhu 153, 154

Sudut tempuh 44

Suhu 165-180, 182, 183, 185, 186

Superposisi 144-146, 156

## **T**

Taraf Intensitas 136, 153-155, 157

Tekanan 114-116, 118, 128, 131, 132,  
195-198, 200, 202, 203, 217

Tekanan hidrostatik 112, 113, 117, 119,  
134

Termometer 166, 169, 171-173

Tumbukan lenting sebagian 103

## **U**

Usaha 39, 193, 201-203, 205, 207-209,  
212-214, 217

## **V**

Vektor 13-35, 37, 39, 40

Viskositas 112, 113, 124-126

## **W**

Waktu kontak 90



## PROFIL PELAKU PERBUKUAN

### 1. PENULIS

Nama lengkap : Marianna Magdalena Radjawane, M.Si.

Email : marianna.radjawane@gmail.com

Instansi : -

Alamat Instansi : -

Bidang Keahlian : Pendidikan Matematika dan Fisika



Riwayat Pekerjaan (10 Tahun Terakhir):

1. Praktisi Pendidikan (2013-sekarang)
2. Dosen PJJ STKIP Terang Bangsa Timika (Agustus 2020 - Juni 2021)
3. Guru Fisika PJJ SMA Filiassofia Pekanbaru (Juli 2020 - Des 2021)
4. Guru Fisika SMA Cita Buana Jakarta (2013-2015)
5. Koordinator Divisi Pelatihan Guru Surya Institute (2007-2013)

Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:

1. Sarjana Astronomi – Institut Teknologi Bandung (1983-1989)
2. Magister Fisika – Institut Teknologi Bandung (1990-1993)
3. Advanced Certificate in Teaching and Learning Program - Foundation for Excellence in Education (2003 - 2006)

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 tahun terakhir):

1. Dicky Susanto, dkk (2022), Matematika untuk SMP Kelas VII, Kemdikbud, Jakarta
2. Dicky Susanto dkk (2021), Matematika untuk SMA/SMK Kelas XI, Kemdikbud, Jakarta.
3. Dicky Susanto dkk (2021), Matematika untuk SMA/SMK Kelas X, Kemdikbud, Jakarta.
4. Direktorat SMP (2021), Inspirasi Pembelajaran yang Menguatkan Numerasi Pada Mata Pelajaran Matematika, IPA dan Seni Budaya untuk Jenjang Sekolah Menengah Pertama, Modul, Kemdikbud, Jakarta
5. Pusmenjar (2020), Modul Belajar Literasi dan Numerasi Jenjang SD Program Pembelajaran Jarak Jauh: Modul Belajar Siswa, Modul Pendamping Bagi Guru, dan Modul Pendamping Bagi Orang Tua Modul, Kemdikbud, Jakarta.
6. Contributor in Excel in Science Grade 4, Oxford University Press (2018)
7. Science Gasing Kelas 3-6, Penerbit PT Kandel (2013).



## 2. PENULIS DAN ILUSTRATOR

Nama lengkap : Alvius Tinambunan, S.Si., M.Si.  
Email : alviustinambunan@gmail.com  
Instansi : Emmerich Education Center  
Alamat Instansi : Muara Karang, Jakarta utara  
Bidang Keahlian : Fisika dan Matematika



### Riwayat Pekerjaan (10 Tahun Terakhir):

1. Patent ilustrator di Emmerich research center (2019-2021)
2. Asisten peneliti di Emmerich research center (2017-2020)
3. Guru Fisika, Matematika dan Sains di Emmerich Education Center (2017-sekarang)
4. Guru Sains dan Fisika Bimbel akademi plato (2016-2017)
5. Penulis buku Olimpiade Fisika tingkat SMP di Pt. Kandel (2015)
6. Guru Olimpiade Fisika dan Astronomi SMA Kristen Makedonia (2010-2016)
7. Guru Fisika di SMA Kristen Makedonia (2010–2016)

### Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:

1. Magister Sains – Institut Pertanian Bogor (2020-2022)
2. Sarjana Sains – Universitas Tanjung Pura (2006-2010)

### Judul Buku dan Tahun Terbit (10 tahun terakhir):

1. Mekanika, 2017
2. Suhu dan kalor, 2017
3. Listrik dan magnet, 2017
4. Getaran, gelombang, bunyi dan cahaya, 2017

### Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 tahun terakhir):

1. Effects of Nickel/Manganese Variation on  $\text{Na}_2\text{Mn}_3\text{-zNi}_2\text{O}_7$  for Sodium-Ion Battery Cathode (2022)



### 3. PENULIS

Nama lengkap : Lim Suntar Jono, S.T., M.Si.  
Email : Suntarskc@gmail.com  
Instansi : SMA Kristen Calvin  
Alamat Instansi : Jl. Industri Blok B14 Kemayoran  
Bidang Keahlian : Fisika, Matematika, dan Kimia.



#### Riwayat Pekerjaan (10 Tahun Terakhir):

1. WaKasek bidang Kurikulum SMA Kristen Calvin (2011-sekarang)
2. Koordinator MGMP IPA SMA Kristen Calvin (2010-sekarang)
3. Guru Fisika SMA Kristen Calvin (2008-sekarang)

#### Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:

1. Mahasiswa S3 Filsafat, STF Driyarkara (2020-sekarang)
2. S2 Program Magister Fisika Teori dan Terapan, Universitas Indonesia (2010-2013)
3. S1 Program Sarjana Teknik Industri, Institut Teknologi Bandung (2002-2006)

#### Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 tahun terakhir):

1. Tesis: Sifat-Sifat Bintang Neutron pada Daerah Crust (2013)

#### Informasi Lain dari Penulis:

##### Hasil Karya:

1. Content Creator video animasi pembelajaran matematika pada Instagram Animatematika
2. Content Creator Channel Youtube pembelajaran matematika dan sains (BengkelMaFiA, Bengkel Kalkulus, dan Bengkel FiDas)
3. Content Creator Channel Youtube analisis film populer secara kritis (philosophizeME)



## 4. PENELAAH

Nama lengkap : Dr. Muslim, M.Pd.  
Email : muslim@upi.edu  
Instansi : Universitas Pendidikan Indonesia  
Alamat Instansi : Jalan Dr. Setiabudhi Nomor 229 Bandung  
Bidang Keahlian : Pendidikan Fisika

### Riwayat Pekerjaan (10 Tahun Terakhir):

1. Dosen Departemen Pendidikan Fisika FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia (1990 - Sekarang).
2. Penelaah Buku Teks Pelajaran Fisika SMA Kelas XI. Pusat Perbukuan Kemendikbud Ristek (2022).
3. Penulis Soal Tes Kompetensi Guru Mapel Fisika SMA. Pusmenjar Kemendikbud Ristek (2021).
4. Reviewer Soal Uji Pengetahuan UKMPPG Mapel Fisika SMA. Dirjen GTK Kemendikbud (2020).
5. Ketua Program Studi Pendidikan Fisika FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia (2015 - 2019).
6. Instruktur Diklat Peningkatan Kompetensi Guru Fisika Pada Kegiatan Peningkatan Mutu Pendidikan Tenaga Kependidikan Jenjang SMA Dinas Pendidikan dan Kebudayaan Provinsi Banten (2018).

### Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:

1. S1 - Pendidikan Fisika - IKIP Bandung (1984)
2. S2 - Pendidikan IPA - Universitas Pendidikan Indonesia (1998)
3. S3 - Pendidikan IPA - Universitas Pendidikan Indonesia (2008)

### Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 tahun terakhir):

1. Pengembangan Prototipe Three Dimensional Assessment Pembelajaran Fisika Berbasis Framework Three Dimensional Learning (2021).
2. Pengembangan Instrumen Tes Penalaran Ber- Framework Trends in International Mathematics and Science Study (TIMMS) dan Profil Capaian Kemampuan Penalaran Siswa pada Materi Fisika SMA (2016).

### Buku yang Pernah ditelaah, direviu, dibuat ilustrasi dan/atau dinilai (10 tahun terakhir):

1. Buku Siswa “Fisika SMA Kelas XI”. Pusat Perbukuan Kemendikbud Ristek (2022).
2. Buku Panduan Guru “Fisika SMA Kelas XI”. Pusat Perbukuan Kemendikbud ristek (2022).



## 5. PENELAAH

Nama lengkap : Dr. Hasanudin Abdurakhman

Email : h.abdurakhman@gmail.com

Instansi : Pribadi

Alamat Instansi : -

Bidang Keahlian : Fisika

### Riwayat Pekerjaan (10 Tahun Terakhir):

1. Chief Operating Officer, Multi Indonesia Group (2022-sekarang)
2. Associate Director, PT Toray Industries Indonesia (2013-2022)
3. Director, PT Osimo Indonesia (2007-2013)

### Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:

1. Department of Physics, Faculty of Mathematic and Natural Sciences, Gadjah Mada University, Yogyakarta, Indonesia, graduated in February 1994 (Sarjana).
2. Department of Applied Physics, Graduate School of Engineering, Tohoku University, Sendai, Japan, graduated in September 1999 (M. Eng), 2002 (PhD)

### Judul Buku dan Tahun Terbit (10 tahun terakhir):

1. Minoritas Muslim di Jepang, 2014
2. Melawan Miskin Pikiran, 2016
3. Emakku bukan Kartini, 2017
4. Islam untuk Indonesia, 2017
5. Blusukan di Makkah dan Madinah, 2018
6. Belajar, Sekolah, Sukses, Kaya, 2018
7. Uchi dan Soto, Budaya Jepang dari Keluarga ke Korporasi, 2019
8. From Dream to Habit, 2019



## 6. EDITOR

Nama lengkap : Aslizar  
Email : aslizarichank@gmail.com  
Instansi : -  
Alamat Instansi : -  
Bidang Keahlian : Editor

### Riwayat Pekerjaan (10 Tahun Terakhir):

1. Editor di CV Regina publishing, CV Ricardo publishing
2. Editor dan Penulis *Freelance*

### Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:

1. S1 MIPA FISIKA Universitas Diponegoro

### Judul Buku dan Tahun Terbit (10 tahun terakhir):

1. Matematika untuk SMP/MTs, Bintang Anaway, 978-602-1663-39-4
2. Cakrawala IPA untuk SMP/MTs: buku siswa PT. Lista Fariska Putra 978-602-9232-80-6
3. Hafal mahir materi IPA SD/MI kelas 4, 5, 6 Grasindo (Gramedia Widia Sarana Indonesia) 978-602-375-883-8
4. Hafal mahir teori dan rumus IPA SMP/MTs kelas 7, 8, 9 Grasindo (Gramedia Widia Sarana Indonesia) 978-602-452-414-2
5. Buku saku hafal mahir teori dan rumus IPA SMP kelas 7,8,9 Grasindo (Gramedia Widia Sarana Indonesia) 978-602-375-615-5
6. Raja bank soal IPA SMP kelas 7,8 & 9 B Media 978-602-73001-7-0



## 7. PENATA LETAK DAN ILLUSTRATOR

Nama lengkap : Marcha Roselini Yulianto  
Email : maroselini@gmail.com  
Instansi : -  
Alamat Instansi : -  
Bidang Keahlian : desainer dan ilustrator

### Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. Redwing Event Organizer (Surakarta) desainer (2021-2022)
2. PLIVE Agensi (Bekasi) Ilustrator (2019 -2020)
3. Era Adicitra Intermedia (Surakarta) Ilustrator (2018 – 2021)
4. Garden Textile (Surakarta) Ilustrator (2019 – 2020)
5. Freelancer Ilustrator (2018- 2022)
6. Guru Les Privat Menggambar (2018- 2022)

### Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:

1. D3 DKV UNS (2015-2018)

### Judul Buku dan Tahun Terbit (10 tahun terakhir):

1. The Little Hijabi Homeschooling, Poject Educational Flash Card, 2018.
2. Ilustrasi buku Aku Cinta Indonesia, 2020 (Era Adicitra Intermedia. PT)
3. Ilustrasi buku Aku Rela, Allah Tuhanku, 2020 (Era Adicitra Intermedia. PT)
4. Ilustrasi buku Aku Rela, Alquran Kitabku,2020 (Era Adicitra Intermedia. PT)
5. Ilustrasi buku Aku Rela, Islam Agamaku, 2020 (Era Adicitra Intermedia. PT)
6. Ilustrasi buku Aku Rela, Kakbah Kiblatku, 2020 (Era Adicitra Intermedia. PT)
7. Ilustrasi buku Aku Rela, Muhammad Nabiku, 2020 (Era Adicitra Intermedia. PT)
8. Ilustrasi buku Nasihat Semut, 2020 (Era Adicitra Intermedia. PT)
9. Ilustrasi buku Kisah Menakjubkan Bayi Pilihan(seri), 2022 (Era Adicitra Intermedia. PT)