Lembar Kerja Peserta Didik

LKPD FISIKA SMA



SUHU DAN KALOR

SIMULASI PHET "ENERGY FORMS AND CHANGES" – LAYAR INTRO & ENERGY SYSTEMS

Nama : _____

Kelas : _____

LIVEWORKSHEETS

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah melakukan kegiatan menggunakan simulasi PhET "Energy Forms and Changes", peserta didik mampu:

1. mengamati dan menjelaskan perpindahan energi termal (kalor) dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah pada layar Intro;
2. membandingkan laju kenaikan dan penurunan suhu besi, bata, air, dan minyak zaitun ketika dipanaskan atau didinginkan dengan pengaturan pembakar yang sama;
3. menghubungkan kalor jenis dan kapasitas kalor dengan perubahan suhu benda melalui persamaan $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$, serta mengurutkan bahan berdasarkan kapasitas kalornya;
4. menjelaskan kesetimbangan termal pada dua benda yang bersentuhan menggunakan Asas Black;
5. menganalisis transformasi energi pada layar Systems (sumber → pengubah → pengguna) dan menerapkan hukum kekekalan energi, termasuk energi yang terbuang sebagai kalor.

B. Fenomena

Pada siang hari yang terik di pantai, pasir terasa sangat panas sampai sulit diinjak, sedangkan air laut di dekatnya terasa jauh lebih sejuk. Padahal keduanya menerima sinar matahari yang sama. Di dapur, minyak di wajan lebih cepat menjadi panas daripada air di dalam panci, dan gagang logam panci cepat terasa panas ketika berada di atas api. Sebaliknya, secangkir air panas membutuhkan waktu cukup lama untuk menjadi dingin.

Fenomena lain terjadi pada perangkat sehari-hari: panel surya mengubah cahaya matahari menjadi listrik untuk menyalakan lampu, dan lampu tersebut ternyata juga terasa hangat. Sepeda yang dikayuh dapat memutar generator sehingga lampu menyala, tetapi tidak seluruh tenaga kayuhan menjadi cahaya.

Pertanyaan penyelidikan:

- Mengapa benda yang berbeda mengalami kenaikan suhu yang berbeda walaupun menerima kalor dari pembakar yang sama?
- Bagaimana kalor berpindah ketika benda panas bersentuhan dengan benda dingin, dan kapan perpindahan itu berhenti?
- Ke mana energi pergi dan berubah menjadi bentuk apa pada rangkaian sumber, pengubah, dan pengguna energi?

C. Dasar Teori dan Rumus

1. Kalor dan suhu

Kalor (Q) adalah energi yang berpindah karena adanya perbedaan suhu, yaitu dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah, dengan satuan joule (J). Suhu (T) menyatakan tingkat panas suatu benda.

2. Kalor jenis dan kapasitas kalor

Kalor yang diperlukan untuk mengubah suhu suatu benda dinyatakan dengan

LIVEWORKSHEETS

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T, \quad \text{dengan } \Delta T = T_{akhir} - T_{awal}$$

Q = kalor (J), m = massa (kg), c = kalor jenis (J/kg·K), ΔT = perubahan suhu (K atau °C). Hasil kali massa dan kalor jenis disebut kapasitas kalor:

$$C = Q / \Delta T = m \cdot c$$

Semakin besar kapasitas kalor suatu benda, semakin lambat suhunya naik ketika dipanaskan dan semakin lambat pula suhunya turun ketika didinginkan. Nilai kalor jenis bahan yang dimodelkan dalam simulasi PhET adalah sebagai berikut.

Bahan	Kalor jenis c (J/kg·K)	Urutan c (kecil → besar)
Besi	450	1
Bata	840	2
Minyak zaitun	1.970	3
Air	4.186	4

Pada simulasi, dua balok memiliki ukuran yang sama dan dua gelas kimia memiliki volume yang sama, sehingga massa bahan yang berbeda menghasilkan kapasitas kalor (m · c) yang berbeda. Karena itu, pembandingan laju perubahan suhu pada percobaan ini menunjukkan perbedaan kapasitas kalor, bukan kalor jenis saja.

3. Perpindahan kalor dan kesetimbangan termal (Asas Black)

Ketika dua benda bersentuhan (konduksi), kalor mengalir dari benda panas ke benda dingin sampai suhu keduanya sama. Keadaan ini disebut kesetimbangan termal. Jika tidak ada kalor yang hilang ke lingkungan berlaku Asas Black:

$$Q_{lepas} = Q_{terima} \quad \text{atau} \quad m_1 c_1 (T_1 - T_c) = m_2 c_2 (T_c - T_2)$$

Suhu akhir campuran: $T_c = (C_1T_1 + C_2T_2) / (C_1 + C_2)$, dengan T_1 adalah suhu benda panas dan T_2 suhu benda dingin.

4. Transformasi energi dan kekekalan energi

Energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, tetapi hanya berubah bentuk. Pada layar Systems, energi mengalir dari sumber ke pengubah lalu ke pengguna dalam beberapa bentuk: kimia, cahaya, termal (kalor), mekanik, dan listrik. Sebagian energi selalu berubah menjadi kalor yang tidak dimanfaatkan sehingga:

$$E_{masuk} = E_{berguna} + E_{terbuang}, \quad \eta = (E_{berguna} / E_{masuk}) \times 100\%$$

D. Alat dan Bahan

Alat

- Laptop, komputer, atau tablet dengan browser terkini (Chrome, Firefox, atau Edge) dan koneksi internet
- Stopwatch atau pengatur waktu pada ponsel (jika ingin mengukur waktu di luar penunjuk waktu simulasi)
- Alat tulis dan lembar LKPD
- Kalkulator
- Aplikasi spreadsheet (Microsoft Excel atau Google Sheets) atau kertas milimeter blok untuk membuat grafik

LIVEWORKSHEETS

Bahan / komponen simulasi PhET "Energy Forms and Changes"

- Layar Intro: balok besi, balok bata, gelas kimia berisi air, gelas kimia berisi minyak zaitun, pembakar (burner) dengan slider Heat/Cool, termometer, dan kotak centang Energy Symbols
- Layar Systems: sumber energi (teko air panas, panel surya, sepeda yang dikayuh), pengubah energi (generator, motor listrik, dan sejenisnya), pengguna energi (lampu, kipas angin, pemanas air), serta Energy Symbols dan pengukur energi

E. Variabel Percobaan

Jenis Variabel	Layar Intro	Layar Systems
Variabel manipulasi (bebas)	Jenis bahan (besi, bata, air, minyak zaitun) dan pengaturan pembakar (Heat atau Cool)	Kombinasi sumber, pengubah, dan pengguna energi
Variabel kontrol	Posisi objek di atas pembakar, posisi slider pembakar (Heat maksimum), suhu awal objek (mulai dari kondisi awal simulasi), selang waktu pencatatan (misalnya 10 detik), Energy Symbols dalam keadaan aktif	Energy Symbols dalam keadaan aktif, pengaturan sumber energi, dan lama pengamatan
Variabel respons (terikat)	Suhu (°C) pada setiap waktu, laju kenaikan suhu (°C/s), dan suhu kesetimbangan termal	Bentuk energi pada tiap tahap, jumlah energi (Energy Symbols), serta energi berguna dan energi terbuang

F. Prosedur dan Kegiatan Percobaan

1. Siapkan laptop, komputer, atau tablet yang akan digunakan.
2. Pastikan perangkat memiliki browser terkini (disarankan Google Chrome, Mozilla Firefox, atau Microsoft Edge) karena simulasi PhET berbasis HTML5.
3. Ketik langsung tautan berikut, atau salin-tempel (*copy-paste*) jika sudah tersedia dalam dokumen tugas:

https://phet.colorado.edu/en/simulations/energy-forms-and-changes

KEGIATAN 1 — Layar "Intro" (Pemanasan & Pendinginan)

1. Tunggu halaman termuat, lalu klik tombol ▶ (Play) atau "Run Now" di tengah layar untuk menjalankan simulasi langsung tanpa perlu instalasi (berbasis HTML5).
2. Amati empat objek di atas meja: balok besi, balok bata, gelas berisi air, dan gelas berisi minyak zaitun.
3. Perhatikan termometer (batang putih berujung merah) yang menempel pada tiap objek — menunjukkan suhu benda secara *real-time*.
4. Di bagian bawah terdapat slider pembakar (*burner*) yang bisa digeser ke arah "Cool" (dingin) atau "Heat" (panas).
5. Pilih salah satu objek (misalnya balok besi) dan letakkan tepat di atas pembakar.
6. Geser slider pembakar ke arah kanan ("Heat").
7. Amati termometer: nilainya akan naik secara bertahap.
8. Perhatikan munculnya partikel energi berwarna merah di dalam objek — menandakan energi panas yang masuk ke benda.

LIVEWORKSHEETS

9. Catat waktu yang dibutuhkan hingga suhu mencapai nilai tertentu (misalnya 50°C).
10. Masih dengan objek yang sama, geser slider pembakar ke arah kiri ("Cool").
11. Amati termometer: nilainya akan turun secara bertahap.
12. Perhatikan munculnya partikel energi berwarna biru yang menandakan energi berkurang/keluar dari benda.
13. Bandingkan kecepatan pendinginan antar bahan (besi, bata, air, minyak) — catat perbedaannya sebagai data awal.
14. Panaskan salah satu objek (misalnya besi) hingga suhunya cukup tinggi, lalu lepaskan dari pembakar.
15. Klik-tahan (*drag*) objek panas tersebut, lalu letakkan tepat di atas objek lain yang masih dingin (misalnya bata).
16. Amati kedua termometer secara bersamaan: suhu besi akan turun, sementara suhu bata akan naik.
17. Proses berlangsung hingga kedua suhu bertemu di titik yang sama — kondisi ini disebut **kesetimbangan termal**.
18. Cari kotak centang (*checkbox*) bertuliskan "Energy Symbols", biasanya di pojok kanan atas atau kanan bawah layar.
19. Klik/centang kotak tersebut untuk mengaktifkannya.
20. Ulangi langkah pemanasan atau kontak antarobjek sambil memperhatikan partikel energi kecil yang bergerak — ini memvisualisasikan arah dan jumlah energi yang berpindah.
21. Gunakan visualisasi ini untuk memperkuat penjelasan konsep perpindahan kalor dalam laporan.
22. Siapkan tabel pengamatan berisi kolom: Bahan, Waktu (s), Suhu (°C).
23. Panaskan tiap bahan (besi, bata, air, minyak) secara bergantian dengan durasi yang sama, catat suhunya setiap interval waktu tertentu (misalnya setiap 10 detik).
24. Plot data ke dalam grafik suhu terhadap waktu untuk membandingkan laju kenaikan suhu tiap bahan.
25. Bahan dengan kenaikan suhu paling lambat memiliki kapasitas kalor (kemampuan menyerap energi) yang lebih besar — jadikan ini sebagai temuan penyelidikan.

KEGIATAN 2 — Layar "Systems" (Membangun Sistem Energi)

1. Klik tab/ikon "Systems" di bagian atas layar simulasi (di samping tab "Intro").
2. Perhatikan tiga kelompok komponen yang tersedia:
    - **Sumber Energi** (kiri): panel surya, sepeda yang dikayuh, atau teko air panas di atas api.
    - **Pengubah Energi** (tengah): generator, motor listrik, dan sejenisnya.
    - **Pengguna Energi** (kanan): lampu (pijar/LED), kipas angin, atau pemanas air.
3. Klik salah satu ikon pada kelompok Sumber Energi (misalnya panel surya) untuk memilihnya.
4. Klik salah satu ikon pada kelompok Pengubah Energi (misalnya motor/generator listrik).
5. Klik salah satu ikon pada kelompok Pengguna Energi (misalnya lampu).
6. Klik tombol Play/Start pada simulasi untuk menjalankan sistem yang telah dirangkai.
7. Amati partikel energi yang mengalir dari kiri ke kanan — perhatikan bagaimana bentuk energi berubah di sepanjang rantai (misalnya energi cahaya → listrik → cahaya/panas).
8. Aktifkan kembali "Energy Symbols" serta meter/pengukur (jika tersedia) untuk mendapatkan data kuantitatif pendukung laporan penyelidikan.

LIVEWORKSHEETS

G. Pengumpulan Data (Data Collection)

Catat hasil pengamatan pada tabel berikut. Gunakan pengaturan pembakar yang sama, mulai dari suhu awal yang sama, dan catat suhu setiap 10 detik. Isi tabel dengan angka yang benar-benar terbaca pada termometer simulasi.

Tabel 1. Pemanasan (slider pembakar pada Heat maksimum)

Waktu (s)	Besi (°C)	Bata (°C)	Air (°C)	Minyak zaitun (°C)
0				
10				
20				
30				
40				
50				
60				

Tabel 2. Pendinginan (slider pembakar pada Cool)

Waktu (s)	Besi (°C)	Bata (°C)	Air (°C)	Minyak zaitun (°C)
0				
10				
20				
30				
40				
50				
60				

Tabel 3. Kontak antarbenda (kesetimbangan termal)

Kombinasi	T benda panas (°C)	T benda dingin (°C)	T setimbang (°C)	Waktu ke setimbang (s)
Besi (panas) + bata (dingin)				
Bata (panas) + besi (dingin)				

LIVEWORKSHEETS

Kombinasi	T benda panas (°C)	T benda dingin (°C)	T setimbang (°C)	Waktu ke setimbang (s)
Besi (panas) + air (dingin)				

Tabel 4. Transformasi energi pada layar Systems

Rangkaian (sumber → pengubah → pengguna)	Urutan bentuk energi	Energi berguna	Energi terbuang
Contoh: sepeda → generator → lampu	kimia → mekanik → listrik → cahaya dan termal	cahaya	kalor
Rangkaian 2 (pilihanmu):			
Rangkaian 3 (pilihanmu):			

H. Pengolahan Data (Data Processing)

1. Grafik suhu terhadap waktu

Buat grafik dari Tabel 1 (waktu pada sumbu x, suhu pada sumbu y) dengan empat kurva: besi, bata, air, dan minyak zaitun. Tempatkan grafik pada kotak berikut.

2. Laju kenaikan suhu

Hitung laju kenaikan suhu dengan rumus $\Delta T/\Delta t = (T_{akhir} - T_{awal}) / \Delta t$. Peringkat 1 diberikan pada bahan yang suhunya naik paling lambat.

Bahan	T awal (°C)	T akhir (°C)	ΔT (°C)	Δt (s)	ΔT/Δt (°C/s)	Peringkat
Besi						

LIVEWORKSHEETS

Bahan	T awal (°C)	T akhir (°C)	ΔT (°C)	Δt (s)	ΔT/Δt (°C/s)	Peringkat
Bata						
Air						
Minyak zaitun						

3. Kapasitas kalor relatif

Pembakar memberikan kalor yang sama pada tiap bahan selama waktu yang sama ($Q = P \cdot \Delta t$), sehingga $C = Q/\Delta T$ sebanding dengan $1/(\Delta T/\Delta t)$. Bahan dengan laju kenaikan suhu paling kecil memiliki kapasitas kalor paling besar. Urutan kapasitas kalor dari terkecil ke terbesar menurut datamu: ..... < ..... < ..... < .....

4. Kesetimbangan termal

Dari $Q_{lepas} = Q_{terima}$ diperoleh $C_{panas}(T_{panas} - T_{setimbang}) = C_{dingin}(T_{setimbang} - T_{dingin})$, sehingga $C_{panas}/C_{dingin} = (T_{setimbang} - T_{dingin}) / (T_{panas} - T_{setimbang})$. Gunakan data Tabel 3.

Kombinasi	$T_{setimbang} - T_{dingin}$ (°C)	$T_{panas} - T_{setimbang}$ (°C)	C_{panas} / C_{dingin}
Besi (panas) + bata (dingin)			
Bata (panas) + besi (dingin)			
Besi (panas) + air (dingin)			

5. Efisiensi energi (layar Systems)

Dari Tabel 4, hitung $\eta = (E_{berguna} / E_{masuk}) \times 100\%$ dan gambarkan diagram alur energi pada rangkaian yang kamu pilih. η = ... %

Pertanyaan analisis

1. Bahan apa yang suhunya paling lambat naik dan paling lambat turun? Apa hubungannya dengan kapasitas kalor bahan tersebut?

---

2. Besi memiliki kalor jenis lebih kecil daripada bata. Apakah pada simulasi besi pasti lebih cepat panas daripada bata? Jelaskan dengan mempertimbangkan massa (kapasitas kalor = $m \cdot c$).

---

3. Pada Tabel 3, pada suhu berapa perpindahan kalor berhenti, dan mengapa suhu akhir benda lebih dekat ke suhu awal salah satu benda?

LIVEWORKSHEETS

4. Saat Energy Symbols diaktifkan, ke mana arah pergerakan simbol energi ketika benda panas menyentuh benda dingin?

5. Pada rangkaian Systems yang kamu buat, bentuk energi apa saja yang muncul, dan ke mana energi yang tidak menjadi energi berguna?

I. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penyelidikan menggunakan simulasi PhET "Energy Forms and Changes", dapat disimpulkan bahwa:

1. Kalor berpindah dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah sampai tercapai kesetimbangan termal, yaitu ketika kedua benda bersuhu sama dan tidak ada lagi perpindahan kalor bersih. Kalor yang dilepas benda panas sama dengan kalor yang diterima benda dingin (Asas Black).
2. Pada pemberian kalor yang sama, kenaikan suhu bergantung pada kapasitas kalor benda ($C = m \cdot c$). Semakin besar kapasitas kalor, semakin lambat suhu naik saat dipanaskan dan semakin lambat turun saat didinginkan. Kalor jenis pada simulasi (besi 450, bata 840, minyak zaitun 1.970, air 4.186 J/kg·K) menunjukkan bahwa air adalah bahan yang paling sulit berubah suhunya.
3. Urutan kapasitas kalor dari terkecil ke terbesar menurut data kelompok kami adalah .....
4. Pada layar Systems, energi tidak hilang tetapi berubah bentuk dari sumber, pengubah, hingga pengguna. Sebagian energi menjadi kalor yang tidak dimanfaatkan sehingga $E_{masuk} = E_{berguna} + E_{terbuang}$ dan efisiensi selalu kurang dari 100%.

J. Refleksi

Jawablah sesuai pengalaman belajarmu.

1. Konsep apa yang paling membantu kamu pahami setelah menggunakan simulasi ini?

2. Bagian mana yang masih membingungkan, dan bagaimana kamu mencoba mengatasinya?

LIVEWORKSHEETS

3. Bagaimana konsep kalor jenis menjelaskan fenomena pasir dan air laut di pantai (bagian B)?

---

4. Berikan satu contoh penerapan konsep ini dalam kehidupan sehari-hari, misalnya dalam memilih bahan alat masak.

Penilaian diri

Pernyataan	Ya	Belum
Saya dapat menjelaskan arah perpindahan kalor antarbenda.		
Saya dapat menjelaskan hubungan kalor jenis dengan perubahan suhu.		
Saya dapat menerapkan Asas Black pada kesetimbangan termal.		
Saya dapat menjelaskan perubahan bentuk energi pada sistem energi.		

LIVEWORKSHEETS