

E-LKPD

LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK ELEKTRONIK

USAHA DAN ENERGI

FISIKA KELAS XI



$$E_p = mgh$$

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$



Berbasis Inquiry Based Learning



Integrasi Simulasi Interaktif (PhET)



Melatih Kemampuan Berpikir Kritis



Berbantuan Artificial Intelligence



Malika Ghifarina



Prof. Dr. I Wayan Distrik, M.Si.



Dr. B. Anggit Wicaksono, S.Pd., M.Si.



Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd.

FISIKA KELAS XI

Nama

Kelas

No. Absen

Sekolah

XI

PETUNJUK PENGGUNAAN



Bacalah setiap petunjuk dan tujuan kegiatan dengan cermat.



Kerjakan setiap kegiatan secara berurutan sesuai langkah yang diberikan.



Diskusikan bersama anggota kelompok untuk menjawab pertanyaan.



Tuliskan jawaban pada kolom yang telah disediakan.



Gunakan sumber belajar lain jika diperlukan.



Presentasikan hasil diskusi kelompok di depan kelas jika diminta



Bertanya kepada guru jika terdapat hal yang belum dipahami



CAPAIAN PEMBELAJARAN

Di akhir fase F (Kelas XI), peserta didik mampu memahami konsep dan prinsip usaha dan energi lalu menganalisis hubungan antara gaya, perpindahan, dan perubahan energi pada berbagai fenomena fisika, menjelaskan hukum kekekalan energi, serta mengevaluasi pemanfaatan energi dalam kehidupan sehari-hari.



INDIKATOR KETERCAPAIAN TUJUAN PEMBELAJARAN

1. Menganalisis hubungan usaha dengan perubahan energi mekanik (C4),
2. Menyelidiki penerapan hukum kekekalan energi mekanik (C5)



TUJUAN PEMBELAJARAN

1. Peserta didik dapat menganalisis hubungan usaha gaya luar dengan perubahan energi kinetik dan potensial, mengklasifikasikan bentuk-bentuk energi mekanik.
2. Peserta didik dapat merancang dan menyelidiki percobaan Inquiry Based Learning berbantuan AI untuk membuktikan hukum kekekalan energi mekanik pada sistem ideal dan tidak ideal, mengukur efisiensi energi, serta mengidentifikasi faktor disipasi energi seperti gesekan.



PROFILE PELAJAR PANCASILA



Bernalar kritis, Peserta didik bernalar kritis dengan mengolah informasi dari berbagai sumber, menganalisisnya secara kritis, memprioritaskan gagasan relevan, serta mengevaluasi penalaran untuk solusi dan keputusan yang tepat.



Kreatif, peserta didik kreatif dengan menghasilkan gagasan orisinal yang beragam, mengevaluasi risiko dari berbagai perspektif, serta bereksperimen untuk mencari solusi



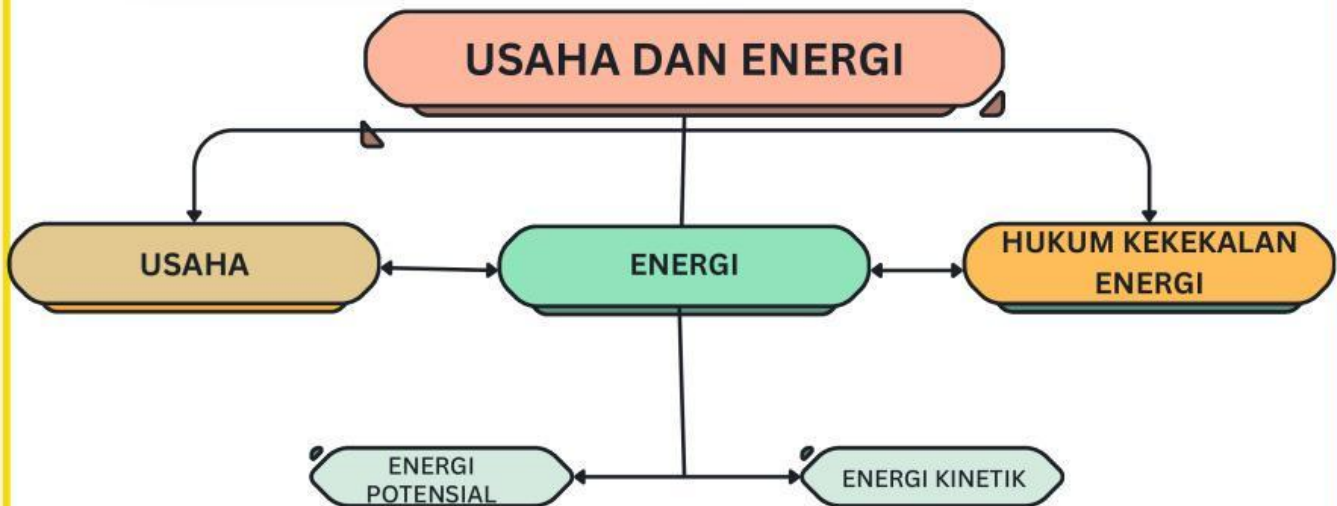
Mandiri, peserta didik mandiri dengan meregulasi emosi dan mengembangkan pengendalian dan disiplin diri.



Bergotong royong, berkolaborasi dengan berkomunikasi untuk memahami, menganalisis informasi, dan berbagi.



PETA KONSEP



KETERANGAN

Materi Usaha dan Energi pada E-LKPD ini terdiri atas konsep usaha dan energi, energi, daya, energi potensial, energi kinetik, serta hukum kekekalan energi mekanik. Peserta didik diharapkan memahami keterkaitan antarkonsep tersebut sebelum memulai kegiatan pembelajaran berbasis Inquiry Based Learning.



Orientasi



Rumusan Masalah



Hipotesis



Data



Uji Hipotesis



Kesimpulan



FENOMENA

Indikator Berpikir Kritis

Interpretasi



Roller Coaster

Perhatikan dua fenomena usaha dan energi yang sering kita jumpai di sekitar kita!

Pada fenomena pertama, wahana water slide memanfaatkan energi potensial gravitasi yang dimiliki seseorang saat berada di puncak lintasan. Ketika meluncur ke bawah, energi potensial tersebut berubah menjadi energi kinetik sehingga kecepatan pengunjung semakin besar. Gesekan antara tubuh, seluncuran, dan air juga menyebabkan sebagian energi berubah menjadi kalor sehingga memengaruhi kecepatan luncur.



Roller Coaster

Sementara itu, pada fenomena kedua, wahana roller coaster menunjukkan perubahan energi yang terjadi secara berulang selama kereta bergerak di sepanjang lintasan. Saat kereta berada di titik tertinggi, energi potensial gravitasi bernilai maksimum. Ketika menuruni lintasan, energi potensial berubah menjadi energi kinetik sehingga laju kereta meningkat. Sebaliknya, saat kereta kembali menaik, sebagian energi kinetik berubah kembali menjadi energi potensial. Fenomena ini menunjukkan penerapan konsep usaha, perubahan energi, dan hukum kekekalan energi mekanik dalam kehidupan sehari-hari.



Pertanyaan :

1

Berdasarkan fenomena pertama mengapa kecepatan roller coaster berbeda pada setiap bagian lintasan?



Orientasi



Rumusan Masalah



Hipotesis



Data



Uji Hipotesis



Kesimpulan



Pertanyaan :

2

Berdasarkan fenomena kedua mengapa orang yang meluncur dari posisi lebih tinggi biasanya bergerak lebih cepat?



PETUNJUK KERJA

1

Bacalah permasalahan pada LKPD secara cermat sebelum berdiskusi

2

Kerjakan LKPD secara berkelompok, masing-masing kelompok terdiri dari 4–5 orang

3

Gunakan buku, internet, simulasi, atau sumber lain yang relevan untuk mendukung jawaban

4

Tuliskan hasil pengamatan, perhitungan, grafik, dan kesimpulan dengan rapi

5

Presentasikan hasil diskusi kelompok pada akhir kegiatan



Orientasi



Rumusan Masalah



Hipotesis



Data



Uji Hipotesis



Kesimpulan



MATERI

Indikator Berpikir Kritis

Interpretasi

A

Energi

Energi



Pelajari video 1 untuk memahami konsep energi

Video 1



Pengertian Energi

Kata energi berasal dari Bahasa Yunani, yaitu *ergon* yang berarti "kerja". Jadi, energi didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan kerja atau usaha. Energi akan bermanfaat jika terjadi perubahan bentuk dari suatu bentuk energi ke bentuk lain.



Energi Potensial

Energi potensial adalah energi yang dimiliki oleh benda karena kedudukannya atau ketinggiannya. Energi potensial merupakan energi yang masih tersimpan atau tersembunyi pada benda, sehingga mempunyai potensi untuk melakukan usaha. Besar energi potensial dapat ditulis berdasarkan persamaan:

$$E_p = mgh$$

Keterangan:

- E_p = energi potensial (joule)
- g = percepatan gravitasi bumi ($\approx 9,8 \text{ m/s}^2$)
- m = massa benda (kg)
- h = tinggi benda (m)



Energi Kinetik

Energi kinetik adalah energi yang dimiliki oleh benda yang bergerak. Jadi, setiap benda yang bergerak memiliki energi kinetik. Besar energi kinetik dapat ditulis dengan persamaan:

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2$$

Keterangan:

- E_k = energi kinetik (joule)
- v = kecepatan benda (m/s)
- m = massa benda (kg)



Energi Mekanik

Energi mekanik jumlah energi potensial dan energi kinetik yang terdapat pada benda, dapat ditulis dengan persamaan:

$$E_m = E_p + E_k$$



Hukum Kekekalan Energi Mekanik

Hukum kekekalan energi mekanik menyatakan bahwa energi mekanik benda tetap. Hukum ini berlaku apabila tidak terdapat gaya luar yang bekerja pada benda.

66

Emekanik awal = Emekanik akhir

"dalam sistem tertutup dan tanpa gaya non-konservatif"



Tips Berpikir Kritis

Amati - Pahami - Analisis - Jelaskan
Gunakan pengetahuanmu dan buktikan dengan teori



Orientasi



Rumusan Masalah



Hipotesis



Data



Uji Hipotesis



Kesimpulan



MATERI

Indikator Berpikir Kritis

Interpretasi

B Usaha

Usaha



Pelajari video 1 untuk memahami konsep usaha Video 1

1 Konsep Usaha

Dalam fisika, usaha (work) adalah gaya yang menyebabkan benda mengalami perpindahan. Jika benda tidak berpindah, maka usaha yang dilakukan bernilai nol meskipun gaya yang diberikan sangat besar.

Contoh:



Mendorong meja hingga bergeser
→ terjadi usaha.



Mengangkat tas ke atas
→ terjadi usaha.



Mendorong tembok tetapi tembok tidak bergerak
→ tidak terjadi usaha.

Besarnya usaha bergantung pada besar gaya yang diberikan, besar perpindahan benda, dan sudut antara arah gaya dan arah perpindahan.

Rumus Usaha

$$W = F \times s \times \cos \theta$$

Keterangan:

W = Usaha (Joule)

F = Gaya (Newton)

s = Perpindahan (m)

θ = Sudut antara gaya dan perpindahan

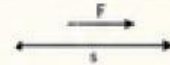
Makna Persamaan

θ = 0°

(searah)

W = Fs

Usaha maksimum



θ = 90°

(tegak lurus)

W = 0

Tidak ada usaha

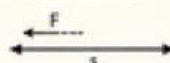


θ = 180°

(berlawanan arah)

W = -Fs

Usaha bernilai negatif (menghambat gerak)



Tahukah Kamu?

Satuan usaha adalah Joule (J).

1 Joule berarti usaha yang dilakukan oleh gaya 1 Newton yang menyebabkan benda berpindah sejauh 1 meter.

Contoh dalam Kehidupan



Menarik koper di bandara



Mendorong troli belanja



Mengangkat galon air



Roller coaster ditarik menuju puncak lintasan



Water slide saat meluncur dari ketinggian

2 Hubungan Usaha dan Perubahan Energi

Ketika suatu gaya melakukan usaha pada sebuah benda, energi benda tersebut akan berubah. Semakin besar usaha yang diberikan, semakin besar pula perubahan energi yang dialami benda.

Teorema Usaha-Energi

Usaha total yang bekerja pada suatu benda sama dengan perubahan energi kinetiknya.

$$W = \Delta E_k \text{ atau } W = E_{k2} - E_{k1}$$

Karena $E_k = \frac{1}{2}mv^2$
maka diperoleh $W = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$

Apa Artinya?



Usaha bernilai positif

Energi kinetik bertambah benda bergerak lebih cepat.



Usaha bernilai negatif

Energi kinetik berkurang benda melambat.



Usaha sama dengan nol

Energi kinetik benda tetap.



Contoh Fenomena



Mendorong Kereta Belanja

Saat troli didorong semakin kuat, troli bergerak semakin cepat. Artinya gaya melakukan usaha sehingga energi kinetik troli meningkat.



Mengangkat Bola

Ketika bola diangkat ke atas, usaha yang dilakukan menyebabkan energi potensial bola bertambah. Semakin tinggi posisi bola, semakin besar energi potensialnya.



Roller Coaster

Saat kereta meluncur dari puncak lintasan, energi potensial berubah menjadi energi kinetik. Perubahan energi tersebut terjadi karena gaya gravitasi melakukan usaha pada kereta.

Hubungan dengan Materi Selanjutnya



Setelah mempelajari penyebab terjadinya perubahan energi. Pada materi berikutnya akan dipelajari bahwa energi dapat berubah bentuk menjadi energi potensial, energi kinetik, dan energi mekanik tanpa hilang, sesuai dengan Hukum Kekekalan Energi.



Tips Berpikir Kritis

Amati - Pahami - Analisis - Jelaskan

Gunakan pengetahuanmu dan buktikan dengan teori



Orientasi



Rumusan Masalah



Hipotesis



Data



Evaluasi



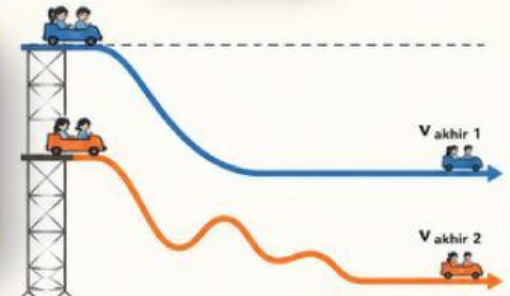
Kesimpulan

Pertanyaan Pemantik

Indikator Berpikir Kritis

Analisis

Jika kedua kereta dilepaskan dari ketinggian yang sama, mengapa kecepatan akhir yang dihasilkan berbeda? Apakah hal tersebut menunjukkan bahwa energi tidak kekal?



Indikator Berpikir Kritis

Analisis

Eksperimen Hukum Kekekalan Energi Mekanik

A Alat & Bahan

1 Smartphone



2 Internet/Wifi



B Rumusan Masalah

1 Apakah energi mekanik selalu kekal?



2 Bagaimana pengaruh gesekan terhadap energi mekanik?



3 Bagaimana hubungan usaha gaya gesek dengan perubahan energi mekanik



Tuliskan rumusan masalah berdasarkan hasil diskusi:



Tips Berpikir Kritis

Amati - Pahami - Analisis - Jelaskan
Gunakan pengetahuanmu dan buktikan dengan teori





Orientasi



Rumusan Masalah



Hipotesis



Data



Uji Hipotesis



Kesimpulan



ANALISIS KONSEP & HIPOTESIS

Indikator Berpikir Kritis

Interpretasi



Hipotesis

1) Jika lintasan kasar maka:

2) Jika tidak terdapat gesekan maka



Tips Berpikir Kritis

Amati - Pahami - Analisis - Jelaskan

Gunakan pengetahuanmu dan buktikan dengan teori



Orientasi



Rumusan Masalah



Hipotesis



Data



Uji Hipotesis



Kesimpulan



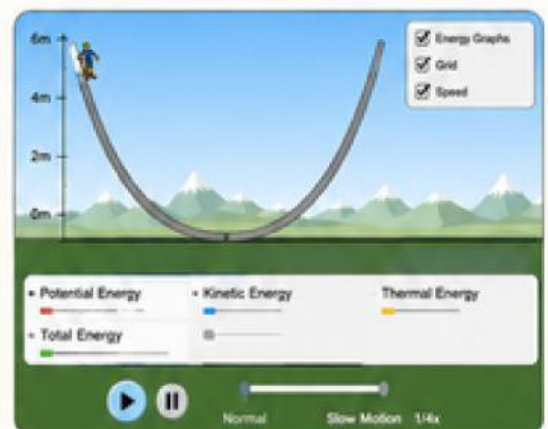
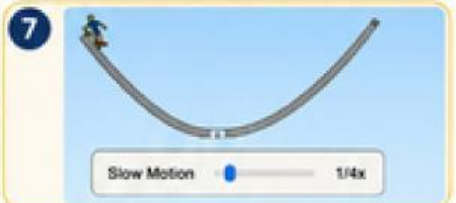
MENGUMPULKAN DATA

Indikator Berpikir Kritis

Analisis

D Langkah Kerja

- 1 Siapkan alat dan bahan yang dibutuhkan.
- 2 Membuka Virtual Lab yaitu PHET. Memilih Energy Skate Park: Basic, kemudian memilih permulaan. Melalui link: https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics_all.html
- 3 Pilih simulations klik physics.
- 4 Pilih work, energy & power.
- 5 Pilih energy, skate park.
- 6 Memberi tanda centang untuk bagan grafik energi, kisi-kisi (untuk membaca ketinggian dan kelajuan/speed).
- 7 Memilih lintasan yang berbentuk U, kemudian memilih slow motion untuk mempermudah pengamatan gerak pemain skateboard.
- 8 Melakukan simulasi dengan meletakkan pemain skateboard dengan massa 45 kg pada grafik, dan amati yang terjadi pada ketinggian, kelajuan, energi potensial, energi kinetik, dan total untuk setiap perubahan ketinggian.
- 9 Melepaskan pemain dari ketinggian 6 m.
- 10 Klik tombol play, jika ingin menghentikan gerak pemain, klik tombol  
- 11 Mengamati bagan masing-masing energi pada kotak sebelah kiri saat pemain berada pada ketinggian tertentu (ambil ketinggian yang berbeda-beda).
- 12 Menuliskan hasil pengamatan anda pada tabel percobaan 1.



Tips Berpikir Kritis

Amati - Pahami - Analisis - Jelaskan
Gunakan pengetahuanmu dan buktikan dengan teori



Orientasi



Rumusan Masalah



Hipotesis



Data



Uji Hipotesis



Kesimpulan



MENGUMPULKAN DATA

Indikator Berpikir Kritis

Analisis

Tabel 1. Pengaruh posisi terhadap energi

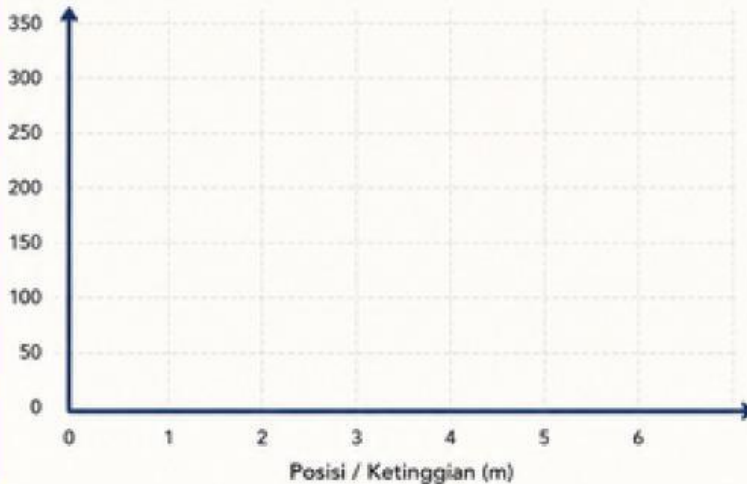
No	Ketinggian Benda	Kelajuan (m/s)	Energi Potensial (J)	Energi Kinetik (J)	Energi Mekanik (J)
1	6 m				
2	4 m				
3	2 m				

13

Membuat grafik hubungan posisi EP, EK dan EM.

Grafik 1. Hubungan posisi terhadap energi

Nilai Energi (J)



Keterangan :

- Energi Potensial (EP)
- Energi Kinetik (EK)
- Energi Mekanik (EM)



Tips!

Gunakan data pada Tabel 1 untuk membuat grafik. Pastikan setiap energi diberi warna sesuai keterangan.



Tips Berpikir Kritis

Amati - Pahami - Analisis - Jelaskan

Gunakan pengetahuanmu dan buktikan dengan teori



Orientasi



Rumusan Masalah



Hipotesis



Data



Uji Hipotesis



Kesimpulan



UJI HIPOTESIS & KESIMPULAN

Indikator Berpikir Kritis

Penjelasan & Kesimpulan

E Uji Hipotesis



Jawablah hipotesis berikut:

- Apakah hipotesis diterima?
.....
- Seberapa kuat bukti yang diperoleh?
.....
- Apakah data cukup untuk mendukung kesimpulan?
.....



Jawablah pertanyaan untuk evaluasi berikut:



- Informasi tambahan apa yang dibutuhkan?
.....
.....
- Faktor lain apa yang mungkin memengaruhi hasil?
.....
.....

F Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan yang kamu dapat dari praktikum diatas:

.....

.....

.....

.....



Jawablah pertanyaan dibawah ini untuk memperkuat kesimpulan

- Apa temuan utama percobaan?
.....
- Bagaimana hubungan usaha dengan perubahan energi mekanik?
.....
- Bagaimana pengaruh gesekan terhadap kekekalan energi mekanik?
.....



Tips Berpikir Kritis

Amati - Pahami - Analisis - Jelaskan
Gunakan pengetahuanmu dan buktikan dengan teori

TAHAP INQUIRY



Kurikulum Merdeka

MERDEKA BELAJAR

Merdeka Mengajar



Orientasi



Rumusan Masalah



Hipotesis



Data



Uji Hipotesis



Kesimpulan



UJI HIPOTESIS & KESIMPULAN

Indikator Berpikir Kritis

Evaluasi & Regulasi



Refleksi Diri

Pernyataan	Ya	Belum	Pernyataan	Catatan
Saya memahami hubungan usaha dan energi			Apa kelemahan metode percobaan kelompok Anda?	
Saya menghitung usaha, energi, daya dan efisiensi			Data mana yang paling mungkin mengandung kesalahan?	
Saya mampu menyampaikan pendapat dan presentasi			Bagaimana cara meningkatkan ketelitian percobaan?	
Saya mampu merancang solusi kreatif			Apakah kesimpulan kelompok sudah didukung data yang cukup?	
			Jika percobaan diulang, apa yang akan diperbaiki?	



Penilaian Guru

Aspek yang dinilai	Skor 1-4	Catatan
Pemahaman konsep		
Ketepatan perhitungan		
Kerjasama kelompok		
Presentasi hasil		



Tips Berpikir Kritis

Amati - Pahami - Analisis - Jelaskan

Gunakan pengetahuanmu dan buktikan dengan teori