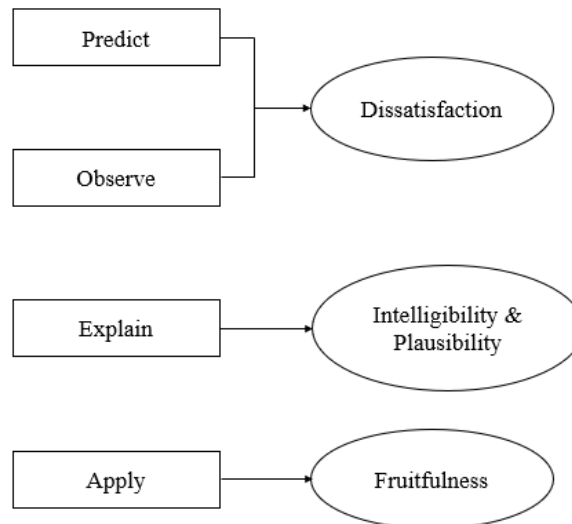


BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Predict-Observe-Explain-Apply (POEA)

POEA merupakan strategi pembelajaran yang dikembangkan untuk dapat mengubah tingkat pemahaman peserta didik. Strategi pembelajaran POEA dikembangkan oleh Syuhendri (2017). Langkah-langkah dari strategi pembelajaran POEA terdiri dari *Predict*, *Observe*, *Explain*, dan *Apply*. Strategi pembelajaran POEA merupakan pengembangan dari POE dengan penambahan tahapan penerapan (*Apply*). Gambar 2.1 menunjukkan hubungan POEA dengan syarat perubahan konsepsi.



Gambar 2. 1 Hubungan POEA dengan syarat perubahan konsepsi

Langkah-langkah dalam pembelajaran POEA sangat mudah diingat karena proses pembelajarannya meliputi *Predict*, *Observe*, *Explain*, dan *Apply*. Sintak dan kegiatan yang dilakukan oleh guru dan peserta didik selama proses pembelajaran POEA dapat ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Sintak dan kegiatan pembelajaran POEA

POEA	Kegiatan Guru	Kegiatan Peserta Didik
<i>Predict</i>	Memberikan permasalahan atau kasus kepada peserta didik.	Membaca konsep permasalahan dan mendiskusikan permasalahan tersebut dengan anggota kelompoknya untuk memprediksi solusi dari masalah tersebut.
<i>Observe</i>	Memberikan demonstrasi atau simulasi supaya terjadi konflik kognitif.	Mengamati dan melakukan demonstrasi maupun simulasi yang diberikan oleh guru.
<i>Explain</i>	Meminta peserta didik untuk menjelaskan prediksi serta hasil dari observasi.	Berpikir mengenai ketidaksesuaian antara apa yang dipikirkan dengan apa yang terjadi.
<i>Apply</i>	Memberikan kasus baru untuk diselesaikan oleh peserta didik.	Mendiskusikan dengan anggota kelompok mengenai kasus baru.

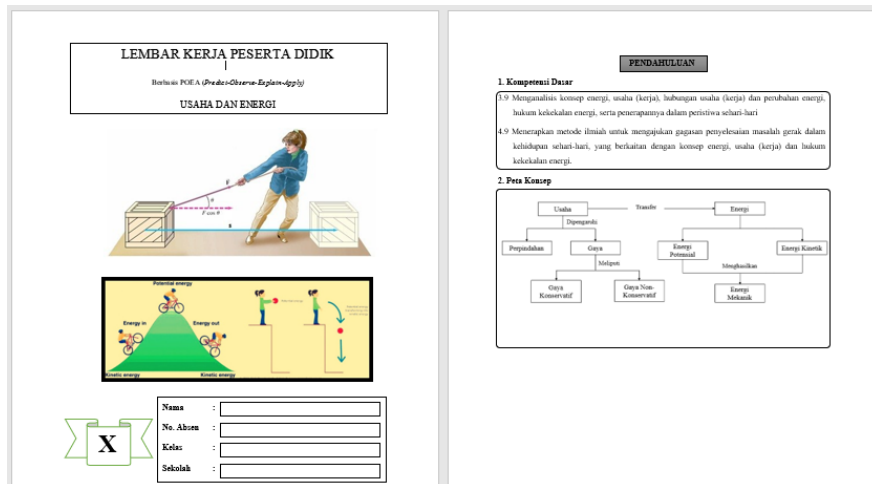
2.2 Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD)

Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) Usaha dan Energi merupakan media yang digunakan sebagai bahan ajar dalam proses pembelajaran. E-LKPD

Usaha dan Energi ini termasuk LKPD Perubahan Konsepsi berbasis elektronik. E-LKPD Usaha dan Energi dikembangkan menggunakan pendekatan konsepsi supaya dapat mengubah miskonsepsi (Ozkan dan Selcuk, 2015). LKPD Perubahan Konsepsi dibuat dengan ditulis dalam bentuk bahan ajar cetak atau elektronik (Syuhendri, 2017). E-LKPD Usaha dan Energi yang digunakan dalam penelitian ini dibuat dalam bentuk elektronik yang dapat diakses pada website *Liveworksheet.com*. Hal ini bertujuan untuk dapat mempermudah guru dan peserta didik dalam mengakses LKPD sebagai bahan ajar pembelajaran Usaha dan Energi. E-LKPD Usaha dan Energi memiliki tujuan untuk dapat mengubah konsepsi peserta didik menjadi lebih baik sehingga dapat mengubah pemahaman konsep yang kurang saintifik menjadi pemahaman konsep yang saintifik. E-LKPD Usaha dan Energi dibuat sesuai dengan empat syarat terjadinya perubahan konsepsi yang dikemukakan oleh Posner, dkk. (1982) antara lain *dissatisfaction* (ketidakpuasan), *intelligible* (dapat dimengerti), *plausible* (masuk akal), dan *fruitful* (dapat bermanfaat). E-LKPD Usaha dan Energi disusun berdasarkan tahapan-tahapan pembelajaran POEA dan dibantu menggunakan simulasi *PhET*. E-LKPD ini terdiri dari 2 kegiatan yaitu kegiatan 1 mengenai usaha dan kegiatan 2 mengenai energi. Komponen-komponen pada E-LKPD Usaha dan Energi diuraikan sebagai berikut :

a. Cover dan Pendahuluan E-LKPD Usaha dan Energi

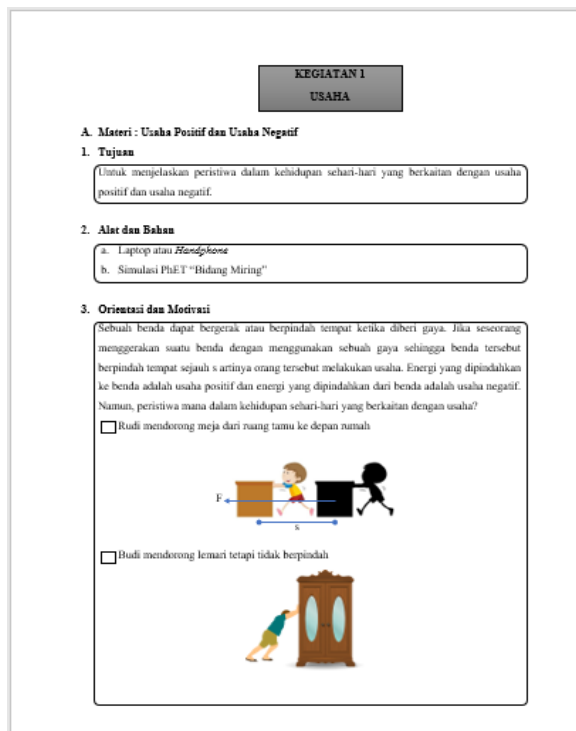
Pada bagian ini memuat judul E-LKPD, kolom untuk Nama, No. Absen, Kelas, dan Sekolah. Selain itu juga terdapat bagian pendahuluan yang memuat kompetensi dasar dan peta konsep materi Usaha dan Energi. Berikut ditunjukkan gambar halaman cover dari E-LKPD Usaha dan Energi.



Gambar 2. 2 Cover dan pendahuluan dari E-LKPD Usaha dan Energi

b. Kegiatan E-LKPD Usaha dan Energi

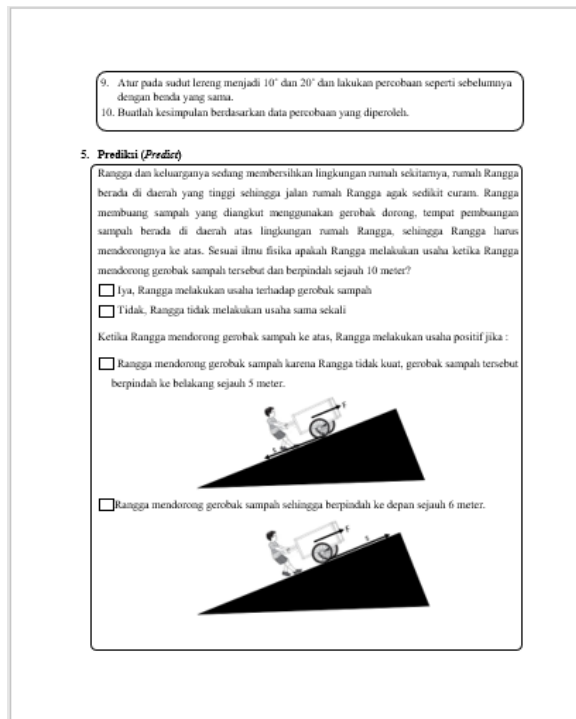
Dalam bagian kegiatan terdapat keterangan submateri yang akan dibahas, tujuan, alat dan bahan yang digunakan, orientasi dan motivasi serta petunjuk praktikum untuk melakukan percobaan menggunakan simulasi PhET. Gambar 2.3 menunjukkan bagian kegiatan E-LKPD Usaha dan Energi.



Gambar 2. 3 Bagian kegiatan E-LKPD Usaha dan Energi

c. *Prediksi (Predict)*

Pada bagian prediksi, ditunjukkan sebuah permasalahan yang berkaitan dengan submateri yang dibahas, peserta didik berdiskusi dengan kelompoknya kemudian menjawab pertanyaan-pertanyaan yang terdapat pada bagian prediksi serta memprediksikan mengenai sebuah permasalahan yang sedang dibahas. Bagian prediksi ditampilkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Bagian Predict pada E-LKPD Usaha dan Energi

d. *Observasi (Observe)*

Pada bagian observasi, terdapat kegiatan yang menjadikan peserta didik melakukan observasi dengan cara melakukan percobaan melalui simulasi PhET atau mengamati video. Selain itu juga, terdapat pertanyaan-pertanyaan serta tabel yang harus diisi oleh peserta didik sesuai dengan hasil observasi yang telah dilakukan sebelumnya. Bagian *Observe* ditampilkan pada Gambar 2.5.

6. Observasi (*Observe*)

Silahkan isi data pengamatan sesuai percobaan menggunakan simulasi PhET yang telah dilakukan :

Benda	Massa (Kg)	Gaya (N)	Perpindahan (m)	Sudut (°)	Usaha oleh Gaya Dorong (J)	Usaha oleh Gaya Gravitasi (J)	Usaha Total
Lemari Bekas	100						
Lemari Es	175						
Peti Kayu	300						

Gambar 2. 5 Bagian Observe pada E-LKPD Usaha dan Energi

e. Penjelasan (*Explain*)

Pada bagian penjelasan, terdapat kolom kosong yang harus diisi oleh peserta didik sesuai penjelasannya mengenai prediksi peserta didik dan hasil observasi yang telah dilakukan oleh peserta didik. Bagian *Explain* ditampilkan pada Gambar 2.6.

7. Penjelasan (*Explain*)

Berikan penjelasan hasil observasi yang kamu lakukan pada kolom di bawah ini !

Gambar 2. 6 Bagian Explain pada E-LKPD Usaha dan Energi

f. Penerapan (*Apply*)

Dalam bagian *Apply*, memuat permasalahan baru berupa pertanyaan yang diisi berdasarkan pemahaman konsep baru yang telah didapatkan peserta didik dari tahapan-tahapan sebelumnya. Gambar 2.7 memuat bagian *Apply*.

8. Penerapan (*Apply*)

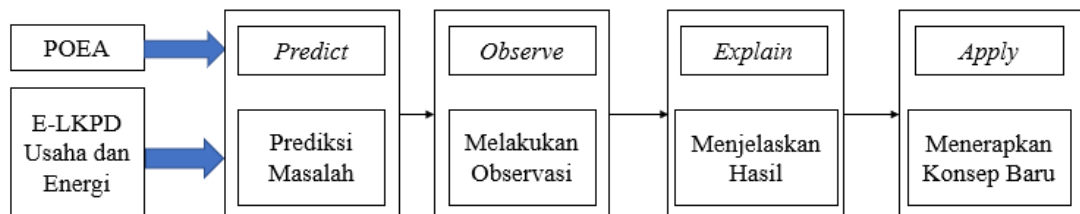


Salah satu permainan yang sering diadakan dalam acara peringatan HUT RI adalah permainan tarik tambang. Permainan ini melibatkan dua regu yang saling menarik untuk mengadu kekuatan tarikan. Berdasarkan pengetahuan yang anda dapatkan dari pengalaman percobaan, jelaskan bagaimana fenomena usaha positif dan negatif pada permainan tarik tambang tersebut!

Gambar 2. 7 Bagian Apply pada E-LKPD Usaha dan Energi

2.3 Strategi POEA Berbantuan E-LKPD Usaha dan Energi sebagai Pembelajaran Terpadu

Pembelajaran POEA adalah Pembelajaran modifikasi dari POE dengan menambahkan tahapan *Apply* (Syuhendri, 2017). Pembelajaran POEA memuat tahapan-tahapan yaitu *Predict*, *Observe*, *Explain*, dan *Apply*. Dalam penerapannya, pembelajaran POEA harus dapat beradaptasi dengan tantangan pendidikan saat ini. Tantangan dalam dunia pendidikan salah satunya yaitu terjadinya pandemi virus corona yang sering disebut *Coronavirus Disease 2019 (Covid-19)*. Meskipun terjadi pandemi, proses belajar mengajar harus tetap dilaksanakan. Maka dari itu, proses pembelajaran dilakukan secara *online* sehingga penggunaan strategi pembelajaran POEA membutuhkan adaptasi. Hal ini menjadi salah satu alasan untuk digunakannya E-LKPD Usaha dan Energi sebagai media pembelajaran untuk membantu pelaksanaan pembelajaran POEA.



Gambar 2. 8 Langkah-langkah pembelajaran POEA Berbantuan E-LKPD Usaha dan Energi

Pengembangan yang dilakukan dalam proses pembelajaran yaitu dengan cara menyempurnakan langkah-langkah pembelajaran POEA dalam proses kegiatan pembelajaran. Penyempurnaan proses pembelajaran dilaksanakan dengan cara mengkombinasikannya dengan media pembelajaran yang sesuai dengan langkah-langkah pembelajaran POEA. Hal ini dilakukan supaya dapat memfasilitasi peserta didik untuk dapat aktif dan meningkatkan semangat belajar peserta didik dalam pembelajaran fisika meskipun pembelajaran dilakukan secara *online*. Oleh karena itu, E-LKPD Usaha dan Energi dipilih untuk membantu dalam langkah-langkah pembelajaran POEA. Tahapan-tahapan pada pembelajaran POEA disempurnakan dengan mengkombinasikannya dengan bagian-bagian pada E-LKPD Usaha dan Energi. Kombinasi ini disebut dengan strategi pembelajaran POEA berbantuan E-LKPD Usaha dan Energi.

Penjelasan tahapan-tahapan pembelajaran POEA berbantuan E-LKPD Usaha dan Energi dapat dilihat pada Gambar 2.8 dan dijelaskan sebagai berikut :

- a. *Predict*, peserta didik diberikan permasalahan serta berdiskusi dengan kelompoknya untuk dapat memprediksi solusi dari permasalahan tersebut. Peserta didik memahami terlebih dahulu mengenai permasalahan yang terdapat pada E-LKPD Usaha dan Energi kemudian menjawab pertanyaan-pertanyaan yang terdapat di E-LKPD Usaha dan Energi tersebut.
- b. *Observe*, peserta didik melakukan observasi dengan cara melakukan percobaan menggunakan simulasi PhET dan mengamati video yang terdapat pada E-LKPD Usaha dan Energi.
- c. *Explain*, peserta didik berpikir tentang ketidaksesuaian antara apa yang dipikirkan dengan apa yang terjadi kemudian mengungkapkan hasil prediksi dan hasil observasi yang telah dilakukan.
- d. *Apply*, Peserta didik berdiskusi kembali mengenai masalah baru. Tahap ini bertujuan untuk menguji pemahaman konsep peserta didik yang baru.

2.4 Miskonsepsi

Ketidaksesuaian pemahaman yang sering dialami oleh peserta didik disebut dengan miskonsepsi atau konsep alternatif (Sholihat, Samsudin, dan Nugraha, 2017). Miskonsepsi merupakan salah satu hambatan bagi peserta didik untuk dapat memahami dan menguasai materi. Adanya miskonsepsi yang dialami peserta didik dapat disebabkan oleh buku yang dijual dipasaran selain itu juga karena proses pembelajaran yang dilakukan oleh pendidik di kelas masih menerapkan pembelajaran yang menghafalkan konsep-konsep bukan belajar bermakna yang menemukan sendiri konsep-konsepnya (Negoro, dkk., 2018). Peserta didik berdasarkan usia, *gender*, dan kemampuan cenderung membawa miskonsepsi dari pengalaman pribadi maupun dari hasil interaksi sosial (Silung, Kusairi, dan Zulaikah, 2016). Miskonsepsi sering terjadi dalam dunia pendidikan salah satunya pada proses pembelajaran fisika. Miskonsepsi fisika dapat terjadi pada siapa saja disetiap jenjang pendidikan, baik peserta didik sekolah dasar, sekolah menengah, mahasiswa, bahkan guru ataupun dosen (Mosik dan Maulana, 2010).

Miskonsepsi memiliki pengaruh yang sangat besar dalam proses pembelajaran. Miskonsepsi sangat berpengaruh terhadap hasil belajar karena jika salah dalam memahami konsep maka akan salah mengartikan konsep tersebut (Aulia, Diana, & Yuberti, 2018). Oleh sebab itu, miskonsepsi harus diidentifikasi dan diperbaiki agar konsep-konsep peserta didik menjadi lebih baik. Miskonsepsi yang dialami oleh peserta didik harus dipahami dan ditemukan oleh pendidik agar dapat membantu peserta didik memperbaiki miskonsepsi sehingga berhasil secara efektif (Sheftyawan, Prihandono, & Lesmono, 2018)

Teori perubahan konsepsi Posner, dkk. (1982) menjelaskan cara mengubah cara pandang seseorang atau mengubah konsepsi yang berhasil, maka terjadi hal-hal berikut ini :

- a. Terjadinya *dissatisfaction* (Ketidakpuasan).

Peserta didik harus dibuat tidak percaya dengan konsep lama atau konsep yang sekarang diyakini. Peserta didik diminta memprediksi suatu kasus. Kondisi ini merupakan langkah awal untuk menggantikan prekonsepsi yang ada. Alasan yang

ditulis oleh peserta didik dapat dijadikan rujukan oleh guru untuk memberikan penjelasan yang *intelligible* dan *plausible*.

b. Konsep yang baru harus *intelligible* (dapat dimengerti)

Setelah peserta didik sampai pada kondisi yang tidak puas terhadap konsep lama maka selanjutnya yaitu memasukkan konsep pengganti. Mengganti miskonsepsi dengan konsep yang benar atau dari pemahaman yang kurang saintifik menjadi pemahaman yang saintifik. Perlu adanya konsep baru yang *intelligible*, *plausible*, dan *fruitful* sehingga mampu mengganti konsep lama.

c. Konsep yang baru harus *plausible* (masuk akal)

Plausible mempunyai makna masuk akal. Penjelasan konsep yang benar harus dapat diterima secara logis serta tidak bertentangan dengan pemahaman lainnya. Selain itu, konsep baru harus bisa diterima karena konsisten dengan pengetahuan yang sudah ada dalam pikiran peserta didik.

d. Konsep yang baru seharusnya *fruitful* (dapat bermanfaat).

Fruitful adalah kondisi terakhir untuk membuat konsep pengganti tertanam kuat dalam pikiran peserta didik. Konsep pengganti harus dapat berkembang untuk menjawab permasalahan lain yang relevan.

2.5 Hubungan Strategi POEA Berbantuan E-LKPD Usaha dan Energi dengan Miskonsepsi Peserta Didik.

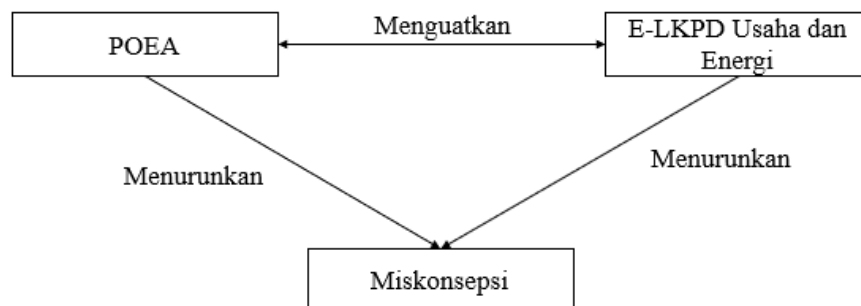
Miskonsepsi pada materi Usaha dan Energi masih dialami oleh peserta didik (Jubaedah, dkk. 2019; Putri, dkk. 2018). Miskonsepsi pada peserta didik dapat diubah menjadi menurun dengan menggunakan pengubahan konsepsi. Proses pengubahan konsepsi dapat dilakukan dengan cara mengubah miskonsepsi menggunakan proses pembelajaran POEA berbantuan E-LKPD Usaha dan Energi. Hubungan antara pembelajaran POEA berbantuan E-LKPD Usaha dan Energi dengan miskonsepsi peserta didik pada materi Usaha dan Energi. Hubungan tersebut ditunjukkan oleh Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Hubungan POEA Berbantuan E-LKPD Usaha dan Energi dengan miskonsepsi Peserta Didik pada Materi Usaha dan Energi

POEA Berbantuan E-LKPD Usaha dan Energi		Hubungan POEA Berbantuan E-LKPD Usaha dan Energi dengan Miskonsepsi Peserta Didik pada Materi Usaha dan Energi.
POEA	E-LKPD Usaha dan Energi	
<i>Predict</i>	Prediksi (<i>Predict</i>)	Pada bagian ini memuat kasus yang akan digunakan untuk mengungkap miskonsepsi peserta didik pada submateri yang sedang dibahas. Terdapat pertanyaan dan kolom kosong yang harus diisi oleh peserta didik sehingga diharapkan miskonsepsi pada peserta didik terungkap.
<i>Observe</i>	Observasi (<i>Observe</i>)	Kegiatan peserta didik melakukan simulasi dan mengamati video terkait materi yang sedang dibahas. Diharapkan peserta didik tidak puas dengan konsepsi awal yang dimilikinya.

<i>Explain</i>	Penjelasan (<i>Explain</i>)	Kegiatan peserta didik menjelaskan hasil prediksi dengan hasil observasinya. Kemudian dilakukan pembahasan tentang miskonsepsi yang terjadi. Peserta didik mendapatkan konsep baru sehingga konsep lama yang bersifat miskonsepsi dapat berubah menjadi konsep baru yang ilmiah.
<i>Apply</i>	Penerapan (<i>Apply</i>)	Peserta didik menerapkan konsep yang telah didapatkan dengan menjawab kasus baru pada submateri tersebut. Diharapkan pada tahap ini sudah tidak ada lagi miskonsepsi pada peserta didik.

Dengan demikian, pembelajaran POEA Berbantuan E-LKPD Usaha dan Energi dapat diterapkan dalam pembelajaran untuk dapat menurunkan miskonsepsi. POEA berbantuan E-LKPD Usaha dan Energi dalam merekonstruksi miskonsepsi menjadi konsepsi yang lebih baik ditampilkan oleh Gambar 2.9.



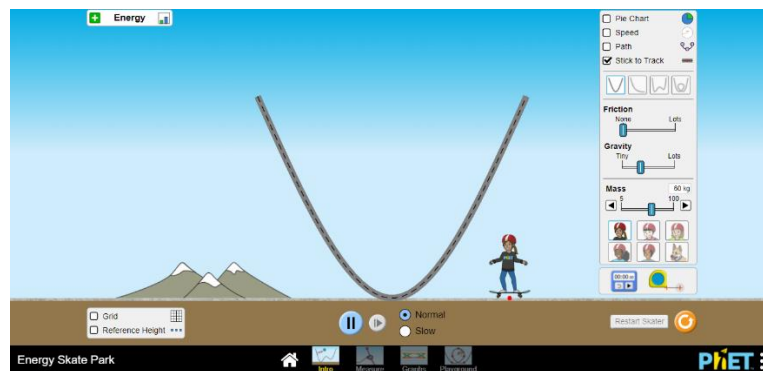
Gambar 2. 9 Hubungan POEA Berbantuan E-LKPD Usaha dan Energi dengan Miskonsepsi.

2.6 Simulasi PhET

Physics Educational Technology (PhET) merupakan simulasi interaktif yang bertujuan untuk memanfaatkan teknologi dalam proses pembelajaran, untuk dapat menjalankan simulasi *PhET* pada website <http://phet.colorado.edu>. Simulasi PhET dapat membantu peserta didik dalam memahami konsep fisika yang sulit untuk dibayangkan atau abstrak (Rizaldi, Jufri, & Jamal, 2020) . Simulasi ini memudahkan peserta didik untuk memahami konsep fisika lebih mendalam tanpa harus melakukan percobaan di laboratorium.

Laboratorium virtual berupa simulasi PhET adalah website yang menyediakan simulasi pembelajaran fisika untuk pembelajaran dikelas atau dapat digunakan sebagai pembelajaran secara individu. Maka dari itu, simulasi PhET dibuat sedemikian rupa untuk dapat menarik perhatian peserta didik supaya terlibat aktif dalam membangun pemahaman konsep fisika.

Simulasi PhET dapat diunduh melalui webiste <http://phet.colorado.edu> dan berikut salah satu simulasi PhET yang digunakan.



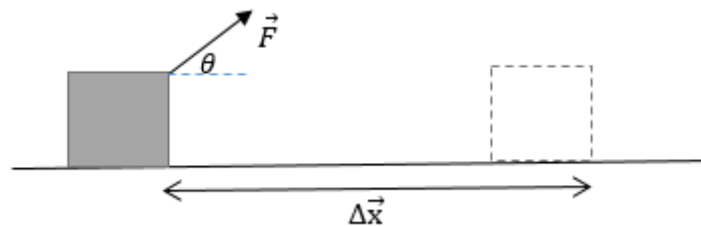
Gambar 2. 10 Tampilan simulasi PhET untuk materi energi

Simulasi PhET dapat digunakan secara *online* atau dapat di *download* terlebih dahulu.

2.7 Materi Usaha dan Energi

Materi Usaha dan Energi merupakan bagian penting dalam proses pembelajaran fisika (Dalaklioglu, Demirci, dan Sekercioglu, 2015). Usaha yang dilakukan pada suatu benda oleh sebuah gaya hanya jika titik tangkap gaya itu bergerak melewati suatu jarak serta terdapat komponen gaya sepanjang lintasan geraknya. Suatu hal yang berkaitan dengan usaha adalah energi. Energi merupakan kemampuan untuk melakukan usaha (Tipler, 1998).

1. Usaha



Gambar 2. 11 Gaya konstan F bekerja pada suatu benda

Usaha (W) adalah energi yang dipindahkan ke atau dari sebuah objek karena adanya gaya yang bekerja pada objek tersebut (Halliday, Resnick, dan Walker, 2010). Berdasarkan Gambar 2.10, suatu gaya konstan F bekerja pada suatu benda menyebabkan benda berpindah sejauh x dan tidak searah dengan arah gaya F . Komponen gaya F yang searah dengan perpindahan adalah $F_x = F \cos \theta$. Maka diperoleh persamaan (2.1) (Tipler, 1998).

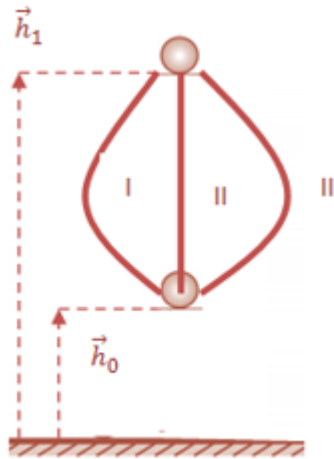
$$W = F \cos \theta \cdot \Delta x = F_x \cdot \Delta x \quad (2.1)$$

Satuan berdasarkan SI dari gaya adalah Newton (N) dan satuan SI dari jarak perpindahan adalah meter (m). Sesuai persamaan diatas, maka diperoleh satuan dari usaha adalah Newton.meter (Nm) dan sering dinyatakan sebagai Joule (J) sebagai satuan internasional kerja dan energi dengan $1 \text{ Nm} = 1 \text{ Joule}$ (Tipler, 1998).

Usaha dapat bernilai positif atau negatif, bergantung pada arah komponen gerak dan arah gaya yang bekerja pada benda tersebut. Jika benda yang mendapatkan usaha memiliki arah komponen gerak yang searah dengan arah gaya, maka usaha tersebut bernilai positif. Sebaliknya, jika benda yang mendapatkan usaha tersebut memiliki arah komponen gerak yang berlawanan dengan arah gaya, maka usaha tersebut berharga negatif (Halliday, dkk. 2010).

a. Usaha oleh Gaya Konservatif

Besar usaha pada medan gaya konservatif tidak bergantung pada panjang lintasan dimana benda tersebut bergerak ketika diberikan gaya. Besar usaha pada medan gaya ini hanya bergantung pada posisi awal dan posisi akhir benda saja.



Gambar 2. 12 Bola yang dipindahkan dari posisinya

Seperti yang terlihat pada Gambar 2.11, bola yang dipindahkan dari ketinggian h_0 ke h_1 akan melakukan usaha yang sama baik dari lintasan I, lintasan II, dan lintasan III. Kemudian ketika bola dipindahkan kembali dari ketinggian h_1 ke h_0 akan melakukan usaha yang bernilai negatif dari usaha yang dilakukan bola ketika berpindah dari ketinggian h_0 ke h_1 karena arah perpindahan dan arah gayanya yang saling berlawanan.

Hal itu berarti bahwa energi yang dikeluarkan oleh pelaku usaha untuk memindahkan bola dari ketinggian h_0 ke ketinggian h_1 tidaklah hilang melainkan disimpan dalam medan dan energi itu diperoleh kembali ketika mengembalikan benda dari ketinggian h_1 ke ketinggian h_0 .

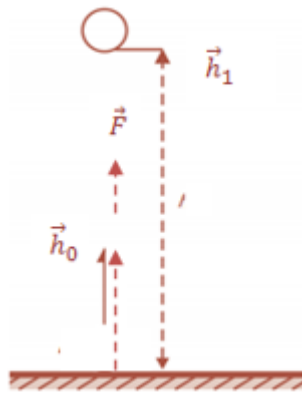
Dengan demikian seandainya dilakukan usaha memindahkan benda dari ketinggian h_0 ke ketinggian h_1 dan kemudian dari ketinggian h_1 ke ketinggian h_0 dalam sebuah lintasan tertutup, maka besar usaha totalnya adalah nol. Fenomena itulah yang disebut dengan usaha oleh medan gaya konservatif.

Contoh dari medan gaya konservatif adalah medan gaya pegas. Dimana usaha oleh gaya pegas atau usaha pada pegas tidak bergantung dengan bentuk lintasan melainkan pada panjang awal dan panjang akhir pegas, sehingga usaha total dalam lintasan tertutup berharga nol.

2. Energi

Energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha (Tipler, 1998). Bentuk-bentuk energi di alam yaitu energi mekanik, energi kalor, energi kimia, energi elektromagnetik (listrik, magnet, dan cahaya), dan energi nuklir. Selain itu, energi juga dapat berubah dari bentuk yang satu ke bentuk lainnya. Misalnya pada setrika listrik, energi listrik diubah menjadi energi kalor. Peristiwa perubahan bentuk energi disebut konversi energi, sedangkan alat pelaku konversi energi disebut konverter energi. Misalnya, pada contoh di atas, setrika adalah sebagai konverter energi.

a. Energi Potensial



Gambar 2. 13Sebuah bola yang diangkat oleh gaya luar

Pada Gambar 2.12, adanya gaya luar F mengangkat sebuah bola dari ketinggian h_0 ke ketinggian h_1 . Usaha oleh gaya luar pada bola tersebut adalah:

$$W = F \cdot \Delta x$$

Bila bola terangkat ke atas dengan kelajuan tetap, maka bola tidak akan mengalami perubahan energi kinetik.

Sehingga besar gaya luar tersebut sama dengan gaya berat bola, sehingga dapat dirumuskan menjadi:

$$W = -mg(h_1 - h_0) \cos 0^\circ$$

atau

$$W = -(mgh_1 - mgh_0)$$

$$W = -\Delta E_p \quad (2.5)$$

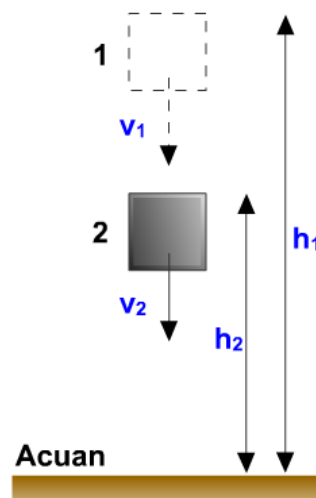
Pada persamaan 2.5, ruas kiri adalah usaha oleh gaya luar sehingga merupakan besaran energi dan karena ruas kanan sama dengan ruas kiri, maka ruas kanan pun harus menyatakan besaran energi. Energi dalam ruas kanan itu adalah energi bola pada ketinggian-ketinggian yang bersangkutan yang berkaitan dengan posisi bola tersebut. Energi bola tersebut yang ditentukan oleh posisinya dalam medan gravitasi itu disebut juga sebagai energi potensial gravitasi yang biasa disebut secara singkat sebagai energi potensial. Jadi persamaan di atas menunjukkan bahwa usaha sama dengan perubahan energi potensial benda yang menerima usaha. Energi potensial benda yang massanya m pada ketinggian h di atas permukaan bumi adalah

$$EP = mgh \quad (2.6)$$

Yang sudah dilakukan di atas adalah menghitung usaha gaya luar untuk memindahkan benda dari ketinggian h_o ke ketinggian h_1 di atas permukaan tanah. Usaha itu sama dengan positif dari perubahan energi potensial, artinya energi diberikan oleh pelaku usaha ke benda sehingga energi potensial benda bertambah.

Kesimpulan lainnya adalah bahwa usaha oleh gaya luar ternyata negatif dari usaha oleh gaya berat. Ini sesuai dengan logika bahwa untuk mengangkat benda itu pelaku usaha harus melawan gaya berat yang menarik benda justru ke arah yang berlawanan yaitu ke bawah atau ke pusat bumi.

b. Energi Kinetik



Gambar 2. 14 Sebuah balok jatuh dari suatu ketinggian

Pada materi sebelumnya, telah dibahas bahwa usaha merupakan hasil perkalian besaran vektor gaya dengan perpindahan dimana arah komponen gaya searah dengan arah perpindahan. Hal tersebut harus memenuhi hukum II Newton, sehingga persamaannya menjadi:

$$F \cos \theta = ma$$

Ketika gaya yang bekerja konstan, maka percepatan yang dialami benda konstan dan itu berarti benda bergerak lurus berubah beraturan yang berdasarkan kinematika gerak lurus diperoleh percepatan memenuhi persamaan:

$$a = \frac{v_t - v_0}{t}$$

Dan besar perpindahan:

$$S = \frac{1}{2}at^2 + v_0t$$

Dari ketiga persamaan diatas, disubstitusikan dengan persamaan usaha yang telah dirumuskan sebelumnya sebagai berikut:

$$W = F \cdot \Delta x$$

$$W = (ma)(\Delta x)$$

$$W = (ma)\left(\frac{1}{2}at^2 + v_0t\right)$$

$$W = m\left(\frac{v_t - v_0}{t}\right)\left(\frac{1}{2}\left(\frac{v_t - v_0}{t}\right)t^2 + v_0t\right)$$

$$W = m\left(\frac{1}{2}vt^2 - \frac{1}{2}v_0^2\right)$$

Bila ditulis dalam bentuk lain maka hasil itu adalah

$$W = \frac{1}{2}mv_t^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 \quad (2.7)$$

Pada persamaan 2.7 di atas, ruas kiri (W) adalah usaha yang berarti besaran energi, dan karena ruas kanan sama dengan ruas kiri maka ruas kanan juga harus merupakan energi. Energi yang dinyatakan di ruas kanan itu merupakan energi yang dimiliki oleh benda yang bergerak dan oleh sebab itu disebut sebagai energi gerak kinetik, dan secara umum persamaannya adalah

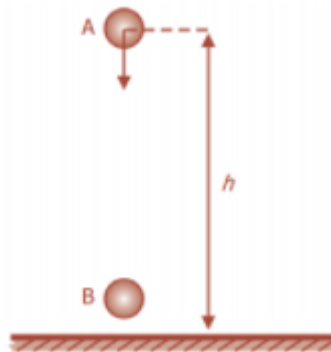
$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2.8)$$

Maka hubungan antara usaha dengan energi kinetik pada benda yang menerima usaha itu adalah:

$$W = \Delta E_k \quad (2.9)$$

Itulah yang sering disebut sebagai teorema usaha-energi yang menyatakan bahwa besarnya usaha yang diterima oleh sebuah benda sama dengan perubahan energi kinetik benda.

c. Hukum Kekekalan Energi Mekanik



Gambar 2. 15 Bola jatuh bebas

Berdasarkan yang diperoleh dari teorema usaha-energi bahwa usaha total atau usaha yang dilakukan oleh gaya total pada sebuah benda sama dengan perubahan energi kinetik benda, juga sama dengan perubahan energi potensial benda.

Berdasarkan gambar disamping, apabila kita mengasumsikan bola di posisi awal A adalah diam dan bergerak ke posisi akhir B dengan kecepatan tertentu, maka dapat disimpulkan bahwa $v_i > v_o$, yang berarti energi kinetik bola tersebut dari posisi awal ke posisi akhir adalah bertambah. Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$W = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

Dari gambar diatas juga kita dapat memperoleh persamaan perubahan energi potensial dimana gaya yang ada pada bola tersebut senilai dengan besar gaya beratnya, posisi A mempunyai ketinggian yang lebih besar dari posisi B atau dapat disimbolkan menjadi $h_o > h_i$, yang berarti bahwa energi potensial bola tersebut dari posisi awal ke posisi akhir berkurang. Persamaannya adalah:

$$W = mgh_0 - mgh_1$$

Maka disimpulkan bahwa $h_0 > h_1$, yang berarti energi potensial suatu benda dari posisi awal ke posisi akhir adalah berkurang. Dari kedua persamaan diatas merupakan besar dari usaha, jadi jika disubstitusikan satu sama lain maka persamaan menjadi:

$$W = W$$

$$\frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = mgh_0 - mgh_1$$

$$EK_1 - EK_0 = EP_0 - EP_1$$

$$EK_0 + EP_0 = EK_1 + EP_1$$

$$EM_0 = EM_1 \quad (2.10)$$

Energi mekanik mula-mula sama dengan energi mekanik akhir. Itulah yang disebut dengan hukum kekekalan energi mekanik. Kekekalan energi mekanik tidak berlaku pada usaha pada medan gaya non-konservatif, karena pada gaya non-konservatif ada energi yang hilang dan berubah menjadi energi yang lain.