



Identifikasi Kesulitan Siswa SMA pada Materi Usaha-Energi

Desella I. Rahmatina*, Sutopo, Wartono

Program Studi S2 Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Malang, Indonesia

*Penulis korespondensi, e-mail: drahmatina.um@gmail.com

Abstract: This study identified student's difficulty on doing test about work and energy. This study was conducted on 68 high school students at 11th grade who had took work and energy material. Type of this research was descriptive with survey method. Technique of collecting data was test with 15 items two tier's instruments which have been validated by expert. The student's reasons in answering were used to identify possible causes of errors. Test result showed that the average student's test score is 50.65 with a scale of 100. Common difficulties for students were applying multiplication of the dot product force acting on objects and the movement objects when the movement of objects is presented through graphs, applying work-kinetic energy theorems, misinterpreting relations of gravity and height of objects on the incline, and determine the graph relation of energy with height object as a description of the movement of objects with parabolic paths and influenced by the external forces of the system. This finding can be used as a reference to overcome student difficulties through appropriate learning strategies.

Keywords: identification; students' difficulties; work-energy

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kesulitan siswa SMA dalam mengerjakan soal-soal usaha energi. Penelitian dilakukan pada 68 siswa SMA kelas XI yang telah menempuh materi usaha-energi. Jenis penelitian ini adalah deskriptif dengan metode survei. Teknik pengumpulan data yang digunakan yaitu tes dengan instrumen berupa soal pilihan ganda beralasan berjumlah 15 butir yang telah divalidasi oleh ahli. Alasan siswa dalam menjawab digunakan untuk mengidentifikasi kemungkinan penyebab kesalahan. Hasil tes menunjukkan bahwa skor tes rata-rata siswa adalah 50,65 dengan skala 100. Kesulitan yang umum terjadi pada siswa yaitu menerapkan perkalian *dot product* gaya yang bekerja pada benda serta perpindahan benda jika pergerakan benda disajikan melalui grafik, menerapkan teorema usaha energi kinetik, salah memaknai hubungan usaha oleh gaya gravitasi dengan ketinggian benda pada bidang miring, serta menentukan grafik hubungan energi dan ketinggian yang benar sebagai deskripsi pergerakan benda dengan lintasan parabola dan dipengaruhi gaya eksternal sistem. Temuan ini dapat digunakan sebagai referensi untuk mengatasi kesulitan-kesulitan siswa melalui strategi pembelajaran yang tepat.

Kata kunci: identifikasi; kesulitan siswa; usaha-energi

1. Pendahuluan

Usaha-energi merupakan bagian dari mekanika klasik yang mengkaji pergerakan suatu benda dari posisi awal hingga akhir, serta penyebab gerakan benda. Usaha dan energi merupakan konsep fundamental fisika yang harus dilekatkan pada diri siswa (Chen dkk, 2014). Oleh sebab itu, pemahaman mengenai materi usaha dan energi perlu lebih ditekankan agar siswa mudah menerima materi-materi selanjutnya yang berhubungan dengan usaha dan energi (Solbes dkk, 2009). Usaha-energi dapat dikatakan sebagai salah satu alternatif cara menyelesaikan persoalan gerak benda selain hukum Newton dan momentum impuls. Telah banyak dilakukan penelitian tentang strategi untuk membelajarkan usaha dan energi pada siswa (Adu-Gyamfi, 2014; Nordine dkk, 2010). Walaupun banyak penelitian tentang strategi pembelajaran materi usaha

How to Cite:

Rahmatina, D. I., Sutopo, S., & Wartono, W. (2018). Identifikasi Kesulitan Siswa SMA pada Materi Usaha -Energi. *Momentum: Physics Education Journal*, 2(1), 8–14. <https://doi.org/10.21067/mpej.v1i1.2240>

dan energi, tetapi masih banyak ditemukan miskonsepsi siswa terkait materi usaha dan energi (Neumann dkk, 2013; Lancor, 2014). Selain terjadi miskonsepsi, pengetahuan siswa seringkali terpotong-potong sehingga jika digunakan untuk mengerjakan persoalan yang lebih kompleks siswa akan kesulitan. Seharusnya, pengetahuan siswa bersifat utuh sehingga dapat digunakan untuk menyelesaikan persoalan dengan konteks yang lebih luas (Opitz dkk, 2015).

Kesulitan siswa dalam mengerjakan persoalan usaha-energi harus segera diidentifikasi dengan baik. Identifikasi ini bertujuan agar kesulitan siswa cepat dikenali dan diatasi melalui strategi pembelajaran yang tepat. Penggunaan strategi pembelajaran yang tepat dapat membangun pengetahuan siswa secara efektif (Mcbride, 2010). Berdasarkan uraian tersebut, maka dilakukan penelitian yang berfokus pada identifikasi kesulitan siswa pada materi usaha dan energi.

2. Metode

Penelitian ini dilakukan di SMA An-Nur Malang. Subyek penelitian terdiri dari 68 siswa SMA kelas XI tahun ajaran 2017/2018 yang telah menempuh materi usaha-energi. Penelitian ini dilakukan pada semester genap. Jenis penelitian ini adalah deskriptif dengan metode survei. Teknik pengumpulan data yang digunakan yaitu tes dengan instrumen berupa soal pilihan ganda beralasan sebanyak 15 butir. Kriteria penilaian hasil tes yaitu jawaban benar alasan benar mendapat poin 3, jawaban benar alasan kurang tepat mendapat poin 2, jawaban benar alasan salah atau tanpa alasan mendapat poin 1, dan jawaban salah mendapat poin 0. Soal-soal tes diadopsi dari Mechanic Baseline Test (Hestenes & Wells, 1992) dan Energy and Momentum Concept Survey (Singh & Rosengrant, 2003). Soal-soal tersebut mengakses pemahaman konsep siswa mengenai konsep-konsep dalam usaha-energi. Alasan jawaban disertakan agar kesulitan siswa dalam menjawab persoalan dapat diidentifikasi.

3. Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan tes pada 68 siswa, diperoleh hasil bahwa nilai rata-rata siswa yaitu 50,65 dengan nilai minimum 35,56 dan maksimum 57,78. Nilai siswa yang masih dibawah 75 dapat dikatakan tergolong rendah (Rohwati, 2012). Masih banyak kesulitan yang dialami siswa dalam mengerjakan soal. Oleh sebab itu, perlu diidentifikasi kesulitan siswa yang dilihat melalui kesalahan-kesalahan dalam menjawab persoalan tentang usaha-energi. Soal tes terdiri dari 15 butir dengan persebaran soal ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Persebaran Soal Usaha Energi

Konsep	No Soal
Usaha sebagai perkalian <i>dot product</i> gaya dan perpindahan	1, 2, 3, dan 4
Teorema usaha-energi kinetik	5, 6, dan 7
Hubungan usaha dengan energi potensial sistem	8, 9, 10, 11, dan 12
Energi mekanik sistem	13, 14, dan 15

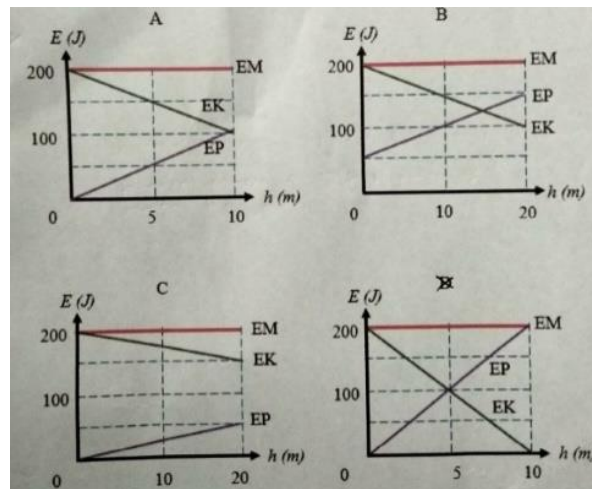
Penilaian tiap soal tergantung dari benarnya jawaban serta alasan siswa dalam menjawab. Oleh sebab itu, jawaban siswa yang benar pada tiap soal memiliki persentase berbeda. Persentase jawaban siswa yang benar pada tiap soal ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Persentase Jawaban Siswa yang Benar pada Tiap Soal

Soal No.	Total Nilai	%
1	120	58.824
2	118	57.843
3	116	56.863
4	109	53.431
5	116	56.863
6	96	47.059
7	120	58.824
8	115	56.373
9	119	58.333
10	83	40.686
11	63	30.882
12	95	46.569
13	86	42.157
14	121	59.314
15	73	35.784

Berdasarkan Tabel 2, dapat diketahui rata-rata persentase jawaban benar siswa pada tiap konsep. Rata-rata kebenaran siswa dalam menjawab soal-soal konsep usaha sebagai perkalian *dot product* gaya dan perpindahan yaitu 56,75%; teorema usaha-energi kinetik sebesar 54,248%; hubungan usaha dengan energi potensial sistem sebesar 46,569 %; serta energi mekanik sistem 45,752 %. Jadi, dapat dikatakan bahwa pemahaman siswa terhadap konsep-konsep usaha energi masih tergolong rendah, dan siswa masih mengalami kesulitan dalam mengerjakan soal-soal usaha energi. Konsep usaha energi yang paling sulit bagi siswa yaitu energi mekanik sistem. Hasil penelitian Lee & Liu (2010) serta Hermann-Abell & DeBoer (2011) juga mengatakan bahwa konservasi energi mekanik merupakan konsep tersulit bagi siswa SMA. Selanjutnya, Konsep-konsep usaha energi yang dianggap sulit hingga agak mudah yaitu hubungan usaha dengan energi potensial sistem, teorema usaha energi kinetik, lalu usaha sebagai hasil perkalian *dot product* gaya dan perpindahan.

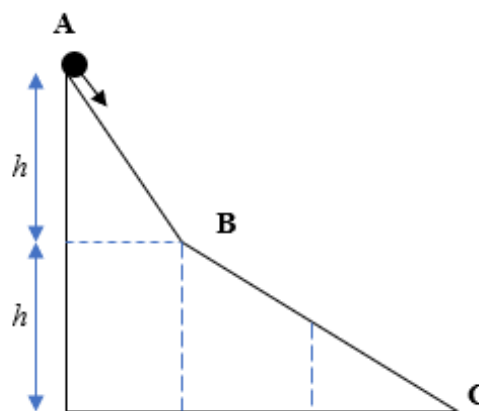
Kesulitan yang dialami siswa pada konsep energi mekanik sistem yaitu siswa tidak dapat menentukan grafik energi yang benar dalam menggambarkan pergerakan benda dengan lintasan parabola yang dipengaruhi gaya eksternal. Hal ini disajikan pada soal nomor 15. Informasi dalam soal menyebutkan bahwa sebuah peluru dengan massa 1 Kg di tembakkan dengan kecepatan awal 20 m/s dan sudut elevasi 45° . Siswa diminta menentukan grafik energi kinetik, energi potensial, dan energi mekanik yang benar. Kebanyakan siswa menjawab seperti yang ditunjukkan Gambar 1. Alasan siswa yaitu jika dipermukaan bumi energi kinetik maksimum sedangkan energi potensial nol, begitu juga sebaliknya. Siswa langsung menggunakan *statement* tersebut tanpa memperhatikan bahwa terdapat kecepatan awal.



Gambar 1. Jawaban Siswa pada Konsep Energi Mekanik Sistem

Jawaban dan alasan siswa tidak sesuai dengan konsep yang ada. Seharusnya, siswa menentukan ketinggian maksimum. Lalu, menentukan kecepatan saat peluru mencapai ketinggian maksimum. Kecepatan peluru saat ditinggikan maksimum pada sumbu y adalah nol tetapi pada sumbu x tidak nol ($v_0 \cos \theta$). Selanjutnya mencari energi mekanik di ketinggian maksimum yaitu energi potensial ditambah energi kinetik. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa energi potensial dan energi kinetik peluru saat di ketinggian maksimum sama yaitu 100 joule. Jadi energi mekaniknya 200 joule. Sedangkan saat di permukaan tanah, energi potensial peluru 0 joule (karena ketinggian nol) dan energi kinetik peluru 200 joule. Hasil ini didapat dari $EK = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 1(20)^2$. Jadi energi mekanik di permukaan bumi adalah 200 joule.

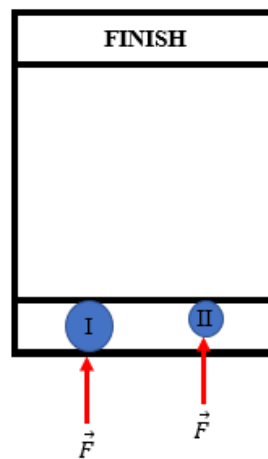
Kesulitan yang dialami siswa pada konsep hubungan usaha dengan energi potensial sistem yaitu siswa salah memaknai hubungan usaha oleh gaya gravitasi dengan ketinggian benda pada bidang miring. Hal ini disajikan pada soal nomor 11. Disebutkan dalam soal bahwa pemain ski menuruni lereng es dengan lintasan seperti pada Gambar 2. Siswa diminta menentukan perbandingan usaha oleh gaya gravitasi bumi terhadap pemain ski saat dari A ke B serta dari B ke C. Kebanyakan siswa menjawab $W_{AB} = \frac{1}{2}W_{BC}$ dengan alasan Panjang lintasan AB yaitu $\frac{1}{2}$ kali lintasan AC. Jawaban siswa tersebut salah. Seharusnya, siswa meninjau ketinggian yang dicapai pemain ski. Saat dari posisi A ke B menempuh ketinggian yang sama ketika dari B ke C yaitu sebesar h . Jadi, usaha oleh gaya gravitasi terhadap pemain ski dari A ke B sama dengan saat dari B ke C yaitu sebesar mgh .



Diadaptasi dari EMSC, (Singh & Rosengrant, 2003)

Gambar 2. Lintasan yang ditempuh Pemain Ski

Kesulitan yang dialami siswa pada konsep teorema usaha energi kinetik yaitu siswa tidak dapat menentukan dengan benar perbandingan energi kinetik dua benda yang digerakkan pada bidang datar. Hal ini disajikan pada soal nomor 6. Terdapat informasi bahwa massa benda I yaitu 4 kali massa benda II. Kedua benda di gerakkan dengan gaya yang sama besar dan menempuh lintasan yang sama pula ditunjukkan seperti Gambar 3. Siswa diminta untuk menentukan mana energi kinetik yang lebih besar antara benda I dan II saat di garis *finish*. Sebagian besar siswa menjawab bahwa energi kinetik benda I lebih besar dibanding benda II. Alasan yang disertakan siswa yaitu massa benda I yaitu 4 kali massa benda II. Energi kinetik di akhir lintasan dicari menggunakan rumus $EK = \frac{1}{2}mv^2$. Jadi, $EK_I > EK_{II}$.

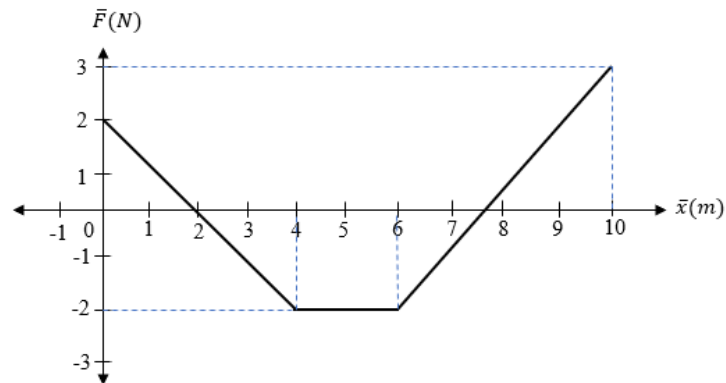


Diadaptasi dari MBT
(Hestenes & Wells, 1992)

Gambar 3. Dua Buah Benda Digerakkan dengan Gaya dan Menempuh Lintasan yang Sama

Jawaban siswa salah. Seharusnya siswa menggunakan konsep dengan benar yaitu usaha oleh gaya dorong \vec{F} yaitu $W_{\vec{F}} = \Delta Ek$. Karena gaya \vec{F} searah dengan perpindahan benda, maka usaha dapat dinyatakan sebagai Fs . Awalnya benda dalam keadaan diam, maka $EK_{start} = 0$. Jadi, $\vec{F}\vec{s} = EK_{finish}$. Jika \vec{F} dan \vec{s} yang di berikan benda sama, maka energi kinetik saat di *finish* antara benda I dan II adalah sama. Kesalahan siswa dalam menjawab soal ini dikarenakan siswa belum bisa menentukan sistem dan lingkungan dari suatu persoalan. Kesulitan siswa dalam menentukan sistem dan lingkungan berdampak pada ketidaktahuansiswa terhadap proses transfer dan transformasi energi. Ketidaktahuan siswa terhadap proses transfer dan transformasi energi merupakan akar kesulitan siswa dalam mengerjakan suatu persoalan usaha energi (Sabo dkk, 2016).

Kesulitan siswa pada konsep usaha sebagai perkalian *dot product* gaya dan perpindahan yaitu siswa tidak dapat menentukan usaha oleh gaya \vec{F} terhadap benda yang pergerakannya disajikan dalam grafik. Menginterpretasikan grafik tidak mudah untuk dilakukan karena membutuhkan pemahaman lebih dalam mengenai konsep terkait (Nixon dkk, 2016). Perkalian *dot product* gaya dengan perpindahan yang disajikan dalam grafik terdapat pada soal nomor 4. Siswa diminta menentukan usaha yang diberikan oleh gaya \vec{F} pada benda dari posisi 0-4 m seperti Gambar 4. Kebanyakan siswa menjawab -8. Siswa hanya melihat gaya yang diberikan beda dari posisi akhir (-2) kemudian dikalikan perpindahannya (4) hasilnya -8 joule. Jawaban siswa tidak tepat. Seharusnya, $W_{total} = W_{0-2} + W_{2-4}$. Usaha benda dari posisi 0-2 sama dengan $(\vec{F} \cdot \Delta\vec{x}_{0-2})$ dan usaha dari 2-4 yaitu $(\vec{F} \cdot \Delta\vec{x}_{2-4})$. Jadi, $W_{total} = (2.2) + (-2.2) = 0$.



Diadaptasi dari MBT (Hestenes & Wells, 1992)

Gambar 4. Grafik Hubungan Gaya Dan Perpindahan Yang Dialami Benda

4. Simpulan

Secara umum pemahaman konsep siswa materi usaha energi masih tergolong rendah yaitu dengan rata-rata perolehan nilai 50,65. Alasan siswa dalam menjawab juga masih kurang tepat karena konsep-konsep dasar usaha energi dan konsep-konsep lain yang mendukung, misalnya tentang kinematika serta hukum Newton kurang kuat ditekankan. Jika konsep-konsep dasar dan pendukung kurang kuat, menyebabkan siswa kesulitan dalam mengerjakan soal-soal usaha energi.

Hasil temuan ini dapat digunakan sebagai referensi dalam mengatasi kesulitan-kesulitan siswa. Kesulitan-kesulitan ini harus segera diatasi agar tidak terjadi kesalahan dalam pengerjaan soal-soal yang lebih kompleks. Salah satu cara mengatasi kesulitan ini yaitu dengan penekanan pada konsep dasar usaha energi serta konsep-konsep pendukung dalam usaha energi (misalnya kinematika dan hukum Newton). Agar konsep dasar siswa lebih kuat, maka strategi pembelajaran yang digunakan harus tepat. Strategi yang dimaksud yaitu siswa dapat membangun konsep melalui pemodelan suatu fenomena kemudian menerapkan model tersebut pada situasi lain. Membangun konsep melalui pemodelan dapat menguatkan pemahaman konsep-konsep dasar siswa yang kemudian dikembangkan untuk diterapkan pada situasi lain.

Daftar Rujukan

- Adu-Gyamfi, K. (2014). Using the activity method to enhance students' performance in energy transformation. *International Journal of Research Studies in Educational Technology*, 3(1), 87–97. Retrieved from <http://consortiacademia.org/index.php/ijrset/article/view/594>.
- Chen, R. F., Eisenkraft, A., Fortus, D., Krajcik, J., Neumann, K., Nordine, J., & Scheff, A. (2014). *Teaching and learning of energy in K-12 education. Teaching and Learning of Energy in K-12 Education*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-05017-1>.
- Herrmann-abell, C. F., & Deboer, G. E. (2011). Investigating Students' Understanding of Energy Transformation, Energy Transfer, and Conservation of Energy Using Standards-Based Assessment Items. *Narst*, 1–13.
- Hestenes, D., & Wells, M. (1992). A Mechanics Baseline Test. *The Physics Teacher*, 30 (3), 159-166.
- Lancor, R. A. (2014). Using Student-Generated Analogies to Investigate Conceptions of Energy: A multidisciplinary study. *International Journal of Science Education*, 36(1), 1–23. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.714512>.

- Lee, H. S., & Liu, O. L. (2010). Assessing learning progression of energy concepts across middle school grades: The knowledge integration perspective. *Science Education*, 94(4), 665–688. <https://doi.org/10.1002/sce.20382>.
- Mcbride, D. L., Zollman, D., & Rebello, N. S. (2010). Method for analyzing students' utilization of prior physics learning in new contexts. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 6(2), 1–10. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.6.020101>.
- Neumann, K., Viering, T., Boone, W. J., & Fischer, H. E. (2013). Towards a learning progression of energy. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(2), 162–188. <https://doi.org/10.1002/tea.21061>.
- Nixon, R. S., Godfrey, T. J., Mayhew, N. T., & Wiegert, C. C. (2016). Undergraduate student construction and interpretation of graphs in physics lab activities. *Physical Review Physics Education Research*, 12(1), 1–19. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.010104>
- Nordine, J., Krajcik, J., & Fortus, D. (2010). Transforming energy instruction in middle school to support integrated understanding and future learning. *Science Education*, 95(4), 670–699. <https://doi.org/10.1002/sce.20423>.
- Opitz, S. T., Harms, U., Neumann, K., Kowalzik, K., & Frank, A. (2015). Students' Energy Concepts at the Transition Between Primary and Secondary School. *Research in Science Education*, 45(5), 691–715. <https://doi.org/10.1007/s11165-014-9444-8>.
- Rohwati, M. (2012). Penggunaan Education Game untuk Meningkatkan Hasil Belajar IPA Biologi Konsep Klasifikasi Makhluk Hidup. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 1(1), 75–81. <https://doi.org/10.15294/jpii.v1i1.2017>.
- Sabo, H. C., Goodhew, L. M., & Robertson, A. D. (2016). University student conceptual resources for understanding energy. *Physical Review Physics Education Research*, 12(1). <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.010126>.
- Singh, C., & Rosengrant, D. (2003). Multiple-choice Test of Energy and Momentum Concepts. *American Journal of Physics*, 71(6), 607–617.
- Solbes, J., Guisasola, J., & Tarín, F. (2009). Teaching energy conservation as a unifying principle in physics. *Journal of Science Education and Technology*, 18(3), 265–274. <https://doi.org/10.1007/s10956-009-9149-3>.