p-ISSN: 2622-7711
e-ISSN: 2622-7576

Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Integrasinya
Vol. 02, No. 02, Oktober 2019

Pemahaman Konsep Mahasiswa Calon Guru pada Topik Usaha dan Energi melalui Representasi Grafik

[1)]Alif Darmawan, [2)]Zaza Ramadhana Putri Hadi, [1)]Agus Suyudi
[1]Pendidikan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang 5, Malang
[2] Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37, Jember
darmawanalif.1703216@students.um.ac.id

Abstract This study aims to reveal the understanding of student concepts on the topic of work and energy. To achieve this goal, survey method using 4 multiple choice questions with reasons have been conducted. This research was conducted on 23 third-year students S1 Physics Education State University of Malang. The results of the analysis indicate that the students are still experiencing errors in understanding some concepts, including (1) mistaken in understanding the concept of power, and (2) assuming kinetic energy of an object decrease as long as the force on the object decrease.

Keywords: Conceptual understanding, work and energy, graphic.

Abstrak Penelitian ini bertujuan untuk mengungkap pemahaman konsep mahasiswa pendidikan fisika pada topik usaha dan energi melalui representasi grafik. Untuk mencapai tujuan tersebut, dilakukan metode survey dengan menjawab empat butir soal pilihan ganda beralasan. Penelitian dilakukan pada 23 mahasiswa tahun ketiga S1 Pendidikan Fisika Universitas Negeri Malang. Hasil analisis menunjukkan bahwa mahasiswa masih mengalami kekeliruan dalam memahami beberapa konsep, diantaranya (1) keliru dalam memahami konsep dari daya, dan (2) menganggap energi kinetik benda terus berkurang selama gaya yang dialami benda terus berkurang.

Kata kunci: Pemahaman konsep, usaha dan energi, grafik.

1. PENDAHULUAN

Pemahaman konsep merupakan salah satu kemampuan terpenting dalam fisika. Pemahaman konsep juga merupakan salah satu tujuan yang harus dicapai dalam pembelajaran pada umumya. Secara khusus, kemampuan ini merupakan kompetensi dasar yang relevan dalam pembelajaran sains karena pemahaman konsep dibutuhkan untuk menjelaskan mengapa suatu fenomena dapat terjadi [1], [2]. Pemahaman konsep dalam fisika memiliki pengaruh yang besar dalam pemecahan masalah fisika [3]–[5]. Permasalahan-permasalahan yang diberikan tidak akan dapat diselesaikan oleh siswa jika mereka tidak memiliki pemahaman konsep yang kuat [6]. Dalam perspektif kekinian, pemahaman konsep memiliki peran yang cukup penting dalam kehidupan. Pemahaman konsep berperan dalam penentuan keputusan dalam menghadapi permasalahan kehidupan yang semakin kompleks [7].

Energi (dan beberapa besaran yang berkaitan) adalah topik yang sangat penting di alam semesta. Konsep tentang energi digunakan untuk menjelaskan berbagai fenomena alam yang ada. Bahkan, segala hal yang ada di semesta ini dapat dideskripsikan melalui energi [8]. Energi hadir di setiap bagian semesta dalam berbagai bentuk. Tiap proses fisis yang terjadi pasti melibatkan konsep energi [9]. Bukan hanya dalam fisika, energi juga dibahas di beberapa disiplin ilmu yang lain. Itulah mengapa topik energi merupakan topik yang melewati batasan disiplin ilmu (lintas disiplin ilmu) dan merupakan konsep pokok antara disiplin-disiplin ilmu tersebut [10], [11]. Energi digunakan untuk membahas berbagai proses yang ada di dalam fisika, kimia, biologi [12], teknologi [13], keteknikan [14], dan berbagai disiplin ilmu yang lain.

Pentingnya konsep energi dalam kehidupan tidak diimbangi dengan kemampuan pemahaman konsep yang memadai tentang energi. Secara umum, siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep dalam fisika [15]. 50% siswa cenderung kesulitan memahami dan membedakan konsep tentang energi dan beberapa besaran yang berkaitan seperti usaha, daya dan gaya [12], [16], [17]. Siswa juga kesulitan dalam memahami energi yang berkaitan dengan usaha dan perpindahan [14] serta kesulitan dalam mengaplikasikan konsep usaha dan energi dalam permasalahan kehidupan sehari-hari [12].

Bukan hanya pada siswa menengah, permasalahan rendahnya pemahaman konsep juga terjadi pada siswa di semua level pendidikan [18]. Kesulitan dalam memahami konsep energi dapat ditemui pada siswa-siswa dari level pra-sekolah hingga level universitas [18]. Rendahnya pemahaman konsep siswa tentang energi juga terjadi di segala tingkatan usia siswa [11], [13].

Permasalahan rendahnya pemahaman siswa tentang energi mungkin saja dipengaruhi oleh karakteristik topik energi itu sendiri. Konsep energi merupakan konsep yang bersifat abstrak sehingga tidak mudah untuk dipelajari [9]. Hal ini dapat dikonkritasi dengan cara menyajikan sebuah konsep dengan representasi yang berbeda [19]. Sebuah konsep dapat disajikan dalam berbagai repre1442sentasi seperti representasi verbal, representasi matematis-simbolis, representasi grafis, dan representasi dinamis [20]. Untuk materi yang bersifat abstrak, penggunaan representasi matematis saja tidak akan memiliki arti yang bermakna [19]. Dalam hal ini, penggunaan representasi grafik yang merupakan alat bantu yang sangat penting dalam fisika, sangat disarankan [21], [22]. Tapi, banyak sekali siswa yang justru tidak mampu memahami visualisasi grafik dalam fisika dan hal ini terjadi pada berbagai tingkatan siswa [11].

Beberapa uraian di atas menunjukkan adanya kesulitan pemahaman konsep usaha dan energi pada siswa tingkat menengah. Uraian di atas juga mengindikasikan adanya permasalahan serupa pada mahasiswa. Hal ini diperkuat oleh penelitian Sağlam-Arslan & Kurnaz (2009) yang menunjukkan kemampuan yang kurang dalam memahami konsep energi dan besaran-besaran terkait pada mahasiswa pendidikan fisika tingkat awal di Turki. Beberapa calon guru di Turki juga masih mengalami kesulitan dalam memahami konsep energi [18]. Penelitian kali ini berusaha untuk melihat kemampuan mahasiswa pendidikan fisika Universitas Negeri Malang berkaitan dengan pemahaman konsep usaha dan energi.

2. METODE

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kualitatif. Data diperoleh dari jawaban-jawaban mahasiswa yang dibahas secara fokus dan spesifik. Penelitian dilakukan pada 23 mahasiswa semester lima program studi S1 Pendidikan Fisika di Universitas Negeri Malang. Metode pengumpulan data dilakukan dengan metode survey. Mahasiswa menjawab pertanyaan-pertanyaan yang disediakan dengan jelas dan utuh.

Penelitian ini bertujuan untuk mengungkap pemahaman konsep mahasiswa pada materi usaha dan energi. Untuk mencapai tujuan ini, digunakanlah instrumen tes yang berbentuk berbentuk pilihan ganda beralasan sebanyak empat butir soal. Pada instrumen tes, disajikan grafik gaya terhadap posisi sebuah benda. Keempat butir soal menanyakan informasi tentang kelajuan benda, daya benda, energi kinetik benda, serta perubahan energi kinetik benda. Sebelumnya, soal-soal ini sudah diuji tingkat validitas dan reliabilitasnya dengan menggunakan 138 subjek pada penelitian terdahulu. Hasil uji ini menunjukkan bahwa instrumen tes ini cukup valid dan reliabel sehingga bisa digunakan untuk mengukur pemahaman konsep mahasiswa.

Tabel 1. Analisis Kualitas Butir Soal

No	Validitas		Reliabilitas	
	***r*-hitung**	**Keterangan**	***Cronbachs' Alpha***	**Keterangan**
1	0,356	Valid	0,843	Reliabel
2	0,411	Valid		
3	0,304	Valid		
4	0,513	Valid		

*r-tabel = 0,1406 pada taraf signifikansi 0,05

Seperti yang tertera pada Tabel 1, keempat butir soal dinyatakan valid karena nilai r-hitung > r-tabel. Tingkat keandalan instrumen dianalisis menggunakan formula *Cronbachs' Alpha*. Formula ini merupakan formula dasar dalam pendekatan konsistensi internal yang baik terhadap reliabilitas dalm banyak pengukuran [23]. Hasil analisis reliabilitas menunjukkan bahwa instrumen yang digunakan cukup reliabel dengan nilai *Cronbachs' Alpha* sebesar 0,843. Instrumen ini sudah layak digunakan jika nilai *Cronbachs' Alpha* setidaknya 0,70 [24], [25].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah Mahasiswa Memilih Opsi Benar

Pemahaman konsep mahasiswa pada topik usaha dan energi melalui representasi grafik masih cukup rendah. Hal ini ditunjukkan oleh data perolehan skor m pemahaman konsep mahasiswa yang disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3. Skor pemahaman mahasiswa dalam memperoleh informasi yang relevan dari grafik yang disediakan cenderung rendah. Padahal, informasi yang ditanyakan adalah informasi yang berkaitan dengan konsep-konsep mendasar pada topik usaha dan energi. Konsep-konsep mendasar yang ditanyakan adalah seperti kelajuan, daya, energi kinetik, dan perubahan energi kinetik. Hal ini diindikasikan oleh rendahnya persentase mahasiswa yang memilih jawaban yang benar pada masing-masing soal. Persentase tertinggi dari jawaban benar mahasiswa hanya 34,78% dan berada pada subtopik 1 yang menanyakan informasi

kelajuan benda dari grafik gaya terhadap posisi. Persentase terendah dari jawaban benar mahasiswa adalah 17,39% dan berada pada subtopik 4 yang menanyakan informasi mengenai perubahan energi kinetik benda.

Tabel 2. Jumlah Mahasiswa yang Memilih Opsi Benar

Nomor Soal	Subtopik	Jumlah Mahasiswa Menjawab Benar	Persentase Jawaban Benar
1	Mendapatkan informasi tentang kelajuan benda	8	34,78 %
2	Mendapatkan informasi tentang daya benda	6	26,09 %
3	Mendapatkan informasi tentang energi kinetik benda	6	26,09 %
4	Mendapatkan informasi tentang perubahan energi kinetik benda	4	17,39 %
	Rata-rata	6	26,09 %

Secara keseluruhan, rata-rata mahasiswa yang mampu menjawab benar hanya sebesar 26,09%. Bahkan, nilai tertinggi yang didapat oleh mahasiswa hanya 75. Tidak ada satu mahasiswa pun yang mampu menjawab seluruh soal dengan tepat dan benar. Atau dengan kata lain, tidak ada satu mahasiswa pun yang memiliki pemahaman konsep usaha dan energi secara komprehensif. Hal ini menunjukkan rendahnya pemahaman konsep mahasiswa pada topik usaha dan energi melalui representasi grafik.

Tabel 3. Skor Rata-rata Mahasiswa pada Topik Usaha dan Energi

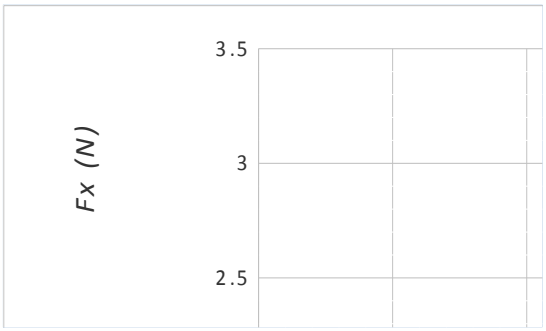
Rata-rata	Standar Deviasi	Nilai Terendah	Nilai Tertinggi
26,09	24,40	0,00	75,00

Pemahaman konsep mahasiswa yang rendah ini dapat juga diindikasikan oleh (1) ketidakmampuan mahasiswa untuk memahami dan menginterpretasi grafik gaya terhadap posisi; (2) ketidakmampuan mahasiswa untuk memanggil kembali pengetahuan-pengetahuan yang berkaitan dengan soal yang diujikan; (3) ketidakmampuan mahasiswa untuk menggunakan konsep, hubungan, dan prinsip yang relevan untuk memperoleh informasi dari grafik yang disajikan, (4) tidak memahami makna fisis dari sebuah persamaan, (5) pemahaman materi fisika yang tidak komprehensif dan terpecah-pecah, serta (5) kurang teliti dalam menyelesaikan soal-soal yang diujikan. Hal ini ditunjukkan oleh rendahnya skor jawaban benar mahasiswa pada tiap butir soal, distribusi opsi yang dipilih oleh mahasiswa, dan alasan yang dicantumkan oleh mahasiswa. Rendahnya pemahaman konsep ini umumnya disebabkan oleh banyaknya konsep yang bersifat abstrak dalam fisika, termasuk juga di dalamnya materi usaha dan energi [18], [26].

Distribusi Jawaban Mahasiswa Pada Soal Nomor 1

Teks soal nomor 1 dapat dilihat pada Gambar 1. Sedangkan, distribusi jawaban mahasiswa pada soal nomor 1 dapat dilihat pada Tabel 4.

Sebuah benda bermassa 2 kg berada di atas lantai mendatar yang licin. Benda kemudian diberi gaya horizontal F_x yang besarnya bervariasi terhadap posisi seperti ditunjukkan pada grafik. Mula-mula beda diam di $x = 0$.



1. Kelajuan benda saat di $x = 6\ m$ sebesar ... *m/s*
   a. 3
   b. 6
   c. 9
   d. 18
   e. Tidak bisa ditentukan karena waktunya tidak diketahui

   Alasan:

Gambar 1. Butir soal nomor 1.

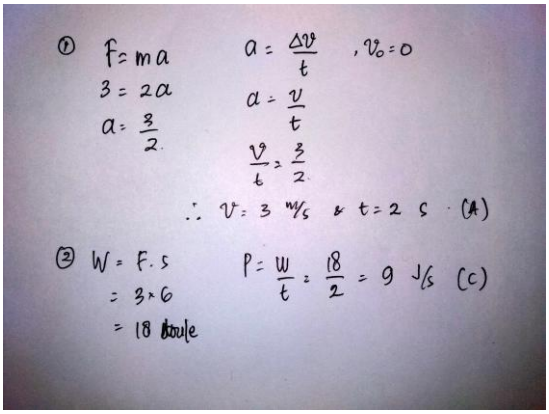
Pada soal nomor 1, mahasiswa diminta untuk mendapatkan kelajuan benda yang diketahui massanya pada posisi tertentu dari grafik yang disajikan. Jawaban dari soal nomor 1 memiliki peran yang penting karena informasi ini akan kembali digunakan untuk menjawab soal nomor 2. Kesalahan dalam menjawab soal nomor 1 kemungkinan besar akan menyebabkan mahasiswa juga salah menjawab soal nomor 2.

Tabel 4. Distribusi Jawaban Mahasiswa pada Soal Nomor 1

Opsi Jawaban	Jumlah Mahasiswa yang Memilih	Persentase Mahasiswa yang Memilih
A	8	34,78 %
B	2	8,70 %
C	2	8,70 %
D	1	4,35 %
E	10	43,48 %
Jawaban Lain	0	0,00 %

Berdasarkan Tabel 4, dapat diketahui bahwa sebagian besar mahasiswa (65,22%) justru memilih opsi yang salah. Hanya sekitar sepertiga (34,78%) dari mahasiswa yang dapat memilih jawaban yang benar. Kebanyakan mahasiswa (43,48%) memilih jawaban E pada soal nomor 1. Mahasiswa yang memilih E menggunakan hukum II Newton untuk mendapat percepatan yang dialami benda. Setelah itu, mahasiswa menggunakan persamaan gerak lurus berubah beraturan (GLBB) untuk mendapatkan kelajuan. Namun, variabel waktu pada persamaan masih belum diketahui sehingga mahasiswa menganggap kelajuan tidak bisa ditentukan karena waktunya belum diketahui. Dari cara berpikir ini, dapat diketahui bahwa mahasiswa belum mampu menemukan hubungan konsep yang relevan antara besaran yang ditanya dan besaran yang diketahui. Persamaan-persamaan yang digunakan mahasiswa sudah benar tapi belum cukup berarti karena penggunaan persamaan-persamaan tersebut belum mengarahkan mahasiswa pada jawaban yang benar. Mahasiswa seharusnya menggunakan hubungan usaha (yang merupakan luasan di bawah grafik) sebagai perubahan energi kinetik. Beberapa mahasiswa yang memilih opsi E tidak menggunakan persamaan GLBB, tapi justru menggunakan persamaan gerak lurus beraturan (GLB). Hal ini jelas salah karena benda dikenai gaya sehingga tidak mungkin mengalami GLB. Ada juga yang menggunakan persamaan $F \cdot dt = m \cdot dv$ untuk mendapat nilai v. Namun, tidak bisa diselesaikan karena persamaan tersebut juga bergantung pada waktu *dt*.

Kesalahan konsep juga dapat diamati pada mahasiswa yang memilih jawaban benar A. Seperti pada Gambar 2, mahasiswa menggunakan Hukum II Newton untuk mendapatkan nilai a sebesar 3/2. Nilai ini kemudian dihubungkan ke rumus definitif percepatan sebagai perubahan kecepatan v per selang waktu t. Mahasiswa kemudian menetapkan bahwa $v = 3$ m/s dan $t = 2$ s. Meskipun jawaban ini benar, namun konsep yang digunakan masih salah. Nilai $a = 3/2$ tidak serta-merta menunjukkan bahwa nilai $v = 3$ m/s dan $t = 2$ s karena bisa saja nilai $v = 6$ m/s dan $t = 4$ s. Nilai a yang didapat mahasiswa adalah perbandingan dari perubahan kecepatan v terhadap waktu t, bukan nilai v dan t itu sendiri. Kesalahan-kesalahan ini dapat muncul karena mahasiswa hanya menggunakan rumus secara langsung tanpa menganalisis konsep atau prinsip dari rumus tersebut [6]. Mahasiswa cenderung mengabaikan makna fisis dari suatu persamaan fisika [27], [28]. Hal ini menyebabkan pemahaman konsep mahasiswa rendah.



Gambar 2. Salah satu jawaban mahasiswa pada butir soal nomor 1 dan 2

Distribusi Jawaban Mahasiswa Pada Soal Nomor 2

Pada soal nomor 2, mahasiswa diminta untuk mendapatkan informasi mengenai daya benda pada posisi tertentu. Teks soal dapat dilihat pada Gambar 3.. Distribusi jawaban mahasiswa dalam menjawab soal nomor 2 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Distribusi Jawaban Mahasiswa pada Soal Nomor 2

Opsi Jawaban	Jumlah Mahasiswa yang Memilih	Persentase Mahasiswa yang Memilih
A	0	0,00 %
B	3	13,04 %
C	6	26,09 %
D	2	8,70 %
E	11	47,83 %
Jawaban Lain	0	0,00 %
Tidak menjawab	1	4,35 %

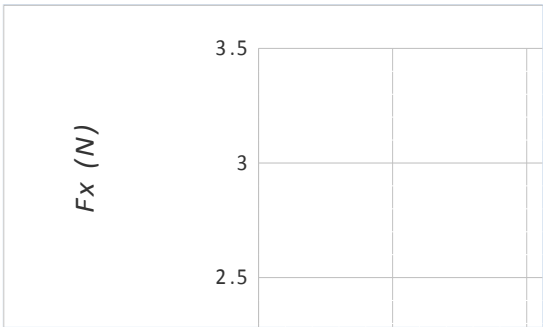
Tabel 5 menunjukkan bahwa hampir setengah (47,83%) dari jumlah mahasiswa memilih E. Mahasiswa yang memilih E kebanyakan menggunakan persaman $P = \frac{W}{t}$. Namun, karena nilai t masih belum diketahui, maka mahasiswa memilih E. Dari cara berpikir ini, dapat diketahui bahwa, seperti pada soal nomor 1, mahasiswa belum mampu menemukan hubungan konsep yang relevan dengan besaran yang diketahui dan besaran yang ditanya. Hubungan konsep yang relevan seharusnya adalah persamaan $P = F \cdot v$. Kelajuan benda saat $x = 6$ m sudah didapatkan dari soal nomor 1. Dengan demikian, daya benda dapat dihitung menggunakan persamaan ini. Kebanyakan mahasiswa tidak menggunakan persamaan ini. Persamaan ini jarang dibahas dan kurang familiar bagi mahasiswa. Kemungkinan besar hal ini disebabkan karena ada banyak sekali persamaan dalam fisika sehingga sedikit sulit bagi mahasiswa untuk memanggil kembali persamaan ini dari ingatan mereka [29]–[31].

Konsep tentang daya ini sebenarnya ada dalam ingatan mahasiswa, tapi mahasiswa gagal dalam mengaktivasi pengetahuan yang ia miliki [32]. Kegagalan mahasiswa dalam memanggil kembali dan mengaktivasi pengetahuan mereka tentang daya juga ditunjukkan dengan banyaknya mahasiswa yang salah dalam menuliskan rumus. Beberapa mahasiswa menuliskan persamaan daya sebagai $P = F \cdot t$, $P = W \cdot t$, atau $P = \frac{F}{a}$. Kesalahan rumus ini sebenarnya dapat diantisipasi jika mahasiswa memiliki pemahaman konsep yang kokoh. Sebagai contoh, mahasiswa yang benar-benar paham bahwa daya merupakan banyak energi per satuan waktu tidak akan menuliskan daya sebagai hasil kali gaya dengan waktu karena hasil kali gaya dengan selang waktu merupakan konsep dari besaran impuls. Hal ini menandakan bahwa pemahaman konsep mahasiswa belum kokoh.

Sebenanya, jika mahasiswa mau sedikit menganalisis persamaan $P = \frac{W}{t}$ dengan cara mensubstitusikan $W = F \cdot x$, maka kemungkinan besar mahasiswa akan mendapatkan hubungan konsep yang relevan. Mahasiswa cenderung menggunakan rumus jadi tanpa menganalisis sebuah persamaan. Menghubungkan sebuah persamaan

dengan persamaan lain yang relevan dengan besaran yang diketahui dan besaran yang ditanyakan merupakan hal yang penting dalam fisika. Fisika merupakan ilmu yang bagian-bagiannya saling terkait satu sama lain, tidak terpisah-pisah dan berdiri sendiri-sendiri, termasuk juga topik usaha dan energi [12]. Kita tidak dapat melupakan satu bagian dalam fisika saat membahas bagian lainnya. Semua bagiannya adalah satu kesatuan yang utuh yang mampu memberikan pemahaman yang komprehensif atas suatu fenomena atau gejala alam. Menghubungkan satu persamaan dengan persamaan yang lain membutuh kemampuan matematis yang cermat. Tanpa kemampuan matematika, mengaitkan satu persamaan dengan persamaan lain menjadi cukup sulit. Kemampuan matematika yang minim akan menyulitkan mahasiswa untuk menganalisis suatu persamaan, mamaknai secara fisis sebuah persamaan, menghubungkan satu persamaan dengan persamaan lainnya, dan menyajikan suatu persamaan dengan menggunakan besaran-besaran yang relevan [33], [34].

Sebuah benda bermassa 2 kg berada di atas lantai mendatar yang licin. Benda kemudian diberi gaya horizontal F_x yang besarnya bervariasi terhadap posisi seperti ditunjukkan pada grafik.Mula-mula beda diam di $x = 0$.



2. Daya yang diterima benda saat di x = 6 m sebesar ... watt
   a. 3
   b. 6
   c. 9
   d. 18
   e. Tidak bisa ditentukan karena waktunya tidak diketahui

   Alasan:

Gambar 3. Butir soal nomor 2.

Distribusi Jawaban Mahasiswa Pada Soal Nomor 3

Soal nomor 3 meminta mahasiswa untuk menuliskan persamaan energi kinetik yang sesuai dengan grafik pada rentang posisi tertentu. Teks soal nomor 3 dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini. distribusi jawaban mahasiswa pada soal nomor 3 dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 menunjukkan bahwa 73,91% mahasiswa masih memilih jawaban yang salah. Dibanding soal-soal lainnya, distribusi jawaban mahasiswa pada soal nomor 3 lebih

menyebar. Hal ini menunjukkan bahwa mahasiswa masih kebingungan dalam menentukan persamaan energi kinetik yang bersesuaian dengan grafik.

Tabel 6. Distribusi Jawaban Mahasiswa pada Soal Nomor 3

Opsi Jawaban	Jumlah Mahasiswa yang Memilih	Persentase Mahasiswa yang Memilih
A	0	0,00 %
B	4	17,39 %
C	6	26,09 %
D	9	39,13 %
E	4	17,39 %
Jawaban Lain	0	0,00 %

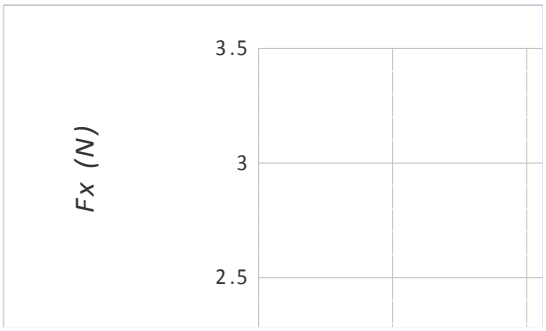
Mahasiswa banyak yang memilih opsi D (39,13 %). Alasan yang dipilih mahasiswa saat memilih jawaban ini cukup beragam. Banyak yang menghubungkannya persamaan $K = \frac{1}{2}mv^2$ dimana mahasiswa menggunakan persamaan GLB $v = \frac{x}{t}$ untuk mendapatkan $K = \frac{mx^2}{2t^2}$. Beberapa mahasiswa yang lain memasukkan nilai $m = 2$ kg dan memilih opsi E. Kedua kesalahan ini disebabkan oleh hal yang sama. Mahasiswa menganggap bahwa kesebandingan dan kesamaan merupakan hal yang sama, padahal tidak begitu. Jawaban ini akan benar jika yang ditanyakan adalah kesebandingannya. Nilai K akan sebanding dengan x^2, tapi kita tidak bisa mengatakan bahwa $K = x^2$. Pernyataan ini terlalu dini dan membutuhkan lebih banyak informasi untuk mendapatkan kesamaan ini. Kedua kesalahan ini juga sama-sama menggunakan persamaan GLB. Sama seperti yang sudah disebutkan pada soal nomor 1, persamaan ini tidak relevan karena benda yang diamati dikenai gaya yang tidak nol sehingga tidak mungkin mengalami GLB. Hal ini dapat terjadi karena mahasiswa hanya melihat hubungan besaran-besaran yang ada layaknya persamaan-persamaan matematis biasa yang dapat disubstitusikan tanpa memaknai persamaan dengan lebih berarti [6], [35]. Kurangnya analisis kualitatif terhadap sebuah rumus menyebabkan mahasiswa gagal menggunakan persamaan pada kondisi yang relevan.

Mahasiswa juga menggunakan teknik yang berbeda untuk mendapatkan jawaban soal nomor 3. Teknik yang digunakan adalah mencoba masing-masing opsi kemudian memilih satu opsi yang sesuai dengan grafik ini. Penggunaan cara ini menunjukkan bahwa mahasiswa tidak memiliki konsep yang jelas dan kokoh berkaitan dengan hubungan usaha dan energi. Cara ini meskipun kadang membawa pada jawaban yang benar, membutuhkan waktu yang lama dan terkadang memberikan jawaban ganda.

Mahasiswa yang memilih opsi B kemungkinan kurang teliti dan cermat dalam memahami soal. Mahasiswa mencari hubungan antara gaya dan posisi dengan cara mencari gradien dari garis grafik pada rentang posisi yang diminta. Kemudian, mahasiswa menyusun persamaann garis lurus yang menghubungkan gaya dan posisi. Mahasiswa mendapatkan hubungan $F = \frac{x}{2}$. Jawaban ini benar tapi yang ditanya di

dalam soal adalah persamaan energi kinetik, bukan persamaan gaya. Kecermatan yang kurang dalam memahami soal ini merupakan permasalahan yang sering muncul dalam pemecahan masalah [36].

Sebuah benda bermassa 2 kg berada di atas lantai mendatar yang licin. Benda kemudian diberi gaya horizontal F_x yang besarnya bervariasi terhadap posisi seperti ditunjukkan pada grafik.Mula-mula beda diam di $x = 0$.



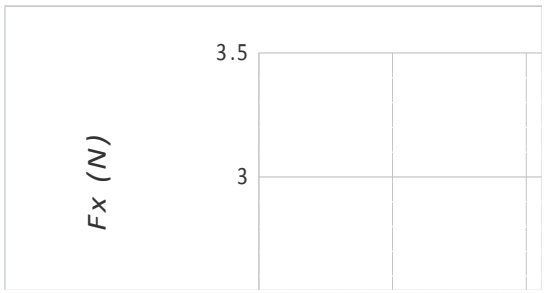
3. Kebergantungan energi kinetik (K) benda terhadap posisinya (x) dalam interval $0 \leq x \leq 6$ m mengikuti persamaan ...
   a. $K(x) = \frac{1}{4}x$
   b. $K(x) = \frac{1}{2}x$
   c. $K(x) = \frac{1}{4}x^2$
   d. $K(x) = \frac{1}{2}x^2$
   e. $K(x) = x^2$

   Alasan:

Gambar 4. Butir soal nomor 3.

Distribusi Jawaban Mahasiswa Pada Soal Nomor 4

Soal nomor 4, seperti yang tertera pada Gambar 5, meminta mahasiswa untuk melihat perubahan energi kinetik pada grafik di rentang posisi yang telah ditentukan. Distribusi jawaban mahasisa pada butir soal nomor 4 ini dapat dilihat pada Tabel 7.



Sebuah benda bermassa 2 kg berada di atas lantai mendatar yang licin. Benda kemudian diberi gaya horizontal F_x yang besarnya bervariasi terhadap posisi seperti ditunjukkan pada grafik. Mula-mula beda diam di $x = 0$.

4. Selama bergerak dari $10 \leq x \leq 16$ m, energi kinetik benda ...
   a. Terus berkurang terhadap x sebesar 9 joule hingga mencapai nol
   b. Terus berkurang terhadap x dari 21 joule menjadi nol
   c. Terus berkurang terhadap x dari 21 joule menjadi 12 joule

d. Terus bertambah terhadap x dari 21 joule menjadi 30 joule
Alasan:

Gambar 5. Butir soal nomor 4.

Dari Tabel 7 dapat diketahui bahwa $82,61\%$ mahasiswa menganggap bahwa energi kinetik turun pada rentang $10 \leq x \leq 16$. Cara berpikir mahasiswa yang memilih opsi ini dikecoh oleh gaya yang nilainya terus turun pada grafik. Padahal, energi kinetik tidak bergantung pada gaya, tapi bergantung pada kelajuan benda. Selama benda dikenai gaya, maka selama itu pula benda mengalami percepatan. Adanya percepatan menunjukkan bahwa kelajuan benda terus meningkat. Atau dengan kata lain, energi kinetik benda juga terus meningkat. Hal ini tidak dipengaruhi apakah percepatan yang dialami benda bernilai besar atau kecil. Selama benda mengalami percepatan, selama itu pula lah kelajuan benda terus meningkat.

Tabel 7. Distribusi Jawaban Mahasiswa pada Soal Nomor 4

Opsi Jawaban	Jumlah Mahasiswa yang Memilih	Persentase Mahasiswa yang Memilih
A	6	26,09 %
B	11	47,83 %
C	1	4,35 %
D	4	17,39 %
E	0	0,00 %
Jawaban Lain	1	4,35 %

Grafik yang terus turun hingga $F = 0$ N pada $x = 16$ m semakin menguatkan mahasiswa untuk langsung memilih opsi B. Sedangkan, beberapa mahasiswa lain memilih opsi A dengan memanfaatkan jawaban nomor 1. Mahasiswa menganggap bahwa kelajuan benda saat $x = 6$ m dan $x = 10$ m besarnya sama sehingga energi kinetiknya tinggal memanfaatkan informasi kelajuan benda saat $x = 6$ m. Hal ini tidak tepat karena selama rentang waktu ini, benda dikenai gaya konstan sebesar 3 N. Benda yang dikenai gaya pasti mengalami percepatan sehingga tidak mungkin kelajuannya tetap. Kesalahan-kesalahan ini muncul karena mahasiswa kurang memahami grafik dengan baik atau tidak menganalisis grafik dengan memadai. Hal ini konsisten dengan penelitian Bunawan, *et al* (2015); Setyono, *et al* (2016); dan Uzun, *et al* (2012) yang menunjukkan bahwa kemampuan memahami dan menginterpretasi grafik masih rendah. Analisis grafik yang minim akan menyebabkan pembentukan pemahaman yang tidak sempurna, pengambilan keputusan yang salah, dan penarikan kesimpulan yang kurang tepat.

4. SIMPULAN

Simpulan

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh dan pembahasan yang telah dilakukan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa banyak mahasiswa yang masih kesulitan dalam memahami hubungan usaha dan energi dari grafik. Pertama, kekeliruan dalam menggunakan persamaan. Mahasiswa masih saja menggunakan persamaan GLB untuk benda yang geraknya dikenai oleh gaya yang tidak nol. Kedua, kekeliruan dalam memahami konsep percepatan sebagai perbandingan antara perubahan kecepatan dan selang waktu. Saat percepatan benda berbentuk pecahan, mahasiswa menganggap pembilang sebagai nilai sebenarnya dari kecepatan benda dan penyebut sebagai nilai sebenarnya dari selang waktu. Ketiga, kekeliruan dalam memahami konsep daya. Hal dibuktikan dengan banyaknya rumus daya yang salah. Keempat, kekeliruan dalam memahami kesamaan dan kesebandingan. Mahasiswa masih menganggap kesebandingan dan kesamaan sebagai dua hal yang identik. Kelima, kekeliruan dalam memahami perubahan energi kinetik. Mahasiswa menganggap bahwa saat gaya yang dikenakan pada benda turun, maka energi kinetiknya akan turun juga. Hal ini kurang tepat karena selama benda mengalami percepatan, kelajuan benda terus meningkat sehingga energi kinetiknya juga meningkat. Kekeliruan-kekeliruan ini banyak berkaitan dengan materi-materi prasyarat yang berhubungan dengan materi usaha dan energi. Penguasaan materi-materi prasyarat seperti konsep tentang gerak dan gaya akan menyumbang terhadap penguasaan konsep usaha dan energi.

Penyebab kekeliruan-kekeliruan ini ada beberapa faktor seperti tidak melakukan analisis kualitatif dari suatu persamaan dan cenderung untuk mengabaikan makna fisisnya, topik usaha dan energi merupakan topik yang abstrak sehingga lebih sulit untuk memahami konsepnya, mahasiswa kesulitan memanggil kembali pengetahuan tentang usaha dan energi dari dalam ingatan mereka, pemahaman mahasiswa akan materi-materi fisika tidak komprehensif dan terpisah-pisah, analisis dan interpretasi grafik yang minim, serta kemampuan matematis mahasiswa yang relatif kurang memadai.

Saran

Temuan menunjukkan bahwa mahasiswa masih mengalami kekeliruan-kekeliruan dalam memahami konsep usaha dan energi melalui representasi grafik. Penguatan-penguatan terhadap konsep-konsep, terutama yang bersifat abstrak seperti pada topik usaha dan energi, perlu untuk terus diperhatikan. Penggunaan rumus-rumus juga perlu diimbangi dengan pemaknaan yang mendalam terhadap rumus-rumus tersebut. Penggunaan grafik yang seharusnya mempermudah dan memperdalam pemahaman konsep akan tidak berarti jika mahasiswa tidak benar-benar menganalisis dan menginterpretasi grafik. Informasi-informasi yang ada pada grafik seharusnya dapat digunakan semaksimal mungkin untuk menjawab permasalahan yang disajikan.

52

5. REFERENSI

[1] P. Phanphech, T. Tanitteerapan, dan E. Murphy, “Explaining and enacting for conceptual understanding in secondary school physics,” *Issues Educ. Res.*, vol. 29, no. 1, hlm. 180–204, 2019.

[2] A. Widiyatmoko dan K. Shimizu, "An overview of conceptual understanding in science education curriculum in Indonesia," dalam *Journal of Physics: Conference Series*, 2018, vol. 983, hlm. 012044.
[3] B. R. Kurniawan dan M. R. A. Taqwa, "Pemahaman Konsep Mahasiswa pada Topik Hambatan Listrik Kawat Penghantar," dalam *Prosiding Seminar Nasional Pembelajaran IPA ke-3*, 2018, hlm. 51–55.
[4] J. L. Docktor dan J. P. Mestre, "Synthesis of discipline-based education research in physics," *Phys. Rev. Spec. Top.-Phys. Educ. Res.*, vol. 10, no. 2, hlm. 020119, 2014.
[5] W. J. Leonard, R. J. Dufresne, dan J. P. Mestre, "Using qualitative problem-solving strategies to highlight the role of conceptual knowledge in solving problems," *Am. J. Phys.*, vol. 64, no. 12, hlm. 1495–1503, 1996.
[6] B. R. Kurniawan, S. K. Handayanto, dan Parno, "Profil Kemampuan Pemecahan Masalah Mahasiswa Fisika Universitas Negeri Malang," *Pros. Semin. Pendidik. IPA Pascasarj. UM*, vol. 1, hlm. 105–111, 2016.
[7] M. O. Martin, I. V. S. Mullis, P. Foy, dan M. Hooper, "TIMSS 2015 International Results in Science," 2015.
[8] L. A. White, "Energy and the evolution of culture," *Am. Anthropol.*, vol. 45, no. 3, hlm. 335–356, 1943.
[9] R. A. Serway dan J. W. Jewett, *Physics for scientists and engineers with modern physics*. Cengage learning, 2018.
[10] National Research Council, *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press, 2012.
[11] A. Saglam-Arslan, "Cross-Grade Comparison of Students' Understanding of Energy Concepts," *J. Sci. Educ. Technol.*, vol. 19, no. 3, hlm. 303–313, Jun 2010.
[12] H. Goldring dan J. Osborne, "Students' difficulties with energy and related concepts," *Phys. Educ.*, vol. 29, no. 1, hlm. 26–32, Jan 1994.
[13] X. Liu, J. Ebenezer, dan D. M. Fraser, "Structural characteristics of university engineering students' conceptions of energy," *J. Res. Sci. Teach.*, vol. 39, no. 5, hlm. 423–441, Mei 2002.
[14] V. Poggi, C. Miceli, dan I. Testa, "Teaching energy using an integrated science approach," *Phys. Educ.*, vol. 52, no. 1, hlm. 015018, Jan 2017.
[15] I. Zulfa, S. Kusairi, E. Latifah, dan M. N. R. Jauhariyah, "Analysis of student's conceptual understanding on the work and energy of online hybrid learning," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1171, hlm. 012045, Feb 2019.
[16] M. Park dan X. Liu, "Assessing Understanding of the Energy Concept in Different Science Disciplines: ASSESSING UNDERSTANDING OF THE ENERGY," *Sci. Educ.*, vol. 100, no. 3, hlm. 483–516, Mei 2016.
[17] A. Sağlam-Arslan dan M. A. Kurnaz, "Prospective physics teachers' level of understanding energy, power and force concepts," dalam *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 2009, vol. 10, hlm. 1–18.
[18] Z. B. Takaoglu, "Energy Concept Understanding of High School Students: A Cross-Grade Study.," *Univers. J. Educ. Res.*, vol. 6, no. 4, hlm. 653–660, 2018.
[19] R. Duval dan Trad. M. T. Moretti, "Registros de representação semiótica e funcionamento cognitivo do pensamento*Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée*," *Revemat Rev. Eletrônica Educ. Matemática*, vol. 7, no. 2, hlm. 266, Des 2012.
[20] A. Séjourné dan A. Tiberghien, "Conception d'un hypermédia en physique et étude des activités des élèves du point de vue de l'apprentissage," 2001.
[21] P. Dimitriadis, K. Kabouris, J. Karanikas, K. Papamichalis, L. Papatsimba, dan G. Kalkanis, "Linear motion study through graphs a new technology-based learning environnement," dalam *Proceedings of the 2nd international conference of the European Science Education Research, Kiel*, 1999, vol. 31, hlm. 36–38.

[22] E. van den Berg, R. van den Berg, N. Capistrano, dan A. Sicam, “Kinematics graphs and instant feedback,” *Sch Sci Rev*, vol. 82, no. 299, hlm. 104–6, 2000.
[23] S. Azwar, “Reliabilitas dan Validitas edisi 4,” *Yogyak. Pustaka Pelajar*, 2012.
[24] M. R. A. Taqwa, “Profil pemahaman konsep mahasiswa dalam menentukan arah resultan gaya,” dalam *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Sains*, 2017, hlm. 79–87.
[25] C. S. Wells dan J. A. Wollack, “An instructor’s guide to understanding test reliability,” *Test. Eval. Serv. Univ. Wis.*, 2003.
[26] A. Istyowati, S. Kusairi, dan S. K. Handayanto, “Analisis pembelajaran dan kesulitan siswa SMA kelas xi terhadap penguasaan konsep Fisika,” *Res. Rep.*, 2017.
[27] D. Hanna, S. Sutarto, dan A. Harijanto, “Model Pembelajaran Tema Konsep Disertai Media Gambar Pada Pembelajaran Fisika Di SMA,” *J. Pembelajaran Fis.*, vol. 5, no. 1, hlm. 23–29, 2017.
[28] N. Ismiazizah, T. Prihandono, dan A. Harijanto, “Pengaruh Model Pembelajaran Generatif Disertai Concept Mapping terhadap Hasil Belajar dan Keterampilan Proses Sains pada Pembelajaran Fisika di SMAN Tempeh,” *J. Pembelajaran Fis.*, vol. 6, no. 4, hlm. 383–389, 2017.
[29] A. Lubis, “Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Tipe STAD Terhadap Hasil Belajar Fisika Siswa Pada Materi Pokok Gerak Lurus di Kelas X SMA Swasta UISU Medan,” *J. Pendidik. Fis.*, vol. 1, no. 1, hlm. 27–32, 2012.
[30] S. Monika, “Pengaruh Kemampuan Membangun Mode Representasi terhadap Pemecahan Masalah Fisika dengan Menerapkan Inkuiri Terbimbing,” PhD Thesis, Universitas Lampung, 2014.
[31] A. Widiyatmoko, “Pengembangan perangkat pembelajaran IPA Fisika dengan pendekatan physics-edutainment berbantuan CD pembelajaran interaktif,” *J. Prim. Educ.*, vol. 1, no. 1, 2012.
[32] M. R. A. Taqwa, L. Rivaldo, dan T. Taurusi, “Resources siswa SMA tentang konsep gaya Archimedes,” *J. Pendidik. Fis.-J. Phys. Educ.*, vol. 6, no. 3, hlm. 251–258, 2018.
[33] R. Priyadi, A. Mustajab, M. Z. Tatsar, dan S. Kusairi, “Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA Kelas X MIPA dalam Pembelajaran Fisika,” *JPFT J. Pendidik. Fis. Tadulako Online*, vol. 6, no. 1, hlm. 53–55, 2018.
[34] M. R. A. Taqwa, R. Priyadi, dan L. Rivaldo, “Pemahaman Konsep Suhu Dan Kalor Mahasiswa Calon Guru,” *J. Pendidik. Fis.*, vol. 7, no. 1, hlm. 56–67, 2019.
[35] H. Hasnawiyah, U. Wahyono, dan D. Darsikin, “Pemahaman Konsep Hubungan antara Arah Gaya, Kecepatan dan Percepatan dalam Satu Dimensi pada Mahasiswa Calon Guru Fisika FKIP Universitas Tadulako,” *JPFT J. Pendidik. Fis. Tadulako Online*, vol. 1, no. 3.
[36] A. Whimbey dan J. Lochhead, *Problem-solving and comprehension Hillsdale*. NJ: Erlbaum, 1999.
[37] W. Bunawan, A. Setiawan, dan A. Rusli, “Penilaian pemahaman representasi grafik materi optika geometri menggunakan tes diagnostik,” *J. Cakrawala Pendidik.*, vol. 34, no. 2, 2015.
[38] A. Setyono, S. E. Nugroho, dan I. Yulianti, “Analisis Kesulitan Siswa dalam Memecahkan Masalah Fisika Berbentuk Grafik,” *UPEJ Unnes Phys. Educ. J.*, vol. 5, no. 3, hlm. 32–39, 2016.
[39] M. S. Uzun, N. Sezen, dan A. Bulbul, “Investigating student’s abilities related to graphing skill,” *Procedia-Soc. Behav. Sci.*, vol. 46, hlm. 2942–2946, 2012.