

Desain Didaktis Pembelajaran Konsep Energi dan Energi Kinetik Berdasarkan Kesulitan Belajar Siswa pada Sekolah Menengah Atas

Heni Rusnayati^{a)}, Rahellia Stefani, Agus Fanny Chandra Wijaya

*Departemen Pendidikan Fisika, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Pendidikan Indonesia*

Email: ^{a)}rha_rha_21@yahoo.com

Abstract

Physics is one of the subjects that is often considered difficult by students, whereas Hewitt (2006) stated that physics is a foundation of science which studies nature's orderliness. If student's learning obstacles continue to come up, then their potential on physics concepts couldn't be optimally developed. This research is conducted to observe student's learning obstacles towards physics concept, especially on energy and kinetic energy concept, and to build a didactical design of learning which is capable to minimize stated learning obstacles. This is a qualitative descriptive research based on Didactical Design Research (DDR). Learning obstacle observed on this research is associated with epistemological obstacle. Didactical design implementation has been applied on the research subject, second grade high school students, and resulted a revision of initial design which can be used as an alternative to learn energy and kinetic energy concepts. Almost all of the student's learning obstacles' percentage has been decreased after initial didactical design implementation. Some of the learning obstacles have been resolved while another still happens with a lower percentage. Thus, the remaining obstacles are the focus of the didactical design revision development.

Keywords: Didactical Design Research

Abstrak

Fisika merupakan salah satu mata pelajaran yang seringkali dianggap sulit oleh siswa. Sementara menurut Hewitt (2006) fisika adalah fondasi dari ilmu sains yang mempelajari keteraturan alam. Apabila kesulitan yang dialami siswa terus muncul, potensi dalam diri siswa pada konsep-konsep fisika menjadi tidak dapat berkembang secara optimal. Penelitian ini dilakukan untuk menggali kesulitan belajar yang dimiliki siswa terkait konsep fisika, khususnya pada konsep energi dan energi kinetik, beserta dengan desain didaktis pembelajaran yang dapat meminimalisir temuan kesulitan belajar siswa terkait konsep tersebut. Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif deskriptif yang pelaksanaannya mengacu pada Didactical Design Research (DDR). Kesulitan belajar yang digali dalam penelitian ini adalah kesulitan belajar terkait dengan *epistemological obstacle*. Implementasi desain didaktis berdasarkan temuan kesulitan belajar telah dilakukan pada subjek penelitian siswa SMA kelas XI dan menghasilkan desain didaktis revisi yang dapat menjadi alternatif pembelajaran konsep energi dan energi kinetik. Hampir seluruh tipe kesulitan belajar yang dimiliki siswa telah mengalami penurunan persentase melalui implementasi desain didaktis awal yang dibuat berdasarkan kesulitan belajar siswa. Beberapa kesulitan belajar telah mampu teratasi seluruhnya, dan

beberapa kesulitan lainnya telah masih muncul dengan persentase kesulitan yang lebih rendah. Kesulitan belajar yang masih muncul ini dijadikan fokus dalam pembuatan desain didaktis revisi.

Kata-kata kunci: Penelitian Desain Didaktis

PENDAHULUAN

Kegiatan pembelajaran merupakan hal kompleks, dimana ada banyak hal yang dapat mempengaruhinya. Sebagaimana diungkapkan Suryadi (2010, hlm. 62), hubungan siswa-materi dan guru-siswa ternyata dapat menciptakan suatu suasana didaktis maupun pedagogis yang tidak sederhana, bahkan seringkali terjadi sangat kompleks. Hubungan yang tercipta pada siswa-materi maupun guru-siswa dapat disebabkan oleh respon-respon yang muncul pada suasana didaktis yang sedang berlangsung. Sebagaimana diungkapkan Koffka dan Kohler (dalam Slameto, 2003, hlm. 8), hal yang penting dalam belajar adalah mendapatkan respon yang tepat untuk memecahkan permasalahan yang dihadapi. Siswa bisa saja memberikan respon yang tepat, akan tetapi seringkali siswa memberikan respon yang tidak tepat atau bahkan salah ketika dihadapkan pada suatu permasalahan. Saat siswa memberikan respon yang tidak tepat, kemungkinan siswa memiliki kesulitan pada konsep yang sedang dipelajari dalam kegiatan pembelajaran tersebut.

Fisika merupakan salah satu mata pelajaran yang seringkali dianggap sulit oleh siswa. Sementara menurut Hewitt (2006) fisika adalah fondasi dari ilmu sains yang mempelajari keteraturan alam. Sehingga, fisika merupakan salah satu ilmu sains yang memiliki peranan sangat penting. Apabila kesulitan yang dialami siswa terus muncul, potensi dalam diri siswa pada konsep-konsep fisika menjadi tidak dapat berkembang secara optimal. Brousseau (2002, hlm. 77) menyatakan bahwa "The identification and characterization of an obstacle are essential to the analysis and construction of didactical situations". Identifikasi dan karakterisasi kesulitan belajar merupakan hal penting untuk dijadikan analisis dan membangun suatu situasi didaktis.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif dengan desain penelitian deskriptif yang dilakukan berdasarkan Didactical Design Research (DDR). Menurut Suryadi (2012) Didactical Design Research (DDR) merupakan suatu rangkaian penelitian yang terdiri dari tiga tahapan, yaitu (1) analisis situasi didaktis sebelum pembelajaran yang bentuknya berupa desain didaktis hipotesis, termasuk antisipasi didaktis dan pedagogis, (2) analisis metapedadidaktik, dan (3) analisis restropektif, yakni analisis yang mengaitkan hasil analisis situasi didaktis awal dengan hasil analisis metapedadidaktik. Penelitian ini dilaksanakan di SMA Laboratorium Percontohan UPI dengan subjek penelitian kelas XII dan kelas XI. Kelas XII menjadi subjek penelitian untuk menggali kesulitan belajar siswa terkait dengan konsep energi dan energi kinetik. Sedangkan subjek penelitian kelas XI menjadi subjek penelitian untuk implementasi desain didaktis. Penggalan kesulitan belajar dilakukan dengan instrumen Tes Kemampuan Responden dengan reabilitas 0,5 yang dikembangkan peneliti dengan menerapkan teknik Scaffolding. Hasil Tes Kemampuan Responden dianalisis dengan model kualitatif deskriptif, dimana kesulitan-kesulitan belajar tersebut dikelompokkan berdasarkan tipe kesulitannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil Tes Kemampuan Responden yang diberikan, tidak ditemukan adanya kesulitan pada proses perubahan energi. Kesulitan yang muncul terkait dengan energi adalah mengenai disipasi energi. Berikut ini disajikan temuan kesulitan belajar terkait konsep disipasi energi pada TABEL 1.

TABEL 1. Temuan Kesulitan Belajar pada Soal Nomor 1

Tipe Kesulitan Ke-	Temuan Kesulitan belajar	Persentase (%)
1	Tidak dapat mengidentifikasi bentuk disipasi energi	55,55
2	Tidak mengetahui adanya disipasi energi	33,33

Berdasarkan temuan kesulitan yang teridentifikasi dari soal nomor 1, kesulitan belajar terkait dengan konsep energi adalah mengenai disipasi energi. 55,55% siswa tidak dapat mengidentifikasi bentuk disipasi energi yang timbul dari pemanfaatan energi dalam suatu alat. Siswa sudah memahami bahwa energi yang dihasilkan oleh suatu alat dengan memanfaatkan energi input tidak akan menghasilkan energi output dengan jumlah energi yang sama dengan energi input. Akan tetapi, siswa tidak mampu untuk menjelaskan kemana energi input sisa yang tidak berubah menjadi energi output tersebut. Selain itu, sebanyak 33,33% siswa tidak mengetahui adanya disipasi energi. Siswa sama sekali tidak mengetahui adanya disipasi energi pada pemanfaatan energi input oleh suatu alat. Siswa berpikir bahwa seluruh energi input diubah menjadi energi output melalui suatu alat.

Konsep disipasi energi merupakan salah satu konsep penting dari hukum kekekalan energi, dimana energi tidak dapat dimusnahkan ataupun diciptakan, energi hanya dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk lain. Kesulitan belajar pada konsep disipasi energi ini akan berpengaruh besar terhadap konsep energi yang dimiliki siswa. Apabila siswa tidak mampu mengidentifikasi dan menjelaskan adanya disipasi energi, maka siswa tidak akan mampu memahami hukum kekekalan energi. Berdasarkan temuan kesulitan tersebut, konsep energi diberikan kepada siswa melalui pendekatan dari proses perubahan energi yang terjadi pada sebuah alat.

Sementara itu, pada konsep energi kinetik ditemukan banyak variasi kesulitan belajar siswa, seperti disajikan dalam TABEL 2 dan TABEL 3.

TABEL 2. Temuan Kesulitan Belajar pada Soal Nomor 2

Tipe Kesulitan Ke-	Temuan Kesulitan belajar	Persentase (%)
1	Tidak dapat mengidentifikasi sebagian besaran	19,05
2	Tidak dapat mengidentifikasi seluruh besaran sesuai keadaan yang digambarkan pada soal	23,81
3	Persamaan usaha secara umum benar, tidak menyatakan usaha pada kedua benda	19,05
4	Salah mengidentifikasi F sebagai gaya berat benda	9,52
5	Persamaan usaha benar, operasi benar, jawaban tidak dinyatakan dalam perbandingan	9,52
6	Persamaan usaha benar, salah mengidentifikasi besar S	23,81
7	Tidak dapat menentukan perbandingan usaha pada kedua benda	14,29
8	Persamaan yang digunakan untuk menentukan percepatan salah	33,33
9	Persamaan untuk menentukan percepatan benar, operasi matematis salah	28,57
10	Persamaan yang digunakan untuk menentukan kecepatan salah	95,24
11	Tidak dapat menentukan kecepatan benda di posisi akhir	4,76
12	Tidak tahu bahwa kecepatan awal benda adalah nol	85,71
13	Tidak dapat menentukan energi kinetik benda di posisi awal	9,52
14	Persamaan untuk menentukan energi kinetik akhir benar, salah melakukan operasi matematis	19,05
15	Persamaan untuk menentukan energi kinetik akhir benar, operasi matematis benar, jawaban salah	4,76
16	Persamaan untuk menentukan energi kinetik akhir benar, tidak melakukan operasi matematis	9,52
17	Persamaan energi kinetik yang digunakan salah	42,86
18	Tidak mengetahui persamaan yang digunakan untuk menentukan energi kinetik	23,81
19	Tidak mengetahui hubungan W dan ΔE_K	42,86
20	Tidak menemukan hubungan W dan ΔE_K	4,76
21	Menyatakan bahwa $\Delta E_K = W$ akan tetapi nilai E_K dan W pada poin sebelumnya tidak sama	52,38

TABEL 3. Temuan Kesulitan Belajar pada Soal Nomor 3

Tipe Kesulitan Ke-	Temuan Kesulitan belajar	Persentase (%)
1	Tidak mampu mengidentifikasi seluruh besaran sesuai dengan persoalan	71,43
2	Tidak mampu mengidentifikasi sebagian besaran yang diberikan soal	4,76
3	Tidak menggambarkan gaya-gaya yang bekerja pada benda dengan benar, baik gaya maupun arah gaya	80,95
4	Menggambarkan arah gaya yang bekerja, namun tidak memberikan simbol pada arah gaya	4,76
5	Menggambarkan gaya yang bekerja pada benda dengan benar, namun tidak menggambarkan gaya dalam komponen sumbu x dan y	4,76
6	Tidak mampu menentukan gaya total horisontal yang bekerja pada benda	80,95
7	Menganggap koefisien gaya gesek adalah gaya gesek	4,76
8	Salah menyatakan persamaan usaha	14,29
9	Tidak mampu menentukan gaya total horisontal yang bekerja pada benda	52,38
10	Tidak menuliskan persamaan usaha	23,81
11	Salah menggunakan persamaan yang menyatakan hubungan percepatan	42,86
12	Tidak mampu menentukan percepatan benda	47,62
13	Salah menggunakan persamaan yang menyatakan hubungan kecepatan	47,62
14	Tidak mampu menentukan kecepatan benda	47,62
15	Salah menggunakan persamaan energi kinetik	38,10
16	Tidak mampu menentukan energi kinetik benda	52,38
17	Tidak menemukan hubungan antara perubahan energi kinetik dan usaha	42,86

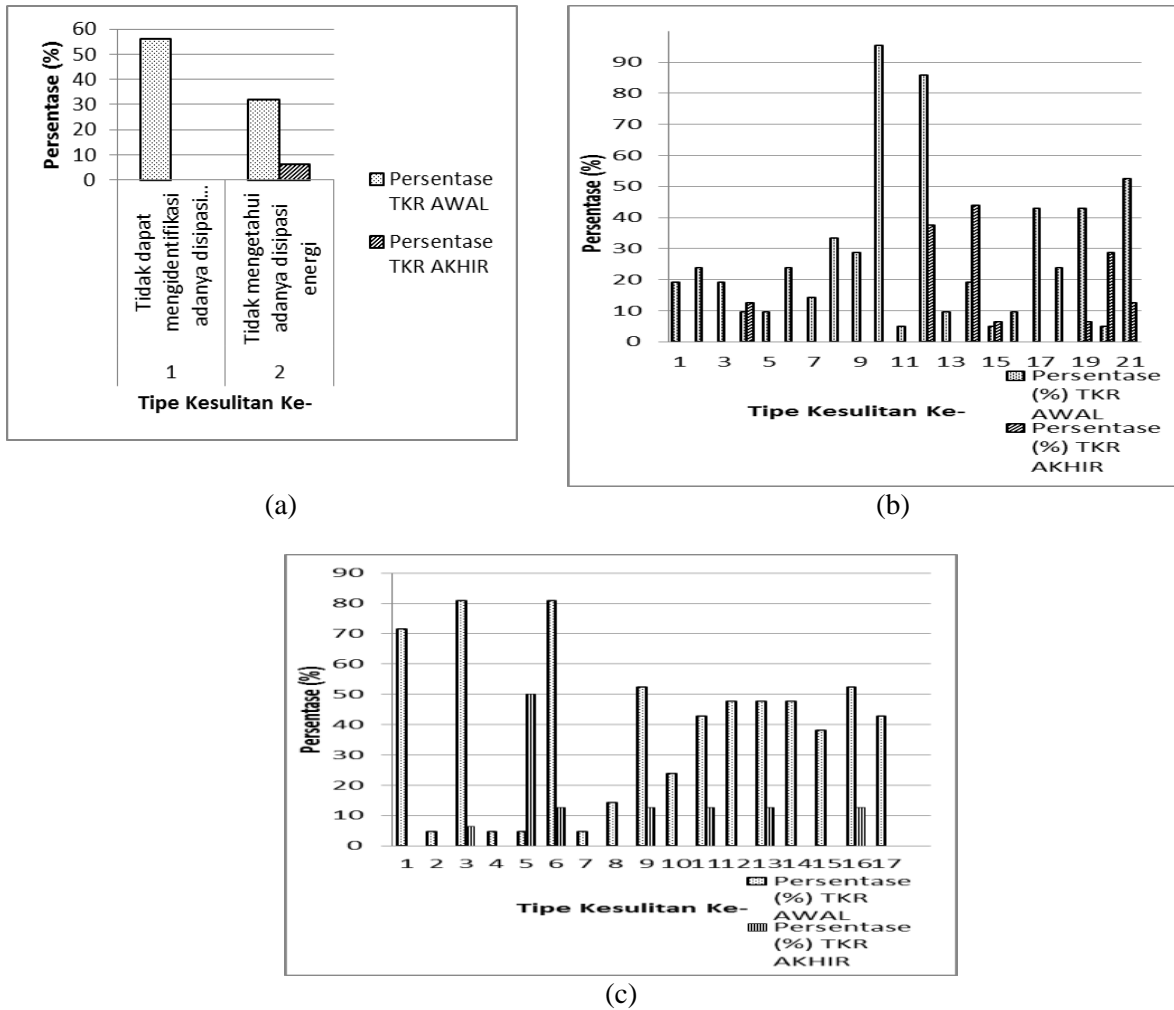
Berdasarkan tabel 1.2 dan 1.3, variasi-variasi kesulitan belajar yang tertera pada tabel dapat dikategorikan menjadi empat tipe kesulitan umum, yaitu:

1. Tipe 1: Kesulitan menentukan komponen gaya total yang bekerja pada benda untuk menghasilkan usaha.
 Pada kesulitan tipe ini, siswa tidak mengetahui gaya apa saja yang bekerja pada benda, dan siswa kesulitan untuk menggambarkan arah-arah gaya yang bekerja pada benda, sehingga menyebabkan siswa tidak mampu untuk menentukan gaya total pada benda yang melakukan usaha.
2. Tipe 2: Kesulitan mengidentifikasi kecepatan yang dimiliki benda.
 Pada kesulitan tipe ini, siswa kesulitan mengidentifikasi besar kecepatan yang dimiliki benda, dan siswa kesulitan untuk menentukan persamaan yang digunakan untuk menentukan kecepatan benda.
3. Tipe 3: Kesulitan menentukan energi kinetik.
 Pada kesulitan tipe ini, siswa kesulitan untuk menentukan energi kinetik pada benda. Persamaan yang digunakan siswa untuk menentukan energi kinetik merupakan persamaan yang salah.
4. Tipe 4: Kesulitan menentukan hubungan usaha dengan perubahan energi kinetik.
 Pada tipe ini, siswa kesulitan untuk menarik hubungan yang ditemukan antara usaha dan perubahan energi kinetik.

Energi kinetik merupakan energi yang dimiliki benda ketika benda bergerak. Pemahaman energi sebagai sesuatu yang dimiliki benda ini dapat diberikan langsung kepada siswa, akan tetapi pembelajaran bermakna kan menjadi sulit terjadi pada siswa. Karena kemungkinan siswa menghafal formula dan definisi akan menjadi lebih besar. Oleh karena itu, desain didaktis pembelajaran yang dibuat pada konsep ini akan menekankan pemahaman energi kinetik dari hubungan usaha dan energi ($W=\Delta E$).

Selain kesulitan-kesulitan umum terkait konsep energi kinetik, terdapat juga kesulitan lain dari segi identifikasi besaran dan satuan, dan kesulitan pada operasi matematis yang dilakukan siswa dalam menyelesaikan permasalahan fisika terkait.

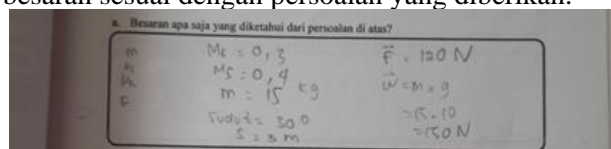
Temuan kesulitan belajar yang telah ditemukan, telah digunakan sebagai acuan untuk mengembangkan desain didaktis pembelajaran, dan berdasarkan hasil implementasi desain didaktis pada subjek penelitian, tipe-tipe kesulitan mengalami perubahan persentase. Perubahan persentase tiap kesulitan belajar disajikan pada GAMBAR 1 (a), (b), dan (c). Perubahan persentase kesulitan ini dipengaruhi oleh implementasi desain didaktis yang dikembangkan oleh peneliti. Saat desain didaktis diimplementasikan dalam pembelajaran, seluruh prediksi respon kesulitan belajar muncul, sehingga seluruh antisipasi didaktis diterapkan pada proses pembelajaran.



GAMBAR 1 (a) Perbandingan Kesulitan Belajar pada Soal Nomor 1. (b) Perbandingan Kesulitan Belajar pada Soal Nomor 2. (c) Perbandingan Kesulitan Belajar pada Soal Nomor 3.

Berdasarkan GAMBAR 1 (b) dan (c) yang menggambarkan perbandingan kesulitan belajar pada TKR awal dan TKR akhir pada konsep energi kinetik, beberapa kesulitan belajar siswa tidak lagi muncul. Kesulitan-kesulitan belajar yang tidak lagi muncul setelah implementasi desain didaktis adalah:

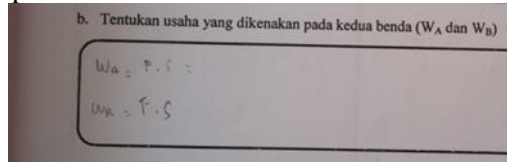
1. Kesulitan identifikasi besaran sesuai dengan persoalan yang diberikan.



GAMBAR 2. Sampel jawaban siswa A pada TKR akhir terkait dengan identifikasi besaran.

Berdasarkan GAMBAR 2, kesulitan identifikasi besaran sudah tidak terlihat lagi dari jawaban siswa. Siswa telah mampu mengidentifikasi besaran-besaran sesuai dengan persoalan yang diberikan, baik besarnya maupun satuannya. Siswa juga sudah menuliskan besaran vektor dengan tanda anak panah.

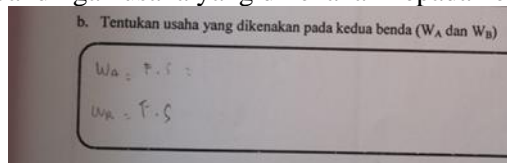
2. Kesulitan menyatakan persamaan usaha.



GAMBAR 3. Sampel jawaban siswa B pada TKR akhir terkait dengan persamaan usaha.

Berdasarkan GAMBAR 3, siswa telah menuliskan persamaan usaha pada kedua benda dengan benar.

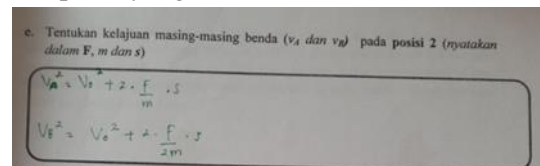
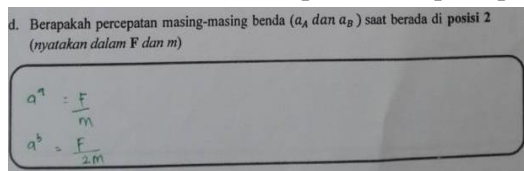
3. Kesulitan menentukan perbandingan usaha yang dikenakan kepada kedua benda.



GAMBAR 4. Sampel jawaban siswa B pada TKR akhir terkait dengan perbandingan usaha.

Berdasarkan GAMBAR 4 di atas, karena kesulitan menentukan persamaan usaha pada kedua benda tidak lagi dialami siswa, maka kesulitan menentukan perbandingan usaha pada kedua benda pun sudah tidak lagi ditemukan pada siswa.

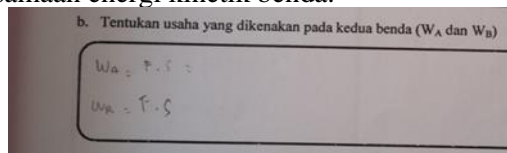
4. Kesulitan menentukan persamaan percepatan dan kecepatan yang dimiliki benda.



GAMBAR 5. Sampel jawaban siswa C pada TKR akhir terkait dengan percepatan dan kecepatan.

Berdasarkan GAMBAR 5, persamaan percepatan dan kecepatan yang ditentukan siswa sudah benar, siswa tidak lagi kesulitan dalam menentukan percepatan dan kecepatan benda.

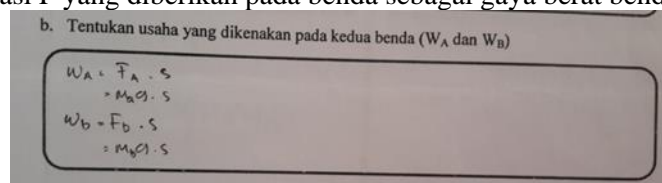
5. Kesulitan menentukan persamaan energi kinetik benda.



GAMBAR 6. Sampel jawaban siswa C pada TKR akhir terkait dengan persamaan energi kinetik.

Sedangkan kesulitan belajar yang masih muncul setelah implementasi desain didaktis adalah:

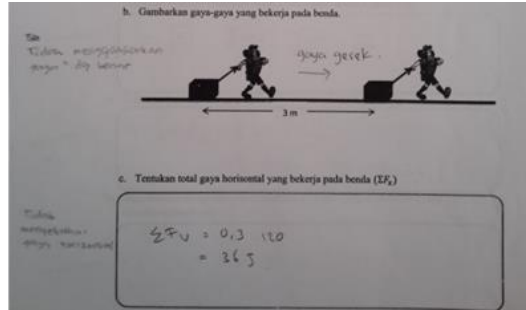
1. Salah mengidentifikasi F yang diberikan pada benda sebagai gaya berat benda.



GAMBAR 7. Sampel jawaban siswa D.

Berdasarkan GAMBAR 7, terlihat bahwa gaya yang bekerja pada kedua benda diidentifikasi oleh siswa sebagai gaya berat benda. Dalam kasus ini, siswa tidak menyadari bahwa gaya yang menyebabkan benda melakukan usaha bukanlah gaya berat benda, akan tetapi gaya tarik yang besarnya sama dengan F .

2. Kesulitan menentukan gaya-gaya yang menyebabkan benda melakukan usaha.

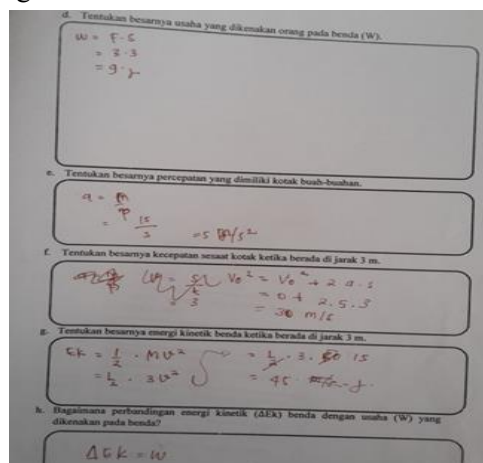


GAMBAR 8. Sampel jawaban siswa E terkait dengan gaya-gaya yang menyebabkan usaha.

Berdasarkan GAMBAR 8, siswa masih kesulitan untuk menggambarkan gaya-gaya yang bekerja pada benda, sehingga siswa juga kesulitan untuk menentukan gaya total yang menyebabkan benda melakukan usaha. Penggambaran gaya-gaya yang bekerja pada benda mengalami kesulitan yang besar. Pada poin b, siswa menggambarkan tanda panah ke arah kanan yang dituliskan sebagai gaya gesek.

3. Kesulitan menentukan hubungan usaha dan perubahan energy kinetik.

Berdasarkan GAMBAR 9, siswa menemukan bahwa besarnya usaha pada benda adalah 9 J, dan energi kinetik saat benda berada di jarak 3 m adalah 45 J. Berdasarkan kedua jawaban ini, tidak ditemukan adanya nilai yang sama antara besar W dan besar ΔEK .



GAMBAR 9. Sampel jawaban siswa C terkait dengan hubungan usaha dan perubahan energi kinetik.

Berdasarkan GAMBAR 1 (a), (b) dan (c) penurunan kesulitan belajar terjadi pada hampir seluruh tipe kesulitan. Hal ini menunjukkan bahwa implementasi desain didaktis awal telah mampu mengurangi sebagian besar kesulitan belajar siswa pada konsep energi kinetik. Sebagaimana diungkapkan Suryadi (2010), dalam merancang suatu situasi didaktis seorang guru perlu memikirkan prediksi respon siswa atas situasi tersebut. Rancangan pembelajaran telah dibuat dengan memperhatikan kesulitan belajar sebagai prediksi respon siswa, sehingga antisipasi didaktis dibuat berdasarkan prediksi kesulitan belajar tersebut. Pembuatan antisipasi didaktis yang dipilih oleh peneliti telah mengacu pada teori yang diungkapkan Suryadi, bahwa ketika aksi mental pada siswa yang diharapkan tidak terjadi atau siswa mengalami kesulitan, seorang guru dapat melakukan intervensi melalui penerapan teknik *scaffolding* ataupun melalui dorongan untuk terjadinya interaksi antar siswa.

KESIMPULAN

1. Kesulitan belajar yang dimiliki siswa terkait dengan konsep energy adalah: (a) Tidak dapat mengidentifikasi bentuk disipasi energi (b) Tidak mengetahui adanya disipasi energi. Sedangkan kesulitan belajar yang dimiliki siswa terkait dengan konsep energy kinetik adalah: (a) Kesulitan menentukan komponen gaya total yang bekerja pada benda untuk menghasilkan usaha, (b) Kesulitan menentukan hubungan usaha dengan perubahan energy kinetik, (c) Kesulitan mengidentifikasi kecepatan yang dimiliki benda, (d) Kesulitan menentukan perbandingan energy kinetic pada dua benda. Kesulitan belajar yang dimiliki siswa terkait dengan epistemologis pada suatu konsep dapat diatasi atau dikurangi melalui implementasi desain didaktis pembelajaran yang dibuat berdasarkan kesulitan belajar siswa.
2. Hampir seluruh tipe kesulitan belajar yang dimiliki siswa telah mengalami penurunan persentase melalui implementasi desain didaktis awal yang dibuat berdasarkan kesulitan belajar siswa. Beberapa kesulitan belajar telah mampu teratasi seluruhnya, dan beberapa kesulitan lainnya telah masih muncul dengan persentase kesulitan yang lebih rendah. Kesulitan belajar yang masih muncul ini dijadikan fokus dalam pembuatan desain didaktis revisi.
3. Berdasarkan desain didaktis awal dan hasil implementasi, diperlukan penyesuaian antisipasi didaktis pada situasi didaktis berikut:
 - (a) Menjelaskan disipasi energi
 - (b) Menentukan komponen gaya total yang bekerja pada benda untuk menghasilkan usaha.
 - (c) Menentukan hubungan usaha dengan perubahan energi kinetik.

REFERENSI

- Brousseau, Guy (2002) *Theory of Didactical Situations in Mathematics*. New York: Kluwer Academic Publisher.
- Dahar, Ratna Wilis (1989). *Teori-Teori Belajar*. Jakarta: Erlangga.
- Hewitt, P.G. (2006). *Conceptual Physics*. Tenth Edition. New York: Person Education.
- Suryadi, Didi. (2013). *Didactical design research (DDR) dalam pengembangan pembelajaran matematika*. Seminar UNES.
- Suryadi, Didi. (2010). *Teori, paradigma, prinsip, dan pendekatan pembelajaran MIPA dalam konteks Indonesia*. Bandung: FPMIPA UPI.