



EFEKTIVITAS PROGRAM RESITASI BERBASIS KOMPUTER UNTUK MENINGKATKAN PENGUASAAN KONSEP MAHASISWA TENTANG GAYA DAN GERAK

Sutopo¹⁾, Ida Bagus Rini Jayanti²⁾, Wartono³⁾

¹Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Malang. Jl. Semarang 5, Malang
sutopo.fisika@um.ac.id

²Pascasarjana Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Negeri Malang.

³Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Malang. Jl. Semarang 5, Malang

Abstract: We have developed a computer-assisted recitation program to improve students' conceptual understanding about force and motion. The program consists of multiple-choices questions with immediate feedback. The focus of this research was to examine the effectiveness of the program to achieve the goal, using one group pretest-posttest design. Pretest and posttest used the same instrument. Pretest was administered one week after the class discussed kinematics and Newton's laws of motion, whereas the posttest was administered three weeks later when the students had utilized the program for one week. Subject consisted of 35 first year physics education students enrolled in introductory physics, in State University of Malang. The research found that the program significantly improved students' conceptual understanding with N-gain of 0.31 and d-effect size of 1.46.

Key Words: conceptual understanding, force and motion, computer-assisted, recitation program.

PENDAHULUAN

Salah satu tujuan pembelajaran fisika adalah untuk membantu siswa memahami konsep dan prinsip fisika secara mendalam sehingga dapat menggunakannya untuk memecahkan masalah (Hedge & Meera, 2012; Docktor & Mestre, 2014; Ryan et al, 2016). Namun demikian, upaya untuk mencapai tujuan tersebut sering terkendala oleh pengetahuan awal siswa yang tidak sesuai dengan pengetahuan ilmiah dan cenderung mengganggu siswa dalam membangun dan menyimpan pengetahuan baru yang benar (Aufschnaiter & Rogge, 2010; Docktor & Mestre, 2014; Suparno, 2013). Struktur pengetahuan siswa yang cenderung terpotong-potong (Hammer, 2000) juga merupakan faktor penting yang menghambat pencapaian tujuan tersebut. Diperlukan cukup banyak waktu untuk membantu siswa menyimpan secara kuat pengetahuan baru sehingga dapat mengaktifkannya kembali secara cepat ketika diperlukan (Docktor & Mestre, 2014; Ross &

Wilson, 2012). Siswa perlu dipicu menggunakan setiap pengetahuan baru yang dimiliki untuk memecahkan masalah-masalah fisika yang dihadirkan dalam berbagai konteks dan representasi.

Salah satu cara untuk membantu siswa memahami konsep dan prinsip fisika secara mendalam sehingga mampu menggunakannya dalam pemecahan masalah adalah dengan pemberian latihan soal-soal konseptual beserta umpan baliknya (Heron, 2015; Guo & Shekoyan, 2014; El Hassouny et al, 2014; Sornkhatha & Srisawasdi, 2013; Oliveira & Oliveira, 2013; Sayre et al, 2012; Yerushalmi et al, 2012; Morera et al, 2012; Henderson & Harper, 2009; Koenig et al, 2007; Demirci, 2003). Soal-soal terkait suatu konsep/prinsip sebaiknya dihadirkan dalam berbagai konteks sehingga siswa memiliki wawasan yang luas tentang konteks di mana konsep tersebut dapat digunakan dan mampu memanggil kembali (*recall*) konsep tersebut dengan

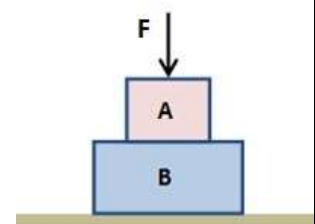
mudah dari memori jangka panjangnya ketika diperlukan (Heuvelen, 1991; Hammer, 2000). Soal juga perlu dihadirkan dalam format representasi yang berbeda-beda. Hal ini didasarkan pada temuan penelitian-penelitian sebelumnya tentang fungsi multi representasi dalam belajar fisika serta pengaruh format representasi soal terhadap keberhasilan siswa memecahkan soal tersebut (Ainsworth, 2006; Cock, 2012; Kohl & Finkelstein, 2007; Nieminen et al., 2010; Nguyen & Rebello, 2011; Ogilvie, 2009; Prain et al, 2009; Rosengrant et al., 2009; Sutopo & Waldrip, 2014; Waldrip et al., 2010). Implementasi upaya tersebut tentu akan menyita waktu yang cukup banyak. Oleh karena itu, latihan soal beserta balikkannya tersebut perlu dikemas berbantuan komputer sehingga dapat digunakan siswa di luar kelas/perkuliahan.

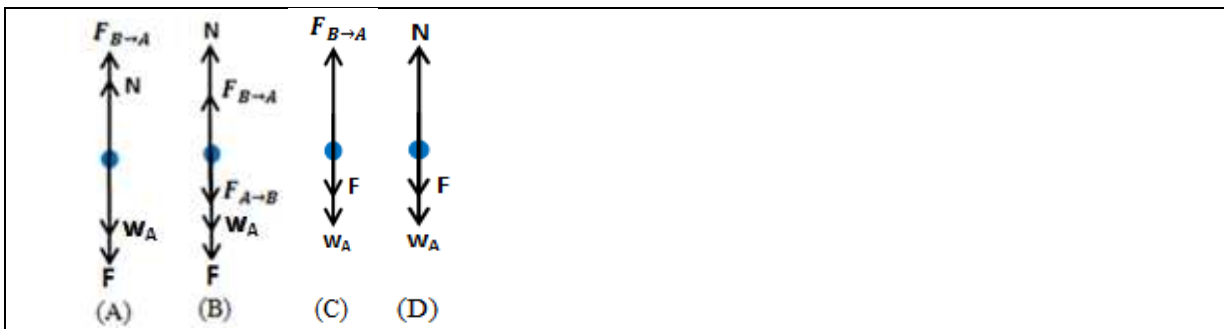
Penelitian telah mengembangkan program bantuan belajar berbantuan komputer yang berisi latihan soal-soal konseptual disertai balikan. Soal disajikan dalam format pilihan ganda di mana semua pilihan disusun berdasarkan kemungkinan pemikiran yang dimiliki siswa, yang ditemukan melalui kajian literatur dan pengalaman tim peneliti dalam berinteraksi dengan siswa dan guru. Terhadap setiap pilihan jawaban, baik yang benar maupun yang salah, diberikan balikan. Balikan yang menyertai pilihan salah disusun sedemikian rupa dapat membantu siswa mengenali kelemahannya; sedangkan balikan yang menyertai jawaban benar dimaksudkan untuk memberikan penguatan. Salah satu contoh soal dan balikan disajikan pada

Gambar 1. Mengingat fungsi program ini serupa dengan program resitasi yang banyak dilakukan di universitas di Amerika, yaitu program pendalaman materi yang diberikan pada sekelompok kecil mahasiswa setelah mengikuti perkuliahan di kelas besar (Kohl & Finkelstein, 2007; Docktor & Mestre, 2014), maka kami menamai program tersebut dengan program resitasi berbantuan komputer. Program dibuat menggunakan *Wondershare Quiz Creator* versi 4.5.1. Balikan disajikan dalam bentuk teks, gambar, dan persamaan. Pada beberapa kasus, balikan juga disajikan secara audio visual.

Topik yang diangkat pada penelitian ini adalah tentang gaya dan gerak. Pemilihan ini didasari oleh pertimbangan sebagai berikut. (1) Konsep gaya dan gerak merupakan inti mekanika Newtonan dan sangat diperlukan dalam memahami sebagian besar fenomena sehari-hari (Serway & Jewett, 2004; Knight, 2008; Sornkhatha & Srisawasdi, 2013; NRC, 2012). (2) Selama beberapa dekade terakhir, banyak peneliti yang mengungkapkan adanya berbagai kesulitan yang dialami siswa dalam menguasai konsep gaya dan gerak (Sutopo & Waldrip, 2014; Rosenblatt & Heckler, 2011; Kim & Pak, 2002; Sayre et al, 2012; Savinainen et al, 2012, 2013; El Hassouny et al, 2014, Hestenes et al., 1992, Jayanti dkk., 2016). Artikel ini difokuskan untuk menjawab pertanyaan penelitian sejauh mana program resitasi yang telah dikembangkan tersebut dapat membantu penguasaan konsep mahasiswa tentang gaya dan gerak.

Balok A diletakkan di atas balok B. Balok A ditekan dengan gaya konstan F seperti gambar. Jika permukaan meja dan gaya gesek antara balok A dan B diabaikan, manakah diantara diagram-diagram gaya berikut yang paling tepat menggambarkan gaya-gaya yang bekerja pada balok A. (Catatan: $F \equiv$ gaya dorong; $N \equiv$ gaya normal oleh permukaan meja; $w_A \equiv$ gaya berat balok A oleh bumi; $F_{A \rightarrow B} \equiv$ gaya dorong balok A ke B; $F_{B \rightarrow A} \equiv$ gaya dorong balok B ke A)





Feedback:

- A. AWAS! Anda berpikir bahwa gaya normal dari meja juga bekerja pada balok A. Ingat bahwa dalam kasus ini balok A tidak berinteraksi dengan meja, hanya balok B yang berinteraksi dengan meja! Jadi gaya normal meja hanya bekerja pada balok B. Balok A hanya berinteraksi dengan balok B, Bumi, dan objek lain yang menghasilkan gaya F .
- B. AWAS! Anda menganggap bahwa gaya $F_{A \to B}$ dan gaya normal dari meja juga bekerja pada balok A. Ingat bahwa meskipun gaya $F_{A \to B}$ dan $F_{B \to A}$ merupakan gaya aksi-reaksi, gaya $F_{A \to B}$ tidak terdapat dalam diagram gaya yang bekerja pada balok A dan dalam kasus ini balok A tidak berinteraksi dengan meja! Jadi, gaya $F_{A \to B}$ tidak bekerja pada balok A meskipun gaya $F_{A \to B}$ dan $F_{B \to A}$ merupakan gaya aksi-reaksi dan gaya normal meja hanya bekerja pada balok B.
- C. Apakah Anda berpikir hanya gaya-gaya itu yang bekerja pada balok A? Tidak ada gaya lain? Jika Ya, berarti pemahaman Anda sudah benar. Namun, mengapa demikian? Apakah Anda berpikir karena balok A diberikan gaya luar F dan hanya berinteraksi dengan balok B, sehingga hanya gaya-gaya itu yang bekerja pada balok A? Sedangkan gaya normal dikerjakan oleh meja ke balok B? Apakah Anda berpikir gaya normal balok A adalah gaya $F_{B \to A}$ itu sendiri? Jika Ya, pemahaman Anda sudah benar.
- D. AWAS! Anda berpikir bahwa gaya normal dari meja juga bekerja pada balok A dan gaya reaksi dari balok B ke A tidak diperhitungkan. Ingat bahwa dalam kasus ini balok A tidak berinteraksi dengan meja, melainkan hanya berinteraksi dengan balok B, Bumi, dan objek lain yang menghasilkan gaya F ! Hanya balok B yang berinteraksi dengan meja. Jadi gaya normal meja hanya bekerja pada balok B dan perlu diperhitungkan ada gaya reaksi akibat interaksi dengan balok B.

Gambar 1. Contoh Soal Latihan Beserta Balikan terhadap Setiap Pilihan Jawaban

METODE

Efektifitas program diukur denganskor *N-gain*(Hake, 1998) dari pretes ke postes. Subjek penelitian terdiri atas 35 mahasiswa peserta matakuliah Fisika Dasar I di Jurusan Fisika FMIPA UM tahun akademik 2015/2016. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus s/d Desember 2015. Pretes diberikan setelah topik

kinematika dan hukum-hukum Newton selesai dibahas melalui perkuliahan biasa. Dua minggu setelah pretes, mahasiswa diberi kesempatan menggunakan program selama satu minggu kemudian mengerjakan postes.

Pretes dan postes menggunakan instrumen tes yang sama. Instrumen terdiri atas 23 soal pilihan ganda. Sebagian besar soal merupakan tes standard yang digunakan di

perkuliahan fisika dasar di UM. Soal-soal dikembangkan dari soal-soal konseptual yang terdapat di beberapa buku teks fisika (Serway & Jewett, 2004; Knight, 2008) dan beberapa instrumen yang telah dikembangkan para peneliti sebelumnya seperti *Force Concept Inventory* (Hestenes et al, 1992), *Mechanical Baseline Test* (Hestenes & Wells, 1992), dan soal gaya dan gerak yang dikembangkan Keeley & Harrington (2010). Instrumen telah ditelaah oleh dua dosen jurusan fisika UM dan dinyatakan bahwa semua butir soal memiliki validitas tinggi dalam arti mengukur indikator kompetensi yang dirumuskan, benar secara konseptual, dan tidak menimbulkan penafsiran ganda secara gramatikal. Set kemampuan yang diujikan melalui soal standard tersebut dapat dilihat pada artikel kami sebelumnya (Jayanti dkk., 2016).

Soal-soal latihan yang dituangkan dalam program resitasi berbeda dengan soal-soal yang digunakan dalam tes. Namun demikian, prinsip fisika yang digunakan sama. Dengan demikian, keberhasilan mahasiswa dalam menyelesaikan postes diyakini bukan karena soal-soal tersebut telah dibahas dalam latihan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi statistik skor pretes dan postes mahasiswa disajikan pada Tabel 1. Karena *skewness* distribusi skor pretes dan postes berada dalam rentang -1 sd $+1$, maka kedua set data tersebut dapat dikatakan terdistribusi normal (Leech *et al.*, 2005: 31). Dengan demikian signifikansi perbedaan skor pretes dan postes dapat diuji menggunakan uji-t berpasangan. Hasil perhitungan uji-t berpasangan menggunakan SPSS 16.0 for Windows diperoleh nilai t sebesar 10,43 dan $p = 0.00$. Hal ini menunjukkan bahwa skor pretes dan postes berbeda secara signifikan. Karena skor rata-rata postes (53,9) lebih tinggi daripada skor rata-rata pretes (32,9) dapat disimpulkan bahwa penguasaan konsep mahasiswa mengalami peningkatan secara

signifikan setelah menggunakan program resitasi.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Skor Mahasiswa pada Pretes dan Postes

Statistik	Pretes (%)	Postes (%)
Minimum	4,4	30,4
Maksimum	60,9	87,0
Mean	32,8	53,9
Standar Deviasi	13,5	15,5
Median	34,8	52,2
Modus	34,8	47,8
Skewness	0.03	0.48

Besarnya peningkatan tersebut dapat dilihat dari besarnya nilai *d-effect size* (Cohen et al., 2007; Morgan et al., 2004) dan *N-gain* sebagai berikut. Nilai *d-effect size* diperoleh sebesar 1,46; termasuk kategori “kuat” menurut Cohen et al. (2007), sedangkan nilai *N-gain* (g) diperoleh sebesar 0,31; termasuk kategori sedang menurut Hake (1998). Hal ini berarti bahwa program resitasi memberikan efek yang cukup kuat terhadap peningkatan penguasaan konsep mahasiswa.

Untuk memahami terjadinya peningkatan tersebut, berikut disajikan contoh perubahan jawaban mahasiswa dari pretes ke postes terhadap salah satu soal terkait hukum III Newton beserta isi latihan soal yang dihadirkan dalam program resitasi. Pemilihan hukum II Newton didasarkan pada pertimbangan bahwa kunci keberhasilan mahasiswa memecahkan permasalahan mekanika Newtonan adalah kemampuan mengidentifikasi gaya-gaya yang bekerja pada suatu benda. Lebih lanjut, keberhasilan mengidentifikasi gaya pada suatu benda sangat bergantung pada kemampuan mahasiswa menganalisis benda atau objek lain yang berinteraksi dengan benda tersebut (Savinainen et al., 2012). Itu adalah esensi hukum III Newton.

Butir soal tes terkait hukum Newton III disajikan pada Gambar 2. Pada soal itu,



mahasiswa diminta menentukan diagram bebas benda (*free body diagram*) tentang gaya-gaya yang bekerja pada suatu benda yang didorong oleh benda lain yang dikenai

suatu gaya. Jawaban benar soal tersebut adalah E. Distribusi jawaban mahasiswa dari pretes ke postes disajikan pada Tabel 2.

Balok A (bermassa $2m$) dan B (bermassa m) diletakkan di atas meja licin seperti gambar. Balok A didorong ke kanan dengan gaya konstan P sehingga bergerak ke kanan. Selama gerakan tersebut, kedua balok selalu bersentuhan.

Diantara diagram-diagram gaya berikut, manakah yang paling tepat menggambarkan gaya-gaya yang bekerja pada balok B? Catatan: $F_{A \rightarrow B} \equiv$ gaya dorong balok A ke B; $F_{B \rightarrow A} \equiv$ gaya dorong balok B ke A.

Gambar 2. Contoh soal tes terkait hukum III Newton

Tabel 2. Crosstabulation Pilihan Jawaban Mahasiswa pada Pretes dan Postes

		Postes					Total Pretes
		A	B	C	D	E*	
Pretes	A	0	0	0	0	3	3
	B	1	0	0	0	19	20
	C	0	0	0	0	9	9
	D	0	0	0	0	1	1
	E*	0	0	0	0	2	2
Total Postes		1	0	0	0	34	

Pada saat pretes, hanya 2 mahasiswa (5,7%) yang dapat menjawab dengan benar. Semua mahasiswa yang salah mengalami satu bentuk kesalahan yang sama, yaitu gaya dorong P yang dikerjakan pada balok A juga bekerja pada balok B. Tampak bahwa mereka belum memahami dengan baik makna pernyataan “aksi-reaksi” pada hukum III Newton. Mereka berpikir karena balok A mendapat gaya dorong sebesar P ke kanan, maka sebagai reaksinya, balok A akan mendorong balok B dengan gaya yang sama. Sebagian besar dari mahasiswa yang

mengalami kesalahan tersebut (20 orang, atau 57,2%), yaitu yang memilih jawaban B, juga mengalami kesulitan lain. Mereka juga berpikir bahwa semua gaya yang muncul pada interaksi antara dua benda akan bekerja pada kedua benda tersebut sekaligus. Mahasiswa yang memilih jawaban A mengalami kesalahan tambahan yang berbeda pula. Mereka berpikir bahwa akibat gaya luar P yang dikerjakan ke balok A tersebut menyebabkan balok B harus mendorong balok A dengan gaya $F_{B \rightarrow A}$ sehingga tambahan gaya neto yang bekerja padanya menjadi $P - F_{B \rightarrow A}$. Mahasiswa yang memilih D mengalami kesalahan tambahan yang berbeda lagi, yaitu karena balok A dan B berimpit maka keduanya dipandang sebagai satu kesatuan sehingga gaya dorong yang diberikan ke balok A langsung dirasakan oleh balok B dan balok B tidak perlu memberikan reaksi apa pun terhadap balok A.

Banyaknya mahasiswa yang mengalami kesalahan tersebut sungguh di luar dugaan mengingat sebelum tes diberikan mereka sudah mendiskusikan konsep aksi-reaksi pada

hukum III Newton. Melalui diskusi tersebut, mahasiswa tampak sudah memahami prinsip bahwa setiap gaya yang disebutkan pada hukum I maupun II Newton harus merupakan hasil interaksi antara benda yang dibicarakan dengan semua benda lain di sekitarnya. Penggunaan diagram interaksi untuk mengidentifikasi gaya-gaya yang bekerja pada suatu benda juga dicontohkan. Namun demikian, diskusi tersebut ternyata belum mampu memberikan pemahaman yang kokoh kepada mahasiswa tentang makna aksi-reaksi. Sebagaimana tampak pada analisis hasil pretes di depan, mahasiswa memiliki pemahaman yang berbeda-beda sesuai kemampuan bahasanya masing-masing. Temuan ini memperkuat temuan para peneliti sebelumnya tentang pengaruh bahasa terhadap pemahaman pengetahuan ilmiah mahasiswa (Brookes & Etkina, 2015; Taibu et al., 2015).

Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2, jumlah mahasiswa yang menjawab benar pada postes meningkat sangat tajam, dari 3 menjadi 34 mahasiswa. Hanya ada satu mahasiswa yang masih salah ketika postes. Oleh sebab itu perlu dilihat pengalaman belajar mahasiswa selama menggunakan program resitasi tersebut. Ada 9 soal latihan beserta balikkannya yang dihadirkan pada program resitasi terkait hukum III Newton tersebut. Salah satunya disajikan pada Gambar 1 di depan. Delapan soal lainnya disajikan di Lampiran. Di antara 9 soal latihan tersebut ada satu soal yang mirip dengan soal yang diujikan (Lihat soal no 2 di lampiran) namun berbeda tingkat kompleksitas konteksnya, di mana soal latihan lebih rumit daripada soal utama. Pokok penting penyebab terjadinya peningkatan tersebut adalah cukup banyaknya pengalaman mahasiswa menerapkan suatu prinsip fisika dalam memecahkan masalah yang dihadirkan dalam konteks yang berbeda-beda. Selain itu, mahasiswa senantiasa memperoleh balikan

agar terbiasa menggunakan prinsip fisika dalam memecahkan masalah sebagaimana para ahli (*expert*), bukan dengan menghafal konteks permukaan soal sebagaimana para pemula (*novice*) (Mason & Singh, 2011; Singh, 2008). Melalui berlatih memecahkan 9 soal berbeda dengan prinsip fisika yang sama tersebut, mahasiswa dapat memperbaiki struktur pengetahuannya, dari terpotong-potong menjadi terangkai secara koheren (Hammer, 2000)

SIMPULAN DAN SARAN

Program resitasi berbasis computer yang telah dikembangkan efektif membantu mahasiswa meningkatkan penguasaan konsepnya tentang gerak dan gaya dengan *d-effect size* sebesar 1,46 dan gain ternormalisasi (*N-gain*) sebesar 0,31. Khusus pada topik hukum III Newton, program resitasi tersebut dapat membantu hampir seluruh mahasiswa mampu mengidentifikasi gaya-gaya yang bekerja pada suatu benda dengan baik. Kelemahan pemahaman mahasiswa tentang prinsip aksi-reaksi juga dapat diatasi.

Belum maksimalnya nilai *N-gain* mengindikasikan masih banyaknya mahasiswa yang belum menguasai konsep-konsep gaya dan gerak dengan baik setelah menggunakan program. Hal itu terutama disebabkan keterbatasan jumlah soal latihan yang disajikan dalam program. Oleh sebab itu diperlukan penyempurnaan lebih lanjut. Merujuk pada keberhasilan program membantu mahasiswa menguasai hukum III Newton, setiap topik perlu memuat soal-soal konseptual dalam jumlah yang cukup, dihadirkan dalam berbagai konteks, dan disajikan dalam berbagai format representasi.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Ainsworth, S. 2006. DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16:183-198.
- Aufschnaiter, C. & Rogge C. 2010. Misconceptions or missing conceptions? *Eurasian Journal of Mathematics, Science, & Technology Education*, 6 (1), 3-18.
- Brookes, D. T. & Etkina, E. 2015. The importance of language in students' reasoning about heat in thermodynamic processes. *International Journal of Science Education*, 37(5-6): 759-779
- Cock, M. D. 2012. Representation use and strategy choice in physics problem solving. *Physical Review Special Topic Physics Education Research*, 8, 020117
- Cohen, L., Manion L., & Morrison K. 2007. *Research methods in education; 6th Edition*. USA: Routledge.
- Demirci, N. 2003. Dealing with misconceptions about force and motion concepts in physics: a study of using web-based physics program. *Hacettepe Universitesi Egitim Fakultesi Dergisi*, 40-47.
- Docktor, J. L. & Mestre, J. P. 2014. Synthesis of discipline-based education research in physics. *Physical Review Special Topic Physics Education Research*, 10, 020119.
- El Hassouny, E. H., Kaddari, F., Elachqar, A., Alami, A. 2014. Teaching/learning mechanics in high school with the help of dynamic software. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 4617-4621.
- Guo, W., & Shekoyan, V. 2014. Facilitation of student-centered formative assessment using reflective quiz self-corrections in a calculus physics course. *121st ASEE Annual Conference & Exposition*. 8450, 1-15.
- Hake, R. R. 1998. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal Physics*, 66 (1): 64-74.
- Hammer, D. 2000. Student resources for learning introductory physics. *American Journal Physics*, 68 (1): 52-59.
- Hedge, B., & Meera, B. N. 2012. How do they solve it? An insight into the learners's approach to the mechanism of physics problem solving. *Physical Review Special Topics Physics Education Research*, 8, 010109.
- Henderson, C. & Harper, K., A. 2009. Quiz corrections: Improving learning by encouraging students to reflect on their mistakes. *The Physics Teacher*, 47: 581-586.
- Heron, R. L. 2015. Effect of lecture instruction on student performance on qualitative questions. *Physical Review Special Topic Physics Education Research*, 11, 010102.
- Hestenes, D & Wells, M. 1992. Mechanics Baseline Test. *The Physics Teacher*. 30: 159-166.
- Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. 1992. Force concept inventory. *The Physics Teacher*, 30: 141-151.
- Heuvelen, A. V. 1991. Learning to think like a physicist: A review of research-based strategies, *American Journal of Physics*, 59: 891.
- Jayanti, I. B. R., Wartono, & Sutopo. 2016. *Kesulitan Mahasiswa Calon Guru Fisika dalam Memecahkan Soal-Soal Konseptual Gaya dan Gerak*. Paper pada Seminar Nasional Pendidikan. Banjarmasin: Universitas Lambung Mangkurat, 13 Maret.
- Keeley, P. & Harrington, R. 2010. *Uncovering student ideas in physical science-45 new*

- force and motion assessment probes*. Vol. 1. NSTA Press.
- Kim, E. & Pak, S., J. 2002. Students do not overcome conceptual difficulties after solving 1000 traditional problems. *American Journal of Physics*, 70 (7): 759-765.
- Knight, R. D. *Physics for scientists and engineers: A strategic approach*. 2nd Edition. San Francisco: Pearson Addison Wesley.
- Koenig, K. M., Endorf, R. J., & Braun, G. A. 2007. Effectiveness of different tutorial recitation teaching methods and its implications for ta training. *Physical Review Special Topics Physics Education Research*, 3, 010104.
- Kohl, P. B. & Finkelstein, N. D. 2007. Strongly and weakly directed approaches to teaching multiple representation use in physics. *Physical Review Special Topics Physics Education Research*, 3, 010108.
- Leech, N. L., Barrett, K. C., & Morgan, G. A. 2005. *SPSS for Intermediate Statistics: Use and Interpretation, 2nd Edition*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Mason, A. & Singh, C. 2011. Assessing expertise in introductory physics using categorization task. *Physical review special topics physics education research*, 7, 020110
- Morera, L. S., Azofra, A. A., & Hernandez, L. G. 2012. Analysis of online quizzes as a teaching and assessment tool. *Journal of Technology and Science Education*, 2 (1): 39-45.
- Morgan, G. A., Leech, N. L., Gloeckner, G. W., & Barrett, K. C. 2004. *SPSS for introductory statistics use and interpretation, 2nd edition*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Nguyen, D. & Rebello, N. S. 2011. Students' understanding and application of the area under the curve concept in physics problem. *Physical Review Special Topics Physics Education Research*, 7, 010112.
- Nieminen, P., Savinainen, A., & Viiri, J. 2010. Force concept inventory-based multiple-choice test for investigating students' representational consistency. *Physical Review Special Topics Physics Education Research*, 6, 020109.
- Ogilvie, C. A. 2009. Changes in students' problem-solving strategies in a course that includes context-rich, multifaceted problems. *Physical Review Special Topics Physics Education Research*, 5, 020102.
- Oliveira, P. C. & Oliveira, C. G. 2013. Using conceptual questions to promote motivation and learning in physics lectures. *European Journal of Engineering Education*, 38 (4): 417-424.
- Prain, V., Tytler, R., & Peterson, S. 2009. Multiple representation in learning about evaporation. *International Journal of Science Education*, 31(6): 787- 808.
- Rosenblatt, R. & Heckler, A. F. 2011. Systematic study of student understanding of the relationships between the directions of force, velocity, and acceleration in one dimension. *Physical Review Special Topics Physics Education Research*, 7, 020112.
- Rosengrant, D., Heuvelen, A. V., & Etkina, E. 2005. do students use and understand free-body diagrams? *Physical Review Special Topics Physics Education Research*, 5, 010108.
- Ross, A., & Wilson, V. 2012. the effects of representations, constructivist approaches, and engagement on middle school students' algebraic procedure and conceptual understanding. *School Science and Mathematics Association*, 112:117-128.
- Ryan, Q. X., Frodermann, E., Heller, K., Hsu, L., & Mason, A. 2016. Computer problem-solving coaches for



- introductory physics: Design and usability studies. *Physical Review Special Topics Physics Education Research*, 12, 010105.
- Savinainen, A., Makynen, A., Nieminen, P., & Virri, J. 2012. An intervention using an interaction diagram for teaching newton's third law in upper secondary school. *Physics alive: proceedings GIREP_EPEC Conference 2011 August 1-5, 2011, Finland*, 123-128.
- Savinainen, A., Makynen, A., Nieminen, P., & Virri, J. 2013. Does using a visual representation tool foster student's ability to identify forces and construct free-body diagrams. *Physical Review Special Topics Physics Education Research*, 9, 010104.
- Sayre, E. C., Franklin, S. V., Dymek, S., Clark, J. & Sun, Y. 2012. Learning, retention, and forgetting of Newton's third law throughout university physics. *Physical Review Special Topics Physics Education Research*, 8, 010116.
- Serway, R. A. & Jewett, J. W. 2004. *Physics for Scientists and Engineers*. 6th Edition. Thomson Brooks/Cole.
- Singh, C. 2008. Assessing student expertise in introductory physics with isomorphic problems. II. Effect of some potential factors on problem solving and transfer. *Physical review special topics physics education research*, 4, 010105
- Sornkhatha, P. & Srisawasdi, N. 2013. Supporting conceptual development in newton's laws of motion using an interactive computer-simulated laboratory environment. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2010-2014.
- Suparno, P. 2013. *Miskonsepsi dan Perubahan Konsep Dalam Pendidikan Fisika*. Jakarta: PT. Grasindo.
- Sutopo & Waldrip, B. 2014. Impact of a representational approach on students' reasoning and conceptual understanding in learning mechanics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12:161-173.
- Taibu, R., Rudge, D., & Schuster, D. 2015. Textbook presentations of weight: Conceptual difficulties and language ambiguities. *Physical Review Special Topics Physics Education Research*, 11, 010117
- Waldrip, B., Prain, V., and Carolan, J. 2010. Using multi-modal representations to improve learning in junior secondary science. *Research in Science Education*, 40: 65–80.
- Yerushalmi, E., Cohen, E., Mason, A., & Singh, C. 2012. What do students do when asked to diagnose their mistakes? Does it help them? I. An typical quiz context. *Physical Review Special Topics Physics Education Research*, 8, 020109.