

# ***DEEP LEARNING QUESTION* UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP FISIKA**

Ismi Laili Afwa, Sutopo, Eny Latifah  
Pendidikan Fisika Pascasarjana-Universitas Negeri Malang  
Jalan Semarang 5 Malang. E-mail: lailiafwa@gmail.com

**Abstract:** Design and implementation of the program Deep Learning Question DLQs for kinematics has been done. The DLQs which is applied outside the classroom is necessary to facilitate student for comprehend the concept of kinematics and record the depth of the concept of long-term memory. DLQs programs created by adobe flash software. Data were collected from pre-post test in the form multiple choice questions along with the reason, which generate quantitative and qualitative data. The result of research DLQs programs enhance students conceptual understanding.

**Keywords:** conceptual understanding, kinematics, deep learning question programs

**Abstrak:** Telah dilakukan desain dan implementasi program Deep Learning Question DLQs untuk materi kinematika. DLQs yang diaplikasikan diluar kelas diperlukan untuk memfasilitasi mahasiswa dalam memahami konsep kinematika dengan baik dan merekamkan konsep tersebut secara mendalam pada memori jangka panjang. Program DLQs dikemas dengan bantuan *software Adobe Flash*. Data diambil dari *pre-post test* berupa soal pilihan ganda beserta alasannya, yang menghasilkan data kuantitatif dan kualitatif. Diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa penggunaan program DLQs dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa.

**Kata kunci:** pemahaman konsep, kinematika, program *deep learning question*

Permasalahan pembelajaran fisika yang banyak diangkat oleh para peneliti berkaitan dengan bagaimana siswa memahami konsep dan menerapkannya pada pemecahan masalah. Dua hal tersebut merupakan tujuan penting dalam pembelajaran fisika. Akan tetapi, ada berbagai macam tantangan untuk mewujudkan tujuan pembelajaran fisika tersebut. Salah satu tantangan untuk mencapai tujuan tersebut adalah bagaimana menciptakan perubahan konseptual (Disessa, 2006; Atasoy, 2009), yaitu memodifikasi pengetahuan awal siswa (yang seringkali tidak tepat) menjadi pengetahuan baru yang sesuai dengan pengetahuan ilmiah. Oleh karena itu, selama beberapa dekade terakhir, perubahan konseptual banyak mendapat perhatian para peneliti (Doktor & Mestre, 2014; Heron, 2015). Perubahan konseptual memerlukan pembelajaran yang memungkinkan siswa mengembangkan konsep-konsep baru dan memperbaiki cara berpikir sebelumnya (Arends, 2012; Atasoy, 2009; Frank, 2012; Treagust & Duit, 2008).

Sebagaimana diungkapkan di banyak literatur, ketika masuk kelas pada umumnya siswa telah memiliki pengetahuan salah yang dibangun sendiri sebagai akibat dari berinteraksi dengan alam (Suparno, 2013). Pengetahuan awal siswa seringkali tidak sesuai dengan pengetahuan ilmiah (Aufschnaiter & Rogge, 2010). Oleh karena itu, mengidentifikasi kesalahan pemahaman siswa merupakan langkah penting dalam pembelajaran perubahan konseptual (Eshach, 2014).

Penelitian lain menunjukkan bahwa siswa kesulitan dalam memecahkan masalah. Hammer (2000) menemukan bahwa kegagalan siswa dalam memecahkan persoalan seringkali lebih disebabkan karena kegagalan mengaktivasi pengetahuan yang relevan yang sebenarnya sudah mereka miliki; bukan karena mereka sama sekali tidak memiliki pengetahuan yang benar terkait persoalan yang dihadapi. Berdasarkan paparan tersebut penulis berpendapat bahwa pembelajaran fisika perlu diarahkan tidak saja untuk memfasilitasi mahasiswa memahami pengetahuan fisika secara benar, tetapi juga dapat mengaktivasi pengetahuan-pengetahuan itu secara cepat dan tepat ketika memecahkan persoalan fisika.

Selama dasawarsa terakhir, banyak peneliti yang mencurahkan perhatiannya pada pembelajaran mekanika. Agar berhasil memahami dengan baik ide-ide mekanika, siswa perlu memiliki pemahaman yang kokoh tentang konsep-konsep kinematika, seperti posisi, kecepatan, dan percepatan beserta keterkaitannya, baik secara kualitatif-konseptual maupun secara kuantitatif-operasional (Sutopo, 2012). Namun demikian, penelitian menunjukkan betapa sulitnya mengajarkan konsep-konsep tersebut sehingga siswa dapat menerapkannya pada pemecahan masalah. Kesulitan lain yakni saat menerapkan pada pemecahan masalah yang juga berkaitan dengan penggunaan representasi (Ibrahim & Robello, 2012; Govender, 2013; deCock, 2012; Springuel dkk., 2007; Sutopo dkk., 2011; Maries & Singh, 2013; Mason & Singh, 2016). Govender (2013) menemukan banyak mahasiswa yang mengalami kesulitan dalam menggunakan tanda (+/-) pada kecepatan dalam pemecahan masalah. deCock (2012) meneliti kesulitan siswa dalam menggunakan representasi verbal dan grafik pada topik kinematika. Springuel dkk. (2007) meneliti

kesulitan mahasiswa fisika dalam menggambarkan arah kecepatan dan percepatan pada gerak lurus horizontal yang dilanjutkan dengan gerak meluncur menuruni bidang miring. Rosenblatt and Heckler (2011) menemukan banyak siswa mengalami miskonsepsi tentang hubungan antara arah gaya resultan, kecepatan, dan percepatan.

Isu lain terkait dengan kesulitan siswa dalam memahami dan menguasai konsep ilmiah telah berkembang tiga macam kerangka teori (Docktor & Mestre, 2014), yang dijadikan acuan dalam pengembangan pembelajaran. *Pertama*, teori miskonsepsi yang menyatakan bahwa kesulitan siswa menguasai konsep ilmiah karena siswa telah memiliki miskonsepsi tentang konsep itu. *Kedua*, teori *resource* atau *knowledge in pieces*, yang menyatakan bahwa kesulitan siswa dalam menerapkan konsep untuk memecahkan masalah disebabkan oleh struktur pengetahuan siswa yang masih terpotong-potong, belum merupakan kesatuan yang terkoordinasi secara koheren. *Ketiga*, teori kategori ontologis yang menyatakan bahwa kesulitan siswa diakibatkan oleh kesalahan siswa dalam membuat kategori ontologis suatu konsep, misalnya percepatan yang seharusnya digolongkan sebagai vektor dipikirkan dan dioperasionalkan sebagai skalar. Berdasarkan penelitian para ahli itulah yang digunakan sebagai pijakan dalam mengembangkan alat bantu pendalaman materi.

Berdasarkan uraian di depan, untuk memfasilitasi siswa memahami konsep-konsep kinematika secara baik dan mampu memecahkan permasalahan fisika dalam berbagai konteks dan format representasi (Hedge & Meera, 2012; Kustus, 2016), diperlukan suatu alat bantu pendalaman materi yang berisi soal-soal pemahaman konsep disertai balikan (*feedback*) sesegera mungkin. Oliveira & Oliveira (2013) berpendapat penggunaan pertanyaan-pertanyaan konseptual dapat membantu siswa belajar dengan memverifikasi konsep yang dipahaminya. Pemberian balikan dapat meningkatkan motivasi belajar siswa serta membantu mereka belajar dari apa yang telah diketahui (Hamid, 2011; Irons, 2008). Butler & Roediger (2008) berpendapat bahwa pemberian balikan dapat meningkatkan efek positif dan mereduksi efek negatif dari latihan pemecahan masalah. Schroeder dkk. (2015), Fackhroenpol (2011) dan Adegoke (2011) berpendapat bahwa pemberian contoh soal dan penyelesaiannya dapat meningkatkan prestasi dan pemahaman konsep mahasiswa. Ogilve (2009) berpendapat bahwa pemberian program pendalaman di luar kelas beserta balikkannya dapat mengembangkan dan meningkatkan pemahaman konsep. Ryan dkk. (2016) berpendapat pemberian pelatihan soal pemecahan masalah dengan menggunakan bantuan komputer atau *computer problem solving coaches* beserta balikkannya dapat mengembangkan skill metakognitif pemecahan masalah mahasiswa yang dapat digunakan di luar kelas.

Program perlu memuat sebanyak mungkin soal beserta pembahasannya. Oleh karena itu, tidak mungkin program pendalaman diberikan secara keseluruhan di dalam kelas. Sebagai konsekuensinya, program perlu dikemas berbantuan komputer dan dapat digunakan secara mandiri. Oleh karena itu, beberapa tahun terakhir ini, pemanfaatan komputer yang digunakan dalam pembelajaran konseptual banyak mendapat perhatian para peneliti (Kopcha, 2008; Kyun, 2009; Adegoke, 2011; Schroeder dkk., 2015; Ryan dkk., 2016).

Program (alat bantu pendalaman materi) yang dikembangkan dinamai *Deep Learning Question* (DLQs) yang berarti program berisi soal-soal yang disertai balikan dan dimaksud untuk memfasilitasi mahasiswa merekam pengetahuan konseptualnya secara mendalam di dalam memori jangka panjangnya sehingga dapat cepat teraktivasi ketika diperlukan.

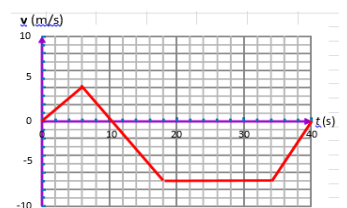
Karakteristik desain program dipaparkan sebagai berikut, soal dihadirkan dalam berbagai konteks dan format representasi. Segera setelah menjawab setiap soal, mahasiswa mendapatkan balikan atas pemikirannya, baik atas soal yang sudah dapat dijawab dengan benar maupun yang masih salah. Soal tes tambahan disajikan dalam bentuk program DLQs. Program DLQs bersifat sebagai layanan personal, yang diberikan kepada mahasiswa setelah dosen selesai memberikan perkuliahan pada materi kinematika. Program DLQs dikemas dengan bantuan *software Adobe Flash* secara *offline* sehingga dapat digunakan dengan mudah secara mandiri. Pada program diberikan fasilitas tombol kembali apabila jawaban yang dipilih oleh mahasiswa tidak tepat, sehingga sesaat setelah mahasiswa mengerti pada bagian konsep mana yang tidak tepat mereka dapat kembali memilih jawaban yang tepat. Balikan pada program DLQs dibuat dalam bentuk visual dan *audio-visual*.

Sebagai upaya penelusuran data, program dilengkapi dengan fasilitas untuk memantau bagaimana mahasiswa menggunakan program ini secara keseluruhan, atau dalam merespon setiap pertanyaan beserta balikkannya. Program *camtasia* dan/atau *logbook* yang berisi catatan penggunaan program DLQs digunakan untuk keperluan ini. Hasilnya kemudian dikembalikan pada dosen untuk dilihat catatan penggunaan tiap mahasiswa

Contoh isi program DLQs dan balikkannya tentang konsep posisi dengan jarak tempuh dan arah gerak benda dengan tanda pada percepatan dan kecepatan.

**Tabel 1. Contoh Soal Beserta Balikannya**

<b>Kemampuan</b>	
Menghitung perpindahan dalam selang waktu berdasarkan grafik hubungan kecepatan dan waktu yang diberikan atau ungkapan matematis dari $x(t)$ .	
<b>Contoh Soal</b>	Sebuah mobil bergerak lurus sepanjang sumbu $x$ . posisi $x$ pada sembarang waktu $t$ dinyatakan oleh fungsi $x(t) = 10 + 6t - t^2$ , $x$ dalam meter dan $t$ dalam sekon. Selama benda bergerak dari $t = 0$ s sampai $t$



= 5 s. Manakah pernyataan berikut yang benar?

- (A). Jarak yang ditempuh sejauh 15 m
- (B). Jarak yang ditempuh sejauh 13 m
- (C). Perpindahan mobil sebesar 15 m
- (D). A dan C benar

**Kunci** B

**Balikan**

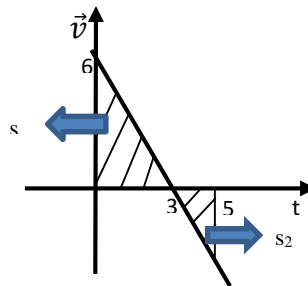
Balikan dari soal tersebut sebagai berikut. Balikan Untuk Yang Memilih Option A. Maaf, anda mengartikan  $x(t)$  sebagai jarak tempuh bukan sebagai posisi saat  $t$  tertentu dan merupakan besaran vektor. Jawaban anda adalah jarak yang ditempuh sejauh 15 m. Cek ulang pemahaman anda dengan mensubstitusi  $x(t)$  ke  $t = 5$  s sebagai berikut.

$$x(t) = 10 + 6t - t^2$$

$$x(5) = 10 + 6(5) - 5^2$$

$$x(5) = 15 \text{ m}$$

$x(5)$  mengartikan bahwa posisi mobil pada  $t = 5$  s adalah  $15 \text{ m}$ , bukan merupakan jarak yang ditempuh mobil dari  $t = 0$  s sampai  $t = 5$  s. Jarak tempuh dapat dihitung dengan menggambar dulu grafik hubungan  $\vec{v}$ - $t$ . Mengapa? Karena dengan grafik  $\vec{v}$ - $t$  dapat diketahui gerak benda mengalami perubahan arah.



Ingat bahwa jika benda pernah berubah arah maka  $\Delta x \neq s$  jika tidak maka  $|\Delta x| = s$ . Pada interval  $0 \leq t \leq 3$  mobil tidak berubah arah dengan  $s_1 = |\Delta x| = x_3 - x_0 = 9 \text{ m}$ ;  $3 \leq t \leq 5$  mobil telah berubah arah dengan  $s_2 = |\Delta x| = x_5 - x_3 = 4 \text{ m}$ . Jadi jarak yang ditempuh  $s = \Sigma s = s_1 + s_2 = 13 \text{ m}$ .

Balikan Untuk Yang Memilih Option B. SELAMAT, anda sudah dapat mengartikan  $x(t)$  sebagai jarak tempuh bukan sebagai posisi saat  $t$  tertentu dan merupakan besaran vektor.

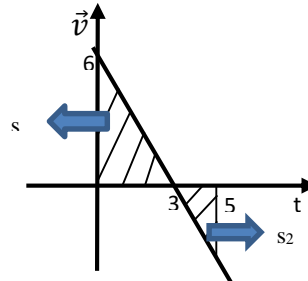
Balikan Untuk Yang Memilih Option C. Maaf, anda mengartikan  $x(t)$  sebagai perpindahan bukan sebagai posisi saat  $t$  tertentu dan merupakan besaran vektor. Jawaban anda adalah Perpindahan mobil sebesar 15 m. Cek ulang pemahaman anda dengan mensubstitusi  $x(t)$  ke  $t = 5$  s sebagai berikut.

$$x(t) = 10 + 6t - t^2$$

$$x(5) = 10 + 6(5) - 5^2$$

$$x(5) = 15 \text{ m}$$

$x(5)$  mengartikan bahwa posisi mobil pada  $t = 5 \text{ s}$  adalah  $15 \text{ m}$ , bukan merupakan perpindahan yang ditempuh mobil dari  $t = 0 \text{ s}$  sampai  $t = 5 \text{ s}$ .



Sedangkan perpindahan adalah posisi akhir dikurangi posisi awal.

$$\Delta x(0 \rightarrow 5) \equiv x(5) - x(0)$$

$$\Delta x(0 \rightarrow 5) \equiv 5 \text{ m}$$

Balikan Untuk Yang Memilih Option D. Maaf, anda mengartikan  $x(t)$  sebagai jarak tempuh dan perpindahan bukan sebagai posisi saat  $t$  tertentu dan merupakan besaran vektor. Cek kebenaran option A dan C. Jawaban anda adalah baik jarak yang ditempuh maupun perpindahan mobil sebesar  $15 \text{ m}$ . Cek ulang pemahaman anda dengan mensubstitusi  $x(t)$  ke  $t = 5 \text{ s}$  sebagai berikut

$$x(t) = 10 + 6t - t^2$$

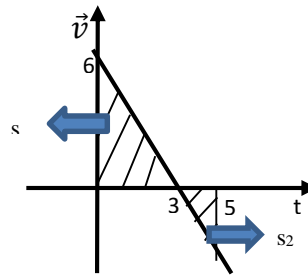
$$x(5) = 10 + 6(5) - 5^2$$

$$x(5) = 15 \text{ m}$$

$x(5)$  mengartikan bahwa posisi mobil pada  $t = 5 \text{ s}$  adalah  $15 \text{ m}$ , bukan merupakan jarak yang ditempuh mobil dari  $t = 0 \text{ s}$  sampai  $t = 5 \text{ s}$ . Jarak tempuh dapat dihitung dengan menggambar dulu grafik hubungan  $\vec{v}$ - $t$ .

Mengapa?

Karena dengan grafik  $\vec{v}$  - $t$  dapat diketahui gerak benda mengalami perubahan arah. Ingat bahwa jika benda pernah berubah arah maka  $\Delta x \neq s$  jika tidak maka  $|\Delta x| = s$ . Pada interval  $0 \leq t \leq 3$  mobil tidak berubah arah dengan  $s_1 = |\Delta x| = 9 \text{ m}$ ;  $3 \leq t \leq 5$  mobil telah berubah arah dengan  $s_2 = |\Delta x| = 4 \text{ m}$ , jadi  $s = s_1 + s_2 = 13 \text{ m}$ .



Sedangkan perpindahan adalah posisi akhir dikurangi posisi awal.

$$\Delta x(0 \rightarrow 5) \equiv x(5) - x(0)$$

$$\Delta x(0 \rightarrow 5) \equiv 5 \text{ m}$$

Soal tersebut memiliki tujuan untuk memperkuat dan mendalami pemahaman mahasiswa mengenai konsep  $x$  sebagai posisi dan  $s$  merupakan jarak. Selain itu, juga membantu mahasiswa dalam mendeskripsikan posisi dan jarak dari grafik yang disediakan.

Artikel ini dimaksudkan untuk membahas permasalahan pokok yang pertama sejauh mana paket program DLQs dalam meningkatkan penguasaan konsep kinematika 1D dan 2D pada mahasiswa pendidikan fisika? Pertanyaan penelitian yang ke dua soal-soal pembelajaran mana yang dapat membantu meningkatkan penguasaan konsep kinematika 1D dan 2D mahasiswa pendidikan fisika?

#### METODE

Penelitian ini dilakukan di Universitas Negeri Malang (UM). Subjek penelitian ada penelitian ini adalah mahasiswa S1 prodi pendidikan fisika, yang sedang menempuh matakuliah Fisika Dasar 1 pada materi kinematika. Jumlah total subjek penelitian sebanyak 35 mahasiswa yang terdiri atas 33 mahasiswa perempuan dan 2 mahasiswa laki-laki.

Sebelum mahasiswa mendapatkan program DLQs dilakukan tes awal kepada mahasiswa berupa soal-soal program DLQs. Pada proses pra intervensi tersebut dilakukan juga analisis silabus untuk mendapatkan konsep/prinsip fisika yang harus dikuasai, kajian materi, penyiapan pembuatan program pendalaman, kajian teori belajar, validasi soal oleh ahli. Hasil dari proses kualitatif awal digunakan untuk diinterpretasi dengan hasil penelitian kuantitatif. Analisis data diambil berdasarkan data skor tes dan alasan jawaban mahasiswa yang nantinya digunakan untuk melihat cara berpikirnya.

Data kemampuan konsep diperoleh melalui dua tes, yakni tes utama dan tes tambahan. Pada tes utama terdiri atas 16 soal berupa tes pilihan ganda. Soal tes utama ini telah dikembangkan oleh dosen matakuliah Fisika Dasar I yang telah diberikan pada peserta kuliah semester pertama selama beberapa tahun terakhir, sedangkan soal tes tambahan terdiri atas 24 soal pilihan ganda beserta balikkannya. Soal tes tambahan pembuatannya diinspirasi dari soal-soal berbagai buku penunjang pada matakuliah Fisika Dasar I (Serway & Jewett, 2014; Zitzewitz dkk, 2005), *Force Concept Inventory* (FCI), (Hestenes, et al., 1992), soal gerak dan posisi (Keeley & Harrington, 2010) dan soal yang telah digunakan oleh Sutopo & Waldrip (2014). Soal tes tambahan dikembangkan berdasarkan tujuan penguatan pemahaman konsep. Berikut disajikan tujuan penguatan pemahaman konsep yang ada pada program DLQs.

**Tabel 2. Kemampuan yang dikembangkan dan Butir Soal Latihan**

No	Kemampuan	Soal No
1	Menentukan kecepatan dan percepatan berdasarkan diagram gerak yang diberikan.	9, 13, 15 dan 16
2	Menghitung perpindahan dalam selang waktu berdasarkan grafik hubungan kecepatan dan waktu yang diberikan atau ungkapan matematis dari $x(t)$ .	2, 3, 4 dan 7
3	Mendeskripsikan gerak 1D berdasarkan grafik hubungan kecepatan terhadap waktu yang diberikan dan atau ungkapan matematis dari $x(t)$ khususnya pada interval waktu dimana gerak benda merubah arahnya.	5 dan 6

4	Memilih grafik yang sesuai kecepatan dan atau percepatan terhadap waktu berdasarkan diagram gerak yang diberikan dan atau deskripsi verbal dari gerak benda.	1, 8, 10 dan 14
5	Mengaplikasikan rumus $\vec{a} = \vec{a}_{\perp\vec{v}} + \vec{a}_{\parallel\vec{v}}$ untuk menganalisis percepatan suatu benda yang bergerak pada lintasan yang terdiri dari dua bagian dari lingkaran vertikal yang dihubungkan oleh dua sisi miring.	21, 22, 23 dan 24
6	Menentukan $\vec{a}$ dan $\vec{v}$ dari diagram gerak parabola.	11, 12, 19 dan 20
7	Menganalisis dan merepresentasikan gerak relatif terkait dengan kecepatan dan perpindahan.	17 dan 18

## HASIL

### Dampak Program Pada Peningkatan Penguasaan Konsep Mahasiswa Pendidikan Fisika

Untuk melihat perubahan skor, pertama dilihat perubahan skor seluruh mahasiswa dari *pre-post test* baik untuk tes utama maupun tes tambahan. Kemudian dilihat perubahan cara siswa mengerjakan soal.

**Tabel 3. Statistik Deskriptif Skor Pre-Post Test Utama dan Tambahan**

	<i>Pretest</i> Utama	<i>Posttest</i> Utama	<i>Pretest</i> Tambahan	<i>Posttest</i> Tambahan
<b>Jumlah Data (N)</b>	35	35	35	35
<b>Rata-rata ; (SD)</b>	6,97 ; 2,69	9,51 ; 2,71	7,62; 3,05	22,54 ; 2,36
<b>Skor Terendah</b>	3	4	3	15
<b>Skor Tertinggi</b>	12	16	13	24
<b>Skewness</b>	0,494	0,283	0,577	-2,981

Dari data tabel tersebut hasil perhitungan statistik didapatkan nilai *Skewness* pre-post test utama (0,494; 0,283), nilai tersebut data interval antara -1 dan 1 yang menunjukkan bahwa data terdistribusi normal (Morgan, dkk, 2004). Data tes terdistribusi normal maka statistik selanjutnya dapat menggunakan uji *paired t-test*. Hasil uji *paired t-test* diperoleh ( $t = 4,93$ ) dengan ( $p = 0,00$ ) nilai signifikansi hasil uji kurang dari 0,05 maka dapat data dapat disimpulkan bahwa data skor *pre-post test* berbeda secara signifikan. Berdasarkan skor *pre-post test* diperoleh *N-Gain* sebesar 0,29. Sementara itu, untuk melihat seberapa kuat peningkatan pemahaman konsep, perlu dihitung *effect size*. Hasil perhitungannya didapatkan *effect size* sebesar 0,86 yang termasuk kriteria *large* (Leech, dkk, 2005: 56).

Dari data tabel tersebut hasil perhitungan statistik didapatkan nilai *Skewness pre-post test* tambahan (0,577; -2,981) nilai tersebut kurang dari -1 dan kurang dari 1 yang menunjukkan bahwa data tidak normal (Leech dkk, 2005). Data tidak berdistribusi normal maka uji statistik yang digunakan uji *two related samples non-parametric test*. Dari data tabel 4.3 tersebut hasil perhitungan statistik uji *two related samples non-parametric test* diperoleh ( $p = 0,00$ ) nilai signifikansi hasil uji kurang dari 0,05 maka dapat data dapat disimpulkan bahwa data skor pre-post test berbeda secara signifikan. Hasil perhitungan statistik dari skor *pre-post test* didapatkan *effect size* sebesar 5,47 yang termasuk kriteria *very large* (Leech dkk, 2005: 56). Sedangkan peningkatan dari pretes ke postes diperoleh *N-Gain* sebesar 0,91 yang termasuk dalam kategori tinggi. Jadi dari hasil uji statistik yang telah dipaparkan dapat disimpulkan bahwa program membantu mahasiswa dalam meningkatkan pemahamannya.

Penguasaan konsep mahasiswa yang paling meningkat dari 5 tema yang diujikan ada 3 tema. Diantaranya pada tema 1, tema 2 dan tema 4. Pada tema 5 meningkat tetapi hanya ada 1 no yang tidak meningkat cenderung menurun yakni pada soal no. 16. Soal-soal pada tema tersebut diwakili oleh no. 2 untuk tema 1, no 3 untuk tema 2 dan no 14 untuk tema 4. Distribusi jawaban mahasiswa dapat dilihat pada grafik dan tabel berikut.

**Tabel 4. Crosstabulation Jawaban Mahasiswa Pre-post Test Soal No. 2**

		Post-Test				
		A	B	D*	Total	
Pre-Test	A	Total	1	1	3	5
	B	Total	0	0	10	10
	D*	Total	2	1	15	18
	E	Total	0	0	2	2
	Total	Total	3	2	30	35

**Tabel 5. Jawaban Pretes Mahasiswa Soal No. 2**

Pilihan Jawaban	Cara	Jumlah Mahasiswa
n	a	
A	<ul style="list-style-type: none"> <li>Karena jarak balok <math>a &lt; b</math> maka dapat disimpulkan bahwa percepatan <math>a &gt; b</math>.</li> </ul>	5
B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menggunakan rumus <math>\vec{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}</math> dan <math>\vec{v} = \frac{dx}{dt}</math>, karena besar percepatan sebanding dengan besar kecepatan. Jadi semakin besar perpindahan posisi, maka percepatannya juga semakin besar.</li> </ul>	10
D*	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menggunakan konsep GLB untuk menentukan percepatan balok, karena kecepatan balok tetap maka percepatannya nol.</li> </ul>	18
E	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tidak ada alasan.</li> </ul>	2

Keterangan: \* = Jawaban benar

**Tabel 6. Jawaban Postes Mahasiswa Soal No. 2**

Pilihan Jawaban	Cara	Jumlah Mahasiswa
A	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melihat pada <math>t=0</math> s balok A sudah bergerak terlebih dahulu sehingga balok <math>a &gt; b</math></li> </ul>	3
B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melihat jarak balok <math>a &lt; b</math> maka dapat disimpulkan bahwa percepatan <math>a &lt; b</math>.</li> </ul>	2
D*	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menggunakan konsep GLB untuk menentukan percepatan balok, Karena Kecepatan balok tetap maka percepatannya nol, perubahan posisi tiap satu satuan waktunya sama.</li> </ul>	30

Keterangan: \* = Jawaban benar

**Tabel 7. Crosstabulation Jawaban Mahasiswa Pre-post Test Soal No. 3**

		Post-Test				
		B*	D	E	Total	
Pre	A	Total	11	1	0	12
	B*	Total	9	0	0	9

C	Total	1	1	0	2
D	Total	3	1	1	5
E	Total	7	0	0	7
Total	Total	31	3	1	35

Keterangan: \* = Jawaban benar

**Tabel 8. Jawaban Pretes Mahasiswa Soal No. 3**

Pilihan Jawaban	Cara	Jumlah Mahasiswa
A	• Melihat pada $t = 10s$ benda berhenti maka posisinya $0$ m/s.	12
B*	• Menggunakan penjumlahan Luas bidang grafik.	9
C	• Melihat pada grafik angka $10$ merupakan angka yang menunjukkan posisi akhir benda.	2
D	• Menggunakan penjumlahan Luas bidang grafik tetapi salah dalam menggunakan tanda.	5
E	• Tidak dapat merepresentasi posisi benda berdasarkan grafik yang disediakan.	7

Keterangan: \* = Jawaban benar

**Tabel 9. Jawaban Postes Mahasiswa Soal No. 3**

Pilihan Jawaban	Cara	Jumlah Mahasiswa
B*	• Menggunakan rumus Luas permukaan bidang ditambah dengan posisi awal benda.	31
D	• Menggunakan rumus Luas permukaan bidang tetapi tidak dijumlahkan dengan posisi awal benda.	3
E	• Tidak dapat membaca grafik kecepatan terhadap waktu.	1

Keterangan: \* = Jawaban benar

**Tabel 10. Crosstabulation Jawaban Mahasiswa Pre-post Test Soal No. 12**

		Post-Test					
		A	B*	C	D	Total	
Pre-Test	A	Total	1	5	0	0	6
	B*	Total	0	20	2	1	23
	C	Total	0	2	0	1	3
	D	Total	0	2	0	0	2
	E	Total	0	0	0	1	1
	Total	Total	1	29	2	3	35

Keterangan: \* = Jawaban benar



**Tabel 11. Jawaban Pretes Mahasiswa Soal No. 12**

Pilihan Jawaban	Cara	Jumlah Mahasiswa
A	• Melihat perubahan posisi terhadap waktu dari diagram gerak (dipercepat konstan diperlambat), tetapi tidak memerhatikan titik acuan pertama benda bergerak dari informasi yang telah disediakan pada soal.	6
B*	• Melihat perubahan posisi terhadap waktu pada diagram gerak (dipercepat konstan diperlambat).	23
C	• Melihat perubahan posisi terhadap waktu pada diagram gerak (dipercepat konstan diperlambat) tetapi tidak dapat merepresentasikan gerak saat diperlambat.	3
D	• Melihat perubahan posisi terhadap waktu pada diagram gerak (dipercepat konstan diperlambat) tetapi tidak dapat merepresentasikan gerak saat diperlambat dan konstan.	2
E	• Melihat perubahan posisi terhadap waktu pada diagram gerak (dipercepat konstan diperlambat) tetapi tidak dapat merepresentasikan gerak saat kecepatannya konstan.	1

NB: Tanda \* merupakan kunci jawaban

**Tabel 12. Jawaban Postes Mahasiswa Soal No. 12**

Pilihan Jawaban	Cara	Jumlah Mahasiswa
A	• Melihat perubahan posisi terhadap waktu dari diagram gerak (dipercepat konstan diperlambat), tetapi tidak memerhatikan titik acuan pertama benda bergerak dari informasi yang telah disediakan pada soal.	1
B*	• Melihat perubahan posisi terhadap waktu pada diagram gerak (dipercepat konstan diperlambat).	29
C	• Melihat perubahan posisi terhadap waktu pada diagram gerak (dipercepat konstan diperlambat) tetapi tidak dapat merepresentasikan gerak saat diperlambat.	2

D	• Melihat perubahan posisi terhadap waktu pada diagram gerak (dipercepat konstan diperlambat) tetapi tidak dapat merepresentasikan gerak saat diperlambat dan konstan.	3
---	--	---

NB: Tanda \* merupakan kunci jawaban

**Tabel 13. Crosstabulation Jawaban Mahasiswa Pre-post Test Soal No. 16**

		Post-Test					
		C	D	E*	F	Total	
Pre-Test	A	Total	0	2	0	0	2
	B	Total	1	2	0	2	5
	D	Total	0	6	1	5	12
	E*	Total	0	8	3	4	15
	Total	Total	1	18	4	11	34

Keterangan: \* = Jawaban benar

**Tabel 14. Jawaban Pretes Mahasiswa Soal No. 16**

Pilihan Jawaban	Cara	Jumlah Mahasiswa
A	• Melihat pada posisi tersebut benda bergerak diperlambat sehingga percepatan berlawanan arah dengan kecepatan dan juga salah dalam menggambar resultan dari $a_s$ dan $a_t$ .	2
B	• Melihat karena dipercepat, tetapi alah dalam menggambar resultan dari $a_s$ dan $a_t$ dan pada posisi 2 kecepataannya lebih besar dari pada posisi 1.	5
D	• Melihat pada posisi 2 benda bergerak dipercepat maka $a_t$ searah dengan v.	12
E*	• Melihat pada posisi 2 benda bergerak dipercepat maka $a_t$ searah dengan v dan $= a_s + a_t$ .	15

Keterangan: \* = Jawaban benar

**Tabel 15. Jawaban Postes Mahasiswa Soal No. 16**

Pilihan Jawaban	Alasan Jawaban	Jumlah Mahasiswa
C	• Melihat pada posisi 2 benda bergerak dipercepat maka $a_t$ searah dengan v.	1
D	• Melihat pada posisi 2 benda bergerak dipercepat maka $a_t$ searah dengan v dan $a = a_s + a_t$ tetapi tidak memahami $a_t =$	18

	perubahan kelajuan terhadap waktu disemua titik tetap.	
E*	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melihat pada posisi 2 benda bergerak dipercepat maka <math>a_t</math> searah dengan <math>v</math> dan <math>a = a_s + a_t</math> dan <math>a_s</math> berperan untuk memperbesar atau memperkecil <math>v</math>.</li> </ul>	5
F	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melihat pada titik c hanya ada <math>a_s</math>.</li> </ul>	11

Keterangan: \* = Jawaban benar

### PEMBAHASAN

Perubahan jawaban mahasiswa dari pretes ke postes dapat dilihat pada tabel 3. Deskripsi tabel 3 mengenai perubahan jawaban mahasiswa sebagai berikut. Terdapat 1 mahasiswa yang konsisten salah dengan tetap memilih jawaban A baik pada pretes maupun postes mereka menyimpulkan karena jarak balok  $a < b$  maka dapat disimpulkan bahwa percepatan  $a > b$  dan juga karena melihat pada  $t = 0$  s balok A sudah bergerak terlebih dahulu sehingga balok  $a > b$ . Terdapat 1 mahasiswa yang pada pretes menjawab A dan berubah menjadi B mereka melihat jarak balok  $a < b$  maka dapat disimpulkan bahwa percepatan  $a < b$  pada postes. Selain itu, juga terdapat 1 mahasiswa yang juga malah menjadi salah dalam menjawab, terdapat 2 mahasiswa yang pada pretes memilih jawaban D kemudian pada postes memilih A mereka melihat pada  $t=0$  s balok A sudah bergerak terlebih dahulu sehingga balok  $a > b$ . Pada pretes mahasiswa tersebut telah memilih option D tetapi pada postes memilih B mereka melihat jarak balok  $a < b$  maka dapat disimpulkan bahwa percepatan  $a < b$ . Hal tersebut menunjukkan bahwa mahasiswa tersebut belum memahami konsep dasar pada tema ini.

Terdapat 3 mahasiswa (8.6%) pada pretes memilih option A mereka melihat jarak balok  $a < b$  maka dapat disimpulkan bahwa percepatan  $a < b$  dan pada postes memilih jawaban D menggunakan konsep GLB untuk menentukan percepatan balok, Karena Kecepatan balok tetap maka percepatannya nol, perubahan posisi tiap satu satuan waktunya sama. Pada baris berikutnya 10 mahasiswa (28.6%) pada pretes yang memilih jawaban B mereka menggunakan rumus  $\vec{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  dan  $\vec{v} = \frac{dx}{dt}$ , karena besar percepatan sebanding dengan besar kecepatan, jadi semakin besar perpindahan posisi, maka percepatannya juga semakin besar, pada postes semua mahasiswa tersebut berubah memilih jawaban D. Selain itu, terdapat 2 mahasiswa pada pretes yang memilih option E mereka tidak memberikan alasannya mengapa memilih option tersebut pada postes memilih option D. Terdapat juga 15 mahasiswa (42.9%) pada pretes telah menjawab option yang benar dan pada postes tetap menjawab option D, mahasiswa tersebut konsisten terhadap konsep yang benar. Jadi dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa program DLQs dapat membantu mahasiswa dalam memahami konsep hal ini dapat dilihat prosentase peningkatan dari 18 mahasiswa 51.4% menjadi 30 mahasiswa 85.7%.

Pada postes hanya terdapat 5 mahasiswa yang masih tidak dapat merepresentasikan gerak terkait dengan percepatan. Pada program DLQs sudah terdapat soal serupa, tetapi masih terdapat beberapa mahasiswa yang tidak dapat memahami konsep  $a$ . Dari tabel 4.9 kelima mahasiswa tersebut masih tidak memahami konsep kecepatan merupakan perubahan posisi tiap satu satuan waktu. Perlu penambahan informasi apabila benda memiliki kecepatan yang berubah ubah secara konstan maka percepatan benda tetap, tidak hanya menampilkan rumus sebagai berikut saja.

$$\vec{v}(t) = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Pada soal no. 3 ini banyak mahasiswa yang menjawab benar setelah belajar menggunakan program DLQs. Kenaikan jumlah mahasiswa setelah menggunakan program DLQs sebanyak 22 mahasiswa dari 9 mahasiswa menjadi 31 mahasiswa. Balikan dari jawaban pada program DLQs seperti soal yang setipe dengan soal no. 3 ini dianggap telah dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa mengenai representasi posisi. Tetapi perlu memperbaiki informasi deskripsi gambar grafik pada balikan. Seperti yang telah disarankan deBoer, dkk (2014) untuk membantu memperbaiki pemahaman awal siswa yang salah kualitas video harus bagus. Gambar grafik tidak terlihat dengan jelas, tetapi mahasiswa terbantu dengan audio yang diberikan. Seperti ada penelitian yang telah dilakukan Maries dan Singh (2013) menyarankan pentingnya penggunaan representasi grafik untuk mempermudah mahasiswa dalam memahami konsep kinematika.

Perubahan jawaban mahasiswa dari pretes ke postes dapat dilihat pada tabel 6 deskripsinya sebagai berikut. Pada tabel tersebut jawaban yang benar adalah B. Terdapat 1 mahasiswa yang mulanya menjawab option A mereka melihat pada  $t = 10$ s benda berhenti maka posisinya 0 m/s, kemudian pada postes berubah menjawab D dengan menggunakan rumus Luas permukaan bidang tetapi tidak dijumlahkan dengan posisi awal benda. Hanya terdapat 1 mahasiswa yang pada saat pretes menjawab option C mereka melihat pada grafik angka 10 merupakan angka yang menunjukkan posisi akhir benda, kemudian berubah menjadi option D dengan menggunakan rumus Luas permukaan bidang tetapi tidak dijumlahkan dengan posisi awal

benda. Terdapat 1 mahasiswa yang menjawab D pada pretes kemudian mahasiswa tersebut menjawab E mereka cenderung tidak dapat membaca grafik kecepatan terhadap waktu pada postes. Selain itu, terdapat juga seorang mahasiswa yang baik pada pretes maupun postes tetap menjawab D konsisten salah memahami konsep. Hal ini disimpulkan bahwa mahasiswa tersebut memiliki pemahaman yang tidak berubah menjadi pemahaman konsep yang benar.

Akan tetapi, disisi lain terdapat 11 mahasiswa (31.4%) yang pada mulanya menjawab A mereka melihat pada  $t = 10s$  benda berhenti maka posisinya 0 m/s kemudian pada postes menjawab B mereka menggunakan rumus Luas permukaan bidang ditambah dengan posisi awal benda. Baik pada pretes maupun postes terdapat 9 mahasiswa (25.7%) tetap menjawab option B. Hal ini menunjukkan mahasiswa tersebut konsisten benar pemahaman konsepnya. Selain itu, terdapat 1 mahasiswa (2.9%) yang pada pretes menjawab C mereka melihat pada grafik angka 10 merupakan angka yang menunjukkan posisi akhir benda dan pada postes berubah menjawab B. Terdapat 1 mahasiswa (2.9%) pada awalnya menjawab option D dengan menggunakan penjumlahan Luas bidang grafik tetapi salah dalam menggunakan tanda kemudian pada postes menjawab E. Terdapat 7 mahasiswa pada pretes menjawab option E mereka tidak dapat merepresentasi posisi benda berdasarkan grafik yang disediakan, kemudian pada postes semua berubah menjadi B. Dari deskripsi tabel 4.11 dapat disimpulkan bahwa program DLQs membantu meningkatkan pemahaman mahasiswa hal ini juga dapat dilihat dari peningkatan pretes sebesar 25.7% menjadi 88.6%.

Dari tabel 9 dapat dilihat terdapat 5 mahasiswa yang masih salah menjawab soal, perubahan jawaban diuraikan sebagai berikut. Hanya ada 1 mahasiswa baik pretes maupun postes tetap menjawab A, mahasiswa tersebut melihat perubahan posisi terhadap waktu dari diagram gerak (dipercepat konstan diperlambat), tetapi tidak memerhatikan titik acuan pertama benda bergerak dari informasi yang telah disediakan pada soal. Terdapat 2 mahasiswa pada pretes menjawab B mereka melihat perubahan posisi terhadap waktu pada diagram gerak (dipercepat konstan diperlambat), berubah menjadi C melihat perubahan posisi terhadap waktu pada diagram gerak (dipercepat konstan diperlambat) tetapi tidak dapat merepresentasikan gerak saat diperlambat. Hanya terdapat 1 mahasiswa pada pretes menjawab B mereka melihat perubahan posisi terhadap waktu pada diagram gerak (dipercepat konstan diperlambat), berubah menjadi D mahasiswa tersebut melihat perubahan posisi terhadap waktu pada diagram gerak (dipercepat konstan diperlambat) tetapi tidak dapat merepresentasikan gerak saat diperlambat dan konstan. Ada 1 mahasiswa pada pretes menjawab E mahasiswa tersebut Melihat perubahan posisi terhadap waktu pada diagram gerak (dipercepat konstan diperlambat), tetapi tidak dapat merepresentasikan gerak saat kecepatannya konstan, berubah menjadi D.

Akan tetapi, dari 35 mahasiswa terdapat 20 mahasiswa yang konsisten benar, yakni baik pada pretes maupun postes menjawab B mereka melihat perubahan posisi terhadap waktu pada diagram gerak (dipercepat konstan diperlambat). Terdapat dua mahasiswa yang semula menjawab D mereka melihat perubahan posisi terhadap waktu pada diagram gerak (dipercepat konstan diperlambat) tetapi tidak dapat merepresentasikan gerak saat diperlambat dan konstan, kemudian pada postes menjawab B. Pada postes ini tidak ada mahasiswa yang menjawab option E. Dari penjelasan deskripsi tabel 4.20 dapat disimpulkan program dapat membantu menguatkan konsep mahasiswa pada representasi grafik. Hal ini dibuktikan pada tabel terlihat ada peningkatan prosentase yang semula 23 mahasiswa 65.7% menjadi 29 mahasiswa 82.9%.

Soal no. 16 ini paling rendah skor nya dari soal yang lain banyak mahasiswa yang tidak memahami konsep percepatan sentripetal. Minimnya informasi mengenai konsep percepatan sentripetal sehingga program tidak membantu peningkatan pemahaman mahasiswa. Berikut merupakan statistik perubahan cara menjawab mahasiswa.

Soal no. 16 ini sangat tidak banyak membantu dalam memahami konsep percepatan pada tabel 4.44 ditunjukkan hanya ada 5 mahasiswa yang menjawab benar. Pada dasarnya mahasiswa telah memahami bahwa percepatan merupakan resultan dari  $a_s$  dan  $a_t$  selain itu juga telah memahami bagaimana menggambarinya. Hal ini terlihat terdapat 18 mahasiswa yang memilih option D, akan tetapi memang mereka belum memahami benar peran  $a_s$  terhadap  $v$ .  $a_s$  berubah karena  $v$  berubah.  $a_s$  berperan untuk memperbesar atau memperkecil  $v$ . Sedangkan  $a_t =$  Perubahan kelajuan terhadap waktu disemua titik tetap.

Perubahan jawaban mahasiswa dapat dilihat dari tabel 4.42 terjadi penurunan prosentase jawaban yang sangat drastis. Dari 15 mahasiswa 42% yang mulanya menjawab benar menjadi 5 mahasiswa 14% yang menjawab benar. Pada tabel 4.42 terlihat total mahasiswa hanya 34 mahasiswa hal ini dikarenakan terdapat 1 mahasiswa yang tidak menjawab pada soal pretes.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian, dapat disimpulkan bahwa program pemberian soal beserta balikkannya yang diberikan di luar jam perkuliahan dapat meningkatkan pemahaman konsep kinematika mahasiswa. Soal-soal di dalam program disajikan dalam berbagai konteks dan format representasi. Isi dari balikan dikembangkan berdasarkan *option* jawaban yang dipilih mahasiswa. Setiap option jawaban dirancang berdasarkan pemikiran alternatif yang sangat mungkin dimiliki mahasiswa. Isi dari balikan program DLQs berupa penjelasan rinci yang dapat digunakan sebagai bahan belajar tambahan diluar perkuliahan.

Penguasaan konsep mahasiswa meningkat rendah dengan  $N$ -gain sebesar 0.29 pada tes utama dan  $N$ -gain sebesar 0,91 pada tes tambahan kategori meningkat kuat. Tema soal yang paling meningkat adalah tema 1 tentang menentukan kecepatan dan percepatan berdasarkan diagram gerak yang diberikan yang diwakili oleh soal no. 1 dan no. 2. Tema 2 tentang menghitung perpindahan dalam selang waktu berdasarkan grafik hubungan kecepatan dan waktu yang diberikan atau ungkapan matematis

dari  $x(t)$  yang diwakili soal no. 3. Tema 4 tentang memilih grafik yang sesuai kecepatan dan atau percepatan terhadap waktu berdasarkan diagram gerak yang diberikan dan atau deskripsi verbal dari gerak benda, yang diwakili soal no. 12.

Secara keseluruhan jumlah mahasiswa yang menjawab dengan benar lebih dari 30 mahasiswa. Soal-soal yang berada pada kategori lemah masih perlu adanya banyak perbaikan pada balikan program DLQs nya. Terdapat beberapa balikan soal yang isinya belum dapat menguatkan konsep yang diinginkan. Pada tema 5 meningkat tetapi hanya ada 1 no yang tidak meningkat cenderung menurun, yakni pada soal no. 16. Pada soal no 16 isi balikan program DLQs hanya menjelaskan arah percepatan sesaat belum menguatkan konsep percepatan sentripetal yang berperan memperbesar atau memperkecil kecepatan  $v$ . Apabila  $v$  meningkat maka percepatan sentripetal juga meningkat.

Berdasarkan hasil observasi kualitatif, soal-soal meningkat tajam, pemahaman secara pola isi balikan perlu diterapkan juga pada soal yang kemampuan meningkatkannya cukup dan tidak meningkat. Pola isi balikan soal yang baik tidak hanya menunjukkan bahwa *option* yang dijawab salah, tetapi juga menunjukkan pada bagian mana yang salah. Terdapat beberapa soal yang diperbaiki, seperti penambahan informasi gambar atau grafik untuk mempermudah mahasiswa dalam memahami dan mengerjakan soal.

### Saran

Berdasarkan temuan yang telah dibahas, hendaknya benar-benar memerhatikan solusi jawaban yang merupakan balikan atas soal apakah telah sesuai dalam membantu mahasiswa menguatkan konsep ataukah belum. Seperti pada soal no. 16 yang tidak sukses dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa. Perlu menambah jumlah soal latihan sehingga dapat lebih memperkuat konsep dan memperkaya wawasan mengenai representasi dari kecepatan dan percepatan baik 1D maupun 2D.

Program DLQs hanya terdiri atas 24 soal. Perlumemperkaya jumlah dan variasi jenis soal sehingga mahasiswa mendapat banyak latihan pendalaman materi di luar kelas. Seperti pada soal no. 2, soal tersebut serupa dengan soal pada tes utama, bedanya adalah soal tes utama berkaitan dengan kecepatan, sedangkan soal pada program DLQs tentang percepatan. Perlu adanya tambahan soal yang serupa sehingga mahasiswa terlatih dalam mentransformasikan ilmunya.

### DAFTAR RUJUKAN

- Adegoke, B.A. 2011. Effect of Multimedia Instruction On Senior Secondary School Students' Achievement In Physics. *European Journal of Educational*. 3 (3): 537—550.
- Arends, R. I. 2012. *Learning to Teach*: 9th edition. New York: McGraw-Hill.
- Atasoy, B. 2009. The Effect of a Conceptual Change Approach on Understanding of Sudentns' Chemical Equilibrium Concept. *Journal Research and Science & Technological Education*. 27: 267—282.
- Aufschnaiter, C. & Rogge C. 2010. Misconceptions or Missing Conception?. *Eurasian Journal of Mathematics, Science, & Technology Education*. 6 (1): 3—18.
- Butler, A.C., & Roediger, H.L. 2008. Feedback enhances the positive effects and reduces the negative effects of multiple-choice testing. *Journal of Science Education and Technology*. 36(3): 604—616.
- deBoer, J. Kommers, Piet A.M, deBrock, Bert, & Tolboom, Jos. 2014. The influence of prior knowledge and viewing repertoire on learning from video. *Journals Education and Information Technologies*, pp1—17.
- deCock, M. 2012. Representation Use and Strategy Choice in Physics Problem Solving. *Physical Review Special Topic – Physics Education Research*, 8, 020117.
- Disessa, A.A., & Sherin, B. L. 2006. What changes in conceptual change? *International Journal of Science Education*. 20 (10): 1155—1191.
- Docktor, J.L. & Mestre, J.P. 2014. Synthesis of discipline-based education research in physics. *Physical Review Special Topic - Physics Education Research*, 10, 020119.
- Eshach, H. 2014. Development of a Student-Centered Instrument to Assess Middle School Students' Conceptual Understanding of Sound. *Physical Review Special Topic - Physics Education Research*, 10, 010102.
- Fakcharoenphol, Witat., Potter Eric., & Stelzer.2011. What Student Learn When Studying Physics Practice Exam Poblems. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research.*, 7, 010107.
- Frank, W. 2012. Interactional Processes for Stabilizing Conceptual Coherences in Physics. *Physical Review Special Topic – Physics Education Research.*, 8, 020101.
- Govender, N. 2013. Physics Student Teachers Mix Of Understandings Of Algebraic Sign Convention In Vector Kinematics: A Phenomenographic Perspective. *African Journal of Research in SMT Education*. 11(1): 61—73.
- Hamid, M.S. 2011. Standar Mutu Penilaian dalam Kelas. Yogyakarta: Diva Press.
- Hammer, D. 2000. Students resource for learning introductory physics. *American Journal of Physics, Physics Education Research Supplement*, 68 (S1), S52—S59
- Hedge, B., & Meera, B. N. 2012. How do they solve it? An Insight into the Learner's Approach to the Mechanism of Physics Problem Solving. *Physical Review Special Topic - Physics Education Research.*, 8, 010102.
- 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., & Swackhamer, G. 1992. Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*. 30, 141—151.

- Ibrahim, B. & Robello, N. S. 2012. Representational Task Format and Problem Solving Strategies in Kinematics and Work. *Physical Review Special Topic - Physics Education Research.*, 8, 010126.
- Irons, A. 2008. *Enhancing Learning Through Formative Assessment and Feedback*. New York: Taylor & Francase e-Library.
- Kapon, S., Ganiel, U., & Eylon, B.S. 2011. Utilizing Public Scientific Web to Teach Contemporary Physics at the High School Level: a Case Study of Learning. *Physical Review Special Topic - Physics Education Research.*, 7, 020108.
- Keeley, P. & Harrington, R. 2010. *Uncovering Student Ideas in Physical Science-45 New Fore and Motion Assessment Probes*. Vol. 1. NSTA Press.
- Kopcha, Theodore J & Sullivan, Howard. 2008. Learner Preferences and Prior Knowledge in Learner-Controlled Computer-Based Instruction. *Journal of Science Education and Technology Research*. 56: 265—286.
- Kustus, Mary Bridget. 2016. Assessing the Impact of Representational and Contextual Problem Features on Student Use of Right-Hand Rules. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research.*, 12, 010102.
- Leech, N. L., Barrett, K.C., & Morgan, G. A. 2005. *SPSS for Intermediete Statistic: Use and Interpretation 2<sup>nd</sup> Edition*. New Jersey: LEA Publishers.
- Mason, A & Singh, Chandralekha. 2016. Using Categorization of Problems as an Instructional Tool to Help Introductory Students Learn Physics. *Physics Education Research.*, 51, 025009.
- Maries, A. & Singh, C. (2013). Exploring One Aspect of Pedagogical Content Knowledge of Teaching Assisstants Using The Test of Understanding Graphs in Kinematics. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research.*, 9, 020120.
- Morgan, George A., Leech, Nancy L., & Gloeckner, Gene W. 2004. *SPSS For Introductory Statistics Use and Interpretation*. New Jersey: LEA Publishers.
- Ogilve, 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. & Oloveira, C. G. 2013. Using Conceptual Questions to Promote Motivation and Learning in Physics Lectures. *European Journal of Engineering Education*.
- 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 Topic - Physics Education Research.*, 7, 020112.
- Ryan, Qing X., Frodermann, Evan., Heller, Kenneth., Hsu, Leonardo & Mason, Andrew. (2016). Computer Problem-Solving Coaches for Introductory Physics: Design and Usability Studies. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research.*, 12. 010105.
- Serway, R. A. & Jewett, J. W. 2014. *Physics for Scientist and Enginers*. 9<sup>th</sup> Edition. Thomson Brooks/Cole.
- Schroeder, N., Gladding, G., Gutmann, B., & Stelzer, T. 2015. Narrated Animated Solution Videos in A Mastery Setting. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research.*, 11, 010113.
- Springuel, R., Wittman, M.C., & Thompson, J.R. 2007. Applying Clustering to Statistical analysis of Student Reasoning About Two-Dimensional Kinematics. *Physical Review Special Topic - Physics Education Research.*, 3, 020107.
- Suparno, P. 2013. *Miskonsepsi dan Perubahan Konsep Dalam Pendidikan Fisika*. Jakarta: PT. Grasindo.
- Sutopo. 2012. Pembelajaran Kinematika Berbasis Diagram Gerak: Cara Baru Dalam Pengajaran Kinematika. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian Pendidikan dan Penerapan*.
- Sutopo., Liliyasi., Waldrip, B., & Rusdiana, D. 2011. The prospective physics teachers' prior knowledge of acceleration and the alternative teaching strategy for better learning outcome. *Paper presented on National Seminar of Science Education*, Unesa, Surabaya: 10 Desember 2011.
- 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*.
- Treagust, D. F., & Duit, R. 2008. *Conceptual Change: A Discussion of Theoretical, Methodological and Practical Challenges for Science Education, Handbook on Conceptual Change*. Perth: In Press
- Zitzewitt, Paul W., Elliott, Todd George., Haase, David G., Harper, Kathleen A., Herzog, Michael R., Nelson, Jane Bray., Nelson, Jim., Schuler, Charles A., Zorn, Margaret. 2005. *Physics Principles and Problems*. McGraw-Hill Companies Publishers.