

## Perlunya Program *Deep Learning Question* Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Kinematika Mahasiswa Fisika

ISMI LAILI AFWA, SUTOPO, ENY LATIFAH

Pascasarjana Prodi Pendidikan Fisika Universitas Negeri Malang. Jl. Semarang 5 Malang

E-mail: lailiafwa@gmail.com

**ABSTRAK:** Banyak penelitian yang mengungkapkan banyaknya siswa yang mengalami kesulitan memahami konsep-konsep kinematika dan menerapkannya pada pemecahan masalah. Kesulitan umum yang dialami siswa berkaitan dengan konsep percepatan, kecepatan, dan penggunaan representasi (grafik, simbol, dan verbal). Penyebab kesulitan tersebut antara lain kurang dipahaminya dengan baik konsep-konsep tersebut, kurang mendalamnya konsep-konsep tersebut terekam dalam struktur memori jangka panjang siswa sehingga sulit teraktivasi ke memori kerja saat diperlukan, serta keterbatasan wawasan siswa tentang ragam konteks persoalan terhadap mana konsep-konsep tersebut dapat diterapkan. Untuk memfasilitasi siswa memahami dengan baik konsep-konsep kinematika, merekam konsep-konsep tersebut secara mendalam dalam memori jangka panjang, dan dapat menggunakan konsep-konsep tersebut dalam memecahkan berbagai permasalahan fisika, diusulkan program pendalaman materi yang dinamai *Program Deep Learning Questions* (DPQs). Program berisi soal-soal konseptual beserta balikan (*feedback*) dan pembahasan, dikemas secara interaktif berbantuan komputer *offline*, dan dapat digunakan secara mandiri. Soal-soal kinematika dihadirkan dalam berbagai konteks dan dikemas dalam berbagai format representasi.

**Kata Kunci:** Pemahaman konsep, Kinematika, Program *Deep Learning Questions*, representasi

### PENDAHULUAN

Memahami konsep dan mampu menerapkannya dalam pemecahan masalah merupakan salah satu tujuan penting pembelajaran fisika. 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 (Dockett & Mestre, 2014; Heron, 2015). 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).

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). Oleh karena itu, mengidentifikasi kesalahan pemahaman siswa merupakan langkah penting dalam

pembelajaran perubahan konseptual (Eshach, 2014).

Isu lain dalam pembelajaran fisika adalah bagaimana memfasilitasi siswa menyimpan pengetahuan ilmiah secara mendalam dalam struktur memori jangka panjangnya sehingga pengetahuan tersebut dapat diaktivasi secara cepat ketika diperlukan, misalnya ketika memecahkan persoalan. 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. Temuan Hammer tersebut cocok dengan pengalaman penulis saat memecahkan persoalan.

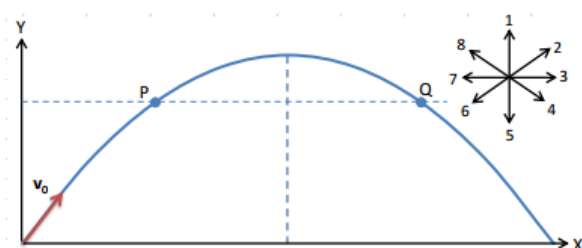
Berdasarkan paparan tersebut kami berpendapat bahwa pembelajaran fisika perlu diarahkan tidak saja untuk memfasilitasi mahasiswa memahami pengetahuan fisika secara benar, tetapi juga dapat mengaktivasi pengetahuan-pengetahuan itu secara cepat dan tepat ketika memecahkan persoalan fisika.

Selama dasa warsa terakhir, banyak peneliti yang mencurahkan perhatian 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. Namun demikian, penelitian menunjukkan betapa sulitnya mengajarkan konsep-konsep tersebut sehingga siswa dapat menerapkannya pada pemecahan masalah. Rosenblatt and Heckler (2011) menemukan banyak siswa mengalami miskonsepsi tentang hubungan antara arah gaya resultan, kecepatan, dan percepatan. Thornton and Sokoloff (1998) melaporkan banyak siswa yang percaya bahwa gaya resultan searah dengan kecepatan. Penelitian lain menemukan banyak siswa yang mengalami kesulitan membedakan kecepatan dan percepatan (Hake, 1998; Reif & Allen, 1992). Shaffer dan McDermott (2005) melaporkan hanya sekitar 30% mahasiswa pascasarjana ( $n = 125$ ), hanya sekitar 5% calon guru fisika ( $n = 18$ ), dan hanya sekitar 15% mahasiswa fisika program doktor ( $n = 22$ ) di University of Washington and Montana State University, yang dapat menjelaskan dengan baik arah percepatan pada gerak pendulum, meski hanya secara pendekatan. Sutopo dkk. (2011) melaporkan bahwa kesulitan-kesulitan yang ditemukan para peneliti sebelumnya tersebut juga dialami oleh sebagian besar mahasiswa calon guru fisika. Hal itu menyiratkan bahwa pengalaman belajar fisika sebelumnya belum berhasil mengantarkan mahasiswa menguasai konsep-konsep kinematika dengan baik.

Kesulitan lain yang muncul ketika menerapkan konsep-konsep kinematika pada pemecahan masalah adalah berkaitan dengan penggunaan representasi (Ibrahim & Robello, 2012; Govender, 2013; deCock, 2012; Springuel dkk., 2007). 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. Terkait penggunaan grafik, Maries dan Singh (2013) menyarankan pentingnya penggunaan representasi grafik untuk membantu mahasiswa memahami konsep-konsep kinematika.

Berdasarkan hasil studi pendahuluan dengan subjek mahasiswa S2 Pendidikan Fisika UM ditemukan bahwa sebagian besar responden cenderung memaknai secara salah tanda percepatan. Percepatan positif dimaknai selalu mempercepat, sedangkan percepatan negatif dimaknai selalu memperlambat. Mahasiswa juga mengalami kesulitan menentukan arah kecepatan dan percepatan pada persoalan gerak parabola yang dihadirkan dalam format representasi gambar dan simbol seperti dinyatakan pada Gambar 1. Tetapi, ketika diminta menjelaskan definisi kecepatan dan percepatan, termasuk karakter kevektoran kedua besaran tersebut, semua mahasiswa dapat menjelaskannya dengan baik. Dapat disimpulkan, mahasiswa sebenarnya sudah memahami konsep-konsep dasar yang melandasi persoalan itu. Melalui hasil diskusi saat itu juga terungkap bahwa kesalahan mahasiswa tersebut lebih diakibatkan oleh kurangnya pengalaman dalam mengkaitkan satu konsep dengan konsep yang lain, juga dalam menerapkan suatu konsep pada situasi yang berbeda-beda; dengan kata lain akibat keterbatasan wawasan tentang berbagai konteks di mana konsep tersebut diterapkan.



Gambar 1. Soal gerak parabola



Berdasarkan uraian di depan, untuk memfasilitasi siswa memahami konsep-konsep kinematika secara baik dan mampu memecahkan permasalahan kinematika dalam berbagai konteks dan format representasi, diperlukan suatu program pendalaman materi yang berisi soal-soal pemahaman konsep yang disertai balikan (*feedback*) sesegera mungkin. Pemikiran ini didasarkan atas pandangan beberapa ahli sebagai berikut. Schroeder dkk. (2015) dan Adegoke (2011) berpendapat bahwa pemberian contoh soal dan penyelesaiannya dapat meningkatkan prestasi dan pemahaman konsep mahasiswa. Butler & Roediger (2008) berpendapat bahwa pemberian balikan dapat meningkatkan efek positif dan mereduksi efek negatif dari latihan pemecahan masalah. Karena program yang dimaksud berisi soal-soal yang disertai balikan, dan dimaksudkan untuk memfasilitasi mahasiswa merekam pengetahuan konseptualnya secara mendalam dalam memori jangka panjangnya sehingga dapat cepat teraktivasi ketika diperlukan, maka program tersebut kami namai program *Deep Learning Question (DLQs)*.

### GAMBARAN UMUM DLQs

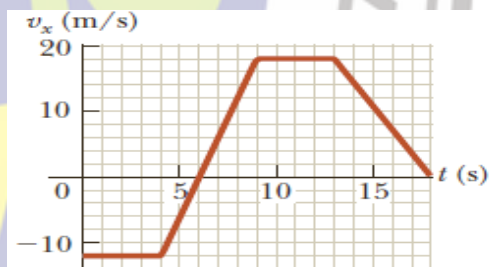
Terkait kesulitan siswa dalam memahami dan menguasai konsep ilmiah, saat ini berkembang tiga macam kerangka teori yang saling berkompetisi untuk dijadikan acuan dalam pengembangan pembelajaran (Doktor & Mestre, 2014). Pertama, teori miskonsepsi yang menyatakan bahwa kesulitan siswa menguasai konsep ilmiah 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.

Ketiga kerangka teori tersebut menyarankan strategi pembelajaran yang berbeda-beda. Namun demikian, karena masing-masing teori tersebut memiliki dukungan empirik yang cukup kuat, maka kami berpendapat bahwa ketiganya perlu diadopsi dan dikombinasikan secara selektif sesuai kekurangan dan kelebihan masing-masing. Kerangka berpikir itulah yang digunakan sebagai pijakan dalam mengembangkan program DLQs. Berikut disajikan gambaran umum tentang DLQs tersebut.

Program DLQs berisi soal-soal pemahaman konsep yang dihadirkan dalam berbagai konteks dan format representasi. Sebagai contoh, persoalan tentang konsep percepatan positif beserta kaitannya dengan gerakan benda dihadirkan dalam konteks dan representasi sebagai berikut.

1. Grafik di bawah adalah grafik kecepatan terhadap waktu untuk benda yang bergerak lurus pada sumbu mendatar  $x$  selama 18 s pertama. Posisi



awal benda di  $x(0) = 0$  m. Bagaimana gerakan benda dalam interval waktu dari  $t = 4$  s ke  $t = 9$  s?

- (A) Kelajuannya terus bertambah secara teratur sebesar 6 m/s setiap sekon.
  - (B) Mula-mula diperlambat kemudian dipercepat.
  - (C) Mula-mula bergerak ke kiri kemudian tepat setelah  $t = 6$  s berbalik arah ke kanan.
  - (D) A dan C benar
  - (E) B dan C benar
2. Sebuah benda bergerak lurus sepanjang sumbu  $x$ . Posisi benda pada sebarang waktu  $t$  dinyatakan oleh persamaan  $x(t) = 2 - 10t + 2t^2$ ,  $x$  dalam meter

dan  $t$  dalam sekon. Manakah pernyataan berikut yang benar tentang gerakan benda tersebut selama 5 sekon pertama?

- (A) Kelajuannya terus bertambah secara teratur sebesar 4 m/s setiap sekon.
- (B) Mula-mula diperlambat kemudian dipercepat.
- (C) Mula-mula bergerak ke kiri (ke arah  $x$  negatif) selama 2,5 sekon kemudian berbalik arah ke kanan.
- (D) A dan C benar
- (E) B dan C benar

3. Sebuah benda bergerak lurus sepanjang sumbu  $x$  dengan kecepatan awal 6 m/s ke kiri. Benda kemudian ditarik ke kanan dengan gaya konstan sehingga menghasilkan percepatan 3 m/s<sup>2</sup>. Manakah pernyataan berikut yang benar tentang gerakan benda selama 4 sekon pertama, terhitung sejak gaya diberikan?

- (A) Kecepatannya terus bertambah besar secara teratur sebesar 3 m/s setiap sekon.
- (B) Mula-mula diperlambat kemudian dipercepat.
- (C) Setelah 2 sekon, benda berbalik arah geraknya, ke kanan.
- (D) A dan C benar
- (E) B dan C benar

Ketiga soal tersebut dihadirkan untuk lebih mendalami pemahaman siswa tentang konsep percepatan sekaligus memperkuat pemahaman bahwa kecepatan merupakan besaran vektor. Pada gerak satu dimensi, karakter vektor pada besaran-besaran kinematika dapat direpresentasikan dengan tanda positif dan negative. Tanda positif digunakan searah sumbu  $x$  (posisi), yaitu searah pertambahan nilai  $x$ . Jika sumbu  $x$  digambar mendatar ke kanan, misalnya, maka kecepatan negatif menunjukkan gerakan ke kiri dan kecepatan positif menunjukkan gerakan ke kanan. Konsisten dengan perjanjian tanda seperti itu, percepatan negative harus dimaknai sebagai searah dengan sumbu positif dan sebaliknya; bukan mempercepat atau memperlambat. Sebagaimana telah diungkapkan sebelumnya, pemaknaan tanda

pada kecepatan dan percepatan seringkali terlupakan oleh mahasiswa saat mengerjakan soal. Dihadirkannya soal dengan satu konsep yang sama tetapi dalam konteks yang berbeda-beda juga untuk memicu kekonsistenan berpikir dalam menggunakan konsep, meningkatkan frekuensi mengingat dan menggunakan konsep sehingga konsep tersebut dapat tertanam secara mendalam dalam struktur memori jangka panjang siswa, dan meningkatkan wawasan terkait konteks apa saja konsep tersebut relevan digunakan.

Segera setelah menjawab suatu soal, atau beberapa soal yang sangat erat kaitannya, siswa diberi balikan atas pemikirannya, sebagaimana disarankan oleh Schroeder (2015) dan Adegoke (2011). Isi balikan dikembangkan berdasarkan karakteristik *option* yang dipilih siswa. Karena itu, setiap *option* harus dirumuskan berdasarkan pemikiran alternatif yang sangat mungkin dimiliki siswa. Isi balikan tidak sekedar berupa ungkapan semisal “Anda belum memahami konsep percepatan dengan baik”, atau “Maaf, jawaban Anda salah”. Sebaliknya, balikan perlu dilengkapi dengan penjelasan rinci yang dapat digunakan sebagai bahan belajar tambahan. Jika diperlukan, pembahasan perlu dilengkapi dengan animasi gerakan benda. *Feedback* perlu diberikan sesegera mungkin untuk menghindarkan siswa terlalu lama menggunakan pemikiran yang kurang tepat.

Program DLQs akan dikemas secara interaktif dengan bantuan *software Macro Mediaflash* sehingga dapat digunakan secara mandiri. Hal ini perlu dilakukan sebab program pendalaman materi pada hakekatnya bersifat layanan personal, artinya diberikan kepada setiap mahasiswa sesuai kebutuhannya masing-masing. Selain itu, untuk memfasilitasi siswa memahami suatu konsep secara mendalam dan membangun sebanyak mungkin *resource* yang diperlukan untuk memecahkan soal-soal terkait konsep tersebut, program perlu memuat sebanyak mungkin soal beserta pembahasannya. Karena itu, tidak mungkin program pendalaman diberikan secara keseluruhan



di dalam kelas perkuliahan. Sebagai konsekuensinya, program perlu dikemas berbantuan komputer dan dapat digunakan secara mandiri. Program juga perlu dirancang secara *offline* sehingga mudah digunakan sewaktu-waktu.

Sesuai fungsinya, sebagai program pendalaman, program DLQs diberikan setelah mahasiswa mengikuti perkuliahan tatap muka di kelas. Karena itu, tidak diperlukan uraian materi yang rinci dengan struktur penyajian dengan sekuensi yang ketat.

## KESIMPULAN

Berdasarkan uraian di depan, untuk memfasilitasi siswa memahami konsep-konsep kinematika secara baik dan mampu memecahkan permasalahan kinematika dalam berbagai konteks dan format representasi, diperlukan suatu program pendalaman materi yang dinamai Program *Deep Learning Questions (DLQs)*. Program berisi soal-soal pemahaman konsep disertai balikan (*feedback*). Soal-soal terkait suatu konsep, atau beberapa konsep yang saling berkaitan, dihadirkan dalam berbagai konteks dan dikemas dalam berbagai format representasi (gambar, diagram, grafik, persamaan, matematik). Program perlu dirancang untuk digunakan secara mandiri oleh siswa di luar jam perkuliahan, misalnya dalam bentuk paket berbantuan computer dan dapat digunakan secara *offline*.

Untuk keperluan penelitian dan/atau pengembangan, program perlu dilengkapi dengan fasilitas untuk melihat bagaimana mahasiswa menggunakan program ini secara keseluruhan, atau dalam merespon setiap pertanyaan beserta *feedback*-nya. Program *camtasia* dan/atau *logbook* yang berisi catatan penggunaan dapat digunakan untuk keperluan ini.

## 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 Sudentts' Chemical Equilibrium Concept. *Journal Research and Science & Technological Education*. 27: 267-282.

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.

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.

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.

Hake, R.R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66 (1), 64-74.

Hammer, D. (2000). Students resource for learning introductory physics. *American*

- Journal of Physics, Physics Education Research Supplement*, 68 (S1), S52–S59
- Heron, R.L. (2015). Effect of Lecture Instruction on Student Performance on Qualitative Questions. *Physical Review Special Topic - Physics Education Research*, 11, 010102.
- 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.
- 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.
- Maries, A. & Singh, C. (2013). Exploring One Aspect of Pedagogical Content Knowledge of Teaching Assistants Using The Test of Understanding Graphs in Kinematics. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*. 9, 020120.
- Reif, F. & Allen, S. (1992). Cognition for interpreting scientific concepts: A study of acceleration. *Cognition and Instruction*, 9(1), 1-44
- 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.
- 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.
- Shaffer, P.S. and McDermott, L.C. (2005). A research-based approach to improving students understanding of vector nature of kinematical concepts. *American Journal of Physics*, 73(10), 921-931.
- 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, Liliarsari, Waldrip, dan Rusdiana (2011) Sutopo, Liliarsari, 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.
- Thornton, R.K. & Sokoloff, D.R. (1998). Assessing student learning of Newton's laws: The force and motion conceptual evaluation and the evaluation of active learning laboratory and lecture curricula. *American Journal of Physics*, 66 (4), 338-352
- 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