

Strategi Efektif Pembelajaran Fisika: Ajarkan Konsep

Muhamad Yusup^{1,*}

¹Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Sriwijaya

* Email: yusuf.physics.unsri@gmail.com

Abstrak. Kebanyakan guru fisika mengajarkan fisika dengan memberikan rumus-rumus matematik. Oleh siswa, rumus-rumus itu dihafal, untuk kemudian digunakan dalam latihan pemecahan soal-soal. Strategi pengajaran seperti ini tidak banyak membantu siswa dalam memecahkan soal lain dengan konteks yang sedikit berbeda. Hal ini dikarenakan siswa tidak memahami konsep yang relevan untuk menyelesaikan soal yang dihadapi. Makalah ini memaparkan strategi pengajaran fisika yang efektif, yakni memberikan pemahaman konseptual lebih dulu sebelum memberikan rumus-rumus matematik. Strategi ini didasarkan pada hasil-hasil penelitian bidang pendidikan fisika.

Kata kunci: Strategi Pengajaran Fisika, Konsep Fisika, Pemahaman Konseptual

PENDAHULUAN

Sudah menjadi pemahaman bersama di kalangan pendidik bahwa fisika adalah pelajaran yang dianggap sulit bagi sebagian besar siswa, lebih sulit daripada matematika. Karena itu, kebanyakan siswa tidak menyukai pelajaran fisika. Sebenarnya, tidaklah jelas, mana yang menjadi sebab dan yang mana sebagai akibat dari kedua hal di atas. Terlepas dari itu, banyak faktor yang membuat anggapan seperti seperti itu muncul.

Salah satu faktor yang membuat siswa menganggap fisika itu sulit adalah penggunaan metode guru yang belum tepat dalam mengajarkan fisika. Kebanyakan guru dalam mengajarkan fisika menggunakan metode ceramah dan latihan soal. Ceramah digunakan guru untuk menjelaskan konsep-konsep fisika berupa rumus-rumus matematik. Dari rumus-rumus yang telah diajarkan, guru lalu memberi contoh dan latihan soal.

Lindenfeld (2002) yang menyatakan bahwa dosen terlalu banyak menghabiskan waktu untuk masalah matematika. Hasilnya memang mahasiswa cenderung mudah dalam menyelesaikan soal-soal yang berhubungan dengan persamaan-persamaan matematik. Namun mahasiswa terjebak pada kebiasaan menghafal rumus-rumus fisika berbentuk persamaan matematik daripada memahami maknanya secara fisis. Mahasiswa cenderung mengalami kesulitan untuk memecahkan soal-soal fisika yang berhubungan dengan pemahaman konsep-konsep dasar. Selain itu, metode pemberian contoh dan latihan soal juga memiliki beberapa kelemahan.

Kelemahan metode contoh dan latihan memiliki antara lain (Reif, 1995):

(a) Contoh-contoh penyelesaian masalah adalah hasil yang sedikit sekali mengungkap proses. Contoh-contoh tersebut dinilai dari ketepatannya, tetapi

tidak mengungkap bagaimana membuat keputusan yang tepat dalam memilih satu prinsip daripada prinsip yang lain. Contoh-contoh ini juga tidak mengungkapkan bagaimana menghindari alur penyelesaian yang keliru, atau bagaimana kembali dari jalan buntu ketika menemui kemacetan dalam menyelesaikan masalah. Dengan kata lain, contoh-contoh tersebut sedikit sekali membantu mahasiswa mempelajari strategi berhadapan dengan masalah-masalah yang tidak biasa dijumpai.

- (b) Contoh-contoh penyelesaian soal dapat menyesatkan anggapan bahwa proses penyelesaian soal berorientasi pada hasil semata. Sebuah proses yang efektif dalam menurunkan hasil-hasilnya sebenarnya melibatkan usaha coba-coba, perencanaan, penguraian, dan perbaikan lebih lanjut.
- (c) Latihan yang cukup diperlukan untuk belajar memecahkan masalah, tapi harus latihan yang benar. Ketika para mahasiswa mengerjakan PR menghabiskan waktu berjam-jam dan secara sembrono menggunakan bermacam-macam persamaan, mereka sebenarnya tidak melatih keterampilan memecahkan masalah secara bermakna.

Bagaimanakah pengajaran fisika yang baik? Dalam tulisan ini, penulis akan menyajikan saran pengajaran fisika berdasarkan hasil-hasil penelitian pendidikan fisika yang dilakukan para praktisi dan peneliti bidang pendidikan fisika.

Dapatkan Memahami Konsep Fisika Melalui Rumus Matematik?

Guru fisika cenderung merasa telah mengajarkan konsep fisika jika telah melakukan perumusan matematik untuk konsep yang diajarkannya. Padahal fisika berbeda dengan matematika. Perbedaan fisika dengan matematika adalah bahwa fisika menjelaskan hubungan mendasar antar besaran fisika sementara matematika secara ketat bertujuan untuk mendapatkan konsekuensi dari asumsi dasar [1].

Sengaja penulis menggunakan kata “rumus”, bukan “persamaan” pada sub judul di atas. Alasannya akan penulis uraikan dalam penjelasan berikut. Ketika penulis bertanya kepada mahasiswa pada berbagai jenjang, bagaimana pernyataan hukum kedua Newton, semua mahasiswa sepakat memberikan jawaban $F = ma$. Lebih jauh ketika penulis bertanya, apakah itu berarti bahwa untuk memperbesar gaya dapat dilakukan dengan memperbesar massa dan atau percepatan benda, mahasiswa menjadi bingung. Ada yang setuju dan ada yang tidak. Mahasiswa yang setuju berarti memahami rumus $F = ma$ sebagaimana adanya seperti pada matematika. Pada saat yang lain, ketika mahasiswa ditanya, mengapa pada perumusan gaya Coulomb terdapat k (konstanta), mereka tidak dapat menjelaskannya. Demikian pula dengan konsep-konsep yang lain, mahasiswa memberikan jawaban berupa persamaan matematik ketika ditanya mengenai satu konsep fisika. Dalam fisika, tanda “=” (sama dengan) memiliki arti yang berbeda-beda.

Xiaoyu menyatakan bahwa tanda sama dengan (=) dalam fisika memiliki makna lebih dibanding hanya bermakna “kesetimbangan” seperti pada aljabar [2]. Sebagai contoh, $F = ma$ bermakna bahwa gaya menghasilkan/menyebabkan percepatan. Karenanya, secara fisis kita tidak diperkenankan untuk menuliskannya sebagai $ma = F$, walaupun secara matematik benar, karena gaya berperan sebagai “penyebab” dan menghasilkan “akibat” yang disebut percepatan. Contoh lain yang mirip adalah $I = \Delta P$ dan $W = \Delta E$. Pada kasus ini, tanda “=” bermakna “menghasilkan/menimbulkan” atau “menyebabkan”.

Makna berbeda untuk tanda “=” pada persamaan gaya gesek $\mu F_N = F_{ges}$, gaya Lorentz, $qvB = F$, atau dua gaya yang bekerja bersama pada kasus bidang miring, $T + mg = F$. Di sini, tanda “=” bermakna “memberikan/menyajikan” atau “menjadi”. Sementara untuk hukum kekekalan, tanda “=” menghubungkan dua keadaan secara berurutan. Untuk hukum kekekalan momentum linier, $P_1 = P_2$, hukum kekekalan momentum anguler $L_1 = L_2$, dan kekekalan energi $E_1 = E_2$. Ada pula tanda “=” yang hanya

bermakna definisi dari suatu besaran, seperti pada $P = mv$, $I = F\Delta t$, $\tau = rF$, $E_k = \frac{1}{2}mv^2$.

Dari penjelasan di atas, jelaslah bahwa tanda sama dengan (=) dalam fisika tidak selalu bermakna “persamaan” dengan konsekuensinya seperti dalam matematika. Karena itu, memberikan rumus matematik semata tidak dapat membantu mahasiswa atau siswa untuk memahami konsep fisika secara komprehensif. Guru/dosen perlu menjelaskan makna fisis dari persamaan yang baru diajarkannya. Richard Feynman, seorang pemenang nobel fisika pernah mengatakan bahwa ia selalu meletakkan masalah fisika yang dihadapi pada scenario kehidupan nyata, sementara orang lain selalu terjebak pada persoalan matematika.

Pemahaman Kualitatif dan Kemampuan Menyelesaikan Soal Kuantitatif

Setelah melakukan penurunan yang cukup panjang dengan kalkulus untuk mendapatkan suatu rumus matematik, berikutnya guru biasa memberikan contoh dan latihan soal penerapan rumus yang diajarkannya. Soal-soal yang berikan biasanya berupa soal kuantitatif. Hal ini dilakukan guru agar siswa lebih memahami konsep-konsep fisika dengan banyak memecahkan soal. Guru beranggapan bahwa jika siswa dapat menyelesaikan soal berarti siswa telah memahami konsep yang dipelajari. Padahal, keberhasilan dalam menyelesaikan banyak soal bukan merupakan suatu ukuran yang baik bahwa siswa telah memahami konsep.

Hasil-hasil penelitian menunjukkan bahwa pemecahan soal kuantitatif tidak dapat membantu siswa memahami suatu konsep secara mendalam [3-6]. Hasil penelitian yang dilakukan Yusup menunjukkan bahwa mahasiswa cenderung sukses dalam mengerjakan soal-soal kuantitatif tetapi banyak yang gagal menyelesaikan soal kualitatif walaupun soal itu menanyakan konsep yang sama, hanya berbeda format [7]. Gambar 1 memberikan contoh soal dalam dua tipe, kualitatif dan kuantitatif. Dari kedua tipe tersebut, secara umum mahasiswa lebih banyak yang berhasil menjawab soal kedua daripada soal pertama.

Dalam literatur penelitian pendidikan fisika, terdapat perbedaan pendekatan dalam menyelesaikan soal antara mahasiswa yang mahir (*expert*) dan yang kurang mahir (*novice*). Mahasiswa *expert* menggunakan strategi dalam menyelesaikan soal berdasarkan konsep-konsep yang relevan, sementara mahasiswa *novice* berdasarkan konsep-konsep permukaan yang dangkal.

- Sebuah elektron atom hydrogen model Bohr berada pada 'orbit' dengan tingkat energi paling rendah. Bagaimana perubahan radius orbit electron jika electron tersebut berpindah ke tingkat energi ketiga?
 - Radius orbit baru menjadi tiga kali radius semula
 - Radius orbit baru menjadi sembilan kali radius semula
 - Radius orbit baru menjadi sepertiga kali radius semula
 - Radius orbit baru menjadi sepersembilan kali radius semula
 - Pilihan jawaban di atas tidak ada yang tepat
- Radius Bohr sebuah electron $r_1 = 0,529 \times 10^{-10}m$. Hitung radius untuk tingkat energy $n=4$
 - $r_4 = 0,033 \times 10^{-10}m$
 - $r_4 = 0,132 \times 10^{-10}m$
 - $r_4 = 2,116 \times 10^{-10}m$
 - $r_4 = 8,464 \times 10^{-10}m$
 - Pilihan jawaban di atas tidak ada yang tepat

GAMBAR 1. Contoh soal kualitatif (1) dan soal kuantitatif (2). Jumlah mahasiswa menjawab benar soal kedua cenderung lebih banyak daripada soal pertama.

Mahasiswa *expert* memandang pemecahan masalah sebagai suatu proses, sementara mahasiswa *novice* berpikir bahwa pemecahan masalah merupakan tugas mengingat kembali (*recall task*). Mahasiswa yang *expert* menggunakan representasi non-matematik seperti grafik, bagan, dan diagram secara luas sementara mahasiswa *novice* cenderung kurang menggunakan representasi non matematik. Tabel 1 menunjukkan perbedaan antara mahasiswa *expert* dan *novice* yang dirangkum oleh W.J. Gerace [8]

TABEL 1. Perbedaan perilaku mahasiswa *expert* dan *novice* dalam menyelesaikan soal

<i>Expert</i>	<i>Novice</i>
Dipengaruhi pengetahuan konseptual	Terlepas dari pengetahuan konseptual
Menggunakan analisis kualitatif	Memanipulasi persamaan
Menggunakan strategi berbasis konsep	Menggunakan teknik tujuan akhir (berorientasi hasil)
Memiliki beragam cara terhindar dari mentok	Membutuhkan bantuan orang lain
Mampu mengecek jawaban menggunakan jalan alternatif	Cuma punya satu jalan untuk menyelesaikan soal

Leonard, Dufresne, dan Mestre menggunakan strategi penyelesaian soal secara kualitatif, bahkan untuk soal kuantitatif [9]. Dengan strategi ini, siswa diminta untuk menjelaskan bagaimana caranya menyelesaikan soal yang diberikan dan menjelaskan urutan langkah-langkah logis secara deskriptif agar mendapatkan jawaban yang benar. Strategi ini melatih siswa menggunakan konsep-konsep yang relevan untuk menyelesaikan soal dan memperbaiki

kemampuan untuk menjelaskan langkah penyelesaian soal secara logis.

Strategi Pedagogi untuk Pembelajaran Konsep

Siswa masuk ke kelas bagaikan “ilmuwan amatir” karena telah melakukan observasi terhadap dunia atau lingkungan di mana ia hidup dan dibesarkan. Mereka telah membangun pemahaman terhadap suatu konsep fisika yang telah terikat secara kuat dalam pikiran mereka atau disebut prakonsepsi.

Pembelajaran konvensional memperlakukan pikiran siswa seperti wadah yang kosong. Guru menuangkan pengetahuannya tentang fisika ke dalam pikiran siswa, pengetahuan itu akan bertahan dan akan keluar jika ‘kran’ terbuka. Tetapi pikiran siswa tidaklah kosong ketika mereka datang ke kelas. Prakonsepsi yang salah yang dimiliki siswa tidak dengan mudah dapat diganti dengan konsep baru yang diberikan oleh guru.

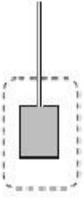
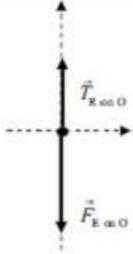
Pembelajaran yang dirancang oleh guru harus menyakinkan untuk dapat membuat siswa mampu menginterpretasi suatu konsep secara memadai sebelum mereka diminta untuk menggunakan konsep itu dalam penyelesaian soal-soal. Dalam pandangan konstruktivisme, pengetahuan dibangun sendiri oleh siswa, bukan hasil transfer oleh guru.

Beberapa strategi yang telah digunakan dalam penelitian pendidikan fisika dan dapat membantu siswa memahami konsep fisika diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan multirepresentasi.

Multirepresentasi adalah merepresentasi ulang konsep yang sama dengan format yang berbeda, termasuk verbal, gambar, grafik, dan matematik. Pemahaman yang dalam terhadap suatu konsep memungkinkan seseorang menampilkan konsep itu dalam berbagai bentuk. Jika selama ini guru mengajar cenderung lebih banyak menggunakan representasi matematik, maka akan lebih baik untuk mengembangkan representasi lain, misalnya verbal, grafik, dan gambar.

Sebagai contoh, guru selama ini menyatakan hukum kedua Newton sebagai gaya adalah sebanding dengan massa dan percepatan atau ditulis secara matematik $F = ma$. Dengan multirepresentasi guru dapat meminta siswa menyatakan hukum kedua Newton tersebut secara verbal. Pada konsep gaya, penggunaan diagram benda bebas dapat diperluas untuk representasi gambar. Pada konsep kinematika, representasi grafik dapat digunakan untuk membantu siswa memahami konsep secara mendalam. Gambar 2 memperlihatkan contoh tugas menggunakan multirepresentasi.

Tulis teks yang menggambarkan situasi yang diberikan	Skets situasi dan lingkari sistem benda	Diagram benda bebas. Labeli gaya-gaya yang bekerja	Gambar diagram gerak. Apakah konsisten dengan diagram benda bebas?	Tulis Hukum kedua Newton dalam bentuk komponen
Sebuah elevator bergerak lambat ke atas				

GAMBAR 2. Contoh tugas menggunakan multirepresentasi [Ref. 10]

2. Mengeplorasi konteks yang diperluas

Pemahaman awal dibatasi oleh konteks di mana konsep itu diperkenalkan. Pikiran manusia secara alami mencari pola dan cenderung untuk melakukan generalisasi berdasarkan pemahaman yang dimilikinya. Siswa biasanya cenderung memperhatikan kemiripan-kemiripan dari dua atau lebih keadaan. Misalnya, umumnya siswa meyakini bahwa arah gaya normal selalu menuju vertikal ke atas, karena semua contoh yang mereka lihat menunjukkan hal tersebut. Guru dapat menghindari kebingungan siswa dan penyederhanaan generalisasi seperti ini dengan memberikan dua atau tiga contoh pertama secara hati-hati.

3. Menggunakan perbandingan dan pengontraskan

Seperti halnya konteks yang diperluas, membandingkan dan mengontraskan bertujuan untuk menciptakan kesalingterkaitan pengetahuan. Perbedaannya, ketika siswa membandingkan dan mengontraskan mereka diminta mencari perbedaan dan persamaan diantara konsep-konsep itu. Dengan demikian siswa akan memahami atribut-atribut dari suatu konsep.

Kesimpulan

Mengajarkan fisika tidak cukup dengan mengajarkan rumus-rumus matematik. Lebih jauh, siswa dikatakan telah berhasil dalam pembelajaran fisika jika siswa memiliki pemahaman konseptual yang baik. Untuk mencapai itu, guru dapat menggunakan strategi pemecahan masalah konseptual, menggunakan multirepresentasi, memperluas konteks dan membandingkan dan mengontraskan antar konsep.

REFERENSI

1. C.A. Manogue, et al., "Why is Ampere's law so hard? A look at middle-division physics," *American Journal of Physics*, 74 (4), 345 (2006).
2. W. Xiaoyu, "More meaning of "=" in AP Physics," *The Physics Teacher*, 49, 405 (2011).
3. J. Clement, "Students' preconception in introductory mechanics," *American Journal of Physics*, 50, 66-71 (1982).
4. L.C. McDermott, "Milikan Lecture 1990: What we teach and what is learned-closing the gap," *American Journal of Physics*, 59, 301-315 (1991).
5. D. Hestenes, M. Wells, and G. Swackhammer, "Force concept inventory," *Physics Teacher*, 30, 141-158 (1992).
6. D. Hestenes, M. Wells, "Mechanics baseline test," *Physics Teacher*, 30, 159-166 (1992).
7. M. Yusup, "Studi kompetensi multirepresentasi mahasiswa pada topik elektrostatika", Tesis, Universitas Pendidikan Indonesia, 2009.
8. W.J. Gerace, "Problem solving and Conceptual Understanding, Proceedings of the 2001 Physics Education Research Conference AIP, Melville, NY, 2001.
9. W.J. Leonard, R.J. Dufresne, and J.P. Mestre, "Using qualitative problem-solving strategies to highlight the role of conceptual knowledge in solving problem," *American Journal of Physics*, 64 (12), 1495-1503 (1996).
10. D. Rosengrant, A.V. Heuvelen, and E. Etikina, "Do students use and understand free-body diagrams?", *Physical review special topics-physics education research*, 5 (2009).