



KEMAMPUAN MAHASISWA CALON GURU FISIKA MELAKUKAN TRANSFORMASI MATEMATIKA DALAM PENYELESAIAN MASALAH FISIKA

Murtono¹

¹UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, Jl. Marsda Adisucipto Yogyakarta

Email: hasnamur@yahoo.co.id

ABSTRACT

Mathematics is a tool used to represent, explain, and solve problems in physics, so its role is very important. By giving open questions and deep questions to prospective teacher students it can be obtained how prospective teachers represent physically concepts and teach them to students. From the results of the analysis, it can be obtained that a prospective teacher representation and teaches it to students as is commonly accepted when studying in higher education. In solving physic problems, it is often not suitable with the context of the problem and is more usually to the previously understood.

Keywords: mathematics, physical concepts, transformation

ABSTRAK

Matematika merupakan alat yang digunakan untuk mempresentasikan, menjelaskan, dan menyelesaikan permasalahan Fisika, sehingga peranannya sangat penting. Dengan memberikan pertanyaan terbuka kepada mahasiswa calon guru dan wawancara mendalam dapat diketahui bagaimana calon guru mempresentasikan konsep fisika dan mengajarkannya kepada peserta didik. Dari hasil analisis diperoleh bahwa seorang calon guru mempresentasikan dan mengajarkannya kepada peserta didik seperti yang biasa diterima ketika belajar diperguruan tinggi. Dalam menyelesaikan masalah fisika, sering tidak sesuai dengan maksud soalnya dan lebih kepada yang biasa dipahami sebelumnya.

Kata kunci: matematika, konsep fisika, transformasi

PENDAHULUAN

Tujuan utama penelitian dalam pendidikan fisika adalah untuk mengidentifikasi potensi hambatan pembelajaran bagi peserta didik, dan kemudian untuk mengatasi hambatan-hambatan ini dilakukan langkah-langkah menuju pada perbaikan pembelajaran. Kesulitan dapat berasal dari diri siswa maupun yang berasal dari luar siswa. Untuk mengatasi kesulitan ini perlu dilakukan perbaikan metode pembelajaran yang sesuai, sarana, dan termasuk kesiapan siswa dalam mengikuti pembelajaran (Meltzer, 2002).

Fisika merupakan cabang ilmu pengetahuan alam yang berhubungan dengan materi dan energi, dengan hukum-hukum yang mengatur gerakan antar partikel dan gelombang, interaksi antar partikel, sifat-sifat molekul, atom dan inti, dan sistem berskala lebih besar. Fisika merupakan ilmu yang

fundamental karena merupakan dasar dari semua bidang sains. (Tipler, 1998) Sedangkan matematika sangat berperan dalam merepresentasikan dan menjelaskan konsep-konsep fisika. Matematika sangat diperlukan dalam pembelajaran dan penyelesaian permasalahan fisika. Untuk mengungkapkan konsep-konsep fisika sering digunakan persamaan matematis.

Representasi matematika dalam menjelaskan konsep fisika dapat membantu peserta didik dalam memahami gejala-gejala fisika (Halliday, D., Resnick, R., & Walker, 2007). Sedangkan Quale (2011) mengatakan bahwa dalam fisika dan cabangnya seperti, astronomi, geofisika, dan yang lainnya sangat memerlukan formula matematika dalam merepresentasikan hukum-hukumnya. Hasil Redish (1994) menyimpulkan bahwa fisika merupakan materi yang sulit karena diperlukan kemampuan matematika seperti aljabar maupun geometri. Hasil temuan Angell, Guttersrud, & Henriksen (2004) yang menyatakan bahwa mahasiswa merasa sulit materi fisika karena berkaitan dengan representasi ganda dan tugas-tugas seperti menghafal rumus, menerapkan rumus dengan hitungan, eksperimen, membuat grafik maupun memberikan penjelasan konsep secara bersamaan.

Sebelum pembelajaran fisika biasanya diajarkan materi-materi matematika yang diperlukan untuk menjelaskan maupun menyelesaikan masalah fisika, agar pembelajaran menjadi lebih mudah dipahami oleh peserta didik. Untuk itu, konsep matematika yang menjadi prasyarat dalam pembelajaran fisika harus diajarkan dulu sebelum pembelajaran fisika disampaikan. Mahasiswa Pendidikan fisika diberi mata kuliah matematika pada semester pertama dan kedua sebagai bekal mempelajari perkuliahan fisika selanjutnya yang berkaitan dengan matematika. Dengan matematika yang sudah dipahami oleh peserta didik dapat ditransformasikan ke dalam fisika baik dalam merepresentasikan, menjelaskan konsep-konsep fisika maupun menyelesaikan permasalahannya.

METODE

Jenis penelitian ini adalah deskriptif kualitatif yaitu mendeskripsikan kemampuan mahasiswa calon guru dalam mentransformasikan matematika untuk menjelaskan dan menyelesaikan permasalahan fisika. Penelitian kualitatif merupakan penelitian untuk mengeksplorasi dan memahami makna sejumlah individu (Creswell, 2016). Responden dalam penelitian ini adalah mahasiswa tingkat akhir yang telah mengerjakan skripsi dan sudah bebas teori dan telah menempuh semua mata kuliah yang dibebankan. Mahasiswa Program S1 Pendidikan Fisika dituntut mempunyai kemampuan dan keterampilan membelajarkan siswa dengan baik. Dengan memberikan pertanyaan tertulis secara terbuka dan wawancara yang mendalam untuk mendapatkan informasi tentang cara memperoleh dan menggunakan persamaan matematis dalam permasalahan fisika. Metode ini sering disebut dengan metode *think aloud* atau metode yang memberikan kesempatan responden untuk mengungkapkan secara keras tentang pendapatnya sesuai dengan pertanyaan yang diajukan (Charters, 2003).

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah tentang gerak lurus berubah beraturan (GLBB) dan Hukum Newton tentang gerak. Berikut beberapa transformasi matematika ke dalam

fisika dalam menyelesaikan dan menjelaskan permasalahan fisika. Persamaan gerak lurus berubah beraturan (GLBB) dapat dinyatakan dengan persamaan (1) dan persamaan (2).

$$v_t = v_o + at \quad (\text{persamaan kecepatan}) \quad (1)$$

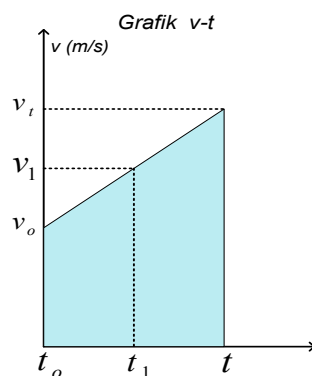
$$S_t = v_o t + \frac{1}{2} at^2 \quad (\text{persamaan posisi}) \quad (2)$$

Responden diminta menjelaskan persamaan yang dimaksud, selanjutnya menentukan cara mendapatkan persamaan tersebut. Terdapat beberapa cara untuk mendapatkan persamaan tersebut. Cara pertama, kecepatan dapat dinyatakan sebagai perubahan posisi terhadap waktu dan secara matematis untuk kecepatan rata-rata $\bar{v} = \frac{\Delta X}{\Delta t}$, sedangkan kecepatan sesaat dengan mengambil limit dari kecepatan rata-rata sebagai $v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta X}{\Delta t}$, secara kalkulus dapat ditulis sebagai $v = \frac{dX}{dt}$ atau dapat dituliskan seperti persamaan (3).

$$dx = v dt \quad (\text{persamaan diferensial untuk posisi}) \quad (3)$$

Percepatan untuk GLBB adalah perubahan kecepatan tiap satuan waktu dan kecepatan rata-rata dapat dinyatakan sebagai $\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ atau $\bar{a} = \frac{v_t - v_o}{t - t_o}$, sedangkan percepatan sesaat dengan mengambil limit dari kecepatan rata-rata $a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t}$, persamaan ini dapat dinyatakan sebagai $a = \frac{dv}{dt}$ atau $dv = a dt$, dengan mengintegrasikan persamaan ini diperoleh $v_t = v_o + at$ untuk $t_o = 0$. Dengan mensubstitusikan persamaan (1) ke dalam persamaan (3), kemudian diintegrasikan maka diperoleh persamaan (2).

Cara kedua, mencari grafik hubungan antara v_t dengan t , pada GLBB, dan diperoleh grafik seperti Gambar 1. Posisi partikel merupakan luas daerah yang diarsir, yaitu luas trapesium dengan panjang garis sejajar v_t dan v_o dengan tinggi t . Luas trapesium merupakan jumlah dua garis sejajar dikalikan setengah tinggi.

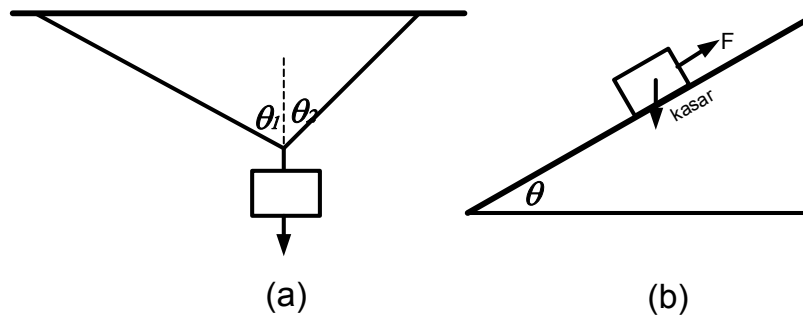


Gambar 1. Grafik hubungan antara v dengan t untuk GLBB:

$$\begin{aligned}
 S &= \text{jumlah dua garis sejajar} \times \frac{1}{2} \text{ tinggi} \\
 &= (v_o + v_t) \times \frac{1}{2} t \\
 &= (v_o + (v_o + at)) \times \frac{1}{2} t \\
 &= v_o t + \frac{1}{2} at^2
 \end{aligned}$$

Cara kedua ini akan lebih tepat jika peserta didik belum mendapatkan materi diferensial dan integral, lebih sederhana dan lebih mudah dipahami.

Untuk hukum Newton responden diminta untuk menggambar dan menentukan gaya-gaya yang bekerja pada sistem gerak dengan Hukum-hukum Newton seperti tampak pada Gambar 2. Pada gambar 2 (a) responden diminta untuk menggambar dan menentukan sistem gerak pada gambar tersebut. Pada gambar ini fungsi-fungsi *sinus* maupun *cosinus* dalam bentuk persamaan. Gambar 2(b) responden diminta untuk menentukan system gerak pada bidang miring kasar dengan tiga kemungkinan, yaitu: diam, bergerak naik dan bergerak turun. Gaya-gaya yang bekerja pada sistem ini dituangkan dalam persamaan matematis yang melibatkan fungsi *sinus* dan *cosinus*.



Gambar 2. (a) Sistem benda menggantung, (b) sistem benda pada bidang miring yang kasar

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persamaan Gerak untuk GLBB

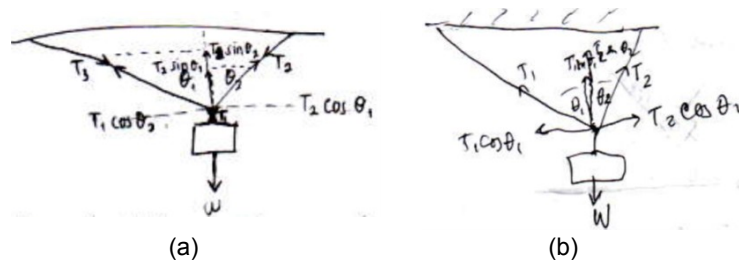
Ketika responden diminta menjelaskan persamaan GLBB sebagian besar tidak menjelaskan bahwa persamaan itu merupakan persamaan gerak GLBB. Tidak ada penjelasan secara fisis bagaimana kecepatan benda setiap saat terhadap waktu, ada tambahan kecepatan selama selang waktu tertentu. Penjelasan responden tentang persamaan kecepatan dapat dikelompokkan dalam tiga macam. Pertama, kecepatan benda pada waktu tertentu diperoleh dari kecepatan awal dijumlahkan dengan perkalian dari percepatan dan waktu tempuh. Kedua, persamaan ini digunakan untuk menentukan kecepatan sebuah benda setelah selang waktu tertentu jika diketahui percepatannya. Ketiga, persamaan ini digunakan untuk menghitung kecepatan dan posisi benda pada waktu tertentu, karena benda bergerak berubah beraturan.

Mayoritas responden menjelaskan persamaan posisi sebagai jarak yang ditempuh dalam selang waktu tertentu diperoleh dari kecepatan awal sebuah benda dikalikan dengan waktu tempuh dijumlahkan dengan setengah dari percepatan dikalikan waktu yang dikuadratkan. Dari jawaban ini dapat dikatakan bahwa responden hanya membaca persamaan matematika dan tidak menjelaskan arti fisis dari persamaan itu. Jawaban verbal responden susah dipahami ketika tidak disertai dengan persamaan matematisnya. Dalam memperoleh persamaan gerak GLBB sebagian besar responden menggunakan diferensiasi dan integrasi dari persamaan-persamaan terkait, walaupun ada cara lain yang tidak melibatkan diferensiasi maupun integrasi.

Hasil wawancara diperoleh bahwa cara ini merupakan kebiasaan waktu belajar maupun ketika menyampaikan di kelas sewaktu praktek pembelajaran. Peserta didik tingkat sekolah menengah mendapatkan materi ini sebelum mendapatkan materi diferensial dan integral sehingga mengalami kesulitan. Hal ini disiasati dengan mengajarkan terlebih dahulu materi diferensial dan integral, akibatnya lebih banyak menyita waktu dan tenaga. Namun hasil penelitian Cui, Rebello, & Bennett (2006) menjelaskan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam menggunakan kalkulus dan memecahkan masalah kalkulus tidak membantu untuk penyelesaian masalah fisika, namun matematika harus digunakan dalam menjelaskan konsep-konsep fisika. Selain itu kesulitan mahasiswa dalam fisika juga disebabkan oleh kurangnya kemampuan awal fisika dan matematika yang tinggi (Ornek, Robinson, & Haugan, 2007).

Hukum Newton pada Sistem Benda Tergantung

Pada kasus sistem benda untuk Hukum Newton, ada beberapa hal yang perlu dicermati diantaranya cara responden merumuskan gaya-gaya pada sistem gerak yang mengikuti kebiasaan. Hal ini diperoleh ketika mengubah posisi sudut dalam sistem gerak Hukum Newton tetap mengikuti kebiasaan yaitu untuk vektor gaya arah mendatar atau sumbu x selalu menggunakan *cosinus*. Gambar sangat berperan penting dalam pemahaman konsep fisika, sejalan dengan temuan Murtono (2015) bahwa terdapat kesalahan penggambaran sinar-sinar optik geometri. Beberapa tipe penguraian vektor-vektor yang bekerja pada sistem gaya seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Penguraian vektor pada sistem gaya

Dari Gambar 3(a) dan Gambar 3(b) terdapat perbedaan dalam menentukan sudut pada masing-masing gaya tegangan tali, namun untuk arah mendatar semua menggunakan fungsi *cosinus*. Hal ini dapat dikatakan bahwa responden terbiasa mendapatkan penguraian komponen gaya arah mendatar adalah fungsi *cosinus* dan tidak memperhatikan letak sudut. Sehingga di manapun letak sudutnya, arah mendatar harus dengan fungsi *cosinus*. Pada Gambar 3(a) itu akan benar jika sudut $\theta_1 + \theta_2 = 90^\circ$, jika memang konteksnya lain maka jawaban ini tidak tepat. Gambar 3(b) ini merupakan penguraian komponen gaya yang terbalik dalam mengambil sudutnya. Dalam hal ini responden tidak melihat konteks gambar yang menjadi permasalahan dalam soal.

Hukum Newton pada Sistem Bidang Miring

Ketika benda berada pada bidang miring dan diberi gaya ke atas, maka ada tiga kemungkinan yaitu diam, bergerak naik, dan bergerak turun. Pada masing-masing kemungkinan itu mempunyai persamaan gerak yang berbeda. Ketika diam ada dua kemungkinan yaitu diam dimana gaya ke atas lebih besar dari gaya ke bawah dan sebaliknya. Persamaan geraknya ada dua kemungkinan yaitu $F - f_s - w \sin\theta = 0$ atau $w \sin\theta - F - f_s = 0$ dengan $w = mg$ dan $f_s = mg \cos\theta$.

Responden hanya memberikan satu kemungkinan saja, yaitu salah satu dari dua kemungkinan tersebut. Kemungkinan kedua yaitu ketika benda naik semua responden dapat menjawab dengan benar dengan persamaan gerak : $F - w \sin\theta - f_s = ma$. Untuk benda bergerak turun ada beberapa jawaban diantaranya bergerak turun maka gaya F ke bawah sehingga persamaan gerak menjadi $w \sin\theta + F - f_s = ma$ sedangkan jawaban yang lain bahwa F tetap ke atas sedangkan f_s kebawah, sehingga persamaan geraknya menjadi $w \sin\theta - F + f_s = ma$. Dari uraian terdapat perbedaan persepsi masing-masing responden, sehingga dalam menyelesaikan permasalahan sistem gerak menjadi berbeda-beda.

KESIMPULAN

Mahasiswa calon guru dipersiapkan untuk dapat menguasai konsep-konsep fisika sehingga mampu membelajarkannya kepada peserta didik di tingkat sekolah menengah. Untuk itu perlu dipersiapkan sebaik mungkin agar konsep-konsep yang dikuasai menjadi benar sesuai dengan apa yang dipahami para ilmun. Banyak mahasiswa calon guru fisika yang menggunakan matematika dalam fisika terjadi kesalahan sehingga tidak bisa menjelaskan dan menyelesaikan permasalahan fisika secara tepat. Hal ini karena dalam menjawab pertanyaan cenderung sesuai dengan kebiasaan dan tidak melihat secara detail maksud soalnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Angell, C., Guttersrud, Ø., & Henriksen, E. K. (2004). Physics: frightful, but fun. Pupils' and teachers' views of physics and physics teaching. *Science Education*, 88(5), 683-706.
- Charters, E. (2003). *The use of think-aloud methods in qualitative research: An introduction to think-aloud methods*. 12(2), 68–82.
- Creswell, J. W. (2016). *Research design: Pendekatan metode kualitatif, kuantitatif, dan campuran*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Cui, L., Rebello, N. S., & Bennett, A. G. (2006). College students' transfer from calculus to physics. *AIP Conference Proceedings*, 88(1), 37–40.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2007). *Fisika Dasar*. Jakarta: ERLANGGA.
- Meltzer, D. E. (2002). The relationship between mathematics preparation and conceptual learning gains in physics: A possible “hidden variable” in diagnostic pretest scores. *American Journal of Physics*, 70(12), 1259–1268.
- Murtono. (2015). Analisis representasi gambar dalam menyelesaikan permasalahan pemantulan dan pembiasan bagi mahasiswa program studi pendidikan fisika. *Jurnal Inovasi dan Pembelajaran Fisika*, 2(1), 47–51.
- Ornek, F., Robinson, W., & Haugan, M. (2007). What makes physics difficult. *Science Education International*, 18(3), 165–172.
- Quale, A. (2011). On the role of mathematics in physics: A constructivist epistemic perspective. *Science & Education*, 20(7-8), 609–624.
- Redish, E. F. (1994). Implications of cognitive studies for teaching physics. *American Journal of Physics*. 62(9), 796.
- Tipler, P. A. (1998). *Fisika untuk sains dan teknik*. Jakarta: Erlangga.