

# **PENDEKATAN PEMODELAN MATEMATIK DALAM PEMBELAJARAN FISIKA**

Muhamad Yusup  
Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP Universitas Sriwijaya  
Email: yusufunsri@yahoo.com

## **Abstract**

Physics concept can be represented with multiple representation. Understanding physics concepts requires skill to work with interchange among representation, and good understanding on each representation. The use of multiple representation in modeling approach help students relating different representation. Mathematical representation is one of representations that is used more in physics teaching. This article describe what and how mathematical modeling used in physics teaching.

**Key words** : Representation, Mathematical modeling, Physics Teaching

## **Pendahuluan**

Fisika merupakan cabang ilmu yang berupaya menjelaskan berbagai fenomena dan perilaku alam. Dalam mempelajari alam, para fisikawan melakukan proses dasar yakni pemodelan. Proses tersebut meliputi pembuatan, analisis dan evaluasi suatu model untuk menjelaskan fenomena yang dipelajari. Salah satu model yang banyak digunakan para fisikawan adalah model matematika.

Model matematika yang digunakan dalam fisika diungkapkan menggunakan bahasa matematika dalam bentuk rumus-rumus matematika. Rumus-rumus matematika yang melukiskan hukum-hukum alam pada hakikatnya adalah cara fisikawan untuk melukiskan fenomena alam dalam bentuk sederhana secara kuantitatif.

Fisika memang berkaitan erat dengan matematika. Pertanyaan mengenai hubungan matematika dan fisika sebenarnya telah berlangsung sejak lama (Gingras: 2001). Sampai saat ini, pada praktik pengajaran fisika di sekolah-sekolah, guru lebih banyak mengajarkan konsep fisika melalui rumus-rumus yang dinyatakan dalam persamaan matematika. Dalam penyelesaian masalah-masalah fisika, matematika merupakan elemen penting yang seringkali gagal digunakan oleh orang yang mempelajari fisika. Bahkan, bagi siswa yang kurang terampil dalam merepresentasi konsep fisika, kegagalan dalam mengingat atau menggunakan rumus-rumus matematika

dapat menyebabkan ia gagal dalam memecahkan soal-soal fisika itu.

Ornek, Robinson dan Haugan (2007) menemukan bahwa fisika dianggap sebagai pelajaran yang sulit karena fisika memerlukan keterampilan matematika yang baik, dan sulit dipelajari jika tidak memiliki latar belakang matematika yang memadai. Namun, persoalan matematika ini seringkali menjebak siswa yang memperelajari fisika pada penyelesaian masalah matematika daripada masalah fisika.

Hestenes (1996) menyatakan, untuk mempelajari fisika, siswa harus terlibat dalam semua aspek pemodelan. Karena keterbatasan ruang, dalam makalah ini penulis hanya akan membicarakan pemodelan matematik. Sebelum membicarakan pemodelan matematika, ada baiknya terlebih dahulu kita tinjau bagaimana matematika digunakan dalam fisika.

## **Penggunaan Matematika dalam Fisika**

Walaupun matematika adalah alat yang penting dalam fisika, ada perbedaan antara matematika murni yang dipelajari orang matematika dengan matematika yang dipelajari orang fisika (Redish, 2005). Orang fisika dan orang matematika melabel konstanta dan variabel secara berbeda. Dalam matematika sebagaimana biasa diajarkan, pemilihan simbol cenderung dibatasi oleh kategori. Dalam kelas kalkulus, variabel hampir selalu

berupa  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , atau  $t$ . Konstanta biasanya direpresentasikan sebagai angka-angka khusus. Secara umum, konstanta-konstanta itu berupa  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , atau  $d$ . Dalam fisika, kita menggunakan banyak sekali simbol-simbol yang berbeda. Dalam fisika berbasis kalkulus, persamaan-persamaan ditampilkan dalam tiga sampai enam simbol atau lebih. Dalam fisika, terdapat banyak jenis konstanta –angka ( $2$ ,  $e$ ,  $\pi$ , ...), konstanta umum ( $e$ ,  $h$ ,  $g$ , ...), parameter ( $m$ ,  $R$ , ...), dan keadaan awal. Dalam fisika antara konstanta dan variabel tidak dibedakan secara jelas. Simbol-simbol digunakan untuk menyatakan ide daripada kuantitas. Perbedaan yang utama adalah pemberian makna terhadap simbol matematika dalam fisika.

Pemberian makna terhadap simbol memunculkan perbedaan bagaimana orang fisika dan orang matematika menginterpretasi persamaan. Penulis pernah mengajukan pertanyaan kepada mahasiswa pada berbagai tingkat semester, dan juga kepada guru fisika, bagaimana interpretasi terhadap persamaan Hukum Kedua Newton,  $F = ma$ . Kebanyakan mereka menjawab bahwa untuk memperbesar gaya dapat dilakukan dengan memperbesar massa dan atau percepatan benda. Jawaban tersebut bisa benar dalam tinjauan matematika, tetapi salah dalam konsepsi fisika.

Pemberian makna terhadap persamaan matematika dalam fisika dipengaruhi oleh bagaimana memaknai tanda sama dengan ( $=$ ) pada persamaan itu. Dalam fisika, tanda “=” memiliki arti yang berbeda-beda. Xiaoyu (2011) menyatakan bahwa tanda “=” (sama dengan) dalam fisika memiliki makna lebih dibanding hanya bermakna “kesetimbangan” seperti pada aljabar. 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” atau “menjadi”. Sementara untuk hukum kekekalan, tanda “=” menghubungkan dua keadaan secara berurutan. Contoh hukum kekekalan dalam fisika adalah hukum kekekalan momentum linier,  $P_1 = P_2$ , hukum kekekalan momentum angular  $L_1 = L_2$ , 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. Oleh karena itu kita perlu memadukan arti fisik dengan matematika sehingga dapat mengubah cara kita melihat persamaan. Persamaan matematika dalam fisika perlu dipandang sebagai representasi suatu hubungan antara besaran-besaran fisika atau hasil pengukuran yang dinyatakan dalam suatu bahasa atau model matematika.

### Model dan Pemodelan Matematika

Banyak kebingungan tentang pemodelan karena orang yang berbeda menggunakan definisi yang berbeda terhadap istilah ini. Oleh karena itu penting untuk memulai pembahasan ini dengan memberikan definisi yang tegas terhadap istilah model dan pemodelan. Jennings (2003) memberikan definisi yang jelas mengenai model dan pemodelan sebagai berikut.

Model sebagai kata benda:

Melihat model matematika yang telah dibuat sebelumnya dalam berbagai bidang dan menerapkan model tersebut untuk situasi yang sama.

Dengan menggunakan definisi ini, sebagian besar buku-buku teks saat ini dan sebelumnya dapat menyatakan bahwa buku-buku itu memiliki komponen pemodelan. Sebuah contoh mengenai hal ini adalah memberikan siswa persamaan untuk ketinggian suatu benda sebagai

$$h = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0t + h_0, \text{ di mana } h \text{ adalah}$$

ketinggian,  $t$  adalah waktu,  $h_0$  adalah ketinggian awal,  $v_0$  adalah kecepatan awal, dan  $g$  adalah percepatan gravitasi. Dari persamaan ini, dan beberapa keadaan awal, siswa diminta untuk mengevaluasi persamaan tersebut untuk mencari ketinggian pada waktu tertentu, atau mencari nilai-nilai yang lain.

Model sebagai kata kerja:

Menggunakan proses pemodelan untuk mendefinisikan dan menjawab pertanyaan

Proses pemodelan dapat didefinisikan dalam hal-hal berikut:

- a) mengidentifikasi masalah yang diteliti;
- b) menentukan faktor-faktor yang penting;
- c) merepresentasikan faktor-faktor di atas dan saling mempengaruhi di antara faktor-faktor tersebut secara matematik dan menganalisis hubungan matematik;
- d) menginterpretasi hasil-hasil matematik dalam konteks fenomena dunia nyata;
- e) mengevaluasi bagaimana aplikasi hasil-hasil di atas dalam situasi dunia nyata;
- f) jika perlu, uji ulang faktor yang berpengaruh dan struktur model awal.

Hestenes (1987) mengartikan model sebagai representasi konseptual dari hal yang nyata. Model dalam fisika adalah model matematika dan dengan kata lain sifat fisik direpresentasikan oleh variabel kuantitatif dalam model.

Lebih jauh, Hastenes (1987) menyatakan bahwa model matematika memiliki empat komponen:

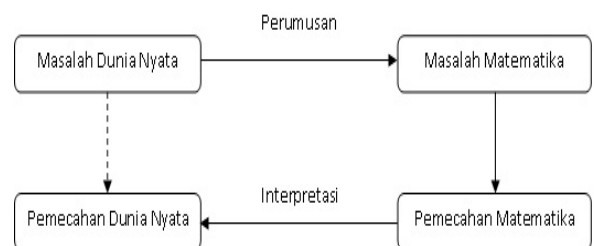
- 1) Satu set nama untuk objek dan agen (objek eksternal) yang berinteraksi dengan objek, juga untuk setiap bagian dari objek yang diwakili dalam model.
- 2) Satu set variabel deskriptif (atau deskriptor) yang mewakili sifat objek. Ada tiga jenis variabel: variabel objek (menggambarkan sifat intrinsik objek), variabel keadaan (sifat intrinsik yang nilainya berubah dengan waktu, dan variabel interaksi (menggambarkan interaksi agen dengan objek yang dimodelkan)
- 3) Persamaan-persamaan dari model, menggambarkan evolusi struktur dan waktunya.

- 4) Sebuah interpretasi yang mengaitkan variabel deskriptif dengan sifat objek yang direpresentasikan oleh model.

### Pendekatan Pemodelan Matematik dalam Pembelajaran Fisika

Pemodelan matematika merupakan proses merepresentasikan masalah dalam situasi atau dunia nyata ke dalam bahasa matematika untuk menemukan pemecahan dari suatu masalah. Model matematika dapat dipandang sebagai penyederhaan atau abstraksi dari situasi atau dunia nyata yang kompleks ke dalam bentuk matematika.

Pemahaman lengkap tentang konsep dalam fisika membutuhkan kefasihan dalam bahasa matematika di mana konsep-konsep ini dikemas (Tuminaro and Redish, 2004). Ketika kita mengajar fisika menggunakan pendekatan pemodelan matematika, berarti kita mengajar pemecahan masalah matematika. Dalam proses pemecahan masalah tersebut, masalah dunia nyata dalam fisika dikonversikan menjadi masalah matematika lalu pemecahannya diinterpretasikan kembali ke dalam dunia nyata. Gambar 1 menyajikan penggunaan model matematika dalam sains (termasuk fisika).



Gambar 1. Proses Pemodelan Matematika

Pemodelan matematika dimulai dari masalah pada situasi atau dunia nyata. Penekanan pemodelan matematika lebih pada penyelesaian masalah daripada menemukan jawaban yang seharusnya. Kadang-kadang, dalam penyelesaian masalah matematika kita tidak dapat memecahkannya secara penuh. Pada saat yang lain, kita sudah merasa senang dengan jawaban perkiraan ketika jawaban yang pasti tidak dapat ditentukan.

Saglam (2004) menyatakan bahwa ada dua pendekatan untuk membangun model matematika: pendekatan

eksperimen dan pendekatan teoritik. Pendekatan eksperimen didasarkan pada data eksperimen. Pendekatan teoritik didasarkan pada hukum yang diperoleh melalui model fisik.

Konsekuensi dari pandangan pemodelan untuk pengajaran fisika adalah bahwa guru harus memahami hakikat fisika sebagai pemodelan, dan menjadi pemodel dan penginterpretasi model. Untuk menjadi pemodel yang kompeten, guru perlu berlatih dalam proses penalaran. Jadi, komponen penting dalam pendekatan pemodelan adalah memahami penalaran sebagai perantara penting antara observasi eksperimental dan representasi konseptual (Angell, Kind, Henriksen, Guttersrud: 2008).

Mengajar konsep model dan pemodelan matematika dapat dilakukan dengan menekankan pada multirepresentasi dan mengajarkan kepada siswa keterampilan bernalar ilmiah. (Guttersrud, 2008). Pendekatan ini menggunakan representasi eksternal dan internal. Menurut Dufour-Janvier et al. (1987) representasi internal adalah gambaran mental dan representasi eksternal adalah semua organisasi simbolik eksternal seperti benda-benda fisik, gambar, bahasa lisan dan simbol tertulis. Jadi, keterampilan menggunakan pemodelan tergantung pada keterampilan mengungkap representasi representasi eksternal, dan juga kerampilan beralih dari satu representasi ke representasi yang lain (multirepresentasi).

### Penutup

Pemodelan matematika dapat menjadi tema pusat pembelajaran fisika. Ini berarti bahwa pengajaran fakta dan teori fisika menjadi subsider untuk mengajarkan prinsip-prinsip dan pendekatan pemodelan matematika. Dalam praktiknya, pemodelan matematika ini memerlukan keterampilan dalam memahami satu representasi ke dalam representasi yang lain, dari representasi non matematik ke representasi matematik lalu kembali diinterpretasi ke dalam representasi non matematik kembali.

### Daftar Pustaka

- Angell, C., Kind, P. M., Henriksen, E. K., & Guttersrud, Ø. (2008). An empirical-mathematical modelling approach to upper secondary physics. *Physics Education*, 43(3), 256-264.
- Cheng, A.K. *Teaching Mathematical Modelling in Singapore Schools*, National Institute of Education, tersedia di [http://math.nie.edu.sg/kcang/TME\\_paper/teachmod.html](http://math.nie.edu.sg/kcang/TME_paper/teachmod.html)
- Dufour-Janvier, B., Bednarz, N., & Belanger, M. (1987). Pedagogical considerations concerning the problem of representation. In C. Janvier (Ed.), *Problems of representation in the teaching and learning of mathematics*. 109-122. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gingras, Y. (2001). What did Mathematics Do to Physics. *History Science*. xxxix.
- Guttersrud, Ø. (2008). *Mathematical Modelling in Upper Secondary Physics Education*. University of Oslo, Oslo.
- Hestenes, D. (1987). Toward a Modelling Theory of Physics Instruction. *American journal of physics*, 55(5), 440-454.
- Hestenes, D. (1996). *Modeling Methodology for Physics Teachers*. Makalah pada The International Conference on Undergraduate Physics Education. Tersedia di <http://modeling.asu.edu/modeling/ModelingMeth-jul98.PDF>.
- Jennings, R. (2003). *Mathematical Modeling the Glue That Binds*. Tersedia di <http://www.math.washington.edu/nwmi/materials/>
- Ornek, F., Robinson, W.R., Haugan, M.R. (2007). What Makes Physics Difficult? *Science Education International*. 18(3). 165-172

- Redish, E.F. (2005). Problem Solving And the Use of Math in Physics Courses. *Invited talk presented at the conference, World View on Physics Education in: Focusing on Change*. Saglam-Arslan, A., Arslan, S. (2010). Mathematical models in physics: A study with prospective physics teacher. *Scientific Research and Essays*. 5 (7), 634-640.
- Tuminaro, J., Redish, E.F. (2004). Understanding Students' Poor Performance on Mathematical Problem Solving in Physics. *Physics Education Research Conference 2003 Part of the PER Conference series*, 720, 113-116. Tersedia di [http://www.physics.umd.edu/perg/papers/tuminaro/madison\\_proceedings.pdf](http://www.physics.umd.edu/perg/papers/tuminaro/madison_proceedings.pdf)
- Xiaoyu, W. 2011. "More meaning of "=" in AP Physics," *The Physics Teacher*, 49, 405 (2).