

## ANALISIS BUKU PELAJARAN FISIKA SMA KELAS XI PADA MATERI BANDUL SEDERHANA

Eko Firmansah<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Dosen Program Studi Pend. Fisika, Jurusan Pendidikan MIPA, STKIP-PGRI Lubuklinggau  
(E-mail: firmansaheko10121984@gmail.com)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan pemahaman tentang ambiguitas dan kesalahan diagram benda bebas bandul sederhana pada buku pelajaran Fisika SMA kelas XI. Penelitian dilakukan secara kualitatif dengan mengumpulkan, menganalisa, dan mengembangkan data yang diperoleh melalui studi literatur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembuatan gambar diagram benda bebas yang lengkap dapat mempermudah penyusunan penyelesaian masalah bandul sederhana. Kemudian, model tradisional yang diberikan pada buku teks tidak menjelaskan secara penuh kejadian dinamika pada bandul sederhana. Akan tetapi, sesungguhnya solusi yang dipaparkan pada bagian hasil dan pembahasan hanya salah satu metode saja dan memungkinkan untuk mendapatkan solusi dengan metode yang berbeda.

**Kata kunci:** Bandul Sederhana, Diagram Benda Bebas, Ambiguitas.

### A. Pendahuluan

Kesalahan konsep dalam pembelajaran Fisika SMA sering kali terjadi akibat menganggap sepele materi yang sedang dipelajari (Garcia, *et al.*, 2012:30-31). Materi mekanika seperti bandul sederhana menjadi salah satu materi yang sering kali dipandang sebelah mata. Selain itu, sebagian besar guru sering kali hanya berpangku pada buku pelajaran yang disediakan oleh pemerintah dan meyakini bahwa buku-buku tersebut telah sesuai dengan kaidah keilmuan yang seharusnya. Padahal sejauh ini, tidak ada upaya serius dari pemerintah untuk meninjau kelayakan buku yang diterbitkan oleh penerbit buku pelajaran. Beberapa guru yang cukup berdedikasi atas pentingnya pendidikan akan meninjau sendiri kelayakan buku yang dipakai, tetapi itupun sebatas tinjauan verbal atas dasar kemudahan dalam memahami isi. Sementara itu, tinjauan kedalaman materi dan

kesalahan konsep sangat jarang dan hampir tidak pernah dilakukan.

Untuk dapat menjelaskan permasalahan dan konsep bandul sederhana maka perlu melibatkan beberapa aspek yakni penyajian diagram benda bebas secara tepat dan metode analisis yang sesuai dengan keadaan kemampuan dasar siswa. Dari penelusuran beberapa sumber buku pelajaran SMA, pembahasan bandul sederhana pada umumnya sudah tepat. Namun demikian, pada proses pembahasan terdapat ambiguitas dan diagram benda bebas terdapat kesalahan. Ambiguitas yang dimaksud terjadi pada solusi permasalahan bandul sederhana, yakni sering kali hanya nilai periode saja yang diperoleh sedangkan nilai seperti percepatan benda dan tegangan tali pada bandul sederhana tidak diberikan. Padahal, persamaan tegangan dan persamaan merupakan solusi fundamental dari permasalahan bandul sederhana. Sementara itu, gambar diagram benda bebas terdapat

kesalahan dalam penguraian percepatan sentri petal, ada juga buku yang tidak lengkap atau penempatan keterangan tidak sesuai dan bahkan sama sekali tidak memberikan keterangan besaran-besaran fisika yang ada sistem bandul sederhana tersebut. Di antara buku-buku tersebut yakni buku dengan judul “Kompetensi Fisika untuk SMA/MA Kelas XI” (Siswanto dan Sukaryadi, 2009:59) dan “Aktif Belajar Fisika untuk SMA & MA Kelas XI” (Cari, 2009:109). Dengan sikap kebergantungan terhadap buku yang dimiliki oleh sebagian besar guru, sangat memungkinkan guru melakukan kesalahan dalam mengajarkan materi kepada siswa.

Dalam menyelesaikan permasalahan bandul sederhana, permasalahan yang sering ditampilkan adalah mencari tegangan tali bandul, percepatan, dan periode bandul. Solusi yang ditawarkan untuk penyelesaian permasalahan bandul sederhana sesungguhnya dapat beragam, sehingga sejauh ini terdapat beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk menemukan periode bandul sederhana. Penelitian yang dilakukan oleh Kidd dan Fogg (2002:81-83) membahas tentang upaya mendapatkan periode dari pendulum sederhana dengan tinjauan sudut simpangan besar. Dengan menggunakan eksperimen, telah dilakukan penelitian dalam rangka mendapatkan akurasi persamaan untuk periode bandul sederhana dengan sudut simpangan kecil (Lima dan Arun, 2006:10-11) dan pengaruh bentuk bulat bumi pada pendulum sederhana juga telah dilakukan (Burko, 2003:9-10). Solusi dengan pendekatan matematika pun telah banyak dilakukan seperti yang dikaji oleh Bender, *et al.* (2006:10-11). Mereka meneliti bandul sederhana dengan pendekatan *PT-symmetric* dengan

menekankan pada nilai medan gravitasi  $g$  yang kuat. Terdapat juga pendekatan trigonometri dan aritmatik-geometri yang digunakan dalam meninjau pendulum sederhana untuk semua amplitudo (Lima, 2009:L95-L102, Carvalhaes dan Suppes, 2008:1150-1153).

Berdasarkan uraian tersebut, sangat perlu sekali menganalisis buku-buku teks pelajaran Fisika SMA yang beredar di sekolah-sekolah. Pada kesempatan kali ini, analisis dilakukan pada buku kelas XI SMA materi bandul sederhana dengan meninjau konten secara umum dan solusi dari masalah bandul sederhana.

## **B. Landasan Teori**

### **1. Bandul Sederhana**

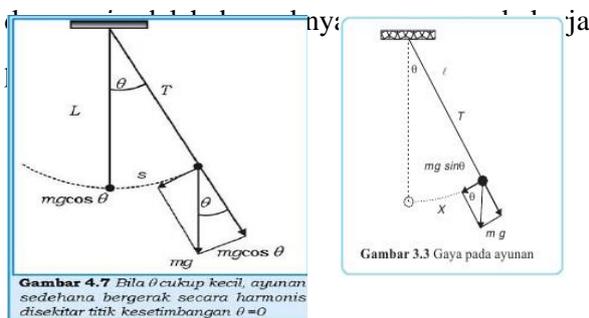
Dalam meninjau gerak suatu benda secara klasik, maka hukum fundamental yang dipakai adalah hukum Newton tentang gerak. Hukum Newton tentang gerak dibagi menjadi tiga hukum dasar yakni hukum pertama Newton atau disebut hukum kelembaman, hukum kedua Newton, dan hukum ketiga Newton.

Pada dasarnya sebelum Newton mengungkapkan ketiga hukum geraknya, Galileo telah menemukan konsep kelembaman. Konsep kelembaman yang ditemukan oleh Galileo memberikan ilham penting bagi Issac Newton untuk merumuskan pandangannya tentang gerak. Pandangan tersebut dituangkan dalam hukum pertama Newton tentang gerak yang menyatakan “Setiap benda akan terus berada pada keadaan diam atau bergerak dengan kelajuan tetap sepanjang garis lurus jika tidak dipaksa untuk merubah keadaan geraknya itu oleh gaya-gaya yang bekerja padanya” (Rosyid, dkk., 2014:127-130). Hukum pertama Newton berlaku hanya

untuk kerangka-kerangka acuan khusus. Kerangka acuan tempat hukum pertama Newton berlaku disebut kerangka acuan inersial. Sementara itu, kerangka acuan tempat hukum pertama Newton tidak berlaku disebut kerangka acuan tak inersial. Hukum pertama Newton juga menjelaskan definisi gaya, yakni penyebab perubahan gerakan.

Hukum kedua Newton mengemukakan hubungan antara resultan gaya dengan perubahan gerakan yang diakibatkannya. Perubahan gerakan dipahami oleh Newton bukan saja sebagai perubahan kecepatan, melainkan perubahan momentum, yakni perkalian kecepatan benda dengan massa inersialnya,  $\mathbf{p} = m\mathbf{v}$ . Jadi, perubahan gerakan sebuah benda dapat berarti perubahan kecepatan benda itu, dapat pula perubahan massanya, atau perubahan baik massa maupun kecepatan benda itu. Hukum kedua Newton tentang gerak mengatakan bahwa resultan gaya yang bekerja pada suatu benda sama dengan laju perubahan momentum benda itu, atau secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut

$$\sum_{i=1}^n \mathbf{F}_i = m \mathbf{a}, \quad (1)$$



**Gambar 1.** Kedua gambar adalah diagram benda bebas untuk bandul sederhana. Sebelah kiri, terjadi kesalahan untuk penguraian gaya berat, sedangkan gambar sebelah kanan penguraian gaya berat tidak ditambah lagi gaya tegangan tali dari kedua diagram tersebut tidak memiliki arah.

Sementara itu, untuk memahami hukum ketiga Newton, terlebih dahulu dapat ditinjau sembarang benda A yang mengerjakan gaya pada benda B. Hukum ketiga Newton menyatakan bahwa benda B akan melakukan gaya (sebagai reaksi) pada benda A yang besarnya sama tetapi, dengan arah yang berlawanan dengan gaya yang dikerjakan oleh benda A pada benda B. Hukum ketiga Newton menggambarkan sifat penting yang dimiliki oleh gaya bahwa gaya selalu berpasangan.

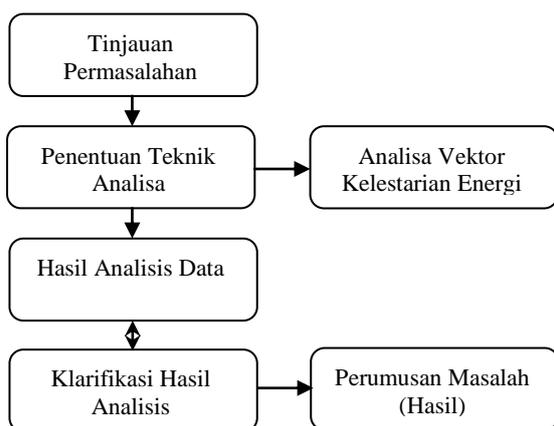
## 2. Kesalahan dan Ambiguitas

Kesalahan dan ambiguitas dari materi dan solusi permasalahan dalam Fisika sering kali ditemui. Banyak hal yang sudah dilakukan untuk mengurangi tingkat kesalahan yang terjadi di sekolah menengah terkait dengan materi Fisika yakni dengan melakukan identifikasi terhadap miskonsepsi pada proses pembelajaran. Khusus untuk materi pendulum sederhana terdapat beberapa penelitian tentang miskonsepsi semisal Trujillo, *et al.* (2013:17-27). Akan tetapi, pada kenyataannya usaha tersebut belum maksimal. Hal ini terlihat, seperti yang disampaikan pada bagian pendahuluan, peneliti menemukan dua buah buku teks SMA dengan kelasalasan pada pembuatan diagram benda bebas dan ambiguitas solusi yang diberikan untuk materi bandul sederhana. Pada buku tersebut, kelasalasan diagram benda bebas ditunjukkan seperti pada Gambar 1.

Sementara itu, ambiguitas yang terjadi adalah pada persamaan periode bandul sederhana. Persamaan pada kedua buku secara berturut-turut adalah

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (2)$$

dan



**Gambar 2. Diagram Alir Penelitian**

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (3)$$

Pada kedua buku teks, persamaan ini tidak diiringi dengan penjelasan keadaan bandul, apakah bandul tersebut ditinjau pada keadaan diam pada sudut tertentu atau dalam keadaan bergerak secara osilasi. Selain itu, pada kedua buku tidak dibahas permasalahan tegangan tali dan percepatan padahal pada pengantar materi diberikan bahwa bandul sederhana berayun melalui titik kesetimbangan. Untuk permasalahan ambiguitas persamaan ini, penulis mengajukan persamaan tegangan tali untuk bandul yang sedang bergerak.

### C. Metode Penelitian

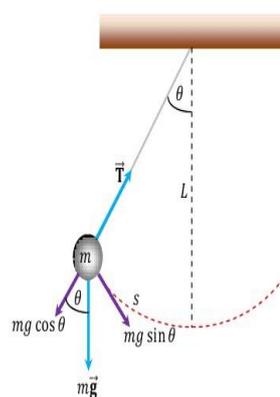
Pada penelitian ini data diperoleh dengan cara mendokumentasikan dari literatur yang dipilih. Data dimaksud adalah materi bandul sederhana pada buku pelajaran SMA kelas XI. Di dalam penelitian ini, peneliti mengambil sampel dua buku pelajaran SMA yang memuat materi bandul sederhana. Pengambilan ini dilakukan secara acak dengan menganggap bahwa terdapat lebih dari dua buku pelajaran SMA kelas XI yang memiliki isi hampir sama. Selanjutnya, data

yang telah diperoleh dianalisis melalui kajian teoritis matematis. Penelitian secara normal dilakukan selama tiga bulan dengan jumlah waktu pengerjaan rata-rata empat jam per hari. Secara umum penelitian dilakukan menurut diagram alir seperti pada Gambar 2.

### D. Hasil dan Pembahasan

#### 1. Hasil

Hasil penelitian terbagi menjadi dua bagian yakni diagram benda bebas gerak bandul sederhana dan solusi bandul sederhana yang ditunjukkan dengan besar tegangan tali dan percepatan tangensial serta besaran-besaran fisika yang lain. Untuk diagram benda bebas dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3. Diagram Benda Bebas Bandul Sederhana**

Sementara itu, tegangan tali gerak bandul sederhana berdasarkan analisis vektor dan kelestarian energi secara berturut-turut sebagai berikut.

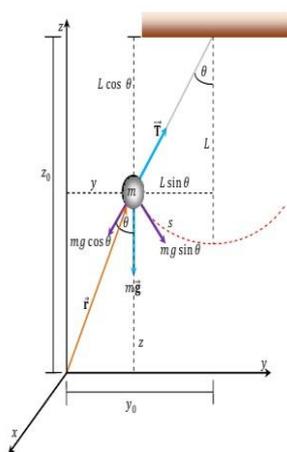
$$T = m_b \frac{v_t^2}{L} + m_b g \cos \theta \quad (4)$$

dan

$$T = m_b g (3 \cos \theta - 2 \cos \theta_0) \quad (5)$$

## 2. Pembahasan

Untuk mendapatkan periode dari bandul sederhana seperti disajikan pada persamaan (4) dan (5) dapat digunakan hukum Newton tentang gerak sesuai dengan pendapat Rosyid, dkk. (2014:127-130). Pertimbangkan bandul sederhana yang terdiri dari sebuah benda bermassa  $m$  yang menggantung pada sebuah tali sepanjang  $L$  yang pada waktu  $t$  membentuk sudut  $\theta$  terhadap garis vertikal seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Diagram benda bebas bandul sederhana dalam ruang tiga dimensi. Bandul berayun pada bidang yz sedemikian rupa sehingga bandul pada saat  $t$  memiliki vektor posisi  $\vec{r} = (y, z)$ . Posisi tempat tali menempel pada langit-langit dianggap sebagai titik awal yang memiliki vektor posisi  $\vec{r}_0 = (y_0, z_0)$ .

Dari Gambar 4 menunjukkan bahwa sesungguhnya pengembangan dari diagram benda bebas yang ditunjukkan pada Gambar 3. Pada Gambar 4 selain dituliskan besaran-besaran fisika secara lengkap juga disertai dengan sistem koordinat kartesius 3-dimensi.

Solusi untuk permasalahan semacam ini dapat digunakan dua buah analisis untuk menyelesaikannya, yakni analisis vektor dan analisis kelestarian energi. Pertama permasalahan ini akan ditinjau dengan menggunakan analisis vektor. Berdasarkan Gambar 4, koordinat massa  $m$  bandul sederhana dapat dinyatakan sebagai

$$y = y_0 - L \sin \theta \quad (6)$$

$$z = z_0 - L \cos \theta. \quad (7)$$

Untuk mendapatkan komponen kecepatan massa bandul, persamaan (6) dan (7) diturunkan terhadap waktu dan diperoleh

$$v_y = -L \frac{d\theta}{dt} \cos \theta \quad (8)$$

dan

$$v_z = -L \frac{d\theta}{dt} \sin \theta \quad (9)$$

sedangkan dengan menurunkannya terhadap waktu satu kali lagi, diperoleh percepatan massa bandul sebagai berikut

$$a_y = L \left( \frac{d\theta}{dt} \right)^2 \sin \theta - L \frac{d^2\theta}{dt^2} \cos \theta \quad (10)$$

dan

$$a_z = L \left( \frac{d\theta}{dt} \right)^2 \cos \theta + L \frac{d^2\theta}{dt^2} \sin \theta \quad (11)$$

Dengan menggunakan hukum kedua Newton untuk komponen gaya yang bekerja pada terhadap sumbu-y dan sumbu-z yakni

$$F_y = m a_y = T \sin \theta$$

dan

$$F_z = m a_z = T \cos \theta - mg$$

serta dengan menggunakan persamaan (10) dan (11) diperoleh

$$m L \left[ \left( \frac{d\theta}{dt} \right)^2 \sin \theta - \frac{d^2\theta}{dt^2} \cos \theta \right] = T \sin \theta \quad (12)$$

Dan

$$m L \left[ \left( \frac{d\theta}{dt} \right)^2 \cos \theta + \frac{d^2\theta}{dt^2} \sin \theta \right] = T \cos \theta - mg \quad (13)$$

Kalikan persamaan (12) dengan  $\cos \theta$  dan kurangi hasilnya dengan persamaan (13) yang telah dikalikan dengan  $\sin \theta$  sehingga diperoleh

$$m L \frac{d^2\theta}{dt^2} [(\sin \theta)^2 + (\cos \theta)^2] = -m g \sin \theta$$

yang dapat disederhanakan sebagai

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{L} \sin \theta \quad (14)$$

Persamaan (14) merupakan persamaan yang sering dituliskan pada buku-buku teks SMA termasuk pada kedua buku teks yang ditinjau pada persamaan ini. Andaikan persamaan (14) disubstitusikan pada persamaan (13) akan diperoleh

$$m L \left[ \left( \frac{d\theta}{dt} \right)^2 \cos \theta - \frac{g}{L} (\sin \theta)^2 \right] = T \cos \theta - mg,$$

yang dapat dituliskan sebagai

$$m L \left( \frac{d\theta}{dt} \right)^2 \cos \theta = T \cos \theta - mg [1 - (\sin \theta)^2],$$

dan dapat disederhanakan menjadi

$$T = m L \left( \frac{d\theta}{dt} \right)^2 + mg \cos \theta \quad (15)$$

Persamaan ini juga dapat diperoleh dengan mensubstitusikan persamaan (14) ke dalam persamaan (12). Untuk sudut  $\theta$  yang diketahui, persamaan (14) dan (15) menentukan posisi setiap saat dari perpindahan massa  $m$ . Akan tetapi, persamaan ini hanya berlaku untuk sudut simpangan yang sangat kecil yakni kurang dari 5 derajat (Trujilo, *et al.*, 2013:23-24). Sementara itu, untuk sudut yang lebih besar, solusinya dapat diperoleh melalui metode integrasi numerik.

Lebih jauh, solusi yang diperoleh pada persamaan (14) dan persamaan (15) dapat pula dinyatakan dalam bentuk lain yakni dalam bentuk kecepatan tangensial. Berdasarkan tinjauan permasalahan dan diagram benda bebas, besar kecepatan tangensial dapat dinyatakan sebagai

$$v_t = \frac{d}{dt}(L\theta),$$

sehingga persamaan (14) dan (15) dapat diwujudkan dalam bentuk

$$a_t = \frac{dv_t}{dt} = -mg \sin \theta \quad (16)$$

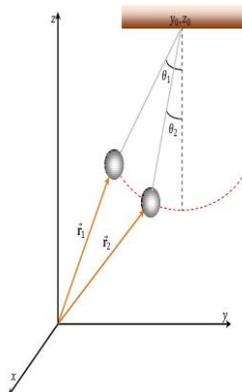
dan

$$T = m \frac{v_t^2}{L} + mg \cos \theta \quad (17)$$

Persamaan (16) menunjukkan bahwa percepatan tangensial benda tidak konstan, tetapi bervariasi berdasarkan nilai  $-mg \sin \theta$ . Nilai ini akan menuju nol pada saat massa berada tepat pada titik kesetimbangan (tali berada pada posisi vertikal sempurna) dan posisi ini tepat pada sudut nol radian. Tanda negatif pada nilai tersebut menunjukkan bahwa percepatan ini diakibatkan oleh gaya pemulih. Persamaan (17) menunjukkan bahwa tegangan tali tidak konstan selama bandul berayun, tetapi bergantung pada posisi benda yang ditunjukkan dengan nilai laju tangensial benda. Hal ini tidak ditunjukkan pada persamaan di dalam kedua buku teks yang ditinjau. Seperti yang telah disampaikan, pada buku teks yang ditinjau hanya menuliskan suku kedua persamaan (17) dan juga tidak diikuti oleh keterangan bahwa persamaan tegangan tali semacam itu hanya berlaku untuk benda dalam keadaan diam (keadaan tertentu) saja bukan tegangan tali untuk benda dalam keadaan berayun. Benda dalam keadaan diam merupakan kasus khusus dari persamaan (17) yang berarti bahwa suku pertama sama dengan nol yakni akibat kecepatan tangensial benda sama dengan nol. Akan tetapi, dalam kenyataannya di dalam kedua buku teks yang ditinjau atau buku teks yang lain sering kali dan pasti akan ditemui bahwa kasus khusus ini selalu dituliskan tanpa mengatakan bahwa persamaan tersebut adalah kasus khusus.

Tinjauan permasalahan bandul sederhana berikutnya adalah dengan menggunakan analisis kelestarian energi. Sebelum membahasnya lebih jauh, perhatikan dahulu Gambar 5. Gambar

tersebut mengilustrasikan dua keadaan bandul sederhana yakni pada vektor posisi  $\vec{r}_1 = (\vec{y}_1, \vec{z}_1)$  pada saat  $t_1$  dan  $\vec{r}_2 = (\vec{y}_2, \vec{z}_2)$  pada saat  $t_2$ . Pada saat  $t_1$  benda juga berada pada sudut  $\theta_1$ , sedangkan pada saat  $t_2$  benda berada pada sudut  $\theta_2$ .



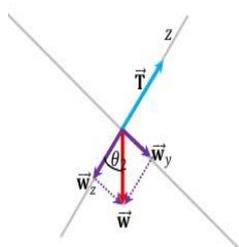
**Gambar 5.** Sebuah bandul sederhana yang berada pada dua buah posisi berbeda yang membentuk sudut  $\theta_1$  dan  $\theta_2$  terhadap posisi setimbang bandul. Posisi benda pada saat  $\theta_1$  merupakan posisi terjauh dari titik setimbang.

Pada analisis ini, dipertimbangkan  $t_1$  sebagai waktu sesaat ketika bandul sederhana mulai bergerak, sedemikian rupa sehingga  $\theta_1$  akan menjadi sudut sesaat. Pada Gambar 6 ditunjukkan diagram benda bebas tetapi diasumsikan arah sumbu-z yang ditempatkan sejajar dengan tali. Tampak pada Gambar 6 bahwa komponen gaya berat arah sumbu-z besarnya  $w_z = mg \cos \theta_2$ . Gaya berat arah sumbu-z dan gaya tegangan tali ini akan mengakibatkan percepatan arah sentripetal, yakni

$$T - mg \cos \theta_2 = m a_s$$

dengan  $a_s$  adalah percepatan sentripetal yang didefinisikan sebagai

$$a_s = \frac{v_t^2}{L}$$



**Gambar 6.** Diagram Benda Bebas dengan Mengasumsikan Sumbu-z Sejajar Dengan Tali Bandul

Oleh karena itu, tegangan tali dapat dinyatakan sebagai

$$T = m \frac{v_t^2}{L} + mg \cos \theta_2 \quad (18)$$

Hal tersebut, menunjukkan bahwa persamaan (18) sama dengan persamaan (17) pada analisis vektor. Berdasarkan hukum kelestarian energi, dua posisi seperti ditunjukkan pada Gambar 6 memiliki bentuk persamaan sebagai berikut.

$$m g z_1 = \frac{1}{2} m v_2^2 + m g z_2$$

dengan  $v_2^2$  setara dengan laju tangensial  $v_t^2$ . Dengan cara semacam ini, laju tangensial memungkinkan untuk dapat dinyatakan sebagai

$$v_t^2 = 2 g (z_1 - z_2) \quad (19)$$

Dengan meninjau kembali Gambar 6, nilai  $z_1$  dan  $z_2$  secara berturut-turut adalah

$$z_1 = z_0 - L \cos \theta_1$$

dan

$$z_2 = z_0 - L \cos \theta_2,$$

sehingga persamaan (19) dapat dituliskan ulang menjadi

$$v_t^2 = 2 g L (\cos \theta_2 - \cos \theta_1) \quad (20)$$

Selanjutnya, persamaan (20) ini dapat disubstitusikan ke dalam persamaan (18) dan diperoleh

$$T = mg (3 \cos \theta_2 - 2 \cos \theta_1) \quad (21)$$

Persamaan (21) tidak berbeda dengan persamaan (17) pada analisis vektor, tetapi persamaan (21) merupakan pengembangan dari persamaan (17) pada analisis kelestarian energi bandul sederhana. Persamaan (21) mengindikasikan bahwa tegangan tali bergantung pada penentuan sudut simpangan terbesar yakni  $\theta_1$ . Persamaan (21) jika direduksi maka akan

diperoleh persamaan yang sering dituliskan pada buku teks seperti halnya pada buku teks yang ditinjau. Oleh karena itu, persamaan ini benar-benar mewakili keadaan yang sesungguhnya dari tegangan tali pada bandul sederhana yang sedang berayun.

### E. Kesimpulan

Berdasarkan uraian yang telah disampaikan, menunjukkan bahwa pembuatan gambar diagram benda bebas yang lengkap dapat mempermudah penyusunan penyelesaian masalah bandul sederhana. Sementara itu, model tradisional yang diberikan pada buku teks tidak menjelaskan secara penuh kejadian dinamika pada bandul sederhana. Akan tetapi, sesungguhnya solusi yang dipaparkan pada bagian hasil dan pembahasan hanya salah satu metode saja dan memungkinkan untuk mendapatkan solusi dengan metode yang berbeda.

### REFERENSI

- Bender, Carl M. *et al.* 2006. *Complex Trajectories of a Simple Pendulum*. arXiv: Math-ph/ 060906v1, 25 Sep 2006.
- Burko, Lior M. 2003. *Effect of the Spherical Earth on a Simple*. arXiv: physics /0301033v1. 16 Jan 2003.
- Cari. 2009. *Aktif Belajar Fisika untuk SMA & MA Kelas XI*. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.
- Carvalhoes, Claudio G. dan Suppes, Patrick. 2008. *Approximations for the Period of the Simple Pendulum Based on the Arithmetic-geometric Mean*. Am J. Phys. 76 (12), December 2008. American Association of Physics Teachers.
- Garcia, J.A. *et al.* 2012. *Flourescence: An Interdisciplinary Phenomenon for Different Education Levels*. European J of Physics Education: vol. 3 Issue 3 2012.
- Kidd, Richard B. dan Fogg, Stuart L. 2002. *A Simple Formula for the Large-Angle Pendulum Period*. The Physics Teacher.
- Lima, FMS. 2009. *A Trigonometric Approximation for the Tension on the String of a Simple Pendulum Accurate for All Amplitudes*. Eur. J. Phys. 30 (2009) L95-L102.
- Lima, FMS. dan Arun, P. 2006. *An Accurate Formula for the Period of a Simple Pendulum Oscillating Beyond the Small Angle Regim*. arXiv: Physics /051020v3. 5 Jul 2006.
- Rosyid, Muhammad Farchani, dkk. 2014. *Fisika Dasar Jilid I: Mekanika*. Yogyakarta: Penerbit Periuk.
- Siswanto dan Sukaryadi. 2009. *Kompetensi Fisika untuk SMA/MA Kelas XI*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Trujilo, Luis Antonio Garcia *et al.* 2013. *Misconceptions of Mexican Teachers in the Solution of Simple Pendulum*. European J of Physics Education: vol. 4 Issue 3 2013.