

Pengembangan Metode Eksperimen Fisika Berbasis Komputer pada Topik Kinematika Gerak Pegas

P N Gunawidjaja^{1,2} dan R Suryantari¹

¹Program Studi Fisika Universitas Katolik Parahyangan, Jl. Ciumbuleuit 94, Bandung

²E-mail: philips@unpar.ac.id

Abstrak. Eksperimen fisika berbasis komputer dilakukan dengan memanfaatkan peralatan yang terdiri atas antarmuka (*interface*), sensor, dan perangkat lunak yang dihubungkan dengan sebuah komputer untuk penggunaannya. Salah satu keunggulan dengan dilakukannya eksperimen berbasis komputer adalah pengolahan data yang biasanya dilakukan secara manual dapat dilaksanakan dengan bantuan program komputer, sehingga waktu yang diperlukan untuk mengolah data menjadi lebih efisien. Salah satu jenis sensor yang tersedia adalah sensor gerak yang dapat diaplikasikan pada topik kinematika gerak. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan bentuk kegiatan eksperimen fisika konvensional menjadi eksperimen fisika berbasis komputer pada topik kinematika gerak pegas dengan menggunakan sensor gerak. Berdasarkan hasil eksperimen diperoleh nilai tetapan pegas sebesar $k = 9,20 \pm 0,26$ N/m, dimana pegas yang digunakan memiliki nilai $k = 10$ N/m. Hasil yang diperoleh lebih mendekati nilai sebenarnya apabila dibandingkan dengan hasil-hasil eksperimen secara konvensional. Hal ini dikarenakan faktor yang mempengaruhi penyimpangan dapat diminimalisir, terutama dalam mengukur pertambahan panjang pegas yang selama ini dilakukan secara manual.

Kata kunci: eksperimen fisika berbasis komputer, sensor gerak, tetapan pegas

Abstract. Computer-based physics experiments are carried out by utilizing sensors and interfaces into a software in a computer. One of the advantages of doing computer-based experiments is that data processing that is usually done manually can be carried out with the help of computer programs, so that time needed to process data becomes more efficient. A motion sensor is used to measure a spring constant and the result obtained from the experiment, is a spring constant value of $k = 9,20 \pm 0,26$ N/m. The result obtained agree with the spring's specification which has a value of $k = 10$ N/m. The results obtained in the experiment are closer to the true value when compared to conventional experimental results. This is because factors that influence irregularities can be minimized, especially in measuring the length of the spring when doing it manually.

Keywords: Computer-based physics experiments, motion sensor, spring constant

1. Pendahuluan

Kegiatan eksperimen dalam pembelajaran, yang biasa dikenal dengan istilah praktikum, merupakan sarana bereksplorasi berdasarkan metode ilmiah sehingga dapat membantu meningkatkan pemahaman mengenai fenomena alam, dan meningkatkan motivasi dalam pembelajaran. Untuk meningkatkan efektivitas dan kualitas kegiatan praktikum dalam rangka mencapai tujuan yang diharapkan, perlu dilakukan evaluasi dan pengembangan kegiatan yang dilakukan di kelas [1]. Berbagai metode ditawarkan dalam upaya mengembangkan keterampilan kinerja mahasiswa dalam bereksperimen. Samsudin, A., dkk memadukan antara eksperimen verifikatif dengan eksperimen berbasis multimedia dengan simulasi komputer maupun video yang dikembangkan dari internet [2]. Pengembangan perangkat perkuliahan eksperimen fisika untuk meningkatkan kreativitas mahasiswa dalam mendesain kegiatan praktikum di SMA, juga dapat dilakukan antara lain dengan eksplorasi kit peralatan praktikum fisika, dan mendesain beragam praktikum untuk konsep yang sama [3].

1.1. Pembelajaran dengan pendekatan eksperimen berbasis komputer

Penggunaan komputer dalam kegiatan eksperimen sudah sejak lama dikembangkan. Pada tahun 1990 Ronald K. Thornton dan David R. Sokoloff memperkenalkan metode pembelajaran laboratorium *Microcomputer-based Laboratory* (MBL) untuk memahami konsep gerak, dimana grafik gerak benda dapat disajikan secara *real-time*. Hasilnya menunjukkan terdapat peningkatan pemahaman yang signifikan [4]. Bentuk metode lainnya yang juga diperkenalkan adalah dengan memanfaatkan *Microsoft Excel*, yaitu dengan memadukan *Microsoft Excel* yang di dalamnya terdapat *Visual Basic for Application* (VBA) dan *Camtasia Studio 4*, sehingga dapat memvisualisasikan gerak benda [5]. Selain itu Ristanto, S juga mengembangkan visualisasi gerak jatuh bebas menggunakan perangkat lunak *video tracker*, dimana diperoleh data berupa posisi, kecepatan dan percepatan benda terhadap waktu [6]. Pada topik gerak harmonik sederhana, berbagai alternatif metode eksperimen juga diperkenalkan, misalnya oleh Khotimah, SN, dkk, yang menggunakan sensor gaya dan pegas, dimana berdasarkan grafik hubungan gaya terhadap waktu dapat diperoleh nilai besaran-besaran lainnya, seperti periode dan amplitudo, kemudian secara perhitungan dapat diperoleh nilai kecepatan sudut dan sudut fase [7].

Dalam pelaksanaan kegiatan pembelajaran dengan pendekatan eksperimen, secara umum dilakukan melalui tiga tahap yang sistematis, yaitu persiapan, pelaksanaan dan tindak lanjut, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 1. Pada eksperimen fisika konvensional, pengamatan dan pengambilan data-data dilakukan secara manual, dengan proses mencatat, lalu data-data tersebut diolah (biasanya dalam bentuk grafik), dianalisis kemudian disimpulkan. Berbeda dengan eksperimen fisika berbasis komputer, pengamatan dilakukan dengan memanfaatkan sensor-sensor, dan pengambilan data dilakukan menggunakan sensor tersebut, diolah dengan bantuan perangkat lunak dimana datanya dapat ditampilkan dalam bentuk digital maupun grafik, sehingga *output* yang dihasilkan lebih cepat dan akurat. Selain itu, analisis yang dilakukan dapat lebih mendalam dalam waktu yang singkat, hingga diperoleh suatu kesimpulan [8].



Gambar 1. Pelaksanaan kegiatan pembelajaran dengan pendekatan eksperimen [8]

Secara umum tahapan yang harus dilakukan pada eksperimen berbasis komputer ditunjukkan oleh gambar 2. Kelebihan melakukan percobaan berbasis komputer antara lain perangkat sensor dapat diintegrasikan dengan peralatan laboratorium yang sudah ada dan dapat disesuaikan dengan kurikulum yang berlaku. Selain itu mudah digunakan oleh mahasiswa maupun dosen/guru untuk percobaan yang beragam di bidang fisika dan ilmu lain yang relevan. Pembelajaran juga menjadi lebih menarik karena dapat memanfaatkan multimedia dengan kombinasi teks, gambar, video dan animasi. Kelebihan lainnya adalah pengumpulan data hasil percobaan dilakukan dengan cepat karena pengolahan dan penampilan data dilakukan oleh komputer, dan dapat membangkitkan sikap kritis mahasiswa melalui pembelajaran aktif [8].



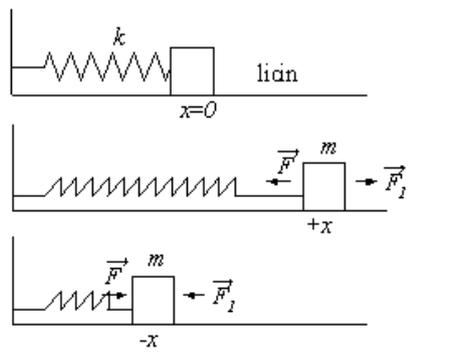
Gambar 3. Langkah-langkah dalam melakukan percobaan berbasis komputer

1.2. *Kinematika gerak pegas*

Kinematika merupakan sebuah topik yang sangat penting dalam pembelajaran Fisika. Terdapat banyak alternatif metode eksperimen yang dapat dilakukan untuk membantu mahasiswa di tingkat perguruan tinggi mengerti kinematika namun untuk kegiatan praktikum masih dilakukan secara konvensional. Seiring dengan perkembangan zaman, kemampuan menggunakan komputer memegang peranan yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari sehingga perlu dipikirkan cara untuk mengintegrasikan penggunaan komputer dalam percobaan-percobaan yang dilakukan khususnya di bidang kinematika [9].

Kinematika gerak secara umum mempelajari bagaimana benda bergerak, dapat berupa gerak lurus maupun gerak osilasi. Salah satu benda yang mengalami gerak osilasi adalah pegas. Pada bab kinematika gerak pegas, diperkenalkan berbagai besaran fisika seperti frekuensi, periode, amplitudo, kecepatan osilasi, percepatan osilasi, dan juga konstanta pegas. Tetapan pegas (k), merupakan tetapan yang bergantung pada bahan pegas. Dalam penelitian ini akan digunakan sensor gerak (*motion detector*), untuk mengamati bagaimana kinematika gerak pegas, dan secara khusus bertujuan menentukan nilai tetapan pegas (k) [9].

Gambar 4 menunjukkan sistem pegas dengan benda bermassa m terikat pada ujung pegas. Titik $x = 0$ dimana pegas tidak diberi simpangan, merupakan titik kesetimbangan. Apabila diberi simpangan $\pm x$ oleh gaya luar F_1 , pada pegas timbul gaya reaksi F yang mengimbangi F_1 . Gaya F disebut juga gaya pegas.



Gambar 4. Sistem pegas dengan benda bermassa m terikat pada ujung pegas [9]

Secara eksperimen diperoleh besar gaya F sebanding dengan simpangan x yang dapat dinyatakan seperti pada persamaan (1).

$$F = -kx \tag{1}$$

Persamaan (1) dikenal sebagai hukum Hooke yang berbunyi “gaya pegas berbanding lurus dengan simpangan yang diberikan, namun berlawanan arah dengan simpangan itu, dan karena itu disebut gaya pemulih (“restoring force”)” [10]. Menggunakan hukum ke-2 Newton, persamaan (1) dapat diubah bentuknya menjadi suatu persamaan diferensial sebagai berikut:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -kx \tag{2}$$

Persamaan (2) merupakan persamaan diferensial yang menggambarkan suatu gerak harmonik sederhana. Solusi persamaan (2) adalah suatu fungsi $x(t)$ yang dapat dinyatakan dengan persamaan (3).

$$x(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0) \quad (3)$$

Fungsi ini menggambarkan suatu gerak harmonik sederhana, dimana A adalah simpangan maksimum atau amplitudo gerak harmonik sederhana, ω adalah frekuensi sudut gerak harmonik sederhana, $x(t)$ merupakan simpangan sesaat sebagai fungsi waktu t , φ adalah (sudut) fase gerak harmonik sederhana, dan φ_0 adalah sudut fase awalnya [10].

Persamaan (3) adalah benar merupakan gerak osilasi dari persamaan diferensial (2), bila $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$. Berdasarkan persamaan (3) dapat diturunkan suatu fungsi kecepatan v dan percepatan a yang dapat dinyatakan dalam persamaan (4):

$$v = \frac{dx}{dt} = \omega A \cos(\omega t + \omega_0) \quad (4a)$$

$$a = \frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 A \sin(\omega t + \omega_0) = -\omega^2 x(t) \quad (4b)$$

Apabila persamaan (4b) disubstitusikan ke dalam persamaan (2) diperoleh persamaan (5):

$$-m\omega^2 x = -kx \text{ atau } \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (5)$$

Karena frekuensi getaran osilator $f = \frac{\omega}{2\pi}$, maka:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (6)$$

dan karena periode getaran osilator $T = \frac{1}{f}$, maka:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (7)$$

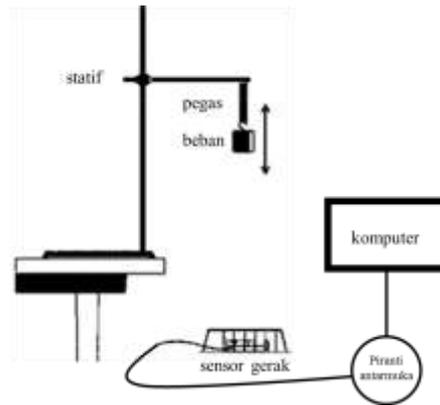
Persamaan (5) (6) dan (7) menunjukkan bahwa ω , f dan T tidak bergantung pada amplitudo A [10].

Dalam penelitian ini akan dirancang suatu eksperimen berbasis komputer pada topik kinematika gerak pegas. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan bentuk kegiatan eksperimen fisika konvensional menjadi eksperimen fisika berbasis komputer yang sistematis, dengan memanfaatkan sensor gerak. Dengan tersedianya materi eksperimen berbasis komputer, diharapkan dapat meningkatkan kualitas pembelajaran untuk mendorong dan menginspirasi mahasiswa mengaplikasikan teknologi dalam materi pembelajaran, sehingga hasil yang didapatkan menjadi lebih akurat dan waktu yang digunakan lebih efisien.

2. Metode

2.1. Skema eksperimen kinematika gerak pegas

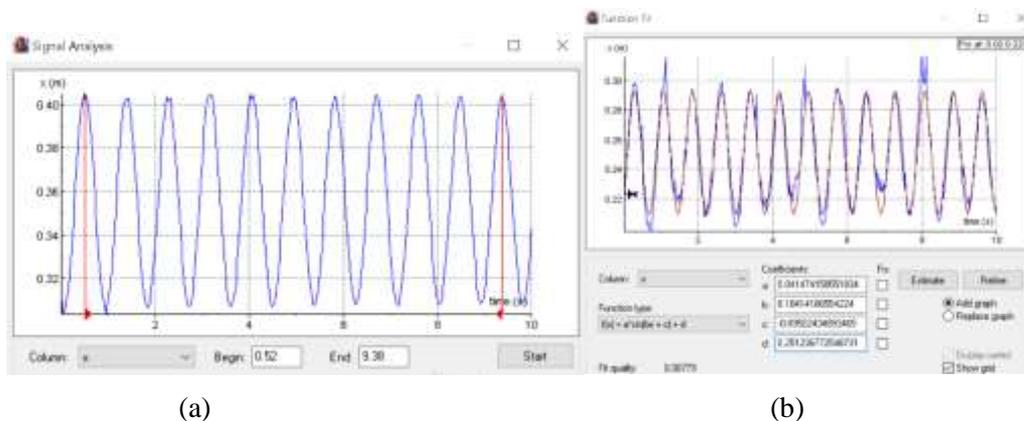
Tujuan dari eksperimen ini adalah untuk mengukur tetapan pegas (k) dengan menggunakan sebuah massa yang digantungkan pada ujung sebuah pegas, dan memanfaatkan sensor gerak [11]. Skema eksperimen ditunjukkan oleh gambar 5. Sensor gerak dihubungkan dengan piranti antarmuka Coach Lab II⁺ [12] yang telah terhubung dengan komputer yang sebelumnya telah dilakukan instalasi perangkat lunak Coach 6.



Gambar 5. Skema eksperimen untuk mengukur tetapan pegas dengan menggunakan sensor gerak yang terhubung dengan komputer dan piranti antarmuka Coach Lab II⁺ [11] [12]

2.2 Pengolahan data hasil eksperimen

Persamaan dasar yang digunakan untuk mengetahui tetapan pegas adalah dengan menggunakan persamaan dari gerak harmonik sederhana, yaitu persamaan (6). Ada dua tahapan yang dapat digunakan dalam perangkat lunak Coach 6 untuk mendapatkan nilai frekuensi seperti yang ditunjukkan oleh gambar 6. Tahapan pertama adalah dengan menggunakan metode *signal analysis*, dimana dapat ditentukan banyaknya gelombang dalam waktu tertentu, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 6a. Tahapan kedua adalah dengan menggunakan *function fit*, dimana digunakan fungsi $(a \sin bx + c) + d$ untuk mengetahui fungsi dari gelombang, seperti yang ditunjukkan pada gambar 6b. Besaran b dalam persamaan tersebut sama dengan $2\pi f$, sesuai dengan persamaan (3), dimana f adalah frekuensi pegas, kemudian nilai k dapat ditentukan [12].



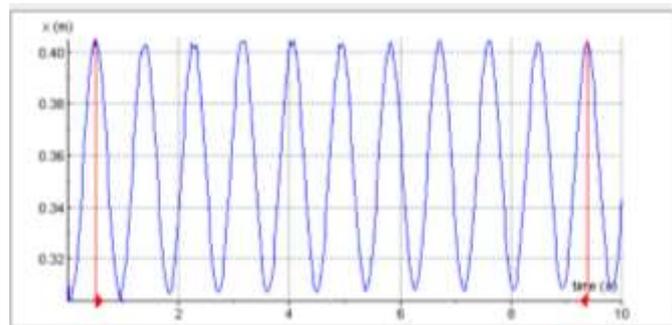
Gambar 6. (a) Mengukur frekuensi dengan menggunakan *signal analysis*. (b) Menentukan nilai frekuensi dengan menggunakan *function fit*

3. Hasil dan Pembahasan

Pada eksperimen gerak pegas digunakan sebuah pegas yang sama, yang dihubungkan dengan 6 buah massa yang berbeda. Sensor gerak memanfaatkan gelombang ultrasonik yang prinsip kerjanya didasarkan dari pantulan suatu gelombang suara sehingga dapat dipakai untuk menentukan posisi sebuah benda tertentu yang ada dalam jangkauan frekuensinya. Apabila sensor gerak ditempatkan pada posisi searah dengan gerak osilasi pegas, seperti pada gambar 5, maka setiap kali pegas berosilasi, sensor gerak tersebut akan menangkap pantulan gelombang suara yang dikonversi menjadi ukuran posisi dimana ujung benda berada [11].

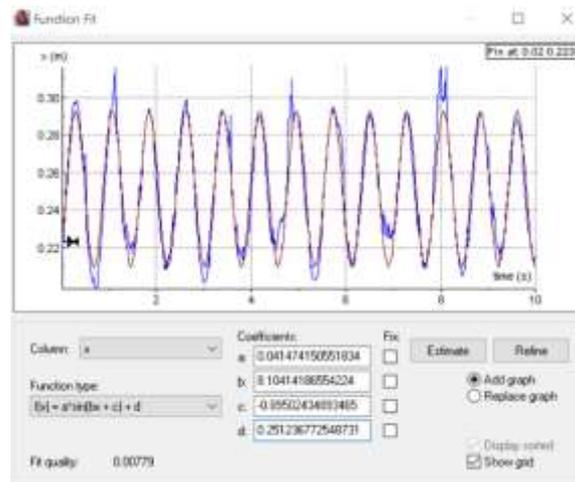
Apabila pegas disimpangkan, kemudian dilepas, maka pegas akan berosilasi, dan perangkat lunak Coach 6 akan menampilkan data berupa posisi terhadap waktu selama pengukuran. Grafik pengukuran posisi terhadap waktu, dapat langsung ditampilkan seperti pada gambar 8. Berdasarkan

grafik, dapat ditunjukkan dengan jelas bahwa gerak osilasi merupakan fungsi sinusoidal seperti pada persamaan (3).



Gambar 8. Grafik posisi terhadap waktu untuk osilasi pegas

Dengan menggunakan *function fit*, dapat ditentukan fungsi gerak osilasi tersebut dimana dinyatakan sebagai $(a \sin b x + c) + d$, yang merupakan fungsi seperti pada persamaan (3). Tetapan b dalam persamaan tersebut sama dengan $2\pi f$, dimana f adalah frekuensi pegas. Tampilan proses *function fit* ditunjukkan oleh gambar 9 [12].



Gambar 9. Menentukan nilai frekuensi dengan menggunakan *function fit* [12].

Apabila nilai f telah ditentukan maka nilai k dapat dicari dengan meluruskan persamaan (6). Hasil pengukuran frekuensi (f) untuk setiap 5 kali pengukuran pada 6 buah massa yang berbeda ditunjukkan oleh tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran frekuensi (f) menggunakan Coach 6

Pengukuran ke-	f_{50} gram	f_{100} gram	f_{150} gram	f_{200} gram	f_{250} gram	f_{300} gram
1	2,119	1,545	1,290	1,126	1,009	0,932
2	2,109	1,563	1,288	1,127	1,014	0,933
3	2,128	1,556	1,290	1,127	1,014	0,928
4	2,108	1,563	1,294	1,125	1,011	0,924
5	2,130	1,553	1,291	1,129	1,014	0,930
<i>Rata-rata</i>	2,119	1,556	1,291	1,127	1,012	0,929

Untuk mengukur konstanta pegas, persamaan (6) diluruskan, menjadi:

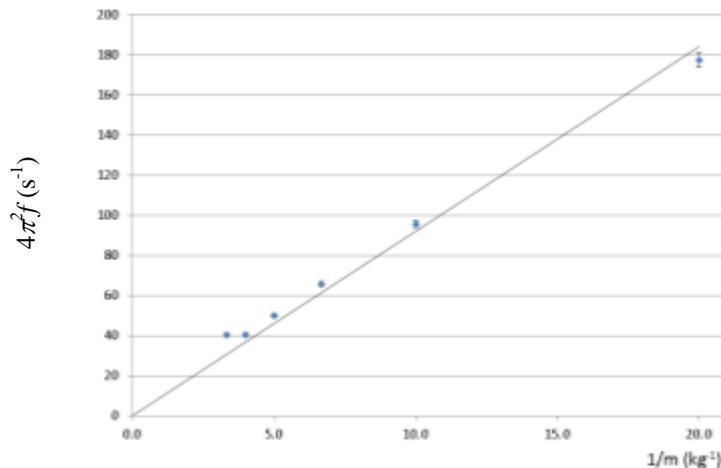
$$4\pi^2 f = k \frac{1}{m} \tag{8}$$

Sesuai dengan persamaan garis lurus $y = mx + c$, maka $4\pi^2 f$ sebagai sumbu y dan $\frac{1}{m}$ sebagai sumbu x, sedangkan nilai k dapat diperoleh dengan menentukan gradien (m) garis tersebut.

Tabel 2. Data nilai nilai $\frac{1}{m}$ dan $4\pi^2 f$ untuk setiap massa

m (gram)	$1/m$	$4\pi^2 f$
50	20,00	177,23
100	10,00	95,58
150	6,67	65,76
200	5,00	50,12
250	4,00	40,46
300	3,33	40,46

Berdasarkan data tabel 1, diperoleh nilai $\frac{1}{m}$ dan $4\pi^2 f$ untuk setiap massa yang ditunjukkan oleh tabel 2. Dari tabel 2 diperoleh sebuah grafik seperti yang ditunjukkan oleh gambar 10. Persamaan garis yang didapatkan dari enam set percobaan berdasarkan grafik gambar 10 adalah $y = (9,20 + 0,26) x$.



Gambar 10. Grafik hubungan nilai $4\pi^2 f$ dan $1/m$ untuk setiap massa

Hasil pengukuran tetapan pegas dengan menggunakan Coach 6 menghasilkan nilai $k = 9,20 \pm 0,26$ N/m. Menurut data, pegas yang digunakan memiliki nilai $k = 10$ N/m. Hasil yang diperoleh belum tepat seperti data, namun cukup mendekati dan lebih baik apabila dibandingkan dengan hasil-hasil eksperimen secara konvensional, karena faktor yang mempengaruhi penyimpangan dapat diminimalisir, terutama dalam mengukur pertambahan panjang pegas yang selama ini dilakukan secara manual.

Berdasarkan respon mahasiswa tingkat pertama di Jurusan Fisika Universitas Katolik Parahyangan, penggunaan komputer dalam pengolahan data untuk praktikum fisika dinilai sangat efektif khususnya dalam proses pengambilan data yang relatif cepat. Selain itu, visualisasi fungsi gerak harmonik yang ditunjukkan secara *real-time* juga memudahkan untuk memahami materi. Petunjuk eksperimen termasuk pengolahan datanya juga mudah untuk dipahami. Sebagai masukan, aktivitas dalam eksperimen gerak pegas dapat diperluas berupa eksplorasi mandiri dengan memanfaatkan sensor gerak untuk mengamati dinamika gerak pegas non-ideal, misalnya pada gerak pegas yang teredam akibat gesekan udara, yaitu menentukan faktor redaman.

4. Simpulan

Pengembangan eksperimen berbasis komputer dapat dilakukan untuk berbagai topik, salah satunya adalah kinematika gerak pegas. Hasil pengukuran tetapan pegas dengan menggunakan Coach 6 menghasilkan nilai $k = 9,20 \pm 0,26$ N/m. Menurut data referensi, pegas yang digunakan memiliki

nilai $k = 10$ N/m. Hasil yang diperoleh belum tepat seperti data referensi namun cukup mendekati, dan lebih baik apabila dibandingkan dengan hasil-hasil eksperimen secara konvensional. Hal ini dikarenakan faktor yang mempengaruhi penyimpangan dapat diminimalisir, terutama dalam mengukur pertambahan panjang pegas yang selama ini dilakukan secara manual. Seluruh mahasiswa yang telah mencoba eksperimen berbasis komputer ini menilai bahwa penggunaan komputer dalam pengolahan data untuk praktikum fisika dinilai sangat efektif karena proses pengambilan data yang relatif cepat, visualisasi fungsi gerak harmonik yang ditunjukkan secara *real-time* dapat memudahkan untuk memahami materi, dan petunjuk eksperimen termasuk pengolahan datanya juga mudah untuk dipahami. Dalam pengembangannya, selain pengukuran nilai tetapan pegas (k), dapat pula dilakukan pengukuran besaran fisika lainnya, serta dapat dikembangkan untuk eksperimen dinamika gerak pegas non-ideal.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada LPPM Universitas Katolik Parahyangan atas dukungan untuk penelitian skema mandiri.

Daftar Pustaka

- [1] Havlíček K 2015 *WDS'15 Proceedings of Contributed Papers — Physics* p 144-148
- [2] Samsudin A, Suhendi E, Efendi R, dan Suhandi A 2012 *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia* **8** 1 p 15-25
- [3] Wattimena H S, Suhandi A, dan Setiawan A 2014 *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia* **10** 2 p 128-139
- [4] Ronald K, Thornton and David R S 1990 *American Journal of Physics* **58** 9 p 858-867
- [5] Siti N K, Luman H, Sparisoma V, Widayani dan Khairurrijal 2015 *The Online Journal of Science and Technology* **5** 1 p 55-62
- [6] Akhmad A dan Harto N 2011 *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika* **2** 1 p 78-88
- [7] Ristanto S 2012 *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika* **3** 1 p 1-8
- [8] Pudak Scientific 2014 *Aplikasi Percobaan Berbasis Komputer dalam Pembelajaran Sains di Sekolah* (Bandung: PT Pudak Scientific)
- [9] Sutanto H S dan Suryantari R 2016 *Modul Praktikum Fisika Dasar* (Bandung: Laboratorium Fisika Dasar Universitas Katolik Parahyangan)
- [10] Halliday D & Resnick R 2011 *Physics* (New York: John Wiley & Sons, Inc)
- [11] Kedzierska E and Dorenbos V 2014 *Motion Detector 0664 User's Guide* (Amsterdam: Centre for Mikrocomputer Applications)
- [12] Kedzierska E and Dorenbos V 2014 *CoachLab II+ interface 006 User's Guide* (Amsterdam: Centre for Mikrocomputer Applications)