

## Pengembangan Perangkat Pengamatan dan Eksperimen Gerak Lurus Menggunakan Teknik Kamera *Multiple Exposure*

Fourier Dzar Eljabbar Latief\*, Josephine Carla, Ilfa Kurniati M., Soviani Undaristiana, Albert Timothy P., Devi Florenci, Ganendra Arya P., Rakha Azmandika, Diema Octaviani

### Abstrak

Fisika merupakan salah satu mata pelajaran yang sering tidak disukai oleh siswa maupun mahasiswa. Salah satu penyebabnya adalah kurangnya pendekatan kontekstual dengan pengamatan maupun eksperimen yang menarik, dan menggunakan perangkat modern yang mudah digunakan. Dalam makalah ini, pengamatan dan eksperimen mengenai gerak lurus dalam topik mekanika akan dilakukan dengan menggunakan teknik *Multiple Exposure*. *Multiple Exposure* adalah suatu teknik yang digunakan untuk merekam dua atau lebih adegan dan menggabungkannya dalam satu frame. Teknik ini biasanya digunakan untuk merekam dua atau lebih adegan baik gerak maupun diam dalam suatu frame dengan tujuan untuk menghasilkan gambar agar terlihat lebih dramatis dinamis dan artistik, namun dalam penelitian ini dimanfaatkan untuk mendeteksi apakah sebuah objek yang bergerak lurus memiliki kecepatan konstan (GLB) atau memiliki percepatan (GLBB). Besaran posisi dan waktu adalah besaran yang dapat langsung teramati menggunakan teknik *Multiple Exposure* yang dapat diperoleh dengan teknik pengolahan dan analisis citra digital sederhana. Dalam pengamatan dan percobaan yang dilakukan, sebuah mainan yang dilengkapi dengan sumber cahaya lampu LED bergerak sepanjang lintasan lurus. Perangkat kamera yang digunakan dirangkaikan dengan perangkat tambahan berupa papan berputar dengan lubang yang akan menjadi celah bagi kamera untuk menangkap gambar dari objek yang bergerak. Dari hasil percobaan yang dilakukan, dengan mengubah gaya penggerak benda, teramati adanya percepatan yang berbeda-beda. Untuk sistem dengan gaya penggerak sebesar 0,08 N, percepatan yang dihasilkan adalah 8,28 m/s<sup>2</sup>, untuk gaya sebesar 0,10 N percepatannya adalah 20,08 m/s<sup>2</sup>, sedangkan untuk gaya sebesar 0,28 N percepatannya adalah 58,23 m/s<sup>2</sup>. Dari percobaan sederhana ini, dapat disimpulkan bahwa perangkat yang dibuat dapat mengidentifikasi jenis gerak lurus (GLB/GLBB) dan dapat digunakan untuk menghitung percepatan sistem benda tersebut.

**Kata-kata kunci:** kinematika, gerak lurus, percepatan, multiple exposure

### Pendahuluan

Fisika dikenal sebagai salah satu pelajaran sains yang seringkali tidak disukai oleh siswa maupun mahasiswa. Penulis melakukan penelusuran pada beberapa media sosial dan menemukan banyak remaja usia sekolah dan perguruan tinggi yang mengekspresikan ketidaksukaan mereka akan mata pelajaran fisika, bahkan beberapa di antaranya menggunakan kata "benci". Beberapa penelitian juga menyebutkan bahwa fisika termasuk pelajaran yang tidak disukai [1-5]. Hal ini ditengarai disebabkan karena fisika tidak menarik dan relatif sulit serta mengeluhkan jarang dilakukannya eksperimen di laboratorium [6]. Jarangnya eksperimen dilakukan dikarenakan peralatan yang cukup mahal, peralatan yang tersedia seringkali tidak bekerja dengan baik, kegiatan eksperimen atau pengamatan memakan waktu yang tidak sedikit, dan kasus yang dibahas tidak kontekstual.

Berbagai penelitian dalam bidang pendidikan telah mencoba mengembangkan metode agar fisika dapat disampaikan dengan cara yang menarik [2, 4, 5, 6]. Pendekatan-pendekatan dengan memanfaatkan bantuan perangkat lunak

juga telah dikembangkan dan digunakan dalam kegiatan kelas, misalnya *Tracker: Video Analysis and Modeling Tool* [7], yang tergabung dalam *Open Source Physics* [8], dan *PhET Simulations* [9]. Beberapa penelitian menggunakan perangkat-perangkat tersebut telah dilakukan dan dalam artikel terkait [10] disimpulkan bahwa pemodelan berbasis video merupakan cara yang menarik untuk mengenalkan dinamika benda titik dan hukum II Newton. Wee dkk menggunakan *Tracker* untuk menyampaikan pemahaman mengenai gerak peluru [11], gerak jatuh bebas [12]. Wee dan Leong juga menggunakan *Tracker* untuk menguji hasil tugas dalam meningkatkan delapan praktek sains [13].

Dalam penelitian ini, kami mengembangkan perangkat untuk eksperimen gerak lurus menggunakan teknik kamera *Multiple Exposure*. Teknik tersebut menggunakan satu citra saja dalam melakukan analisis yang diperlukan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan perangkat pengamatan yang sederhana, kekinian dan kontekstual, mudah digunakan dan tidak mahal. Perangkat ini akan diterapkan untuk menghitung percepatan pada gerak lurus berubah beraturan (GLBB).

## Teori

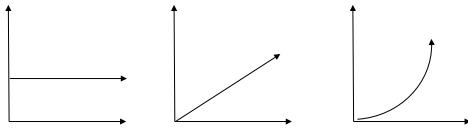
GLBB merupakan gerak benda titik pada garis lurus dimana kecepatan benda berubah secara beraturan (percepatannya konstan). Persamaan dari posisi benda yang mendasari gerak tersebut adalah:

$$x(t) = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2 . \quad (1)$$

$$v(t) = v_0 + at . \quad (2)$$

$$a = \text{konstan} . \quad (3)$$

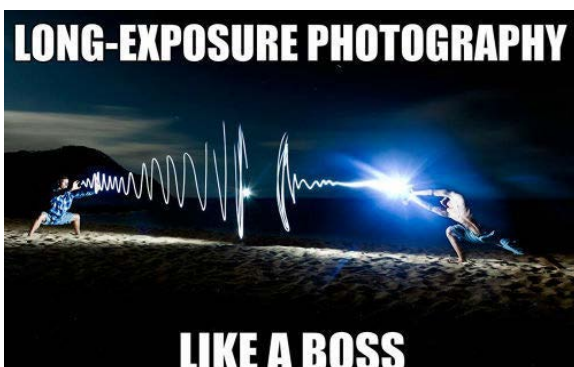
dan grafik yang mendeskripsikan gerak tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik percepatan, kecepatan dan posisi benda yang mengalami GLB.

Salah satu cara untuk mengamati GLBB adalah menggunakan objek bergerak yang dilengkapi dengan pipa ketik. Jarak antar titik dan waktu yang tercatat dibuat ke dalam bentuk grafik yang menunjukkan jenis geraknya (analisis kualitatif) dan jika diperlukan, besaran kecepatan dan percepatan juga bisa dihitung.

Dalam penelitian ini, kami menggunakan teknik *multiple exposure* untuk mencatat data-data yang diperlukan. *Multiple exposure* adalah teknik yang digunakan untuk merekam dua atau lebih adegan dan menggabungkannya dalam satu *frame*. Teknik ini umumnya digunakan untuk menghasilkan gambar yang dramatis, dinamis dan artistik. Teknik ini juga dikenal dengan istilah *long-exposure*. Lihat Gambar 2.



Gambar 2. Contoh citra yang diambil dengan teknik *long-exposure* (sumber: goo.gl/jiSlor [15])

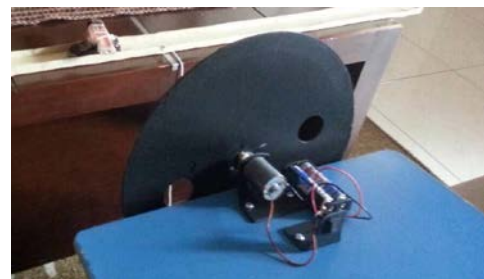
Kunci dari teknik ini adalah menentukan kondisi cahaya yang baik. Cahaya dari objek harus konstan, tidak berubah-ubah agar autofokus dan *lightmeter* tetap terjaga. Dalam

Gambar 2, jejak *lightmeter* terlihat kontinu. Dengan demikian hasil dari teknik ini belum bisa digunakan untuk mendapatkan data mengenai gerak objek tersebut. Sebuah perangkat tambahan diperlukan untuk membuat *lightmeter* menjadi tidak kontinu (diskrit). Langkah berikutnya adalah mengatur lama *exposure* pada kamera. Waktu ini yang akan dijadikan acuan ketika menganalisis citra untuk mendapatkan posisi vs. waktu pada citra yang dihasilkan.

## Eksperimen

Pada penelitian ini, perangkat yang dibuat dan objek pengamatan terdiri dari perangkat akuisisi citra (1 dinamo 9 V, 1 saklar, 2 baterai 1,5 V, triplek dan papan, 1 kabel dan dudukan baterai dan kamera digital) serta objek dan lintasan (karton daur ulang untuk lintasan objek, tali kasur dan lakban, 1 mobil mainan beserta korek senter untuk *lightmeter* (65,62 gram), 3 buah beban dengan massa 8,13 gram, 28,23 gram, dan 10,35 gram)

Untuk menghasilkan jejak *lightmeter* diskrit, perangkat diskritisasi dibuat dengan cara memotong triplek membentuk lingkaran berdiameter 25 cm. Pada papan tersebut dibuat 2 lingkaran kecil di tepian piringan (diameter 3,2 cm) yang berfungsi sebagai celah bukaan pendiskritisasi *lightmeter*. Papan ukuran 43 cm x 23 cm digunakan untuk dudukan dinamo, di mana baterai dan saklar dipasang. Dinamo dipasang pada triplek piringan tepat di pusat lingkaran yang berfungsi agar dinamo memutar piringan. Lihat Gambar 3.

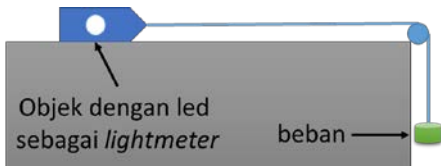


Gambar 3. Perangkat tambahan untuk menghasilkan jejak *lightmeter* yang diskrit.

Setelah perangkat perekam dan objek telah siap, lakukan langkah-langkah berikut:

1. Set kamera dengan mode *long shutter exposure* dan atur waktunya sekitar 3 s, kemudian letakkan kamera pada posisi yang tepat dengan celah di piringan.
2. Putar piringan menggunakan dinamo dengan menyalakan saklar on dan setelah putaran piringan stabil (diperkirakan memiliki kecepatan sudut yang konstan), tekan tombol *capture* pada kamera untuk mengambil gambar.

- Mobil mainan sebagai objek pengamatan ditarik oleh beban yang akan membuat mobil mainan tersebut bergerak (Lihat Gambar 4) sehingga pada citra yang terrekam, jejak *lightmeter* akan berupa titik-titik cahaya.



Gambar 4. Skema penarikan objek oleh beban.

- Lakukan kalibrasi untuk mengubah posisi jejak *lightmeter* dalam piksel ke satuan panjang metrik m atau cm (lihat Gambar 5.a.)
- Posisi *lightmeter* dideteksi dengan mencatat posisi piksel dari tiap titik-titik cahaya tersebut menggunakan perangkat lunak MS Paint atau ImageJ/Fiji. Lihat Gambar 5.b.
- Gunakan perangkat lunak *spreadsheet* untuk membuat tabel pengamatan posisi terhadap waktu yang kemudian dibuat menjadi grafik. Persamaan kuadratik  $x(t)$  kemudian diperoleh dengan interpolasi polinomial pangkat dua.

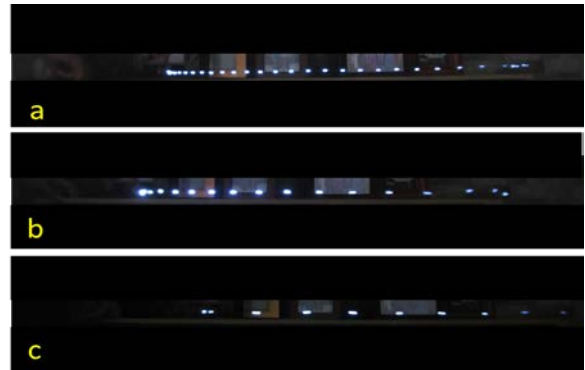


Gambar 5. a. Melakukan kalibrasi metrik-piksel dengan mengukur jarak metrik dengan jumlah piksel. b. menentukan posisi *lightmeter* dengan mencatat posisi piksel relatif terhadap posisi awal gerak objek.

### Hasil dan diskusi

Citra yang ditangkap oleh kamera dapat dilihat pada Gambar 6. Terlihat pada Gambar 6.a, jejak *lightmeter* berupa titik-titik cahaya (diskrit). Titik-titik yang saling berurutan tersebut menunjukkan posisi objek tiap selang waktu yang sama. Secara kualitatif dapat teramati bahwa gerak benda tersebut adalah GLBB. Gambar 6.a,b,c, menunjukkan hasil pengamatan untuk 3 massa berbeda, yaitu 8,13 gram, 10,35 gram dan 28,23 gram. Terlihat bahwa semakin besar beban yang digantungkan, jarak antar titik yang berurutan semakin besar. Hal tersebut secara kualitatif mengindikasikan percepatan

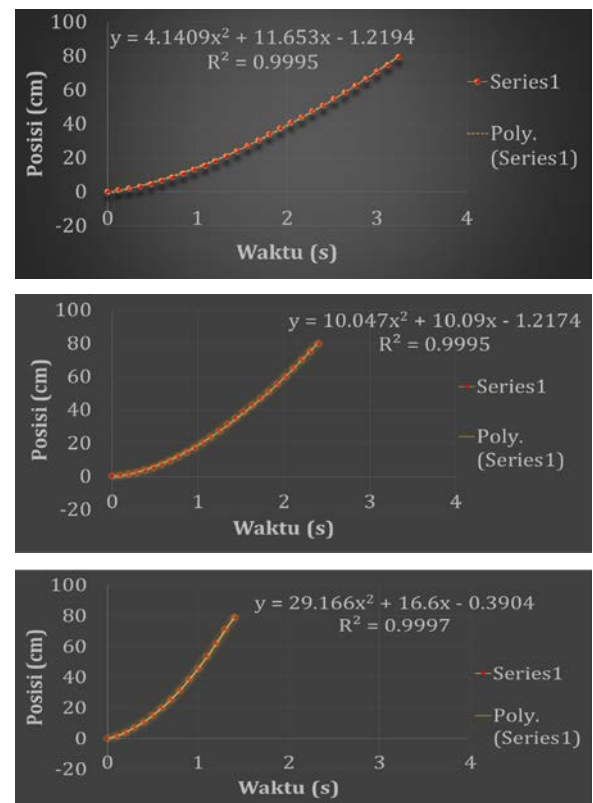
yang makin besar. Dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *spreadsheet*, grafik pada Gambar 7 dapat dibuat, dan persamaan kuadratik hasil pencocokan dengan persamaan polinom pangkat dua dapat diperoleh. Dengan mengacu pada Persamaan 1, besaran percepatan dapat diperoleh. Tabel 1 menunjukkan hasil dari 3 beban yang berbeda.



Gambar 6. Perangkat tambahan untuk menghasilkan jejak *lightmeter* yang diskrit.

Tabel 1. Data percepatan yang dihitung.

Beban	Massa	Percepatan
1	8,13 g	8,28 $\text{cm.s}^{-2}$
2	10,35 g	20,08 $\text{cm.s}^{-2}$
3	28,23 g	58,32 $\text{cm.s}^{-2}$



Gambar 7. Grafik posisi terhadap waktu yang dihasilkan untuk beban 8,13 gram (atas), 10,35 gram (tengah) dan 28,23 gram (bawah).

Sebagai informasi tambahan, perangkat tersebut dibuat dengan biaya hanya sebesar Rp. 46.500 (tanpa kamera). Untuk kamera digital, dapat digunakan kamera pada telepon selular *smartphone* dengan memanfaatkan aplikasi kamera yang memiliki fitur *long exposure*.

### Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa perangkat yang dikembangkan mampu menunjukkan hasil yang menggambarkan gerak benda yang memiliki percepatan konstan. Perangkat tersebut tergolong sederhana, cukup kekinian (dengan menggunakan teknologi kamera digital) dan kontekstual, yaitu memanfaatkan objek yang ada di sekitar kita. Perangkat tersebut juga mudah digunakan dan tidak mahal. Dari eksperimen yang dilakukan, percepatan benda yang sedang bergerak lurus berubah beraturan dapat dihitung. Pada contoh kasus di atas diperoleh  $a_1=8,28$  cm/s<sup>2</sup>,  $a_2=20,08$  cm/s<sup>2</sup>,  $a_3=58,32$  cm/s<sup>2</sup>, yang menunjukkan semakin besar massa beban yang digunakan, semakin besar percepatannya.

### Ucapan terima kasih

Penelitian ini dikembangkan dari tugas *Research Based Learning* (RBL) pada mata kuliah Fisika Dasar 1A tahun 2014/2015. Penulis mengucapkan terima kasih pada seluruh peserta kuliah Fisika Dasar 1A kelas K06 yang telah memberikan masukan pada saat presentasi RBL berlangsung yang menjadi salah satu dasar dikembangkannya penelitian ini.

### Referensi

- [1] Samudra, Gede Bandem, I. Wayan Suastra, and Ketut Suma. "Permasalahan-Permasalahan Yang Dihadapi Siswa SMA Di Kota Singaraja Dalam Mempelajari Fisika." *Jurnal Pendidikan IPA* 4.1 (2014).
- [2] Pagunanto, Pagunanto, and Joko Saefan. "Penggunaan Alat Peraga Multy Board Untuk Meningkatkan Hasil Belajar IPA-Fisika Pada Siswa Kelas VIII A di SMP Negeri 5 Demak Tahun Pelajaran 2008/2009." *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika* 1, no. 1/april (2012).
- [3] Arista, Suci, Muhammad Nasir2, Azhar2. "Analisis Kesulitan Belajar Fisika Siswa Sekolah Menengah Atas Negeri Se-Kota Pekanbaru." (2013). <http://goo.gl/9y6lF0>
- [4] Majid, Mohammad Sufaudin, and Nadi Suprpto. "Pengaruh Pendekatan CTL Melalui Strategi TEQ Terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas X SMAN 16 Surabaya." *Inovasi Pendidikan Fisika* 2, no. 2 (2013).
- [5] Faizah, Siti Rizanatul. Efektivitas Penggunaan Strategi Pembelajaran Gasing (Gam-

pang, Asyik, dan Menyenangkan) te-hadap Hasil Belajar Peserta Didik MAN 1 Purwodadi pada Mapel Fisika Kelas X Materi Pokok Gerak. Diss. IAIN Walisongo, 2012.

- [6] Samudra, Tryas. Profil Respon dan Aktivitas Siswa SMP Pada Pembelajaran Fisika Berbasis Hypothetical Learning Trajectory (HLT). Diss. Universitas Pendidikan Indonesia, 2014.
- [7] Tracker: Video Analysis and Modeling Tool, URL: <https://www.cabrillo.edu/> [diakses 23 Juni 2015]
- [8] The OSP Coll.: Computational Resources for Teaching, URL: [www.compadre.org](http://www.compadre.org) [diakses 23 Juni 2015]
- [9] PhET Interactive Simulations, URL: <https://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics> [diakses 23 Juni 2015]
- [10] Douglas Brown, Cabrillo College, Video Modeling with Tracker AAPT 2009 Summer Meeting 29 July 2009
- [11] Brown, Doug, and Wolfgang Christian. "Simulating what you see: combining computer modeling with video analysis" MPTL 16 and HSCI 2011 Ljubljana 15 -17 September 2011 (2011).
- [12] Wee, L. K., Chew, C., Goh, G. H., Tan, S., & Lee, T. L. (2012). Using Tracker as a pedagogical tool for understanding projectile motion. *Physics Education*, 47(4), 448.
- [13] Wee, L. K., Tan, K. K., Leong, T. K., & Tan, C. (2015). Using Tracker as a Pedagogical Tool for Understanding Toss Up-Free Fall Motion. arXiv preprint arXiv:1501.02858.
- [14] Wee, L. K., & Leong, T. K. (2015). Performance Task using Video Analysis and Modelling to promote K12 eight practices of science. arXiv preprint arXiv:1501.01532.
- [15] Long-Exposure Photography, URL: [goo.gl/jiSlor](http://goo.gl/jiSlor), [diakses 23 Juni 2015]

Fourier Dzar Eljabbar Latief\*  
Fisika Bumi dan Sistem Kompleks  
Institut Teknologi Bandung  
[fourier@fi.itb.ac.id](mailto:fourier@fi.itb.ac.id)

Josephine Carla, Ilfa Kurniati M., Soviani Undaristiana, Albert Timothy P., Devi Florenci, Ganendra Arya P., Rakha Azmandika, Diema Octaviani  
Mahasiswa TPB K06 2014  
Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan  
Institut Teknologi Bandung

\*Corresponding author