



PEMANFAATAN KAMERA *SMARTPHONE* DAN *EYETRACKING ANALYSIS* PADA PERCOBAAN KINEMATIKA DI ATAS LANDASAN UDARA DUA DIMENSI

Kris Wantoro[✉], Debora N. Sudjito, and Ferdy S. Rondonuwu

Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima Mei 2016

Disetujui Juni 2016

Dipublikasikan Juli 2016

Keywords:

Smartphone Camera; Video Analysis; Tracker

Abstrak

Smartphone semakin menjadi piranti umum yang dimiliki oleh hampir semua guru dan siswa di sekolah menengah. *Smartphone* memiliki fitur standar berupa video yang sangat membantu perolehan data yang kemudian diolah menggunakan program Tracker sebagai software analisis. Penelitian ini melaporkan desain percobaan gerak satu dan dua dimensi di atas bidang landasan udara 2D dengan gaya gesek yang kecil. Percobaan gerak linier, tumbukan dua dimensi, dan gerak getaran teredam yang dilakukan di atas landasan udara tersebut direkam menggunakan kamera *smartphone* dan dianalisis dengan Tracker. Melalui percobaan tersebut dapat dihitung kecepatan rata-rata maupun kecepatan sesaat benda yang bergerak. Pada percobaan gerak linier, penentuan point mass pada Tracker menghasilkan data posisi x, posisi y, dan grafik gerak linier. Pada percobaan tumbukan dua dimensi, hukum kekekalan momentum dapat diperiksa dengan ketelitian yang cukup baik. Pada percobaan getaran teredam, dinamika gerak benda yang direkam dengan kamera dan dianalisis dengan Tracker mampu menampilkan grafik getaran teredam dengan baik. Simulasi persamaan getaran teredam cocok dengan analisis pada video. Dengan demikian penggunaan *smartphone* dan program Tracker pada analisis gerak mampu memberikan hasil yang akurat sehingga memungkinkan untuk digunakan dalam merancang berbagai percobaan kinematika di sekolah menengah.

Abstract

Smartphone has been a common device that is mostly owned by teachers and high school students. Smartphone has standard fixtures such as video that is very helpful on obtained data, and then they are processed using Tracker programme as software analysis. This research reports the experiment design of one and two dimension motions on air bench with minimum friction. Linear motion experiment, two dimension collision and damped oscillation on air bench were recorded using smartphone camera and were analyzed with Tracker. Through those experiments, average velocity and instantaneous velocity of an object in motion could be calculated. In linear motion experiment, the placement of the point mass results the data of x-position, y-position, and linear motion graphs. In two dimension collision experiment, law of perpetual momentum was able to be investigated in a good precision. In damped oscillation experiment, dynamic motion of the object that was recorded by camera and analyzed with Tracker showed a good damped oscillation graph. Simulation of damped oscillator's equation similar to the video analysis. Thus, using smartphone and Tracker in motion analysis were able to give accurate result so it is enabled to use it in designing various kinematic experiments in high school.

[✉]Alamat korespondensi:

Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika,
Universitas Kristen Satya Wacana, Jl. Diponegoro No. 52-60 Salatiga
50711, Jawa Tengah-Indonesia, Telp (0298) 321212
E-mail: ferdy@staff.uksw.edu

PENDAHULUAN

Di dalam percobaan kinematika di sekolah menengah dan perguruan tinggi aras dasar, beberapa cara untuk melakukan pengukuran gerak adalah menggunakan ticker timer dan sensor gerak. Persoalan yang ditemukan pada penggunaan ticker timer adalah bahwa proses pengukuran mengganggu sistem yang diukur, sedangkan pada penggunaan sensor gerak biasanya hanya didapatkan kecepatan rata-rata yang ditentukan oleh titik awal dan titik akhir di dalam bentangan yang cukup panjang (Hockicko, 2012). Selain itu, jika terjadi kesalahan di dalam analisis, tidak dapat dilakukan penyelidikan ulang pada percobaan yang sama, karena percobaan tidak dapat diulang dengan kondisi yang sama.

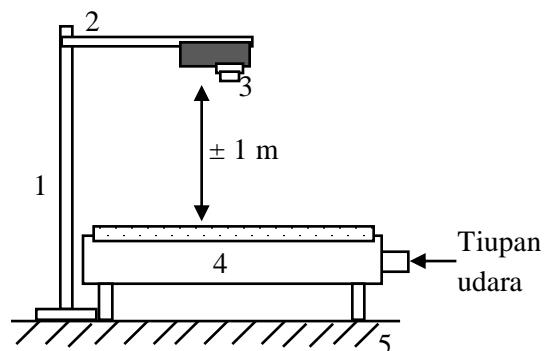
Pada era globalisasi seperti sekarang ini, baik guru maupun siswa amat dekat dengan teknologi smartphone. Kita dapat memanfaatkan kamera smartphone untuk merekam percobaan gerak benda dalam bentuk video (Vera et al., 2013; Wee dan Lee, 2011; Sornkhatha dan Srisawasdi, 2013; Gianino, 2010). Penggunaan media smartphone menjadikan pembelajaran lebih menarik dan mudah diikuti oleh siswa (Champichai dan Wattanakasiwich, 2010; Asavapibhop, 2010; Hockicko, 2012; Brown, 2010; Besson et al., 2007). Keuntungan menggunakan smartphone dalam merekam percobaan adalah bahwa hasil yang diperoleh lebih detail dan dapat mengikuti gerakan benda yang relatif cepat. Di samping itu perekaman dengan video memungkinkan guru melakukan demonstrasi gerak pada kelas besar karena visualisasinya dapat ditampilkan pada layar besar, atau bisa juga diproyeksikan menggunakan LCD. Selanjutnya video yang didapatkan dianalisis dengan program Tracker yang dapat diunduh secara gratis (Hockicko, 2012; Brown, 2010; Besson et al., 2007). Selain itu, dapat dilakukan penyelidikan ulang jika terjadi kesalahan saat menganalisis, yaitu melalui pemutaran ulang video yang digunakan. Lagipula, video memungkinkan kita melakukan analisis pada gerak dua dimensi, serta penyelidikan melalui jarak jauh, karena video yang diambil dapat dikirimkan kepada orang lain melalui internet.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat landasan udara 2D sebagai salah satu media pembelajaran kinematika dengan memanfaatkan kamera smartphone untuk merekam percobaan gerak benda dan program Tracker sebagai software analisis (Wulandari et al., 2014).

METODE

Alat landasan udara 2D dibuat secara khusus untuk meminimalkan gaya gesek dimana objeknya dapat digerakkan sepanjang sumbu x dan y. Landasan udara 2D dihubungkan dengan *vacuum cleaner* yang dimodifikasi, bukannya menyedot tapi meniupkan udara. Kecepatan udara yang dikeluarkan oleh *vacuum cleaner* adalah $\pm 16,47$ liter/detik.

Lempeng kayu berbentuk lingkaran dengan tebal 1 cm, berdiameter 3 cm dipakai sebagai benda/objek dalam percobaan ini. Diamater benda tidak boleh kurang dari 3 cm, hal ini dimaksudkan agar benda dapat ditopang oleh tiupan angin minimal dari empat lubang. *Smartphone* dengan kamera berkecepatan 30 fps dipasangkan pada *monopod* dan dijepit dengan statif, lalu diletakkan ± 1 meter tegak lurus di atas permukaan alat landasan udara, seperti ditunjukkan pada Gb. 1.



Gambar 1. Skema pemasangan alat dalam percobaan. (1) statif, (2) monopod, (3) kamera *smartphone*, (4) landasan udara 2D, dan (5) lantai.

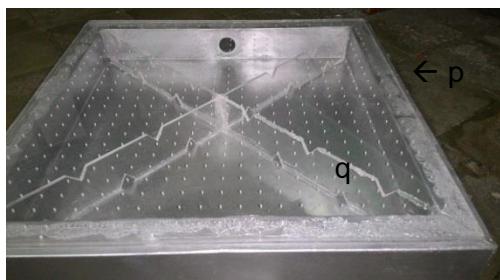
Tracker merupakan salah satu *software* analisis data. Prinsip kerja *software* ini adalah mengkonversi video menjadi beberapa gambar JPEG (Sornkhatha dan Srisawasdi, 2013; Sirisathitkul et al., 2013). Kalibrasi spasial dibuat supaya data yang didapatkan dari rekaman video sesuai dengan ukuran yang sesungguhnya. Panjang kalibrasinya adalah 0,5 meter, yaitu sesuai dengan panjang bidang landasan udara. Selanjutnya, pada setiap gambar ditentukan *point mass* yang menyatakan posisi benda pada tiap selang waktu (Sirisathitkul et al., 2013).

Kamera yang digunakan untuk merekam gerak benda memiliki kecepatan yang bisa diatur yaitu 24 fps, 30 fps, atau 50 fps. Jika menggunakan 30 fps, maka dalam satu detik kamera tersebut dapat menangkap 30 gambar yang berbeda sehingga selang waktu antar *frame* adalah 1/30 detik. *Frame rate* kamera ini juga mempengaruhi jumlah dan kualitas gambar yang dikonversi dari video percobaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Landasan udara 2D

Bagian atas alat ini berbahan akhirik setebal 5 mm dengan matriks lubang berjarak 2 cm merata di permukaannya. Lubang ini dibuat sekecil mungkin, yaitu berdiameter 1,5 mm supaya aliran udara yang keluar menjadi gaya dorong yang kuat bagi benda di atas lintasan. Sebuah lubang lain berdiameter 2 cm dibuat di bagian samping untuk memasukkan udara dari *vacuum cleaner* (ditunjukkan dengan huruf p pada Gb.2), sedangkan bagian bawahnya terbuat dari plat besi. Dipasang dua tulang melintang di bagian dalam sebagai penahan permukaan akhirik (ditunjukkan dengan huruf q), karena akhirik ini bersifat elastis, menyebabkan permukaannya melengkung akibat dorongan udara dari dalam. Bahan sekelingnya terbuat dari besi berongga. Alat ini berukuran $p \times l \times t$ yaitu 50 cm x 50 cm x 6 cm.



Gambar 2. Penampang desain landasan udara 2D dilihat dari samping atas.

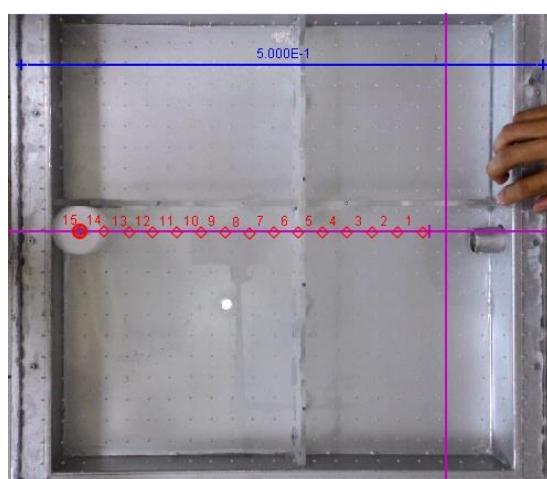
Landasan udara 2D yang dirancang memberikan keadaan dimana gesekan dapat diabaikan. Kondisi ini mengindikasikan juga bahwa landasan udara 2D cukup baik untuk digunakan dalam percobaan kinematika.

Gerak Linier Satu Dimensi

Gb. 3 menunjukkan lintasan benda yang bergerak lurus beraturan di atas landasan udara 2D.

Hal ini disebabkan oleh gaya gesek yang kecil antara benda dengan bidang lintasan, sehingga benda dapat meluncur dengan bebas.

Point mass didapatkan dengan cara menandai pusat benda pada gambar JPEG yang disajikan oleh *Tracker*. Untuk mempermudah dalam penentuan *point mass*, dibuat tanda (berupa titik berwarna kontras) pada pusat benda. Tanda dari *point mass* ditunjukkan oleh titik-titik seperti pada Gb. 3. Angka-angka di sekitar titik menunjukkan benda berada pada posisi ke-1, kedua dan seterusnya sepanjang video gerak benda. Hasil pengukuran disajikan pada Gb. 4 dalam bentuk tabel. Grafik posisi benda terhadap waktu ditunjukkan pada Gb. 5.



Gambar 3. Percobaan gerak linier satu dimensi menggunakan sebuah benda. Garis horizontal berwarna biru merupakan *calibration stick*. Garis melintang berwarna ungu merupakan sumbu koordinat, sedangkan titik-titik berwarna merah merupakan tanda *point mass* dari benda yang bergerak tiap selang waktu.

t	x	y
0	0	0
0.032	-0.015	0
0.063	-0.044	0.001
0.096	-0.075	0.001
0.126	-0.106	0
0.158	-0.136	0.001
0.191	-0.166	0.001
0.223	-0.197	0.001
0.254	-0.226	0.001
0.287	-0.256	0.001
0.317	-0.287	0.001
0.351	-0.316	0.002
0.384	-0.346	0.003
0.414	-0.374	0.003

Gambar 4. Penentuan *point mass* pada gambar benda menghasilkan data waktu, posisi x dan posisi y.

Data posisi x dan y bisa didefinisikan di sembarang tempat, tergantung pada sumbu koordinat yang diatur pada *Tracker* (perhatikan Gb. 3). Interval waktu yang diperoleh adalah 0,033 detik sesuai *frame rate* kamera yang digunakan untuk mengambil video yaitu 30 fps. Oleh sebab itu kecepatan sesaat didapatkan dengan cara mengukur jarak antara dua titik dibagi dengan interval waktu.

Di menu *Data Tool* pada *Tracker* menyajikan *fit equation* yang dinyatakan:

$$x = At + B \quad (1)$$

Pers. 1 merupakan suatu fungsi linier, dimana variabel x merupakan posisi benda dan A adalah kecepatan benda. Variabel At merupakan posisi benda terhadap waktu dan B merupakan posisi awal benda. Nilai A ini merupakan gradien dari grafik yang diperoleh, yaitu sebesar 0,73 m/s.



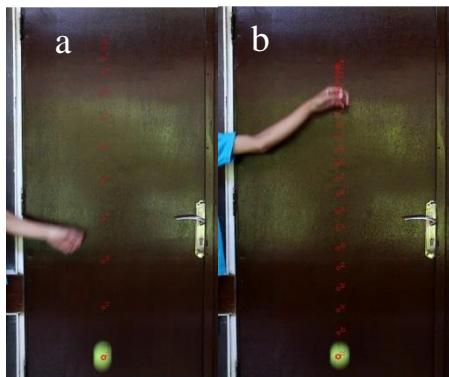
Gambar 5. Menu *Data Tool* pada *Tracker* dari sebuah benda yang bergerak linier pada bidang sepanjang 0,5 meter. Posisi benda tiap selang waktu ditunjukkan oleh titik-titik berwarna merah

Pengaruh Frame Rate Kamera Terhadap Penentuan Point Mass

Kamera yang digunakan khusus pada percobaan di Gb. 6 adalah kamera jenis DSLR. Kamera ini memiliki fitur yang bisa mengatur *frame rate*. Percobaan yang ditunjukkan Gb. 6 merupakan benda yang dijatuhkan dari ketinggian ± 2 meter. Dari hasil rekaman video yang sudah dikonversi oleh *Tracker*, dipilih gambar benda yang bergerak pada waktu 0,5 detik. Pemilihan ini dilakukan untuk mendapatkan posisi benda pada ketinggian yang nyaris sama dari video yang direkam dengan kamera *frame rate* yang berbeda.

Dari Gb. 6 terlihat bahwa gambar benda yang direkam menggunakan kamera 23 fps lebih panjang (*blur*) dibandingkan benda yang direkam dengan kamera 50 fps. Hal ini disebabkan oleh semakin kecil *frame rate* kamera, semakin lama bukaan *CCD* (*Charged-Couple Device*), sehingga objek yang terekam menjadi panjang (lonjong). *CCD* ini merupakan sensor pada kamera yang berfungsi untuk merekam gambar. Sebaliknya, semakin besar *frame rate*, semakin cepat bukaan *CCD* kamera sehingga gambar benda semakin tajam (lebih sedikit efek *blur* pada arah gerak). Dari perbandingan *frame*

rate ini diketahui bahwa penentuan *point mass* menjadi lebih akurat pada percobaan yang direkam dengan kamera berkecepatan 50 fps.



Gambar 6. Perbedaan bentuk bayangan benda yang dijatuhkan, dan direkam menggunakan kamera berkecepatan 23 fps (gambar a), dan 50 fps (gambar b).

Gerak Benda Dua Dimensi

Percobaan benda pada Gb. 7 direkam dengan kamera *smartphone* berkekuatan 30 fps. Gb. 7 menunjukkan gerak pada benda A (bulat utuh) menumbuk benda B-C (yang terbelah). Diketahui massa benda A, B, dan C masing-masing adalah 0,024 kg; 0,012 kg; dan 0,012 kg. Menurut hukum kekekalan momentum, nilai momentum (p) sebelum tumbukan sama dengan momentum setelah tumbukan, secara matematis dituliskan:

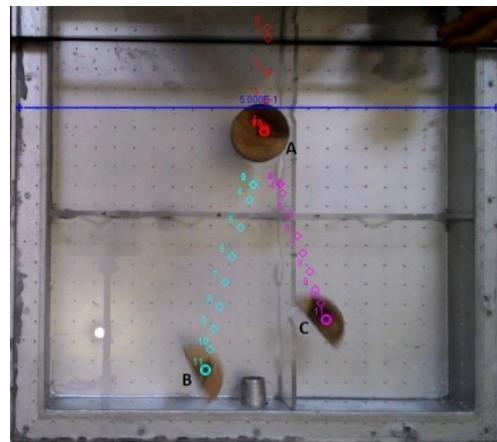
$$\sum \vec{P}^{\text{sebelum}} = \sum \vec{P}^{\text{setelah}} \quad (2)$$

dimana $p = m.v$, m adalah massa dan v adalah kecepatan.

Kecepatan sesaat yang dialami benda dihitung dari perubahan posisi dibagi waktu, secara matematis dituliskan:

$$v = \frac{\Delta x}{t} \quad (3)$$

Momentum merupakan besaran vektor, sehingga dalam analisis bisa dipisahkan berdasarkan komponen-komponen vektor pada sumbu x dan sumbu y.



Gambar 7. Snapshoot video menunjukkan benda A menumbuk benda B-C. Perubahan posisi benda A, B, dan C ditunjukkan oleh titik-titik dari penentuan *point mass* pada Tracker.

Pers. 2 dapat dituliskan ulang menjadi:

$$\sum p_x^{\text{sebelum}} = \sum p_x^{\text{setelah}} \quad (4)$$

$$\sum p_y^{\text{sebelum}} = \sum p_y^{\text{setelah}} \quad (5)$$

Momentum pada sumbu x:

Dengan menggunakan Pers. 3 dan 4, didapatkan:

$$|p_{Bx}'| = |p_{Cx}'| = 0,003 \text{ kgm/s}$$

Momentum pada sumbu y:

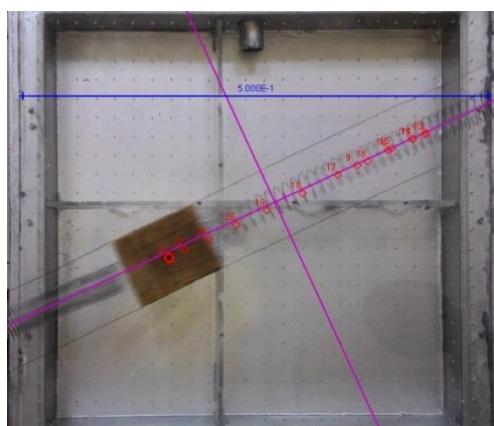
Dengan menggunakan Pers. 3 dan 5, didapatkan:

$$p_{Ay} > (p_{By}' + p_{Cy}')$$

$$0,019 > 0,018$$

Momentum pada sumbu y sebelum tumbukan lebih besar dibandingkan momentum setelah tumbukan. Hal ini berarti bahwa ada energi kinetik yang hilang dan berubah paling sedikit dalam wujud panas dan suara. Selain itu, meskipun pada penjelasan sebelumnya dikatakan bahwa hambatan udara dapat diabaikan, tetapi sebenarnya gesekan-gesekan ini tidak sepenuhnya hilang. Pada momentum sumbu y dapat dihitung energi yang hilang dari selisih antara momentum sebelum dan setelah tumbukan yaitu $p_{Ay} - (p_{By}' + p_{Cy}') = 0,001 \text{ kgm/s}$.

Percobaan Getaran Benda Teredam



Gambar 8. Sebuah balok kayu dikaitkan di antara dua pegas identik yang ujung-ujungnya terikat. Balok ini ditarik ke kiri, lalu dilepaskan, sehingga benda mengalami gerak getaran teredam.

Secara umum, fungsi simpangan (x) getaran teredam terhadap selang waktu diberikan oleh:

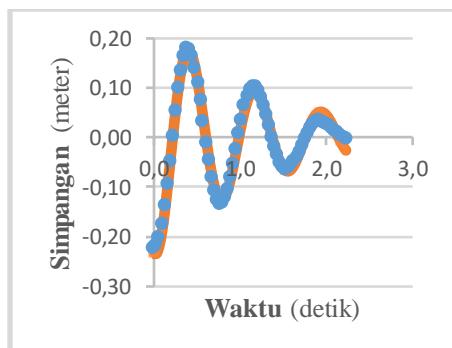
$$x = Ae^{-kt} \sin(\omega t + \varphi) \quad (6)$$

dimana A adalah amplitudo, k adalah koefisien redaman, ω adalah frekuensi, dan φ adalah fase awal.

Dari *fitting* fungsi menggunakan Pers. 6

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

diperoleh nilai $T = 8,15$ Hz. Analisis dengan *Tracker* diperoleh $A = 0,24$ meter; $k = 0,8$; $T = 0,77$ detik; $\varphi = 4,5$ rad. Dari Gb. 8, penentuan *point mass* pada *Tracker* disajikan dalam bentuk grafik simpangan seperti pada Gb. 9.



Gambar 9. Grafik simpangan getaran benda teredam pada posisi x terhadap waktu (berupa titik) dan dari *fitting* data (berupa garis) menggunakan Pers. 6.

Dari hasil *fitting* nampak bahwa getaran teredam memiliki perilaku yang konstan mengikuti Pers. 6 dengan parameter seperti ditunjukkan di atas.

SIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan bahwa desain alat landasan udara 2D dapat digunakan sebagai salah satu media pembelajaran fisika dengan memanfaatkan fitur video kamera *smartphone* untuk merekam percobaan gerak benda telah berhasil dengan baik, ditunjukkan dengan keadaan dimana gesekan antara benda dan permukaan lintasan menjadi lebih kecil dan *Tracker* sebagai *software* analisis data mampu memberikan hasil yang akurat pada percobaan kinematika.

DAFTAR PUSTAKA

- Chapichai, N., Wattanakasiwich, P. 2010. Teaching Physics with Basketball. Amerika: International Conference on Physics Education
- Asavapibhop, B. 2010. Loop-the-Loop: An Easy Experiment, A Challenging Explanation. Amerika: International Conference on Physics Education
- Besson, U., Borghi, L., De Ambrosis, A., Mascheretti, P. 2007. How to Teach Friction: Experiments and Models. Italy: American Association of Physics Teachers
- Brown, D. Combining Computational Physics with Video Analysis in Tracker. Physics Department, Cabrillo College
- Gianino, C. 2010. Physics of Karate: Kinematics Analysis of Karate Techniques by a Digital Movie Camera. Italy: Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 4, No. 1
- Hockicko, P. 2012. Attractiveness of Learning Physics by Means of Video Analysis and Modeling Tools. Greece: 40th annual conference
- Sirisathitkul, C., dkk. 2013. Digital Video Analysis of Falling Objects in Air and Liquid using Tracker. Brazil: Revista Brasileira de Ensino de Fisica, v. 35, n. 11504
- Sornkhatha, P., Srisawasdi, N. 2013. Supporting Conceptual Development in Newton's Law of Motion using an Interactive Komputer-Simulated Laboratory Environment. America: 3rd World Conference on Learning, Teaching and Educational Leadership

Vera, F., Rivera, R., Fuentes, R. 2013. Learning Physics with Video Analysis. Chile: Nuevas Ideas en Informatica Educativa TISE 2013

Wee, L. K., Lee, T. L. 2011. Video Analysis and Modeling Tool for Physics Education: A Workshop for Redesignig Pedagogy. Singapore: Workshop at the 4th Redesigning Pedagogy International Conference

Wulandari, M., Noviandini, D., Sudjito, D. N. 2014. Inovasi Pembelajaran Fisika dengan Metode "Eyetracking Analysis based Camera" (Studi Kasus pada Pembelajaran Hukum Kekekalan Momentum). Salatiga: Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana