

Rancangan Kinematika Gerak Menggunakan Alat Eksperimen Air Track Untuk Media Pembelajaran Fisika Berbasis Video

Wijayanto¹, Susilawati²

Pendidikan Teknologi Informasi, Pendidikan Fisika

Universitas PGRI Semarang

e-mail : wijayanto.upgris@gmail.com

Abstract – The research explores the kinematics of motion using video analysis software (Tracker) combines the use of tools or teaching practicum, video and video analysis software in instilling the concept of the kinematics of motion in accordance with the level of students. The purpose of this research is to design and devise wake practical tool that can also be used for props. In addition to use of technology (video) to assist in observing and analyzing the concept of physics by using video analysis software. The use of video analysis software used to analyze the kinematic motion facilitate a common student or students in everyday life. Utilization of props and practical tool combined with the use of this technology is expected to create physical learning strategies more effective, interesting and fun. Exploration of the concept of kinematics motion will be expected to provide an overview of how the level of understanding of the concept of kinematic motion which will be taught at the relevant level.

Keywords: kinematics motion, video analysis software, learning physics

Abstrak – Penelitian mengeksplorasi kinematika gerak menggunakan software video analisis (Tracker) mengkombinasikan antara penggunaan alat praktikum atau peraga, video dan software video analisis dalam menanamkan konsep kinematika gerak sesuai dengan tingkatan siswa. Tujuan dilakukan penelitian ini untuk mendesain dan merancang bangun alat praktikum yang sekaligus dapat digunakan untuk alat peraga. Selain itu digunakan teknologi (video) untuk membantu dalam pengamatan dan menganalisis konsep fisika dengan memanfaatkan software video analisis. Penggunaan software video analisis digunakan memudahkan dalam menganalisis kinematik gerak yang sering dijumpai siswa ataupun mahasiswa dalam kehidupan sehari-hari. Pemanfaatan alat peraga dan alat praktikum yang dikombinasi dengan pemanfaatan teknologi ini diharapkan dapat menciptakan strategi pembelajaran fisika yang lebih efektif, menarik dan menyenangkan. Eksplorasi konsep kinematika gerak yang akan dilakukan diharapkan dapat memberikan gambaran bagaimana tingkat pemahaman konsep kinematika gerak yang akan diajarkan sesuai tingkatannya.

Kata Kunci: Kinematika gerak, software video analisis, pembelajaran fisika

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Penelitian yang mengembangkan pengajaran fisika dengan melakukan eksplorasi konsep fisika tentang gerak

parabola pada permainan *Angry Birds* menggunakan software video analisis dilakukan oleh Rodrigues dan Carvalho (2013).

Hasil penelitian menunjukkan pemanfaatan permainan *Angry Birds* dan software video analisis dapat menjadi strategi pembelajaran fisika di kelas untuk menghindari miskonsepsi pada siswa pada konsep gerak parabola. Inovasi dalam proses pembelajaran dilakukan untuk mencapai tujuan dari pembelajaran sesuai dengan standar kompetensi yang diharapkan.

Pada kenyataannya mekanika gerak dalam proses pembelajarannya masih dianggap cukup sulit dipahami oleh siswa. Penelitian yang dilakukan Masril (2012) menunjukkan siswa mengalami miskonsepsi dalam pembelajaran mekanika gerak, khususnya untuk bidang kinematika gerak lurus sebesar 32,50%, dinamika gerak lurus 47,50%, memadu gerak 50,74%, gerak melingkar beraturan 48,94%, dan gesekan 40,08%. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, diperlukan solusi untuk mengatasi miskonsepsi pada siswa. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan eksplorasi kinematika gerak dengan pemanfaatan video pada kamera atau *handycame* dan software video analisis yang nantinya dapat digunakan dalam proses pembelajaran fisika.

Kinematika Gerak

Kinematika gerak dalam pelajaran fisika membahas besaran-besaran kinematis yang mempengaruhi gerak benda, dimana meliputi lintasan, kecepatan dan percepatan. Beberapa jenis gerak yang akan dilakukan eksplorasi pada penelitian ini meliputi:

Gerak Lurus

Suatu benda dikatakan bergerak lurus adalah jika lintasan geraknya berupa garis lurus. Gerak lurus dibedakan menjadi gerak lurus beraturan (GLB), gerak lurus berubah beraturan (GLBB) dan gerak lurus berubah tidak beraturan. Pada penelitian ini gerak lurus yang akan dikaji adalah gerak lurus beraturan dan gerak lurus berubah beraturan

Gerak Lurus Beraturan

Gerak lurus beraturan adalah gerak benda titik yang membuat lintasan berbentuk garis lurus dengan sifat bahwa jarak yang ditempuh tiap satuan waktu tetap, baik besar maupun arahnya (Sarojo, 2002).

Gerak Lurus Berubah Beraturan

Gerak lurus berubah beraturan ialah gerak benda titik yang membuat lintasan berbentuk garis lurus dengan sifat bahwa jarak yang ditempuh tiap satuan waktu tidak sama besar, sedangkan arah gerak tetap (Sarojo, 2002).

Tracker

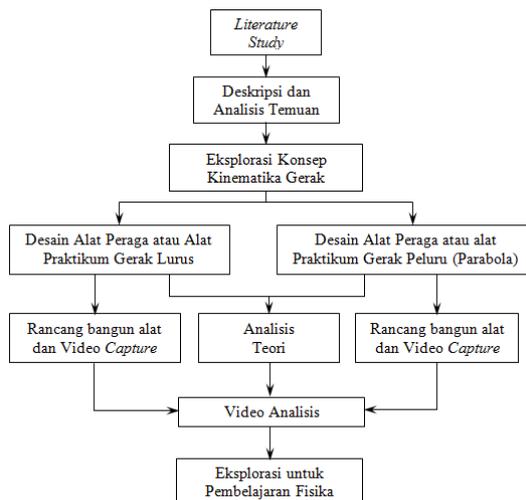
Tracker adalah software video analisis dan pemodelan yang dibangun oleh Open Source Physics (OSP) dengan kerangka kerja menggunakan Java. Fitur yang disediakan termasuk pelacakan objek dengan posisi, kecepatan dan percepatan lapisan dan grafik, filter efek khusus, beberapa *frame* referensi, poin kalibrasi, profil garis untuk analisis spektrum dan pola gangguan, serta model partikel dinamis. Tracker mendefinisikan dua tipe dasar model partikel: (1) analisis dan (2) dinamis. Model partikel dinamis pada gilirannya mungkin Cartesian, polar atau sistem dua benda yang mengalami gaya internal dan eksternal. Semua model yang dibangun menggunakan Tracker "Model Builder", menyediakan kontrol untuk mendefinisikan dan berbagai parameter, kondisi awal, dan posisi atau ekspresi gaya.

Rumusan Masalah

Bagaimana memanfaatkan alat-alat praktikum sederhana tentang kinematika gerak dengan bantuan video pada kamera atau *handycame* dan software video analisis sebagai strategi dalam proses pembelajaran di sekolah dan universitas

METODE PENELITIAN

Metodologi yang digunakan pada penelitian eksplorasi kinematika gerak menggunakan software video analisis untuk pembelajaran fisika terdiri dari beberapa tahapan. Tahap pertama akan dilakukan studi pustaka untuk menentukan konsep kinematika gerak yang akan dilakukan eksplorasi.



Gambar.1 Diagram Alur Penelitian

Tahap yang kedua akan dilakukan desain alat peraga atau alat praktikum tentang kinematika gerak (gerak lurus dan gerak peluru). Setelah itu akan dilakukan rancang bangun dari alat peraga atau alat praktikum yang diperlukan. Pada tahap ketiga, video dari penggunaan alat peraga atau alat praktikum akan dilakukan analisis dan eksplorasi terkait dengan pembelajaran fisika berdasarkan tingkatannya. Alur penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1. Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Fisika, Prodi Pendidikan Fisika, FPMIPATI, Universitas PGRI Semarang.

Rancang Bangun Alat Peraga Kinematika Gerak

Rancang bangun alat peraga kinematika gerak seperti pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Rancang Bangun Alat Peraga Kinematika Gerak

Pada alat di atas terdapat 2 sensor, sensor 1 dan sensor 2 digunakan untuk mendeteksi kecepatan dari benda yang bergerak. Selanjutnya, eksperimen dilakukan dengan alat tersebut. Selama pengambilan data, dilakukan shooting gerak lurus beraturan (GLB) variasi beban. Eksperimen dilakukan dengan menggunakan penghalang sensor yang sama, beban yang terdapat di atas alat eksperimen di variasi dengan massa beban yang berbeda, dan variasi massa beban penarik. Setiap eksperimen masing-masing dilakukan dua kali untuk mendapatkan gambar yang representatif.

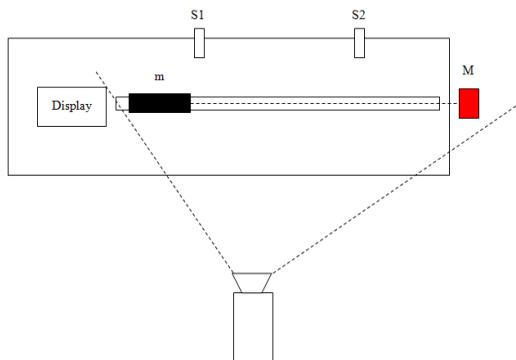
Alat percobaan kinematika gerak diatur pada daerah gerak lurus beraturan. Variasi beban penarik ditambah tiap kelipatan 10. Sedangkan variasi jarak antar sensor yaitu sensor 1 dan sensor 2 ditambah tiap kelipatan 5.

Eksplorasi dan Analisis Kinematika Gerak

Eksplorasi dilakukan dengan merekam gerak lurus beraturan dengan variasi beban penarik dan variasi jarak antar sensor. Percobaan dilakukan sebanyak sepuluh kali untuk membuktikan bahwa pada gerak lurus beraturan mempunyai kecepatan konstan dan percepatan nol. Analisis kinematika gerak dilakukan dengan

percobaan berulang gerak lurus beraturan dengan variasi beban penarik dan variasi jarak antar sensor. Hasil percobaan dengan variasi massa dan variasi jarak sensor disesuaikan dengan konsep gerak lurus beraturan.

HASIL DAN PEMBAHASAN
Rancang Bangun Alat Peraga Kinematika Gerak



Gambar 3. Rancangan Alat Kinematika Gerak Menggunakan Video

Langkah Percobaan eksplorasi kinematika gerak menggunakan video antara lain:

1. *Setting* alat seperti Gambar 7 di atas
2. Ukur jarak antar sensor 1 dan sensor 2
3. Timbang massa m dan M
4. Ulangi langkah 1 sampai langkah 3 dengan memvariasikan massa M
5. Dengan massa M tetap, lakukan variasi jarak antar sensor.

Eksplorasi Kinematika Gerak Menggunakan Video Analisis

Hasil Percobaan Eksplorasi Gerak Menggunakan Video analisis untuk variasi beban penarik dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Percobaan Eksplorasi Gerak Lurus Beraturan Variasi Beban

No	S_1-S_2 (cm)	M (g)	m (g)	t_1 (ms)	t_2 (ms)	t_{1-2} (ms)	v_1 (cm/s)	v_2 (cm/s)	a (cm/s ²)
1	20	169	51	18.35	18.36	120.7	54.4	54.4	0
2				18.35	18.39	120.7	54.4	54.3	-0.82
3			71	16.5	16.59	108.9	60.6	60.2	-3.67
4				15.9	16.04	105.4	62.8	62.3	-4.74
5				16.02	16.05	109.5	60.1	60	-0.91
6			91	14.97	15.01	98.59	66.8	66.6	-2.02
7				15.18	15.21	99.85	65.8	65.7	-1
8			101	14.2	14.24	93.48	70.4	70.2	-2.13
9				14.72	14.66	96.79	67.9	68.6	7.23
10				14.7	14.73	96.74	68	67.8	-2.06
11			131	13.59	13.61	89.42	73.5	73.4	-1.11
12				13.52	13.55	88.89	73.9	73.8	-1.12

Pada percobaan eksplorasi gerak lurus beraturan dengan variasi beban dilakukan percobaan berulang dengan total perulangan sebanyak 10 kali. Setiap variasi massa beban penarik dilakukan masing-masing dua kali untuk mendapatkan gambar yang refresentatif. Pada percobaan eksplorasi gerak lurus beraturan dengan variasi beban disetting jarak antar sensor 1 dan sensor 2 sejauh 20 cm di daerah gerak lurus beraturan. Massa beban yang berada di atas alat hanya digunakan satu variasi dengan massa 169 gram.

Pada percobaan beban penarik bermassa 51 gram dilakukan dua kali pengulangan. Percobaan 1 massa 51 gram. *Pertama*, data yang direkam oleh sensor 1 antara lain waktu (t_1) diperoleh 18,35 ms dan v_1 diperoleh 54,4 cm/s. *Kedua*, data yang direkam oleh sensor 1 antara lain waktu (t_2) diperoleh 18,36 ms dan kecepatan beban (v_2) diperoleh 54,4 cm/s. Percepatan beban pada daerah gerak lurus beraturan adalah nol. Waktu tempuh beban dari sensor 1 ke sensor 2 sebesar 120,7 ms. Pada percobaan dengan beban 51 gram memberikan data praktik yang relevan dengan teori. Data ini dapat membuktikan bahwa kecepatan beban pada gerak lurus beraturan adalah konstan sedangkan percepatan beban adalah nol. Percobaan 2 massa 51 gram. *Pertama*, data yang direkam oleh sensor 1 antara lain waktu (t_1) diperoleh 18,35 ms dan v_1 diperoleh 54,4 cm/s. *Kedua*, data yang direkam oleh sensor 1 antara lain waktu (t_2) diperoleh 18,39 ms dan kecepatan beban (v_2) diperoleh 54,3 cm/s. Percepatan beban pada daerah gerak lurus beraturan adalah -0,82. Waktu tempuh beban dari sensor 1 ke sensor 2 sebesar 120,7 ms. Pada percobaan dengan beban 51 gram memberikan data praktik yang cukup baik relevan dengan teori. Data ini dapat membuktikan bahwa kecepatan beban pada gerak lurus beraturan adalah

konstan sedangkan percepatan beban adalah nol.

Pada percobaan beban penarik bermassa 71 gram dilakukan dua kali pengulangan. Percobaan 1 massa 71 gram. *Pertama*, data yang direkam oleh sensor 1 terbaca waktu (t_1) diperoleh 16,50 ms dan v_1 diperoleh 60,60 cm/s. *Kedua*, data yang direkam oleh sensor 1 diperoleh waktu (t_2) diperoleh 16,59 ms dan kecepatan beban (v_2) diperoleh 60,2 cm/s. Percepatan beban pada daerah gerak lurus beraturan adalah -3,67 cm/s². Waktu tempuh beban dari sensor 1 ke sensor 2 sebesar 108,9 ms. Percobaan 2 massa 71 gram. *Pertama*, data yang direkam oleh sensor 1 adalah waktu (t_1) diperoleh 16,02 ms dan v_1 diperoleh 60,10 cm/s. *Kedua*, data yang direkam oleh sensor 1 antara lain waktu (t_2) diperoleh 16,05 ms dan kecepatan beban (v_2) diperoleh 60 cm/s. Percepatan beban pada daerah gerak lurus beraturan adalah -0,91. Waktu tempuh beban dari sensor 1 ke sensor 2 sebesar 109,5 ms. Pada percobaan dengan beban 71 gram memberikan data praktik yang cukup baik relevan dengan teori. Data ini dapat membuktikan bahwa kecepatan beban pada gerak lurus beraturan adalah konstan sedangkan percepatan beban mendekati nol. Pada percobaan beban penarik bermassa 91 gram dilakukan dua kali pengulangan. Percobaan 1 massa 91 gram. *Pertama*, data yang direkam oleh sensor 1 terbaca waktu (t_1) diperoleh 14,97 ms dan v_1 diperoleh 66,80 cm/s. *Kedua*, data yang direkam oleh sensor 1 diperoleh waktu (t_2) diperoleh 15,01 ms dan kecepatan beban (v_2) diperoleh 66,6 cm/s. Percepatan beban pada daerah gerak lurus beraturan adalah -2,02 cm/s². Waktu tempuh beban dari sensor 1 ke sensor 2 sebesar 98,59 ms. Percobaan 2 massa 91 gram. *Pertama*, data yang direkam oleh sensor 1 adalah waktu (t_1) diperoleh 15,18 ms dan v_1 diperoleh 65,8 cm/s. *Kedua*, data

yang direkam oleh sensor 1 antara lain waktu (t_2) diperoleh 15,21 ms dan kecepatan beban (v_2) diperoleh 65,7 cm/s. Percepatan beban pada daerah gerak lurus beraturan adalah -1. Waktu tempuh beban dari sensor 1 ke sensor 2 sebesar 99,85 ms. Pada percobaan dengan beban 91 gram memberikan data praktik yang cukup baik mendekati perolehan secara teori.

Pada percobaan beban penarik bermassa 101 gram dilakukan dua kali pengulangan. Percobaan 1 massa 101 gram. *Pertama*, data yang direkam oleh sensor 1 terbaca waktu (t_1) diperoleh 14,20 ms dan v_1 diperoleh 70,40 cm/s. *Kedua*, data yang direkam oleh sensor 1 diperoleh waktu (t_2) diperoleh 14,24 ms dan kecepatan beban (v_2) diperoleh 70,20 cm/s. Percepatan beban pada daerah gerak lurus beraturan adalah $-2,13 \text{ cm/s}^2$. Waktu tempuh beban dari sensor 1 ke sensor 2 sebesar 93,48 ms. Percobaan 2 massa 101 gram. *Pertama*, data yang direkam oleh sensor 1 adalah waktu (t_1) diperoleh 14,70 ms dan v_1 diperoleh 68 cm/s. *Kedua*, data yang direkam oleh sensor 1 antara lain waktu (t_2) diperoleh 14,73 ms dan kecepatan beban (v_2) diperoleh 67,8 cm/s. Percepatan beban pada daerah gerak lurus beraturan adalah $-2,06$. Waktu tempuh beban dari sensor 1 ke sensor 2 sebesar 96,74 ms. Pada percobaan dengan beban 101 gram memberikan data praktik yang cukup baik mendekati besar percepatan secara teori.

Pada percobaan beban penarik bermassa 131 gram dilakukan dua kali pengulangan. Percobaan 1 massa 131 gram. *Pertama*, data yang direkam oleh sensor 1 terbaca waktu (t_1) diperoleh 13,59 ms dan v_1 diperoleh 73,50 cm/s. *Kedua*, data yang direkam oleh sensor 1 diperoleh waktu (t_2) diperoleh 13,61 ms dan kecepatan beban (v_2) diperoleh 73,4 cm/s. Percepatan beban pada daerah gerak lurus beraturan adalah $-1,11 \text{ cm/s}^2$. Waktu tempuh beban dari sensor 1 ke

sensor 2 sebesar 89,42 ms. Percobaan 2 massa 71 gram. *Pertama*, data yang direkam oleh sensor 1 adalah waktu (t_1) diperoleh 13,52 ms dan v_1 diperoleh 73,9 cm/s. *Kedua*, data yang direkam oleh sensor 1 antara lain waktu (t_2) diperoleh 13,55 ms dan kecepatan beban (v_2) diperoleh 73,8 cm/s. Percepatan beban pada daerah gerak lurus beraturan adalah $-1,12$. Waktu tempuh beban dari sensor 1 ke sensor 2 sebesar 88,89 ms. Pada percobaan dengan beban 131 gram memberikan data praktik yang cukup baik mendekati perhitungan secara teori. Data ini dapat membuktikan bahwa kecepatan beban pada gerak lurus beraturan adalah konstan sedangkan percepatan beban mendekati nol.

SIMPULAN

Kesimpulan

Desain dan rancang bangun alat praktikum eksplorasi gerak lurus beraturan dapat digunakan sebagai alat peraga untuk materi mekanika baik di perguruan tinggi maupun di tingkat sekolah menengah. Selain itu, digunakan teknologi (video) untuk membantu dalam pengamatan dan menganalisis konsep fisika dengan memanfaatkan software video analisis. Penggunaan software video analisis digunakan memudahkan dalam menganalisis kinematik gerak yang sering dijumpai siswa ataupun mahasiswa dalam kehidupan sehari-hari. Percobaan berulang dilakukan sebanyak sepuluh kali. Percobaan yang dilakukan dengan variasi beban penarik dan variasi jarak antara sensor 1 dan sensor 2. Berdasarkan hasil percobaan diperoleh kecepatan 1 dan kecepatan 2 yang konstan. Percepatan beban nol akibat kecepatan konstan. berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa alat praktikum eksplorasi gerak lurus beraturan ini layak dan memadai untuk dijadikan sebagai alat praktikum dalam pembelajaran fisika

Saran

Percobaan ini sangat ditentukan oleh keterampilan pengukuran massa beban dan pengaturan jarak sensor. Oleh karena itu, untuk pengukuran berulang gunakan variasi massa beban dengan rasio yang tetap. Pengambilan gambar percobaan harus tegak lurus agar data yang diperoleh lebih akurat. Pastikan beban di atas alat berada di daerah gerak jatuh bebas. Pemanfaatan alat peraga dan alat praktikum yang dikombinasi dengan pemanfaatan teknologi ini diharapkan dapat menciptakan strategi pembelajaran fisika yang lebih efektif, menarik dan menyenangkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Binadja, A. .2005. *Pedoman Praktis Pembelajaran Sains Berdasarkan Kurikulum 2004 Bervisi dan Berpendekatan SETS (Science, Environment, Technology, and Society)*. Semarang: UNNES press.
- [2] Christian W, Esquembre F (2007) Modeling Physics with Easy Java Simulations, *Phys. Teach.* 45, 475–480
- [3] Dalyono, M. 2005. *Psikologi Pendidikan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- [4] Darliana. 2007. *Optik dan Gelombang Elektromagnetik*, Bandung: Depdiknas P4TK IPA Bandung.
- [5] Darsono, M. 2000. *Belajar dan Pembelajaran*. Semarang. IKIP Semarang Press Depdiknas. 2008. *Strategi pembelajaran MIPA*. Jakarta: Direktorat Tenaga Kependidikan Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik Dan Tenaga Kependidikan
- [6] Djamarah, S dan Zain Aswan. 2002. *Strategi Belajar Mengajar*. Jakarta: Rineka Cipta.
- [7] EJS (2011) Easy Java Simulations, <http://fem.um.es/Ejs>, accessed Aug 2013
- [8] Esquembre F (2004) Easy Java Simulations: A Software Tool to Create Scientific Simulations in Java. *Comp. Phys. Comm.* 156, 199–204
- [9] Halliday, D. and Resnick, R. 1985. Fisika jilid 1. alih bahasa Pantur Silaban dan Erwin Sucipto. Jakarta: Erlangga.
- [10] Hamalik, O. 2001. *Proses Belajar Mengajar*. Jakarta: Bumi Aksara
- [11] Heck A, Bruidegom B (2007) Bridging between Contexts and Concepts: How Data Video and Computer Modelling Can Help. *Electronic Proceedings of the IFIP Conference Informatics, Mathematics and ICT: A 'golden' triangle* (IMICT 2007), Boston, MA
- [12] Heck A, Uylings P (2010) In a Hurry to Work with High-Speed Video at School. *Phys. Teach.* 48, 176–181.
- [13] Jackson J, Dukerich L, Hestenes D (2008) Modeling Instruction: An Effective Model for Science Education, *Sci. Educ.* 17(1), 10–17
- [14] Kedzierska E, van Buuren O, Ellermeijer T, Uylings P (2009) Animations-A New Coach Tool for Doing Science. *Proceedings, MPTL14*, Udine
- [15] Masril. 2012. Pengembangan model pembelajaran fisika SMA berbasis Graphic Organizers melalui belajar kooperatif STAD. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*. Vol. 1, hal. 1-7
- [16] Dimiyati dan Mudjiono. 2006. *Belajar dan Pembelajaran*. Jakarta: Rineka Cipta.
- [17] Musahir. 2003. *Panduan Pengajaran Kurikulum Berbasis Kompetensi Mata Pelajaran Biologi*. Jakarta: CV Irfandi Putra.
- [18] Nurhaeni, Y. 2011. Meningkatkan pemahaman siswa pada konsep listrik melalui pembelajaran kooperatif tipe

- jigsaw pada siswa kelas IX SMPN 43 Bandung. *Jurnal penelitian Pendidikan* vol. 12 No. 1. hal 77-89
- [19] Rodrigues, M. and Carvalho, P. S. 2013. Teaching physics with Angry Birds: Exploring the kinematics and dynamics of the game. *Physics Education*. 48(4). 431-437
- [20] Saroyo, G. A. 2002. *Seri Fisika Dasar Mekanika*. Jakarta: Salemba Tehnika.
- [21] Savinainen, A. & Scott, P. 2002a. The Force Concept Inventory: a tool for monitoring student learning. *Physics Education*, 37(1), 45-52.
- [22] Savinainen, A. & Scott, P. 2002b. Using the force concept inventory to monitor student learning and to plan teaching. *Physics Education*, 37, 53-58
- [23] Setyosari, Punaji dan Sihkabuden. 2005. *Media Pembelajaran*. Malang: Elang Mas.
- [24] Sudjana, 2005. *Dasar-dasar Proses Belajar Mengajar*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.
- [25] Susilawati dan Aryanto, D. 2013. Penerapan alat praktikum viskometer terhadap pencapaian kinerja mahasiswa calon guru fisika. *Prosiding Seminar Nasional 2nd Lontar Physics Forum* 2013. LPF1310(1-6)
- [26] Tipler, P. A. 1998. *Fisika untuk Sains dan Teknik-jilid 1*. alih bahasa Prasetio, L. Dam Adi, R. W. Jakarta: Erlangga.
- [27] Triatno. 2007. *Model-model Pembelajaran Inovatif berorientasi Konstruktivisme*. Jakarta: Prestasi Pustaka
- [28] Wahyudi, Yulianti, D., Putra, N. M. D. 2012. Upaya pengembangan learning community siswa kelas X SMA melalui penerapan model pembelajaran kooperatif tipe STAD berbasis CTL pada pembelajaran fisika. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*. Vol. 1. hal. 57-62
- [29] Wena, M. 2009. *Strategi Pembelajaran Inovatif Kontemporer: Suatu Tinjauan Konseptual Operasional*. Jakarta: Bumi Aksara.